

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Department des Sciences Agronomiques

قسم العلوم الزراعية

Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2

Option : « Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité »

THÈME

**Développement d'une Boisson Fonctionnelle à Valeur
Ajoutée Utilisant les Cladodes du Figuier de Barbarie
(*Opuntia ficus-indica* L.)**

Soutenu le : 02 /06/ 2024

Présenté Par : M^{lle} Larrous Dalila

Devant le jury composé de :

Présidente : Feknous N (MCA)

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Examineur : Bouanani S (MCA)

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Encadrant : Benmeziane F (Pr)

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Année universitaire 2023 - 2024

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف ص.ب رقم 73 الطارف - الجزائر
Université Chadli Bendjedid d'El Tarf. BP : 73, El Tarf 36000 Algérie
فاكس +213 38.30.15.28 : الهاتف : 09.43/38.30.18.93 213/+
Téléphone : +213 38.30.18.93/09.43/ Fax : +213 38.30.15.28http://www. univ-eltarf.dz



Dédicace

Avec l'aide et la protection d'ALLAH

Ce travail est réalisé.

Je dédie ce travail à :

*A la mémoire de mon très cher papa **Mohamed Saleh** qui a guidé mes premiers pas à l'école, qui fus tout au long de sa vie le soutien des siens, Tu me manqueras toujours ; que la paix soit avec toi dans la maison de l'éternité.*

*A celle qui attendue avec patience les fruits de sa bonne éducation, qui m'a tout donné, qui a toujours été là pour moi, a celle qui tient le paradis sous ses pieds, A mon ange, Ma mère **H. Djamila** que Dieu te donne santé et longue vie, pour tous ses sacrifices, son amour, sa tendresse, son soutien et ses prières tout au long de mes études,*

*A ma chère sœur **Nassima** et son mari **Mourad** pour ses encouragements constants et son soutien moral, et ses enfants : **Tasnim, Maram, Mohamed Abdelhamid.***

A toute ma famille pour son soutien tout au long de mon parcours universitaire, Je dédie ce travail à tous mes professeurs de la spécialité Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité.

*A mes amies en particulier : **Nesrin ,Ikram , Omnia , Somaya***

À tous mes camarades de la promotion Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité 2024.





Remerciement

Tout d'abord, je tiens à remercier le Bon Dieu de m'avoir donnée la volonté, le courage et la force pour terminer mon travail et pour sa bienveillance jusqu'au bout du parcours de mes études.

*Au terme de Ce travail, je voudrai exprimer ma gratitude au Professeur et Directrice de mémoire, **Madame***

***Benmeziane F**, je la remercie pour avoir accepté d'encadrer ce travail, je la remercie pour sa disponibilité, pour sa patience, son énorme soutien tout au long de la réalisation de mon travail.*

*J'adresse mes plus vifs remerciements aux membres des jurys **Dr Feknous N** et **Dr Bouanani S** qui ont bien voulu donner de leurs temps pour examiner ce travail.*

*Je tiens à remercier tout le personnel et les responsable du laboratoire de l'Enterprise de **SARL ESSALSABILE Ain BOUGLEZ**, la Clinique multiservice du lac des oiseaux, notamment **Madame Samira** et **Monsieur R. Fouad** ainsi que le personnel de **L'Office Public Algérien des Eaux** et le **laboratoire central de la Wilaya d'El Tarf.***

*J'adresse mes vifs remerciements à **Mr Adjmi** et **Mme Fatima Azza** Pour leur coopération et leur soutien.*



Sommaire

Résumés

Liste des abréviations

Listes des tableaux et Figures

INTRODUCTION GÉNÉRALE 1

VOLET BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur le fruit du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica* L.) 3

1. Origine et histoire 3

2. Description du fruit 4

3. Classification botanique 4

4. Importance de la culture en Algérie 5

5. Composition biochimique et valeur nutritionnelle de la figue de barbarie 6

6. Propriétés antioxydantes 6

7. Intérêts nutritionnels et effets thérapeutiques 7

II. Généralités sur les cladodes du figuier de barbarie 8

1. Morphologie 8

2. Composition et Valeur nutritionnelle 9

3. Propriétés antioxydantes 10

4. Application pharmaceutique alimentaires, et cosmétique 11

CHAPITRE I. MATERIEL & METHODES

1. Objectifs de l'étude 13

2. Démarche expérimentale 13

3. Matières premières 13

4. Détermination des quelques propriétés physicochimique et techno-fonctionnelles de la farine de la pulpe des cladodes 14

5. Screening phytochimique des poudres 15

6. Dosage des molécules bioactives 15

7. Préparation des boissons 15

8. Détermination des paramètres de qualité du produit fini 19

9. Teneur en certaines molécules bioactives des boissons produites 22

10. Détermination de l'activité anticoagulante des boissons vis-à-vis de la voie endogène ou test TCK 22

CHAPITRE II. RESULTATS & DISCUSSION

1. Caractéristiques physiques 25

2. Propriétés physicochimiques et techno-fonctionnelles de la farine de cladodes 26

3. Teneurs en pigments photosynthétique de la farine de cladodes 32

4. Caractérisation des jus de cladodes et de dattes 34

5. Caractéristiques physicochimiques des boissons préparées 36

6. Effet du stockage sur la qualité physicochimique des boissons produites 49

7. Qualité microbiologique 40

8. Analyse sensorielle (test de dégustation)	42
9. Teneur en certaines molécules bioactives des boissons produites	51
10. Activité anticoagulante des boissons vis-à-vis de la voie endogène ou test TCK	52
Conclusion & Perspectives	54
Références	
Annexe	62

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableau 1 . Classification botanique du fruit : figue de barbarie	5
Tableau2 : Profil nutritionnel de la figue de Barbarie (fruit du cactus) Valeur pour 100 g.	6
Tableau 3 : Composition nutritionnelle de cladode (pour 100g)	9
Tableau 4. Recette de différentes formulations de boissons préparées (gazeuse et non-gazeuse)	16
Tableau 5. Représentation simplifiée des germes recherchés	20
Tableau 6. Caractéristiques physiques des cladodes du figuier de barbarie.	25
Tableau 7. Propriétés fonctionnelles de la farine de cladodes	26
Tableau 8. Screening phytochimique la farine de cladodes	30
Tableau 9. Teneur (mg/100g) en pigments de la farine de cladodes	32
Tableau 10 : pH et °Brix des jus de cladodes et de dattes	34
Tableau 11. Teneur en pigments chlorophylle, caroténoïdes et phéophytine du pur jus de cladodes	35
Tableau 12. Effet du stockage sur le pH, °Brix et Taux du CO ₂	39
Tableau 13. Résultats d'analyses microbiologiques du Boissons fabriqué (ufc/100mL)	41
Tableau 14: Préférences des dégustateurs des différentes formulations de boisson.....	51
Tableau 15 . Contenus en molécules bioactives des boissons produites (mg/100mL)	52
Tableau 16 : Activité anticoagulante vis-à-vis de la voie endogène des boissons de cladodes de figues de barbarie (temps de TCK en secondes)	52

Liste des Figures

Figures	Page
Figure 1. Répartition géographique mondiale du nopal	3
Figure 2. Présentation de la raquette (Cladode) (a) ; Fleur (b) et Fruit (c) du Figuier de Barbarie	4
Figure 3 : Photographie représentant des cladodes du figuier de Barbarie	9
Figure 4 . Matière première utilisées (a) : Cladodes ; (b) : Dattes ; (c) : Sucre cristallisé ; (d) : Eau minérale ; (e) : Eau gazéifiée	14
Figure 5. Dimensionnement des cladodes	16
Figure 6. Etapes de préparation du jus de cladodes	16
Figure 7 . Etapes de préparation du jus de dattes	17
Figure 8. Digramme de préparation de différentes formulations de boissons (gazeuse et non gazeuse)	20
Figure 9. Mesure du pH	19
Figure 10. Refractomètre de détermination de degré Brix	19
Figure 11. Analyse microbiologique des échantillons de boissons	21
Figure 12. Présentation des échantillons des boissons pour la dégustation	22
Figure 13. Etapes de préparation d'un pool de plasma	24
Figure 14. Détermination de l'activité anticoagulante vis-à-vis de la voie endogène (TCK)	24
Figure 15. Évolution du pH des boissons produites au cours du stockage (J0 – J75)	36

Figure 16. Évolution du °Brix des boissons produites au cours du stockage (J0 – J75)	38
Figure 17. Évolution du taux du CO ₂ dans les boissons gazeuses produites au cours du stockage (J0 – J75)	38
Figure 18. Attributs sensoriels des boissons fraîchement produites	44
Figure 19. Attributs sensoriels des boissons après de 15 jours de stockage réfrigéré (J15)	45
Figure 20. Attributs sensoriels des boissons après de 30 jours de stockage réfrigéré (J30)	47
Figure 21. Attributs sensoriels des boissons après de 45 jours de stockage réfrigéré (J45)	48
Figure 22. Attributs sensoriels des boissons après 60 jours de stockage réfrigéré (J60)	50

Liste des abréviations

ABS	Absence
CAE	Capacité d'absorption d'eau
Cm	Centimètre
FTAM	Flore totale aérobie mésophile
g	Gramme
H	Heure
HR	Rapport de Hausner
IC	Indice de compressibilité
J	Jour
JORA	Journal officiel de la réglementation algérienne
Kcal	Kilocalorie
KJ	Kilojoule
min	Minute
pH	Potentiel hydrogène
%	Pourcentage

Résumé

Le but de ce travail était de d'explorer la possibilité de produire une boisson diététique à base de la farine des cladodes du Figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* L.). Le travail a débuté par la caractérisation de la farine issue des cladodes en termes de leurs propriétés physicochimiques, fonctionnelles et de la teneur en quelques molécules bioactives. Ensuite, l'étude a porté sur l'évaluation des qualités physicochimiques, microbiologiques et sensorielles des boissons pendant une période de stockage réfrigéré de quatre mois. Les résultats obtenus ont montré la richesse de la poudre de cladode en termes de molécules biologiquement actives, notamment en chlorophylle et polyphénols. Les caractéristiques techno-fonctionnelles sont intéressantes et ouvrent la voie à diverses applications dans l'industrie agroalimentaire. Concernant les boissons, elles ont également montré leur richesse en molécules bioactives. Sur le plan microbiologique, les résultats ont montré que les boissons ont présenté une qualité microbiologique satisfaisante jusqu'à deux mois (60 jours) de stockage réfrigéré. De plus, les boissons ont montré une activité anticoagulante intéressante. En ce qui concerne l'évaluation sensorielle, les résultats ont montré que les échantillons sucrés avec du sucre cristallisé étaient les plus préférés pour la plupart des attributs sensoriels évalués, tandis que la boisson BNGSS a montré les caractéristiques organoleptiques les moins appréciées. En conclusion, cette étude a permis de développer une boisson destinée à la consommation humaine à partir d'un résidu végétal, la pulpe des cladodes de la figue de barbarie cultivé localement, présentant des propriétés biologiques et des caractéristiques sensorielles intéressantes.

Mots clés : *Opuntia ficus-indica* L. ; Cladodes du Figuier de Barbarie ; Propriétés techno-fonctionnelles ; Boissons fonctionnelles ; Analyse de la qualité.

Abstract

The aim of this work was to explore the possibility of producing a dietary beverage bases on the flour of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) cladode flour dietetic beverage. The work was started with the characterization of the flour derived from the cladodes in terms of their physicochemical, technological properties, and content of some bioactive molecules. Then, the study focused on evaluating the physicochemical, microbiological, and sensory qualities of the beverages during a four-month period of refrigerated storage. The results showed the richness of cladode powder in terms of biologically active molecules, particularly chlorophyll and polyphenols. The technological characteristics are interesting and pave the way for various applications in the food industry. Regarding the beverages, they also exhibited richness in bioactive molecules. Microbiologically, the results indicated that the beverages maintained satisfactory microbiological quality for up to two months (60 days) of refrigerated storage. Additionally, the beverages showed interesting anticoagulant activity. Regarding sensory evaluation, the results indicated that samples sweetened with crystallized sugar were preferred for most evaluated sensory attributes, while the BNGSS beverage showed the least appreciated organoleptic characteristics. In conclusion, this study has allowed the development of a beverage intended for human consumption from a plant residue, locally cultivated prickly pear cladode pulp, with interesting biological properties and sensory characteristics.

Keywords: *Opuntia ficus-indica* L.; Prickly pear cladodes; Technological properties; Functional beverages; Quality analysis.

ملخص

كان الهدف من هذا العمل هو استكشاف إمكانية إنتاج مشروب غذائي يعتمد على دقيق نبات التين الشوكي (*Opuntia ficus-indica L.*). بدأ العمل بتوصيف الدقيق من الكلودات من حيث خواصه الفيزيائية والكيميائية والوظيفية ومحتوى بعض الجزيئات النشطة بيولوجيا. ومن ثم ستركز الدراسة على تقييم الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية للمشروبات خلال فترة التخزين المبردة لمدة أربعة أشهر. وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها غنى مسحوق الكلاود من حيث الجزيئات النشطة بيولوجيا، وخاصة الكلوروفيل والبوليفينول. تعتبر الخصائص التقنية والوظيفية مثيرة للاهتمام وتفتح الطريق أمام تطبيقات مختلفة في صناعة الأغذية. وفيما يتعلق بالمشروبات، فقد أظهرت أيضا غناها بالجزيئات النشطة بيولوجيا. ومن الناحية الميكروبيولوجية، أظهرت النتائج أن المشروبات قدمت جودة ميكروبيولوجية مرضية لمدة تصل إلى شهرين (60 يوما) من التخزين المبرد. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت المشروبات نشاطا مضادا للتخثر مثيرا للاهتمام. وفيما يتعلق بالتقييم الحسي، أظهرت النتائج أن العينات المحلاة بالسكر المحبب كانت الأكثر تفضيلا لمعظم الصفات الحسية التي تم تقييمها، في حين أظهر مشروب BNGSS أقل الصفات الحسية تفضيلا. في الختام، أتاحت هذه الدراسة تطوير مشروب مخصص للاستهلاك البشري من بقايا النباتات، ولب نباتات التين الشوكي المزروعة محليا، مما يقدم خصائص بيولوجية وخصائص حسية مثيرة للاهتمام.

الكلمات الرئيسية: *Opuntia ficus-indica L.* الشائك الصبار الكمثرى. المشروبات الوظيفية للمشروبات الغازية؛ تحليل الجودة.



Introduction

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Ces dernières années, les consommateurs, notamment dans les pays développés ont radicalement changé leur mode de vie, en particulier en termes de leurs habitudes alimentaires. Les consommateurs privilégient une alimentation saine et pauvre en ingrédients caloriques, faible en sel, en sucres ajoutés et en cholestérol.

Le recours aux produits et ingrédients d'origine végétale est en pleine croissance. Plusieurs travaux scientifiques ont démontré l'effet des produits d'origine végétale sur la santé, tels que les protéines du soja et leur effets positifs sur la santé cardiovasculaire, la prévention de l'ostéoporose et de certains types de cancers (**Qin et al., 2022**). Le régime méditerranéen est un exemple bien étudié de modèle alimentaire réalisable à base de plantes, pauvre en viande rouge et riche en graisses insaturées. Il est associé à de nombreux avantages pour la santé, notamment une incidence réduite de maladies cardiovasculaires et une plus grande longévité, tout en ayant un impact environnemental moindre par rapport à un régime alimentaire occidental omnivore typique (**Tso et al., 2021**).

Parmi les sources végétales, les cladodes qui se distinguent par leur potentiel considérable en tant que produit naturel d'excellence. En effet, elles représentent une source abondante de fibres alimentaires et de minéraux essentiels. Leur haute valeur nutritionnelle découle notamment de leur richesse en minéraux, en fibres alimentaires, ainsi que leur contenu phytochimique, faisant des cladodes une précieuse source de composés bioactifs (**Rodrigues et al., 2023**).

Les consommateurs sont habitués à déguster les cladodes, que ce soit sous forme de légumes frais dans une salade rafraîchissante, par exemple, ou cuisinés dans des plats traditionnels, tels que le Nopalitos mexicain¹. Au Mexique, en particulier, où cette plante est considérée comme un élément essentiel de la cuisine locale, les cladodes sont présentes dans de nombreux plats emblématiques, témoignant de leur importance culturelle et culinaire. En outre, leur utilisation ne se limite pas à la cuisine traditionnelle. En effet, les cladodes sont également intégrées dans une gamme diversifiée de produits alimentaires transformés, tels que les collations nutritives et les compléments alimentaires. Leur polyvalence en tant qu'ingrédient

¹ Les nopalitos sont des cladodes de cactus, généralement du nopal (*Opuntia*), qui sont coupés en petits morceaux et cuisinés de différentes manières. Ils sont souvent cuits avec des tomates, des oignons, des épices et parfois du piment pour créer un plat délicieux et nutritif. Les nopalitos peuvent être consommés seuls en tant que plat d'accompagnement ou ajoutés à des plats comme les tacos, les œufs mexicains (*huevos a la mexicana*) ou les enchiladas. Ce plat est apprécié pour sa saveur unique et sa texture croquante, ainsi que pour ses bienfaits pour la santé, car les cladodes de cactus sont riches en fibres, en vitamines et en minéraux.

s'étend même au-delà de l'industrie alimentaire, avec leur utilisation croissante dans les cosmétiques et les produits de soins personnels en raison de leurs propriétés bénéfiques pour la peau et les cheveux. Ainsi, les cladodes ne se contentent pas d'être des légumes appréciés pour leur saveur et leur valeur nutritionnelle, mais ils occupent également une place importante dans un large éventail de produits et d'applications, contribuant ainsi à diversifier et à enrichir le marché mondial.

Dans cette optique, il est intéressant d'explorer la possibilité de produire d'autres denrées alimentaires utilisant les cladodes du figuier de barbarie. C'est ce que nous allons aborder dans ce travail en produisant une boisson diététique à base de cladodes tout en déterminant les quelques-unes de leurs propriétés de qualité à savoir les propriétés physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques. Ainsi, le travail s'est fixé comme objectifs :

1. La caractérisation des propriétés physico-chimiques de la farine des cladodes ;
2. La détermination des propriétés techno-fonctionnelles de la farine des cladodes ;
3. L'évaluation du contenu en quelques molécules bioactives de la farine et du pur jus de cladodes ;
4. La fabrication de la boisson gazeuse et non gazeuse à base du pur jus de cladodes ;
5. Le contrôle de la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique des boissons.

Le manuscrit est organisé en trois parties principales :

- ✓ La première partie est une étude bibliographique concernant le fruit du figuier de barbarie en générale, ainsi que les cladodes en particulier en termes caractéristiques et de valeur nutritionnelle ;
- ✓ La deuxième partie décrit le matériel végétal et les méthodes utilisés lors du travail expérimental ;
- ✓ La troisième partie rapporte l'ensemble des résultats obtenus avec et leur discussion, en commençant par propriétés physico-chimiques et techno-fonctionnelles des cladodes en passant par l'estimation du contenu en molécules bioactives de la farine et du pur jus de cladodes et en terminant par l'évaluation des propriétés physicochimique, microbiologique, organoleptique des boissons produites au cours du stockage.

Enfin, notre mémoire sera clôturé par une conclusion générale assortie de quelques perspectives.



Volet Bibliographique

2. Description du fruit

Les figues de Barbarie sont des plantes xérophytes², de la sous famille des Opuntiacées. La famille est une famille de plantes vertes facilement reconnaissable et distincte qui possède souvent des plantes succulentes, des tiges et des épines. La plante est très imposante, pouvant atteindre entre 3 et 5 mètres de hauteur, avec un tronc épais et ligneux. La figue de Barbarie sont des plantes qui font partie du genre *Opuntia* ; elles se caractérisent par la présence de cladodes, qui sont des tiges modifiées de forme aplatie de 30 à 40 cm de large ; qui remplacent les feuilles dans leurs fonctions photosynthétiques et dont la surface est parsemée d'alvéoles (**Moshammer et al., 2006**). Les fleurs sont généralement grandes et naissent individuellement sur les aréoles. Les fleurs naissent sur la moitié supérieure du cladode jusqu'à plus de 25 ans, et la plupart d'entre elles ceux-ci (90-95%) sont transformés en fruits (**Arba, 2022**).

Les épines sont blanchâtres, sclérifiées³, solidement implantées, sont longues de 1 à 2 cm. Il existe des variétés inermes, sans épines.

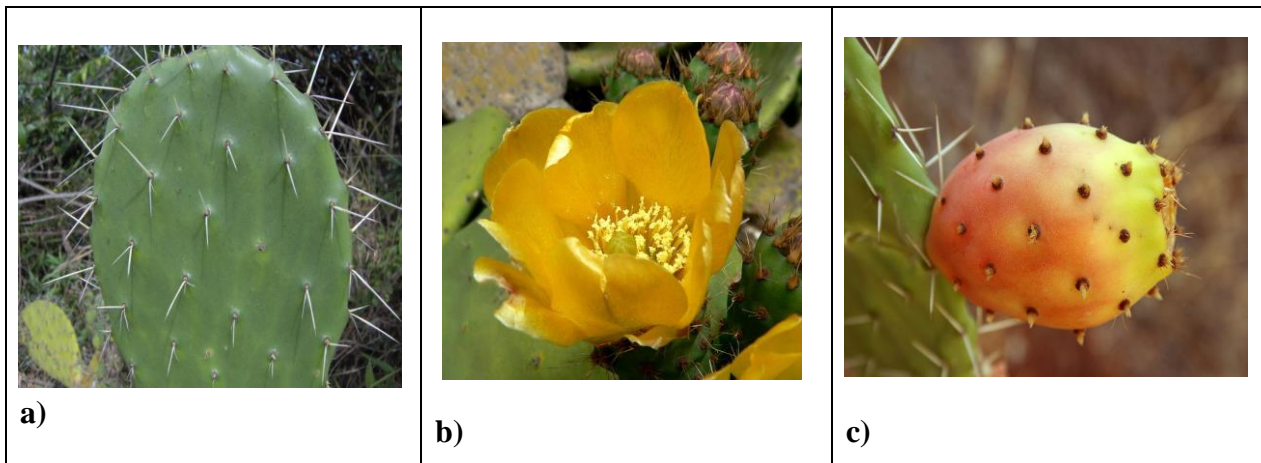


Figure 2. Présentation de la raquette (Cladode) (a) ; Fleur (b) et Fruit (c) du Figuier de Barbarie

3. Classification botanique

La classification botanique de la figue de Barbarie (*Opuntia ficus indica*) la place dans le règne végétal, plus spécifiquement dans l'embranchement des Phanérogames, la classe des Magnoliopsida et l'ordre des Caryophyllacées. Elle appartient à la famille des Cactacées, caractérisée par sa capacité à survivre dans des environnements arides et son adaptation à des

² Un xérophyte est une plante qui est adaptée à des conditions de sécheresse et qui peut survivre dans des environnements arides ou semi-arides.

³ "Sclérifiées" fait référence à des tissus végétaux sclérifiés, qui sont des cellules végétales spécialisées caractérisées par leur rigidité et leur soutien structurel. Ces cellules ont souvent des parois cellulaires épaissies et renforcées par des substances comme la lignine.

conditions de sécheresse. Cette famille comprend des plantes succulentes, souvent dotées de tiges charnues et de structures spécialisées pour le stockage d'eau. Au sein de la famille des Cactacées, la figue de Barbarie est classée dans la sous-famille des Opuntiacées et à la tribu des Opuntieae. Son genre est *Opuntia*, et elle est classée dans le sous-genre *Platyopuntia*. Cette classification fournit une base précise pour comprendre la place de la figue de Barbarie dans la taxonomie des plantes (Tableau 1).

Tableau 1 . Classification botanique du fruit : figue de barbarie

Règne	Végétal (Plantae)
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Phanérogames
Sous Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllacées
Famille	Cactacées
Sous-famille	Opuntiacées
Tribu	Opuntieae
Genre	<i>Opuntia</i>
Sous-genre	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	<i>Opuntia ficus indica</i>

4. Importance de la culture en Algérie

Actuellement, la superficie totale occupée par le figuier de barbarie en Algérie n'est pas précisément connue. Le HCDS (Haut-Commissariat au développement de la Steppe) estime qu'elle s'élève à environ 55 681 hectares. Cette culture revêt une importance capitale dans les économies agricoles, étant cultivée dans toutes les zones arides et semi-arides, principalement pour ses fruits, ses nopals potagères, et à d'autres fins en raison de sa richesse en antioxydants et de sa haute valeur nutritionnelle.

En plus de ses propriétés écologiques et thérapeutiques, le figuier de barbarie est utilisé comme plante ornementale ou fourragère. L'huile extraite des graines de figue de Barbarie est d'un grand intérêt en raison de son importance cosmétique, pharmaceutique et thérapeutique. La figue de Barbarie d'Algérie possède des propriétés antioxydantes bénéfiques ainsi que des propriétés antimicrobiennes, mettant en évidence l'importance des antibiotiques naturels par rapport aux antibiotiques synthétiques (Temagoult et al., 2023).

5. Composition biochimique et valeur nutritionnelle de la figue de barbarie

La figue de barbarie a suscité beaucoup d'intérêt ces dernières années en raison de sa valeur nutritionnelle et de ses bienfaits pour la santé. Le Tableau 4 résume la valeur nutritionnelle calculée pour 100 g de poudre de la figue de Barbarie, incluant à la fois la pulpe et les graines, à l'état cru selon la table de composition des aliments **Ciquel (2024)**.

Tableau2 : Profil nutritionnel de la figue de Barbarie (fruit du cactus) Valeur pour 100 g.

Constituant	Teneur moyenne (%)
Carbohydate	92.57 ± 0.99
Fat	0.40 ± 0 0.5
Crude fiber	1.37 ± 0.06
Protein	1.03 ± 0.006
Ash	4.03 ± 0.52
Moisture content	87.07 ± 0.86

Source : **Sabtain et al. (2021)**

Les glucides constituent la principale source d'énergie dans la figue de Barbarie, avec une teneur moyenne d'environ 92.57g pour 100 g. Les glucides fournissent de l'énergie rapidement disponible pour le corps. La figue de Barbarie est relativement faible en protéines et en lipides, avec une teneur moyenne d'environ 1.03 g et 0.40 g pour 100 g, respectivement. Les fibres brutes sont présentes en très faibles quantités dans la figue de Barbarie, avec une teneur moyenne d'environ 1.37 g pour 100 g tout comme le sel avec un taux de 0.011 g/100g. La figue de Barbarie contient environ 87.07 % d'eau. Cela en fait un fruit hydratant.

6. Propriétés antioxydantes

La figue de Barbarie *Opuntia ficus-indica* L. est une plante largement utilisée en médecine traditionnelle et comme produit alimentaire comestible, principalement dans les régions arides. Elle nous apporte une richesse de toutes sortes de composés phytochimiques ainsi qu'une excellente alimentation nutritive bénéfique pour la santé qui pourraient aider à prévenir des pathologies chroniques comme le diabète. Ces effets caractéristiques ont été attribuée à ses composés bioactifs tels que la vitamine C et la vitamine E, les polyphénols, les caroténoïdes, les composés flavonoïdes (par exemple, le kaempférol, la quercétine et

l'isorhamnétine), la taurine et les pigments tels que les bétalaïnes qui sont des pigments hydrosolubles. Il existe deux dérivés de la bétalaïne dans la figue de Barbarie : la bétacyanine, responsable de sa couleur rouge-violet, et la bétaxanthine, responsable de sa couleur jaune-orange. Ces pigments ont montré des effets bénéfiques sur les voies régulées impliquées dans la croissance cellulaire et l'inflammation (**Madrigal-Santillán et al., 2013**).

7. Intérêts nutritionnels et effets thérapeutiques

Le fruit de la figue de Barbarie se compose de trois éléments pouvant être exploités commercialement : les graines, la peau et la pulpe. En raison de sa composition chimique, la figue de Barbarie, offre une valeur nutritionnelle considérable et devrait être utilisée comme complément alimentaire. De plus, le fruit joue un rôle crucial dans écosystème arides en tant que source alimentaire et hydrique pour les animaux pendant les longues saisons sèches des déserts et c'est la raison pour laquelle la figue de Barbarie peut être considérée comme « le pont de la vie » (**Cota-Sánchez, 2016**).

La figue de Barbarie est un fruit aux propriétés remarquables, offrant des bienfaits anti-inflammatoires, antioxydantes, antimicrobiennes, hypoglycémiantes et neuroprotecteurs. En raison de ces propriétés bénéfiques pour la santé, elle est également utilisée dans la fabrication de produits à valeur ajoutée. La figue de Barbarie est une riche source en vitamines C, E, A, B1 et B2, ainsi qu'en minéraux essentiels. Grâce à ses avantages nutritionnels, elle est incorporée dans une variété de médicaments pour lutter contre diverses maladies. Des études ont montré son efficacité dans le traitement du cancer, du diabète, de l'obésité, des ulcères, des plaies, des inflammations et les maladies cardiovasculaires (**Sabtain et al., 2021**).

II. Généralités sur les cladodes du figuier de barbarie

1. Morphologie

Les cladodes sont typiquement oblongs à spatulée-oblongs, généralement, bien qu'ils puissent varier légèrement en forme selon la variété de figuier de Barbarie. La surface des cladodes est généralement lisse, mais peut parfois être couverte de petites épines ou de glochides, selon la variété. Elles peuvent être verts, bleutés ou même pourpres, selon la variété et les conditions de croissance et elles sont disposés le long des tiges de la plante de manière alternée, formant une structure en zigzag.

Le poids et la longueur des légumes récoltés varient en fonction de l'espèce. Cependant, ils se situent généralement entre 40 et 100 g et mesurent entre 11 et 20 cm de longueur, quelques fois plus long (70-80 cm) et entre 18-25 cm de largeur. En raison de la modification diurne de l'acidité des cladodes, la récolte effectuée quelques heures après l'exposition au soleil fournit les meilleurs cladodes pour une utilisation en tant que légumes. Ceux-ci sont turgescents, riches en sucres, provitamine A et vitamine C, mais pauvres en azote (**Feugang, et al., 2006**). Il s'agit d'une plante rampante ou d'un arbuste dressé pouvant atteindre 2 à 5 mètres de hauteur ; une angiosperme dicotylédone selon **Saroj et al. (2017)**, dotée d'un tronc ligneux et de tiges mesurant de 30 à 60 cm de long ou plus. Les tiges se composent de groupes de cladodes vert opaque, munis d'aréoles contenant de nombreuses épines ; elles produisent de grandes fleurs jaunes, suivies de fruits jaunes sucrés ou rougeâtres violacés (**López et al., 2009**).

Les cladodes agissent comme des organes photosynthétiques, produisant de l'énergie pour la plante. Ils stockent également l'eau et les nutriments, ce qui leur permet de survivre dans des conditions arides.



Figure 3 : Photographie représentant des cladodes du figuier de Barbarie (Larrous, 2024)

2. Composition et Valeur nutritionnelle

Les cladodes et les fruits d'*Opuntia* sont connus comme source d'un nombre varié de composés nutritionnels. Leurs concentrations dépendent à la fois du site de culture, du climat et de la variété respective de fruit. Le **Tableau 3** présente la composition nutritionnelle des cladodes d'*Opuntia* spp pour 100g, avec des valeurs pour la matière sèche et le poids frais.

Tableau 3 : Composition nutritionnelle de cladode (pour 100g)

Constituant	Matière sèche (g/100g)	Poids frais (g/100g)
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

Source Feugang et al. (2006)

Les cladodes sont principalement constitués d'eau, avec des proportions variant de 88% à 95% du poids frais, ce qui fait des cladodes un produit hydratant. Les glucides constituent une

part importante des cladodes, avec des valeurs allant de 3% à 7% du poids frais et de 64% à 71% du poids sec. Les cendres représentent les minéraux et autres substances minérales présentes dans les cladodes. Leur proportion varie de 1% à 2% du poids frais et de 19% à 23% du poids sec, ce qui rend les cladodes une source nutritionnelle importante. Quant aux fibres, les cladodes contiennent une quantité significative de fibres, essentielles pour la santé, notamment digestive. Elles représentent jusqu'à 1% à 2% du poids frais et 18% du poids sec. Les protéines sont présentes dans les cladodes, mais en quantités relativement modestes, allant de 4% à 10% du poids sec. Les lipides sont présents en très faibles quantités dans les cladodes, n'atteignant qu'une valeur de 1% du poids sec.

Ce tableau offre une vue détaillée sur les composants nutritionnels des cladodes, mettant ainsi en évidence leur richesse en eau, en glucides, en fibres, ainsi que leur faible teneur en protéines et en lipides.

Il est à noter que les cladodes sont généralement riches en pectine, en mucilage et en minéraux. Les jeunes tiges fraîches constituent une source de protéines et en acides aminés notamment (glutamine, suivi par leucine, lysine, valine, arginine, phenylalanine et isoleucine) et de vitamines. De plus, les cladodes se distinguent par leurs teneurs élevées en acide malique, variant selon un rythme diurne lié au métabolisme acide (**Feugang et al., 2006**).

3. Propriétés antioxydantes

L'action antioxydante est le mécanisme par lequel les fruits et légumes exercent leurs effets bénéfiques sur la santé. Certains des effets bénéfiques des cladodes sur la santé ont été attribués à ses fibres solubles et insolubles (1 à 2 %) et à ses composés phytochimiques tels que les polyphénols, notamment les flavonoïdes. La vitamine C est un autre antioxydant présent en grande quantité dans les cladodes d'*Opuntia*. Les polyphénols constituent un large groupe de produits chimiques, considérés comme des métabolites secondaires des plantes présentant des structures chimiques différentes (un ou plusieurs cycles aromatiques avec au moins un substituant hydroxy). Ces composés présentent une capacité antioxydante puisque leurs structures leur permettent de piéger les espèces réactives de l'oxygène (ROS) tels que l'oxygène singulet, le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), ou la suppression du système xanthine/xanthineoxydase, et tous ce qui peut induire des lésions oxydatives, c'est-à-dire une peroxydation lipidique (**Avila-Nava et al., 2014**).

4. Application pharmaceutique alimentaires, et cosmétique

Les cultures de cladode suscitent un intérêt croissant à travers le monde, notamment celles du figuier de Barbarie, *Opuntia ficus indica*. Cette plante vivace se distingue par ses caractéristiques uniques qui lui confèrent une remarquable résilience face aux conditions écologiques difficiles. La pulpe de cladode est une source riche en composés bioactifs tels que les fibres alimentaires, la vitamine C et les composés phénoliques. Ces éléments confèrent aux cladodes de multiples propriétés bénéfiques pour la santé humaine (**Feugang et al., 2006 ; Kumar et al., 2018**), notamment :

- Amélioration de la santé intestinale ;
- Protection cardiovasculaire ;
- Soutien de la fonction hépatique ;
- Activité antioxydante ;
- Propriétés anticancéreuses
- Effet antiviral ;
- Effet anti-inflammatoire ;
- Effet antidiabétique (type II) ;
- Effets anti-hyperlipidémiques et hypercholestérolémiques

Les nopals ont été observés pour leur capacité à réduire la réponse inflammatoire provoquée par différents stimuli, et ils ont également démontré des effets positifs sur le processus de cicatrisation des plaies cutanées et des lésions de la muqueuse gastrique (**Kumar et al., 2018**). Les extraits lyophilisés de cladodes d'*Opuntia ficus indica* pourraient présenter un intérêt pharmacologique dans la prévention des altérations du cartilage et traitement des maladies articulaires (**El-Mostafa et al., 2014**). En outre, il est possible d'utiliser la poudre naturelle de cladodes d'*Opuntia ficus indica* pour enrichir les aliments de large consommation tels que le pain, les pâtes et les biscuits, dans le cadre d'une application industrielle d'aliments fonctionnels.

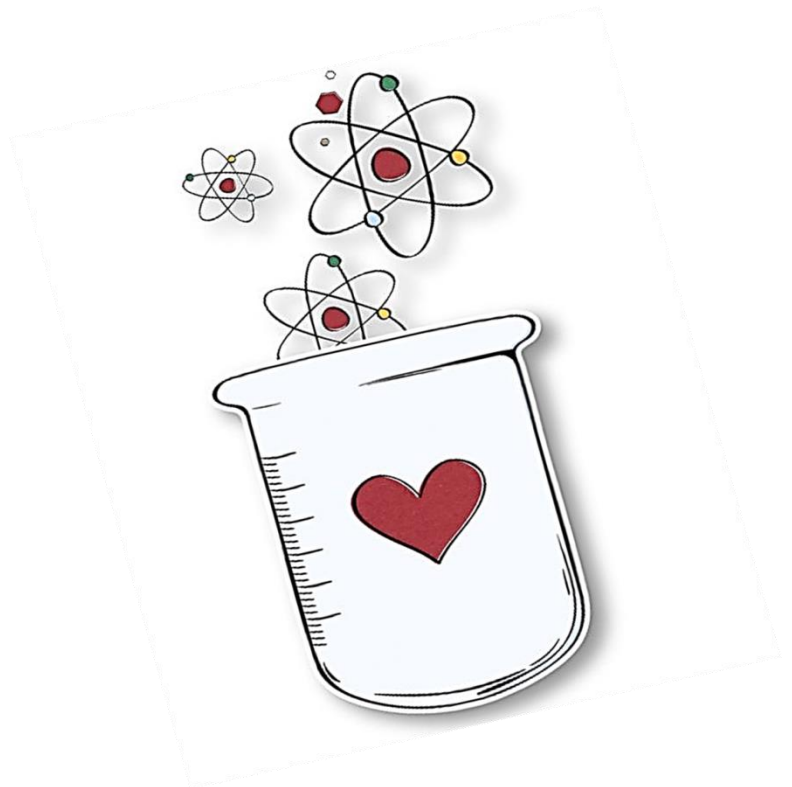
Au Mexique, où la consommation de figue de Barbarie est profondément ancrée dans la culture, les coussinets de cactus sont communément appelés nopales ou pencas lorsqu'ils sont entiers, ou nopalitos lorsqu'ils sont coupés en petits morceaux ou sous forme de jeunes cladodes frais âgés de 3 à 4 semaines. Ils sont régulièrement servis aux repas, à l'instar des haricots verts. La résistance à la chaleur rapportée des antioxydants extraits de figue de Barbarie

suggère la capacité de ces antioxydants à maintenir leur activité bien après la récolte et pendant un stockage adéquat (**Feugang et al., 2006**).

D'autres utilisations de la plante de cactus ont été suggérées et récemment examinées, telles que l'utilisation de la pulpe de cladode pour la production de shampoings, d'après-shampooings, de lotions pour le visage et le corps, de savons, de gels capillaires et de protections solaires ou la production de bioéthanol. De plus, la phytothérapie vétérinaire incluant *Opuntia* spp semble être un domaine de recherche prometteur et une application intéressante (**Feugang et al., 2006**).



Partie II :
Volet expérimental





Chapitre I.

Matériel & Méthode



CHAPITRE I. MATERIEL & METHODES

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de trois sites différents :

- Laboratoire de Microbiologie de la Clinique multiservice de la commune de Lac des Oiseaux, Wilaya d'El-Tarf ;
- Laboratoire de Chimie, de Biochimie et phytochimie de l'Université Chadli Bendjedid, d'El-Tarf pour la détermination des quelques propriétés physicochimique et techno-fonctionnelles de la farine des cladodes *d'Opuntia ficus-indica* L ;
- Laboratoire de physicochimie de la SARL Essalsabil, Ain-Bouglez, Commune de Bouteldja, Wilaya d'El-Tarf pour le contrôle de la qualité (physicochimique et organoleptique) des boissons préparées.

1. Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude expérimentale était principalement de tester l'aptitude de la farine de la pulpe des cladodes de la figue de Barbarie, cultivé localement, à être utilisé dans la fabrication de boissons gazeuses et non-gazeuses destinées à la consommation humaine.

1. Démarche expérimentale

Pour atteindre notre objectif, nous avons adopté la démarche expérimentale suivante :

- ✓ La préparation de la farine des cladodes : la récoltes des cladodes, la récupération et le séchage de la pulpe ;
- ✓ La caractérisation des propriétés physicochimiques et fonctionnelles de la farine préparée ;
- ✓ La préparation du jus de dattes ;
- ✓ La préparation des boissons à base de pulpes des cladodes du figuier de Barbarie.
- ✓ Le suivi de la qualité physicochimique et microbiologique des boissons produites ;
- ✓ L'estimation de l'appréciation des échantillons préparés à travers une analyse sensorielle.

2. Matières premières

Les matières premières utilisées dans le présent travail sont : les cladodes du Figuier de Barbarie, les dattes, l'eau minérale, l'eau gazéifiée et le sucre cristallisé.



Figure 4 . Matières première utilisées (a) : Cladodes ; (b) : Dattes ; (c) : Sucre cristallisé ; (d) : Eau minérale ; (e) : Eau gazéifiée.

Les cladodes ont été récoltées la journée du 7 Octobre 2023 à 8h00. Les caractéristiques physiques ont été évaluées sur quelques pièces de cladodes choisies au hasard sur les quelles ont été déterminés :

- La couleur : appréciée visuellement ;
- Les dimensions des feuilles : la longueur, la largeur et l'épaisseur qui ont été mesurées à l'aide d'une règle standard.

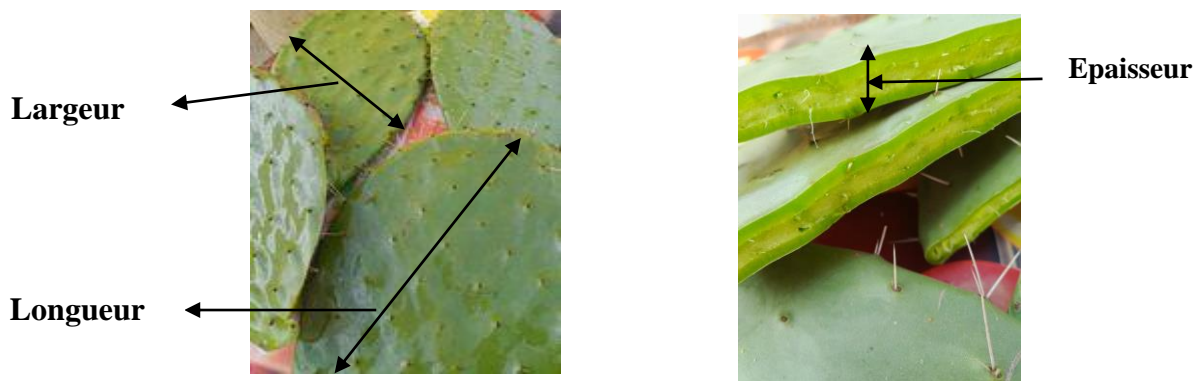


Figure 5. Dimensionnement des cladodes (Larrous, 2024)

4. Détermination des quelques propriétés physicochimique et techno-fonctionnelles de la farine de la pulpe des cladodes

Plusieurs propriétés techno-fonctionnelles de la farine préparée (farine préparée après récupération et séchage de la pulpe des cladodes suivi d'un broyage dans un broyeur domestique) ont été déterminées, à savoir : les capacités d'absorption en eau, en huile, en lait, les propriétés moussantes et émulsifiantes, les capacités de gonflement et de gélification, la concentration minimale de gélification, les paramètres de fluidité, solubilité, dispersibilité et la densité apparente. En outre, quelques paramètres physicochimiques ont également été déterminés à savoir l'humidité, la teneur en cendres, la teneur en matière organique et en matière sèche.

5. Screening phytochimique des poudres

Des tests en tube sont réalisés sur les poudres végétales afin de déterminer de manière préliminaire la nature des différents métabolites secondaires qu'elles contiennent. Il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation. L'analyse est effectuée sur une solution diluée de poudre. Les classes de métabolites recherchés sont : les tanins totaux, les anthocyanes, les glucosides, les alcaloïdes, les mucilages, les irridoides, et les composés réducteurs.

6. Dosage des molécules bioactives

Les pigments chlorophylliens et les caroténoïdes ont été déterminés sur un extrait acétonique de la farine de cladodes. La lecture de l'absorbance du surnageant, récupéré après centrifugation, est effectuée à différentes longueurs d'ondes : 645 nm, 662 nm, 470 nm, 653 nm et 654 nm. Les concentrations en pigments ont été déterminées selon les formules données par **Hynstova et al. (2018)**.

Les composés phénoliques ont été déterminés sur un extrait acétonique selon le test colorimétrique utilisant le Folin-Ciocalteu. Quant aux tanins condensés et flavonols, ceux-ci ont été déterminés par mesure de l'absorbance à 530 et 360 nm.

7. Préparation des boissons

7.1. Préparation du jus de cladode fait maison

Les boissons ont été préparées en suivant les différentes suivantes :

1. Tout d'abord, les cladodes ont été soigneusement pelés tout en enlevant les épines, puis la couche externe a été retirée, suivi d'un rinçage complet.
2. Ensuite, les cladodes ont été découpés en petits morceaux et placés dans un mixeur, où ils ont été mixés à puissance maximale jusqu'à obtention d'un mélange homogène.
3. Le jus ainsi obtenu a ensuite été filtré à travers une passoire pour le rendre prêt à être utilisé.

Le jus obtenu a été analysé pour son pH, son °Brix et pour sa teneur en pigments chlorophylles, caroténoïdes et phéophytine (selon les mêmes protocoles que ceux appliqués sur la farine).

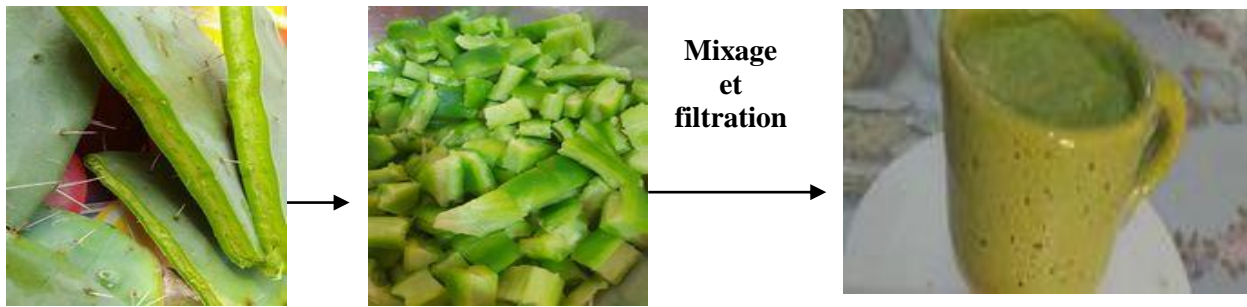


Figure 6. Etapes de préparation du jus de cladodes (Larrous, 2024)

7.2 Préparation du jus de dattes fait maison

En ce qui concerne la préparation du jus de datte, les étapes suivantes ont été suivies :

1. Dans un premier temps, les noyaux de datte ont été soigneusement retirés, puis les dattes ont été placées dans une casserole à laquelle de l'eau minérale a été ajoutée.
2. Ensuite, les dattes ont été chauffées jusqu'à ce qu'elles deviennent tendres, puis elles ont été broyées à l'aide d'un mixeur.
3. Enfin, le mélange a été filtré à travers une passoire pour obtenir le sirop de datte prêt à l'usage.

Le jus de datte obtenu a également été analysé pour son pH et son °Brix.

7.3 Préparation proprement dite des boissons

Dans ce travail, six échantillons de boissons ont été préparées, trois boissons non-gazeuses et trois boissons gazeuses. Le tableau suivant montre les différentes formulations préparées.

Tableau 4. Recette de différentes formulations de boissons préparées (gazeuse et non-gazeuse)

Formulation	Jus de cladode	Sucre cristallisé	Jus de dattes	Eau minérale (eau de source Bouglez)	Eau gazéifiée	Jus de citron
BNGSS	25%	/	/	75%	/	30 mL
BNGS	25%	50 g/L	/	75%	/	30 mL
BNGSD	25%	/	10 g/L	75%	/	30 mL
BGSS	25%	/	/	/	75%	30 mL
BGS	25%	50 g/L	/	/	75%	30 mL
BGSD	25%	/	10 g/L	/	75%	30 mL

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; BNGS: Boisson non Gazeuse Sucré ; BNGSD: Boisson Non-Gazeuse Sirop de Date ; BGNS: Boisson Gazeuse Sans Sucre ; BGS: Boisson Gazeuse Sucrée ; BGSD: Boisson Gazeuse Sirop de Date

Il est a noté que les boissons gazeuses ont été préparées au niveau du laboratoire de physicochimie de Sarl Essalsabil Ain-Bouglez, El-Tarf (Algérie).

Dans ce qui suit sont présentés les étapes da fabrication du jus de dattes ainsi que des boissons gazeuses et non gazeuses.



Figure 7 . Etapes de préparation du jus de dattes (Larrous, 2024)

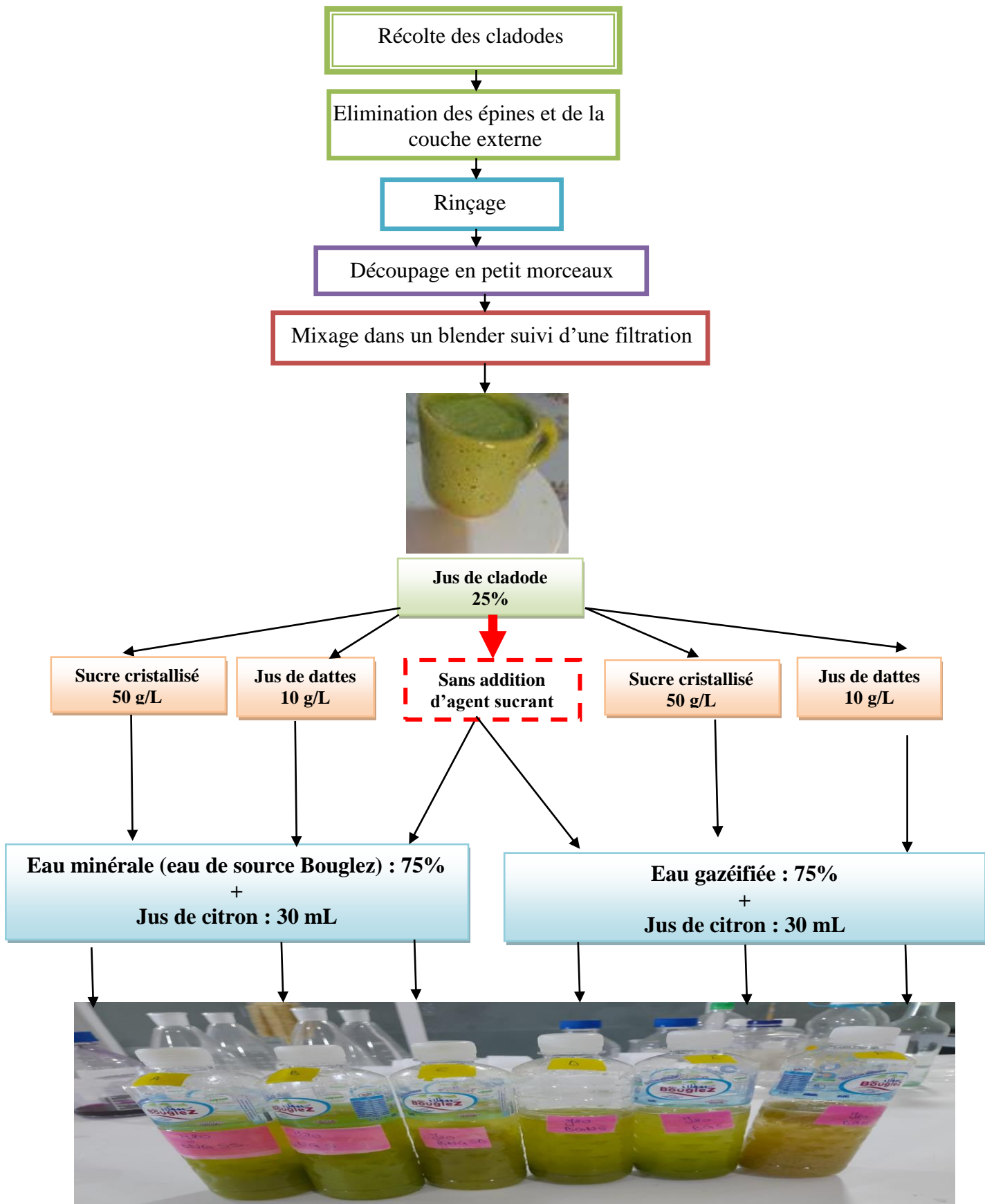


Figure 8. Digramme de préparation de différentes formulations de boissons (gazeuse et non-gazeuse) (Larrous, 2024)

8. Détermination des paramètres de qualité du produit fini

Les boissons produites ont subi une batterie d'analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielle durant une période de **75** jours.

8.1 Qualité physicochimique

La qualité physicochimique des échantillons a été suivi en terme du pH, du degré Brix ($^{\circ}\text{B}$) et du taux de carbonatation (taux de CO_2).

a. Mesure du pH

Le pH a été déterminé directement sur l'échantillon de boisson en utilisant un pH-mètre de paillasse de marque *Adwa AD 1030*. Le résultat est directement lu sur l'appareil. Après stabilisation de la valeur.



Figure 9. Mesure du pH (Larrous, 2024)

b. Mesure du degré Brix ($^{\circ}\text{B}$)

Pour déterminer la teneur en sucre (%), nous avons utilisé le degré Brix mesuré à l'aide d'un réfractomètre de marque *ATAGO*. Après avoir étalonné l'appareil avec de l'eau distillée, deux gouttes de chaque boisson ont été ajoutées à la cellule de mesure. Les résultats ont été directement lus directement sur l'écran.



Figure 10. Réfractomètre de détermination de degré Brix (Larrous, 2024)

c. Mesure du taux de CO₂

Un dispositif spécial est utilisé pour vérifier la pression de CO₂ à l'intérieur des bouteilles scellées. Ce dispositif comprend un corps, une partie mobile, un anneau en caoutchouc, une aiguille de perçage, un manomètre et un mécanisme d'étanchéité. Le manomètre est fixé verticalement sur la partie supérieure de la bouteille, permettant à l'anneau en caoutchouc et à l'aiguille de se fixer sur le bouchon. En appuyant sur le mécanisme d'étanchéité, l'aiguille pénètre dans le bouchon jusqu'à l'espace au-dessus du liquide. Le manomètre indique alors la pression de CO₂ dans cet espace, et en utilisant une table de corrélation basée sur la lecture du manomètre et la température de la boisson gazeuse, la quantité de CO₂ est déterminée en grammes par litre.

Remarque : Des mesures des paramètres pH et °Brix ont également été effectuées sur les jus de cladodes et de dattes.

8.2 Qualité microbiologique

L'analyse microbiologique permet de garantir la sécurité sanitaire et hygiénique des boissons préparées. Dans le cadre de cette étude, les analyses ont porté sur les coliformes totaux et fécaux, les levures et les moisissures (Tableau 5). Les analyses microbiologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de microbiologie de la clinique multiservice du Lac des Oiseaux et de l'établissement public Algérien des Eaux, Laboratoire Central, Wilaya, d'El Tarf.

Tableau 5. Représentation simplifiée des germes recherchés (Larrous, 2024)

Germes recherchés	Milieux utilisés	T°C d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes Totaux	VBL	37C°	24 H
Coliformes Fécaux	SHUBERT	44C°	24 H
Levure et moisissures	GN	37C°	5 Jour



Figure 11. Analyse microbiologique des échantillons de boissons (Larrous, 2024)

8.3 Analyse sensorielle

8.3.1 Règles générales de la conduite de la dégustation

- ✓ Le nombre de dégustateur est de 10 ;
- ✓ Chaque étape de dégustation prend une minute ;
- ✓ L'analyse s'effectue à une température ambiante

8.3.2 Séance de travail

Les paramètres d'analyse sensorielle des boissons (aspect général, couleur, odeur, goût, viscosité et préférence) ont été effectués par 10 dégustateurs (membres du Laboratoire Physicochimique et de Production de l'entreprise Bougluez, El-Tarf). Le panel est constitué de 6 hommes et de 4 femmes, âgés de 23 à 50 ans, recrutés en fonction de leur motivation et de leur disponibilité à participer à l'étude. L'analyse a été effectuée à température ambiante, les échantillons de boissons ont été présentés en ayant des codés avec des lettres (A, B, C, D, E et F) pour l'anonymat. Les dégustateurs ont été invités à noter leur évaluation en utilisant des fiches de dégustation. L'acceptation du consommateur a été déterminée à l'aide d'une échelle hédonique de 5 points :

- **1 point** : N'apprécie pas du tout ;
- **2 point** : N'apprécie pas beaucoup ;
- **3 point** : Indifférent ;
- **4 point** : Apprécie un peu ;
- **5point** : Apprécie beaucoup.



Figure 12. Présentation des échantillons des boissons pour la dégustation (Larrous, 2024)

9. Teneur en certaines molécules bioactives des boissons produites

La teneur en polyphénols totaux, flavonols, chlorophylle totale et tanins condensés ont été déterminé sur les boissons directement (extrait aqueux).

10. Détermination de l'activité anticoagulante des boissons vis-à-vis de la voie endogène ou test TCK

L'activité anticoagulante a été mesurée selon le protocole appliqué au niveau du laboratoire de Biochimie de l'hôpital d'El-Tarf. La première étape du test est la récupération du sérum selon le protocole décrit en Figure 13.

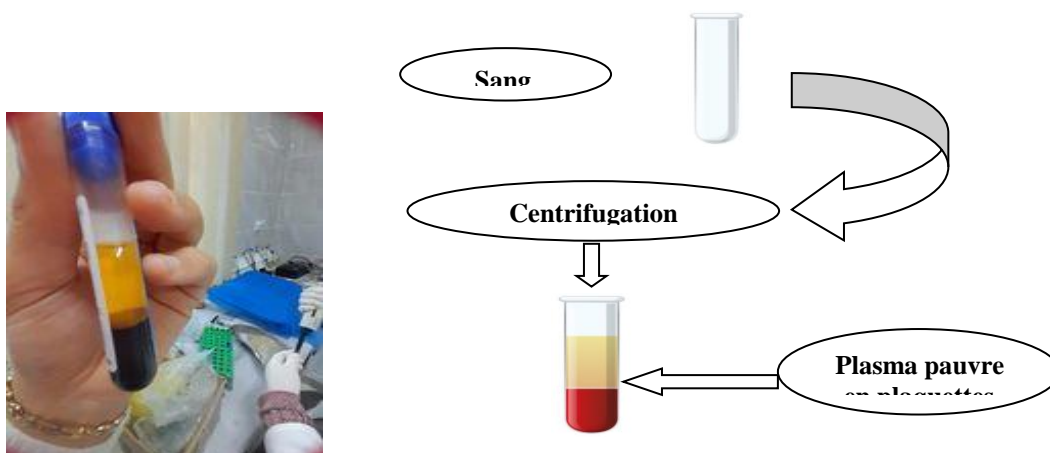


Figure 13. Etapes de préparation d'un pool de plasma (Larrous, 2024)

La deuxième étape consiste en la détermination de l'activité proprement dite. Ce test d'évaluation de l'activité anticoagulante des différents produits vis-à-vis de la voie endogène de coagulation a été réalisée en utilisant le temps de céphaline-kaolin ou le temps de thromboplastine partielle activé, un test qui permet d'explorer l'activité des facteurs II, V, VIII, IX, X, XI et XII de la voie endogène et la voie commune de la coagulation (**Rizzo et al., 2008**).

Ce test consiste à mesurer le temps de coagulation d'un plasma pauvre en plaquettes (PPP) en présence de céphaline (substitut phospholipidique du facteur 3 plaquettaire), de kaolin (activateur du système contact) et du calcium comme agent de recalcification (facteur déclenchant) selon le protocole décrit par **Wang et al (2010)**. Pour cela, nous avons préparé au préalable un pool de PPP constitué d'un mélange de plasma de 4 volontaires sains non traités dont les TCK les TQ sont normaux et comparables. Le sang de chaque volontaire est prélevé par ponction veineuse dans un tube en plastique contenant une solution anticoagulante de citrate de sodium à 3.2% à raison de 1 volume pour 9 volumes du sang. Le sang est ensuite centrifugé pendant 10 minutes à 3000 rpm pour obtenir un plasma pauvre en plaquettes. Le mélange de ces plasmas (plasma standard) est conservé à basse température (-10 °C) jusqu'à son utilisation.

→ Mode opératoire

L'activité anticoagulante des extraits est établie sur 100 µL de ce plasma qui est mélangé avec différents volumes d'extraits (10, 20, 30 µL). Après 15 min d'incubation à 37°C, 100 µL de céphaline-kaolin est additionné au mélange qui est réincubé durant exactement 3 min sous agitation à 37 °C. Le temps de coagulation est alors déterminé à l'aide d'un coagulomètre par ajout de 100 µL de chlorure de calcium (0.025M) préchauffé. En parallèle, un contrôle témoin (sans extrait) est réalisé dans les mêmes conditions. Un allongement du TCK en présence des produits à tester par rapport au contrôle indique un effet anticoagulant au niveau de cette voie (Fig. 14).

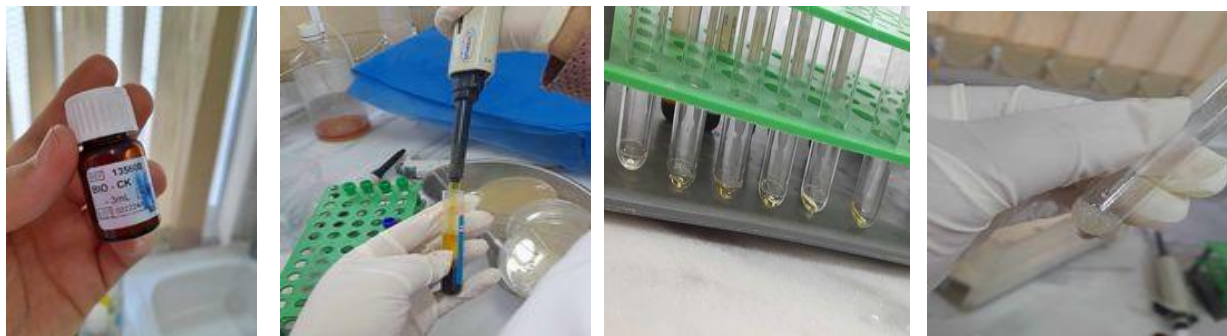


Figure 14. Détermination de l'activité anticoagulante vis-à-vis de la voie endogène (TCK) (Larrous, 2024)

Chapitre II.

Résultat & Discussion



1. Caractéristiques physiques

Les résultats de la mesure des caractéristiques physiques des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* L. sont récapitulés dans le Tableau suivant.

Tableau 6. Caractéristiques physiques des cladodes du figuier de barbarie.

Paramètre	Cladodes
Couleur	Vert vif
Longueur (cm)	28.95 ± 1.15
Largeur (cm)	6.77 ± 1.41
Épaisseur (cm)	1.08 ± 0.15

Couleur : La couleur vive des cladodes, décrite comme étant d'un vert vif, est un indicateur classique de la présence de chlorophylle, pigment essentiel à la photosynthèse. La teinte verte intense suggère une activité photosynthétique robuste, caractéristique des plantes en bonne santé.

Longueur : La longueur moyenne des cladodes est de 28.95 ± 1.15 cm. Cela indique la taille générale des cladodes et fournit une indication de leur développement. Les cladodes semblent relativement longues, ce qui pourrait être un signe de croissance vigoureuse de la plante.

Largeur : La largeur moyenne des cladodes est de 6.77 ± 1.41 cm, ceci peut être important pour évaluer la surface de photosynthèse et la capacité de stockage de l'eau des cladodes. La variabilité plus élevée dans la largeur par rapport à la longueur peut indiquer une variation naturelle dans la croissance des cladodes.

Épaisseur : L'épaisseur moyenne des cladodes est de 1.08 ± 0.15 cm. Cette mesure est importante car elle peut influencer la capacité de la plante à stocker l'eau et les nutriments, ainsi que sa résistance à la déshydratation. Une épaisseur plus importante peut également indiquer une structure cellulaire robuste et un potentiel de stockage plus élevé.

2. Propriétés physicochimiques et techno-fonctionnelles de la farine de cladodes

Ces tests sont réalisés dans le but de simuler une éventuelle incorporation de la farine de cladodes dans une matrice alimentaire, autrement dit dans un produit fini ayant une teneur en eau ou en huile importante tel qu'un jus, un yaourt, une compote ou encore une margarine. Les résultats des propriétés fonctionnelles sont rassemblés dans le Tableau 7.

Tableau 7. Propriétés fonctionnelles de la farine de cladodes

Paramètre	Résultat
Humidité (%)	10±0.00
Matière sèche (%)	90±0.00
Matière organique (%)	80±0.00
Cendres totales (%)	20±0.00
Capacité d'absorption en eau (%)	366.67±11.55
Capacité d'absorption en huile (%)	106.67±11.55
Rapport hygrophylie / lipophilie (%)	3.47±0.42
Capacité d'absorption en lait entier (%)	320±20
Capacité d'absorption en lait 1/2 écrémé (%)	346.67±30.55
Capacité d'absorption en lait écrémé (%)	213.33±23.09
Activité moussante (%)	1.00±0.00
Stabilité de la mousse (%)	100.57±0.49
Activité émulsifiante (%)	44.28±1.24
Stabilité de l'émulsion (%)	101.85±8.49
Solubilité (%)	9.59±0.94
Dispersibilité (%)	2.00
Hygroscopicité (%)	6.20
Capacité de gonflement (mL/g)	13±0.00
Concentration minimale de gélification (%)	8.00
Densité apparente	0.55±0.00
Densité réelle	0.57±0.00
Rapport d'Hausner	1.04±0.00
Indice de compressibilité (%)	3.51±0.00

Chaque valeur du tableau correspond à la moyenne ± écart type ($n = 3$), sauf pour : l'activité moussante, la dispersibilité, l'hygroscopicité et la Concentration minimale de gélification.

Humidité : La détermination de la teneur en eau, ou revêt une importance capitale, en particulier pour les aliments déshydratés ou secs. Une teneur en humidité est élevée peut considérablement réduire la durée de conservation de la farine, en favorisant la prolifération de champignons et de bactéries, ainsi que de réactions chimiques (comme les réactions enzymatiques) et physiques (comme le changement de fluidité, la condensation, la corrosion, l'adhésion, etc.). Par conséquent, il est recommandé que le pourcentage maximum d'humidité dans les produits déshydratés ne dépasse pas 10 % pour un stockage à long terme (**Rössel-Kipping et al., 2021**). Ainsi, la farine de cladodes, qui présente une teneur en eau de 10%, se prête bien à un stockage à long terme.

Cendres totales : Les cendres totales constituent un indicateur de la teneur en minéraux. Le taux de cendres mentionné dans cette étude était de 20 %, ce qui est considéré comme important. Ceci reflète la richesse de la farine des cladodes en minéraux. Notre résultat est proche de celui rapporté par **Bakari et al. (2017)**, qui ont trouvé une valeur de 19.5% sur la farine de cladode de la Tunisie.

Capacité d'absorption en eau et en huile : La capacité d'absorption en eau et en huile est un paramètre d'une grande importance. En effet, la capacité d'absorption en huile est souvent utilisée pour évaluer le caractère hydrophobe des molécules formant la partie fibreuse, qui sont responsables des propriétés émulsifiantes. Cette capacité revêt une importance fonctionnelle majeure, car les huiles jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la sensation en bouche. La poudre de cladode a démontré une capacité d'absorption en huile de 106.67%. Il convient de noter qu'un résultat supérieur a été enregistré par **El-Safy (2013)** sur la poudre de cladode en Égypte, avec une capacité d'absorption de 2.80 ± 0.13 mL/g.

Parallèlement, la farine de cladodes de figue de Barbarie peut s'avérer appropriée pour améliorer la texture d'une variété d'aliments, notamment des produits de boulangerie ou des desserts, en raison de sa forte rétention d'eau. Une capacité atteignant les 366.67% a été enregistrée, bien que des valeurs supérieures aient été rapportées par **El-Safy (2013)**, avec une valeur de 4.50 ± 0.09 mL/g. Ces différences peuvent probablement être attribuées à des variations dans la matière première utilisée, les cladodes, à leur âge, ainsi qu'aux conditions de broyage et de séchage, ce qui pourrait expliquer ces variations de résultats.

Rapport hydrophylie / lipophilie : C'est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée de la farine pour l'eau et pour l'huile. Un rapport HLR supérieur à 1.5 est le signe d'une plus grande capacité à fixer l'eau que l'huile comme il a été trouvé dans la présente étude (3.47)

Capacité d'absorption en lait entier, lait1/2 écrémé et lait écrémé : La farine de cladodes a montré les capacités d'absorption en lait entier, totalement écrémé et demi écrémé de 320%, 213.33% et de 346.67%, respectivement. Ces résultats soulignent la polyvalence de la farine de cladodes dans différentes formulations alimentaires, en offrant des capacités d'absorption adaptées à une gamme variée de produits laitiers, qu'ils soient riches en matières grasses ou plus faibles en matières grasses tels que dans la conception de produits de petit-déjeuner comme les céréales ou les aliments instantanés pour bébés et les produits laitiers (yaourts, fromages, crèmes, desserts lactés).

Activité émulsifiante (AE) et stabilité de l'émulsion (SE) : La farine de cladode a présenté une activité émulsifiante de 44.28%. Notre résultat est, de loin, inférieur à celui obtenu par **Du Toit et al. (2019)** qui ont enregistré, après 24 heures d'homogénéisation, sur les échantillons de poudre de mucilages extraites des cladodes de figue de Barbarie récoltés sur une période de 6 mois contenant les teneurs en protéines les plus élevées en mai (3.94 g/100 g) et en août (3.39 g/100 g), une capacité d'émulsification significativement qui s'élève à 93.40 % et 92.27 %, respectivement. Selon la même analyse, les auteurs ont noté que parmi les quatre cultivars évalués, le Robusta s'est révélé être le meilleur en termes de capacité d'émulsification et de stabilité. Les résultats ont en effet montré qu'après 24 heures, une couche émulsifiée représentant 93.24 % du volume initial a été observée, ce qui suggère une stabilité proche de celle enregistrée dans la présente, soit 101.85%.

Activité moussante (AM) et stabilité de la mousse (SM) : L'activité moussante de la farine de cladodes n'a été que de 1.00 %. Ce résultat est inférieur à celui enregistré par **Nkoi et al. (2022)** puisqu'ils ont enregistré une valeur de 2.5 %. Quant à la stabilité de la mousse qui s'est formée, celle-ci était de 100.57% indiquant une très grande stabilité de la mousse. Cette caractéristique est importante dans diverses applications, telles que la création de textures légères dans les produits alimentaires et même cosmétiques.

Densité apparente et la Densité réelle : La densité apparente de la farine de cladode était de 0.55. Cette valeur est proche de celle rapportée par **Du Toit (2016)** qui a trouvé une valeur moyenne de 0.59 sur la poudre de mucilage lyophilisée de cladodes de figuier de Barbarie d'Algérie. Selon

la même analyse, la densité réelle de la poudre de mucilage lyophilisée était de 0.73. Cette valeur est considérée comme supérieure à la densité réelle enregistrée dans la présente étude, qui n'était que de 0.57.

Rapport de Hausner (RH) et Indice de compressibilité (IC) : L'Indice de compressibilité et le rapport de Hausner de la farine de cladode étaient de 3.51% et de 1.04%, respectivement. Selon la classification abordée dans l'étude de **Du Toit (2016)**, la farine de cladode est considérée comme ayant une excellente coulabilité ($1 < IC < 10 \%$) ($RH < 1.11$).

Solubilité : La farine de cladode a montré une solubilité de 9.59 %, une valeur similaire à celles rapportées par **Boukid et al. (2015)** qui ont observé des solubilités de $12.13 \pm 1.026 \%$, $16.13 \pm 0.757 \%$ et $7.13 \pm 0.61 \%$ pour la farine de cladode, de Tunisie, séchée à trois températures différentes. La solubilité peut être attribuée à la présence de molécules solubles telles que des sucres, de l'amylose, des acides aminés, etc., dans la farine de cladode.

Dispersibilité : La dispersibilité est liée à la taille des particules fines, plus le pourcentage de dispersibilité est élevé, plus la capacité de la poudre à se reconstituer dans l'eau pour produire une pâte fine et visqueuse est grande. La farine de cladode a présenté une dispersibilité de 2%. Un taux de dispersibilité de 73.50% a été obtenu sur la farine de blé (**Adegunwa et al., 2014**), qui est de loin supérieur au résultat obtenu dans la présente étude. Cette disparité suggère que la farine de blé a une meilleure capacité à se disperser dans un liquide par rapport à la farine de cladode. Cela pourrait être dû à des différences dans la composition chimique ou la structure des deux types de farine.

Capacité de gonflement (mL/g) : Lorsque l'on compare la capacité de gonflement de la farine de cladode dans notre étude avec celle rapportée par **Du Toit et al. (2019)**, on observe une différence notable. Notre étude a révélé une capacité de gonflement de 13 mL/g, alors que **Du Toit et al. (2019)** ont observé une capacité de gonflement moyenne de 2 g/g pour la poudre de mucilage extraite de cladodes de quatre variétés de figuiers de Barbarie récoltées sur une période de 6 mois. Cette différence pourrait être attribuée à des variations dans les conditions de récolte, de traitement ou de méthodologie d'analyse entre les deux études.

Hygroscopicité (%) : L'hygroscopicité de 6.20 % obtenue sur la farine de cladode signifie que cette dernière a la capacité d'absorber l'humidité de l'air. L'hygroscopicité est une propriété importante des aliments et des ingrédients alimentaires car elle peut affecter leur texture, leur stabilité et leur durée de conservation. Une forte hygroscopicité peut conduire à une absorption

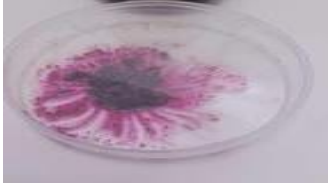

accrue d'eau, augmentant leur cohésion et diminuant leur fluidité. Par conséquent, la farine doit être stockée dans un endroit sec.



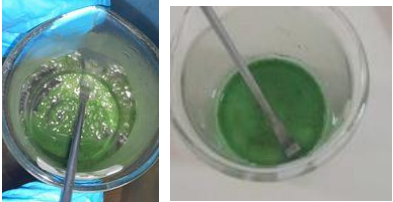


Concentration minimale de gélification (%) (CMG) : La capacité de gélification est déterminée par la concentration minimale de gélification (CMG). La CMG est souvent utilisée comme indicateur de la capacité de gélification des protéines alimentaires. D'après les résultats obtenus, une formation de gel a été observée, parmi les suspensions préparées de 4, 8, 12, 14, 16, 18 et 20 %, dans la suspension de 8% pour la farine de cladode. Cela suggère que la farine commence à se gélifier à une concentration de 8%. Ceci est important pour diverses applications culinaires ou industrielles nécessitant des propriétés gélifiantes. Ce résultat est proche de celui obtenu par **Boukid et al. (2015)** puisqu'ils ont enregistré des CMG de 10%, 9%, et 5% pour la farine de cladode séchée à trois températures de 60°C, 70°C et 80°C, respectivement. Selon la même analyse, les auteurs ont noté que la CMG diminue avec l'augmentation de la température.

Screening phytochimique

La détermination de la présence de certaines molécules biochimiques dans la farine de cladodes a donné les résultats mentionnés dans le tableau suivant.

Tableau 8. Screening phytochimique la farine de cladodes (**Larrous, 2024**)

Teste	Farine de cladodes
 Glucosides	+++
 Anthocyanes	-

 <p>Iridoïdes ⁴</p>	<p>-</p>
 <p>Mucilages</p>	<p>+++</p>
 <p>Composés réducteurs</p>	<p>-</p>
 <p>Tanins totaux</p>	<p>-</p>
 <p>Alcaloïdes</p>	<p>+</p>

(+) : *Présence* ; (-) : *Absence*

⁴ Les iridoïdes sont présents dans nombre de plantes médicinales auxquelles ils confèrent leurs propriétés pharmaceutiques : Isolés et purifiés, les iridoïdes présentent une large variété de propriétés : cardiovasculaire, anti-hépatotoxique, cholérétique, hypoglycémiant, analgésique, anti-inflammatoire, anti-mutagène, antispasmodique, antitumoral, antiviral, immunomodulateur et purgatif.

Ces tests indiquent la présence de quelques classes de composés phytochimiques dans la poudre de cladode à savoir : les glucosides, les mucilages et les alcaloïdes. Cependant, cette composition en divers métabolites secondaires peut varier selon les conditions édaphiques, le climat et l'âge de la plante.

3. Teneurs en pigments photosynthétique de la farine de cladodes

Les résultats (Tableau 9) ont montré que les pigments phéophytines ont présenté la teneur la plus élevée en comparaison avec les autres pigments. En effet, cette teneur était de 54.02 mg/100g, celle-ci a été suivie par celle de la chlorophylle totale de 9.78 mg/100g et enfin par celle des caroténoïdes avec une teneur de 7.77 mg/100g.

Tableau 9. Teneur (mg/100g) en pigments de la farine de cladodes

Molécules bioactives	Farine de cladodes
Chlorophylle a	5.86±0.38
Chlorophylle b	3.91±0.61
Chlorophylle total	9.78±0.57
Caroténoïdes	7.77±0.35
Chlorophylle + Caroténoïdes	17.55±0.24
Phéophytines total	54.02±11.08
Polyphénols	973.71 ± 33.88
Flavonols	118.81 ± 4.82
Tanins condensés	4.43 ±0.05

Les pigments constituent un composant important des produits d'origine végétale. La chlorophylle est le pigment vert qui colore les feuilles des végétaux. Elle leur permet d'utiliser l'énergie lumineuse pour transformer en sucres, le carbone présent dans l'air sous forme de gaz carbonique. Notre résultat est proche de ceux rapportés par **Lahmidi et al. (2023)** concernant la chlorophylle totale, qui ont trouvé des contenus qui étaient, par ordre décroissant : 23.76 ± 0.25 , 14.03 ± 0.02 , 11.46 ± 0.07 et 5.55 ± 0.17 mg/100 g MS pour les cladodes âgées de 1, 3, 2 et 4 ans, respectivement. Alors que les teneurs en caroténoïdes enregistrées par les mêmes auteurs étaient de 5.98 ± 0.08 , 3.61 ± 0.02 , 2.53 ± 0.01 et 1.85 ± 0.09 mg/100 g MS pour les âges de 1, 2, 3 et 4 ans, respectivement. Les auteurs ont conclu que les teneurs en chlorophylle et en caroténoïdes diminuent de manière significative à mesure que les cladodes vieillissent. Ce qui peut expliquer, les faibles teneurs enregistrées dans ce travail vu que les cladodes utilisées étaient plus au moins âgées. **Nabil et al. (2020)** ont rapporté des teneurs inférieures en caroténoïdes par

rapport à celle enregistrée dans la présente étude. En effet, les auteurs ont indiqué des taux allant de 1.85 à 6.11 mg/100g.

D'après **Nabil et al. (2020)**, il existe une relation entre la taille des particules et la chlorophylle a, b- Caroténoïdes et phéophytines, La chlorophylle a et les phéophytines augmentent avec la taille des particules tandis que la chlorophylle b diminue, alors que les caroténoïdes totaux avaient tendance irrégulière.

La teneur en polyphénols totaux de la farine de cladode enregistrée dans la présente étude (Tableau 9) était de 973.71 ± 33.88 MS. Cette teneur est proche de celles rapportées par **Ayadi et al. (2009)** qui ont noté des valeurs de 975.82 ± 36.12 et de 825.81 ± 24.13 (mg/100 g MS) sur les cladodes épineuses et sans épines, respectivement. Cependant, notre résultat dépassait largement ceux rapportés par **Lahmidi et al. (2023)**. Plus précisément, ces auteurs ont noté que les teneurs en polyphénols totaux les plus élevées ont été trouvées dans les cladodes âgées de 2 et 4 ans (164.50 ± 2.03 et 164.97 ± 3.22 mg GAE/100 g MS, respectivement). Ces concentrations étaient significativement supérieures à celles mesurées chez les cladodes âgées de 1 et 3 ans (157.98 ± 5.66 et 133.86 ± 2.90 mg GAE/100 g MS, respectivement).

Les flavonols sont une classe importante d'antioxydants polyphénoliques et qui font parti des flavonoïdes. Une teneur de 118.81 mg/100 g en flavonols a été enregistré dans la présente étude. Ce résultat est nettement inférieur à celui noté dans l'étude de **Moussa-Ayoub et al., (2014)** sur la farine de cladode d'Egypte qui ont enregistré une valeur de 6.3–7.3 mg/g. plusieurs flavonols ont été identifiés dans la farine de cladode, parmi ceux-ci, l'isorhamnétine s'est avérée être le flavonol prédominant.

Les tanins sont des polyphénols de haut poids moléculaire possédant plusieurs propriétés bénéfiques pour la santé. D'après les résultats obtenus (Tableau 9), la farine de cladode a présenté une faible concentration en tanins condensés de 4.43 mg/100g. Ce résultat était nettement inférieur à celui noté dans l'étude de **Figuroa-Pérez et al. (2018)** qui ont enregistré des valeurs de valeur de 3.2, 1.5 et 1.2 (mg/g) sur des cladodes selon le stade de maturité jeune, moyen et âgé.

D'après **Mourjane et al., (2023)**, la teneur élevée en phéophytine pourrait être dû à la dégradation de la chlorophylle b en phéophytine, qui se produit souvent lors d'un traitement thermique. De par sa composition chimique, la chlorophylle contient une grande proportion d'azote végétal, ce qui détermine directement la possibilité de photosynthèse. Il convient de

noter que la présence de chlorophylle et de phénols dans les cladodes est due à une faible activité enzymatique, conduisant à une valeur nutritionnelle élevée.

4. Caractérisation des jus de cladodes et de dattes

4.1 pH et °Brix des jus de cladodes et de dattes

Le pH et le °Brix des deux jus préparés ont été, comme déjà mentionnés, déterminés et les résultats sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10. pH et °Brix des jus de cladodes et de dattes

Jus / Paramètre	Jus de cladodes	Jus de dattes
pH	3.72	6.54
°Brix	1.2%	30.2%

Il est bien clair que le jus de cladodes est naturellement acide avec un pH de 3.72. **Lahmidi et al. (2023)** et **Procacci et al. (2021)** ont rapporté des valeurs respectives de 4.32 et 4.50 supérieures à celle enregistrée dans la présente étude. Ceci peut être dû à des différences au niveau de la période de récolte ainsi que l'âge des cladodes. En revanche, le jus de dattes avait plutôt un pH proche de neutralité de 6.54. Ce résultat est proche à celui obtenu par **Al-Farsi (2003)** qui était de 6.13 sur le jus de date de Oman.

Le pur jus de cladodes a enregistré une valeur du °Brix très faible de 1.2%, ce qui témoigne de la faible présence des sucres dans cette matrice végétale. Ce résultat était inférieur, en le comparant avec celui rapporté par **Boutakiout et al. (2015)** sur le jus de cladodes de deux variétés avec épines (5.5%) et sans épines (5.1%). Quant au taux des solides solubles totaux de jus de dattes, celui-ci était de 30.2 %, valeur qui est loin de celles rapportées par **Al-Farsi (2003)** et **Shanta et al. (2021)** qui ont noté les valeurs du °Brix de 20.5% et 9%, respectivement, inférieures à au °Brix trouvé de cette étude.

4.2 Teneur en pigments de pur jus de cladodes

L'analyse de la teneur en pigments du pur jus de cladodes révèle des données significatives sur sa composition biochimique (Tableau 11). Les résultats indiquent une présence notable de chlorophylle a et b, avec des concentrations de 0.76 mg/100mL et 1.02 mg/100mL, respectivement, contribuant ainsi à une chlorophylle totale de 1.78 mg/100mL. Les caroténoïdes, quant à eux, sont également détectés à une concentration de 0.18 mg/100mL. En combinant les caroténoïdes avec la chlorophylle totale, la quantité totale de ces pigments dans le jus atteint 1.96

mg/100mL. En outre, la présence notable de phéophytines, mesurée à 7.63 mg/100mL, suggère des processus de dégradation ou de maturité dans les cladodes. Ces résultats soulignent la richesse en composés photosynthétiques et en pigments dans le jus de cladodes, offrant ainsi des informations précieuses sur sa valeur nutritionnelle et ses éventuels bienfaits pour la santé, notamment leurs activités antioxydantes et anticancer. Ceci contribue à élever la valeur nutritionnelle des jus préparés dans la présente étude.

Tableau 11. Teneur en pigments chlorophylle, caroténoïdes et phéophytine du pur jus de cladodes.

Pigments	Teneur en mg/100mL
Chlorophylle a	0.76 ± 0.04
Chlorophylle b	1.02 ± 0.02
Chlorophylle totale	1.78 ± 0.03
Caroténoïdes	0.18 ± 0.05
Caroténoïdes + Chlorophylle totale	1.96 ± 0.08
Phéophytines	7.63 ± 2.13
Polyphénols	672.44 ± 0.65
Flavonols	96.05 ± 0.35
Tanins condensés	3.10 0.18

La teneur en caroténoïdes dans le pur jus de cladode était de 0.18 mg/100mL. Notre résultat est nettement supérieur à celui rapporté par **Hadj Sadok et al. (2008)** sur des cladodes d'origine Blida (Algérie) qui ont rapporté des teneurs entre 0.042 et 0.077 mg/100g sur le poids frais.

Le pur jus de cladode a présenté une teneur en composés polyphénoliques de 672.44 mg/100mL. Ce résultat est nettement supérieur par rapport à celui obtenu par **Boutakiout al. (2018)** puisqu'ils ont enregistré une valeur allant de 455.65 à 542.70 µg GAE/mL sur deux espèces d'*Opuntia ficus-indica* (inermis) et *Opuntia megacantha* (épineuse). Selon la même analyse, les auteurs ont noté que les principaux composés phénoliques présents dans les jus de cladodes d'*O. ficus-indica* sont principalement des flavonoïdes : l'isoquercétine, l'hyperoside, l'acide p-coumarique et la procyanidine B2. Selon la même étude, l'âge du cladode, l'environnement, le type de sol et le climat pourraient expliquer ces variations de la teneur en jus de cladode en composés polyphénoliques.

La teneur en flavonols du jus de cladode était de 96.05 ± 0.35 mg/100 mL. L'analyse HPLC des composés phénoliques réalisée dans l'étude de **Boutakiout et al. (2018)** a montré que le jus de cladode est riche en flavonols à savoir l'isoquercétine et l'hyperoside (645.90 µg/mL et 164.50 µg/mL, respectivement). Ces deux composés sont des flavonoïdes de type flavonol qui sont présents sous forme d'hétéroside dont le groupe hydroxyle est substitué en position 3 par un glucose pour l'isoquercétine et par un galactose pour l'hyperoside.

La teneur en tanins condensés dans le pur jus de cladode est 3.10 mg/100mL. Notre résultat est nettement inférieur en comparaison à celui obtenu par **Dávila-Aviña et al. (2018)**, puisque ceux-ci ont noté dans leur travail la concentration des tanins moyenne de 14.8 mg/g MS.

5. Caractéristiques physicochimiques des boissons préparées

Les résultats du suivi de la qualité physicochimique des boissons en termes du pH, du °Brix et du taux de CO₂ (dans les boissons gazeuses) sont présentés et discutés dans ce qui suit (Fig. 15, 16 et 17).

5.1 Évolutions du pH

En analysant les résultats (Fig.15), il s'avère que toutes les boissons préparées, qu'elles soient gazeuses ou non, ont présenté des pH acides. En effet, ceux-ci étaient tous inférieur à 5 et cela du premier jour de production (J0) jusqu'à la fin du stockage (J75).

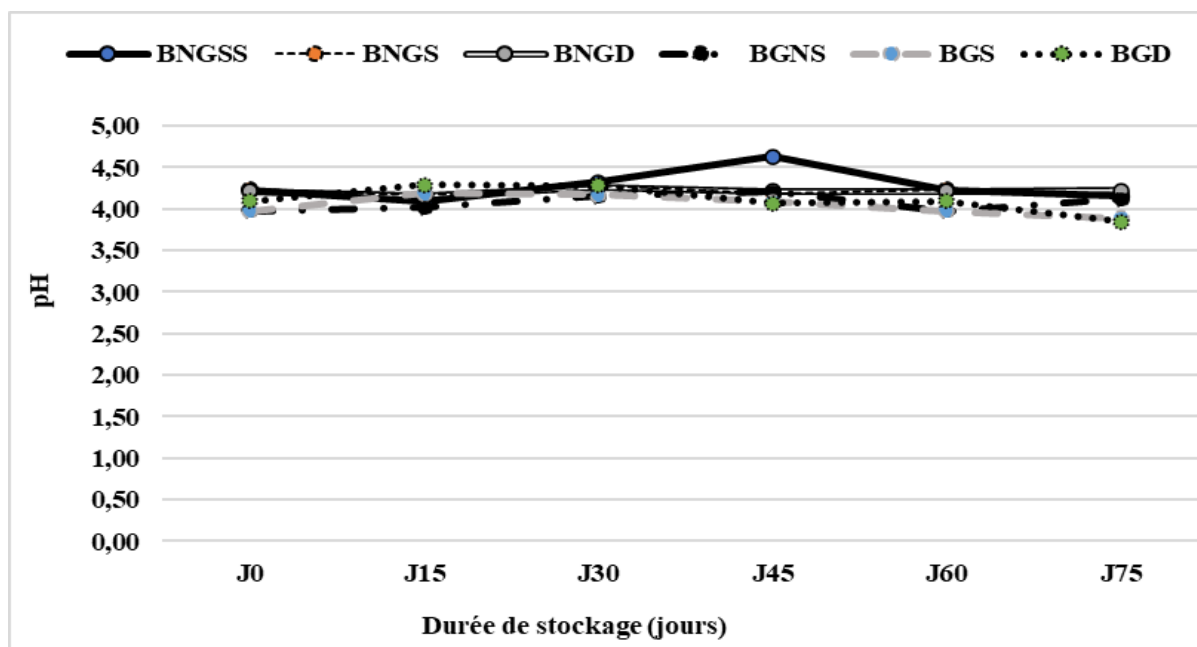


Figure 15. Évolution du pH des boissons produites au cours du stockage (J0 – J75)

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates ; **BGNS:** Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au de dates

Cependant, il a été remarqué que les boissons gazeuses ont montré des valeurs de pH plus faibles en comparaison avec les boissons non gazeuses. Par conséquent, il est confirmé, une fois de plus que le gaz carbonique peut contribuer à la variation du pH des boissons carbonatées. En d'autres termes, le pH d'une boisson peut être influencé par la présence de dioxyde de carbone (CO_2). Lorsque le CO_2 se dissout dans l'eau, il forme de l'acide carbonique (H_2CO_3) selon la réaction suivante : $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$. L'acide carbonique est un acide faible qui peut se dissocier en ions bicarbonate (HCO_3^-) et en ions hydrogène (H^+) : $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$. Ce processus contribue à l'acidité globale de la boisson, entraînant une diminution du pH. La dissociation de l'acide carbonique libère des ions hydrogène, qui augmentent la concentration d'ions H^+ dans la solution, la rendant plus acide.

En résumé, la carbonatation dans une boisson causée par le CO_2 dissous, peut entraîner une augmentation de l'acidité due à la formation et à la dissociation de l'acide carbonique. C'est pourquoi les boissons gazeuses ont tendance à avoir un pH plus faible que leurs homologues non gazeuses. L'impact spécifique sur le pH dépendra de facteurs tels que la quantité de CO_2 dissous, la capacité tampon de la boisson et la présence d'autres acides ou bases. **Jeneta et al. (2019)** ont arrivé au même résultat que les boissons gazeuses sont plus acides que les boissons énergisantes non gazeuses et ont conclu que la consommation de boissons gazeuses et énergisantes ayant un pH acide devrait être réduite chez les jeunes car elles provoquent une érosion dentaire et d'autres problèmes médicaux.

5.2 Évolutions du °Brix

Les résultats obtenus (Fig.16) ont montré une distinction claire entre le °Brix des boissons. En effet, il a été noté que les boissons contenant le sucre cristallisé ont présenté des valeurs du °Brix élevées et proches, par rapport aux restes des boissons, allant de 6.20 à 8.57% pour la boisson BNGS et de 6.50 à 8.33% pour la boisson BGS. Ces échantillons ont été suivis par les boissons contenant du jus de date ayant présentées des valeurs respectives allant de 1.23 à 1.90% et de 1.37 à 3.85% pour les échantillons BNGD et BGD. Les échantillons non sucrés ont, plutôt enregistré des valeurs du °Brix les plus faibles variant entre 0.60 à 1.13%, avec la boisson gazeuse BNGS ayant présenté les valeurs les plus faibles en comparaison avec l'échantillon non gazeux (BNGSS).

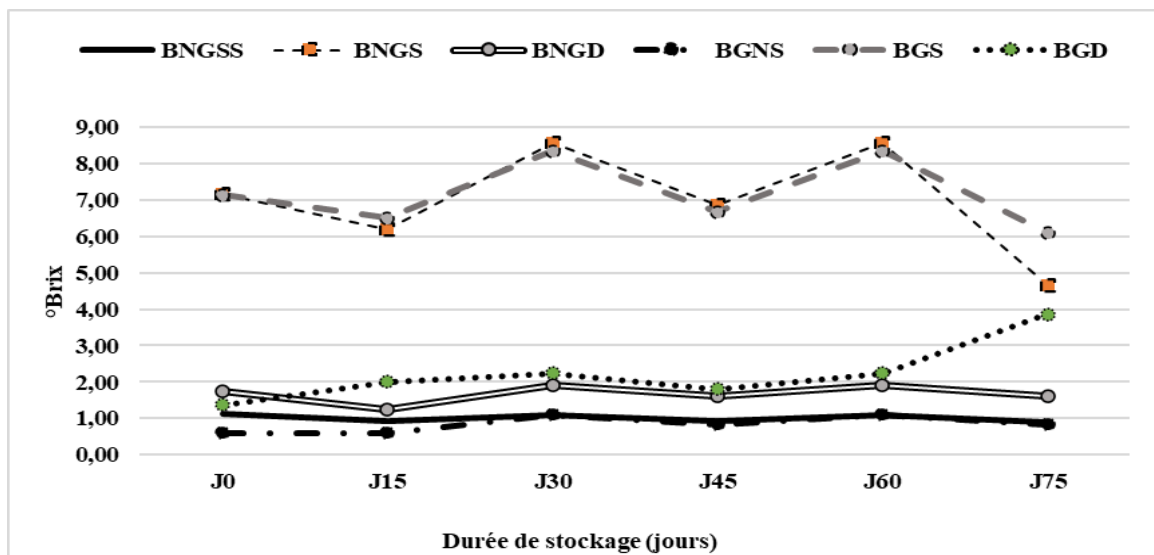


Figure 16. Évolution du °Brix des boissons produites au cours du stockage (J0 – J75)

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates ; **BGNS:** Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au de dates

5.3 Évolutions du taux de CO₂

Le taux du CO₂ a été déterminé dans les échantillons gazeux et les résultats sont illustrés dans la Figure 17. D'après ces résultats, il est noté que le taux du CO₂ avait tendance à diminuer au cours du stockage et pour les trois échantillons.

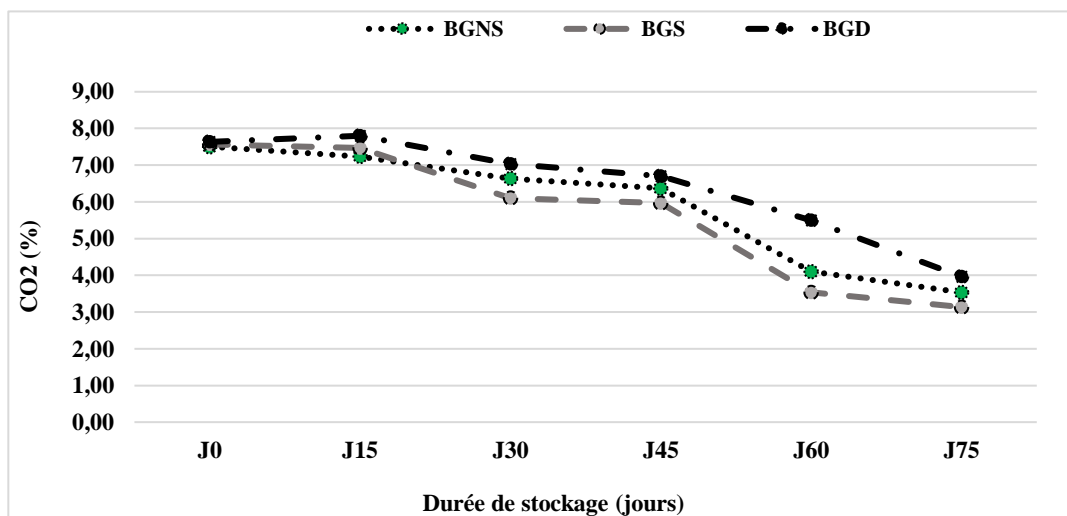


Figure 17. Évolution du taux du CO₂ dans les boissons gazeuses produites au cours du stockage (J0 – J75)

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates ; **BGNS:** Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au de dates

Les résultats ont montré que les trois échantillons de boissons gazeuses avaient présenté des taux du CO₂ variant de 3.13 à 7.63 g/L. ces valeurs sont dans la norme d'usage en entreprise, puisque celle-ci ne doit pas dépasser 8 g/L.

6. Effet du stockage sur la qualité physicochimique des boissons produites

L'effet du stockage, en termes de diminution ou d'augmentation, sur les boissons préparées est montré dans les résultats du Tableau 12. Dans l'ensemble, il a été observé une tendance à la diminution au cours du stockage. Des taux de diminution du CO₂ respectifs de 52.89%, 58.59% et 48.03% ont été notés dans le cas des boissons gazeuses. Cette diminution du taux CO₂ peut être expliquée par le matériau d'emballage utilisé dans notre cas, qui est le polyéthylène téréphtalate (PET). Dans ce type d'emballage, les boissons gazeuses tendent à perdre une certaine quantité de CO₂ au cours du stockage. En effet, dans leurs recherches, **Glevitzky et al. (2005)** ont déclaré que les bouteilles PET utilisées pour les boissons gazeuses présentaient des fuites de gaz CO₂ de 30 % à travers le couvercle et de 60 % à travers la paroi. En plus, du fait que le volume total de la bouteille (500 mL) n'est pas complètement rempli. En effet, les bouteilles avec un taux d'air plus élevé augmenteront la pression dans la bouteille et l'air dans la bouteille tentera de l'expulser.

Tableau 12. Effet du stockage sur le pH, °Brix et Taux du CO₂

	pH	°Brix	CO ₂ level
BNGSS	-1.42	-20.59	/
BNGS	-1.74	-34.88	/
BNGD	+0.24	-7.69	/
BGNS	+3.61	+38.89	-52.89
BGS	-2.18	-14.49	-58.59
BGD	-5.95	+181.95	-48.03

+ : Augmentation

- : Diminution

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre

BNGS: Boisson non Gazeuse Sucré

BNGD: Boisson Non-Gazeuse au de dates

BGNS: Boisson Gazeuse Sans Sucre

BGS: Boisson Gazeuse Sucrée

BGD: Boisson Gazeuse au de dates

Il existe des fluctuations dans les résultats de l'analyse du pH. Il a été constaté qu'il y avait une augmentation de la valeur de pH allant de 0.24 et de 3.61% pour les échantillons BNGD et BNGS, respectivement. Tandis qu'une diminution a été notée dans les échantillons BNGSS, BNGS, BGS et BGD avec des valeurs respectives de 1.42, 1.74, 2.18 et de 5.95%.

L'analyse du °Brix a révélé des augmentations et des diminutions dans les résultats au cours du stockage. Des diminutions de 20.59, 34.88, 7.69 et de 14.49% ont été enregistrées pour les échantillons BNGSS, BNGS, BNGD et BGS, respectivement. D'autres part, des augmentations de 38.89 et de 181.95% ont été notées pour les échantillons BGNS et BGD, respectivement.

7. Qualité microbiologique

Ce tableau présente les résultats d'analyses microbiologiques, en termes de coliformes totaux et coliformes fécaux, les moisissures et levures des boissons fabriquées sur une période de 75 jours. Les coliformes totaux et fécaux ne sont pas détectés (ABS) dans la plupart des échantillons, conformément aux normes JORA qui exigent l'absence de coliformes fécaux et un seuil de 10 ufc/100mL pour les coliformes totaux. Dans l'ensemble, les boissons ont présenté une qualité microbiologique satisfaisante jusqu'à deux mois (60 jours) de stockage réfrigéré. Cette absence de germes peut s'expliquer par le respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication durant toutes les étapes de production de boissons, depuis la préparation jusqu'au conditionnement, et aussi l'efficacité de traitement thermique (pasteurisation à 80 °C) et le respect des conditions du stockage. Cependant, au-delà de deux mois de stockage, la qualité microbiologique des boissons s'est vue détériorée suite à une contamination par des levures et des moisissures dépassant les normes décrites dans le Journal Officiel de la République Algérienne N° 39 du 2 juillet 2017 (**JORA, 2017**). Cette contamination peut être due à une combinaison de plusieurs facteurs, notamment :

- La durée du stockage : une période prolongée peut favoriser la croissance des micro-organismes. Malgré les conditions de réfrigération, certains micro-organismes peuvent survivre et se développer lentement au fil du temps, en particulier si les conditions environnementales sont favorables ;
- Charge initiale : Même si les conditions de production sont hygiéniques, il peut y avoir des points de contamination lors du traitement, du conditionnement ou du stockage initial des boissons.
- Défauts d'étanchéité ou de conditionnement : Des défauts dans les emballages peuvent permettre l'entrée d'air contenant des spores de levures et de moisissures, ce qui peut entraîner leur croissance dans les boissons pendant le stockage si l'environnement est favorable à la prolifération de ces micro-organismes. De plus, les bouteilles n'ont pas été remplies complètement, laissant de l'air dans l'espace libre de la bouteille, susceptible de contenir des spores qui se développent au fil du temps.

Ainsi et dans notre cas, il peut être déduit que la durée de vie des produits peut être fixée à deux mois sous un stockage réfrigéré. Cependant, cette durée peut être allongée en mettant en œuvre des mesures de contrôle de la qualité rigoureuses tout au long du processus de production et de stockage pour minimiser le risque de contamination microbologique et assurer la sécurité des produits alimentaires.

Nos résultats n'étaient pas en accord avec ceux de **Faizi (2022)** que le nombre levures et moisissures a augmenté pendant 180 jours de stockage dans les échantillons de boissons gazeuses, de sirop et de jus prêts à servir préparés à partir de la mandarine (cultivar Nagpur). La croissance microbienne a été enregistrée dans les limites acceptables des boissons stockées en chambre froide. L'auteur a expliqué cette qualité microbologique satisfaisante, non seulement par les conditions de stockage, mais également les matériaux d'emballage(verre) et les quantités de conservateurs utilisé (benzoate de sodium). L'auteur conclue pour une production de boissons fruitées exemptes de moisissures et de levures, il est nécessaire de combiner ces trois facteurs : emballage en verre, stockage réfrigéré et l'utilisation d'un niveau adéquat de conservateur.

Tableau 13. Résultats d'analyses microbiologiques du Boissons fabriqué (ufc/100mL)

Jour 0						
	A	B	C	D	E	F
Coliformes totaux	ABS	ABS	5%	ABS	ABS	5%
Coliforme fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Moisissures et levures	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Jour 15						
Moisissures et levures	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Jour 30						
Moisissures et levures	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Jour 45						
Levures	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Moisissures	Présence	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Jour 60						
Levures	Présence	Présence	ABS	ABS	ABS	ABS

Moisissures	/	ABS	Présence	ABS	ABS	ABS
Coliforme totaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Coliforme fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Jour 75						
Levures	/ Supérieur à 10^3 ufc/m ³	/ Supérieur à 10^5 ufc/m ³	ABS Supérieur à 10^4 ufc/mm ³	Présence Inférieur à 10^3 ufc/mm ³	Présence Inférieur à 10^3 ufc/mm ³	ABS Supérieur à 10^4 ufc/mm ³
Moisissure	/	ABS	/	Présence	ABS	Présence

BNGSS : Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS**: Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD**: Boisson Non-Gazeuse au de dates
BGNS : Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS**: Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD**: Boisson Gazeuse au de dates

8. Analyse sensorielle (test de dégustation)

La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale des boissons. L'analyse sensorielle a pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits, de façon objective selon des critères bien définis (apparence, couleur, arôme, flaveur, viscosité et acceptabilité globale). Cette analyse a été réalisée à travers un test de dégustation des boissons par un panel semi-entraînés constitué par 10 individus de la Compagnie Bouglez.

8.1 Qualité sensorielle des échantillons de boisson durant les différentes journées d'analyse

→ Evaluation des boissons gazeuses et non-gazeuses fraîchement produits (J0)

D'après les résultats obtenus (Fig. 18), il paraît qu'il existe des différences significatives ($p < 0.05$) entre les diverses boissons pour tous les attributs sensoriels. En effet, les dégustateurs ont beaucoup plus préféré la boisson non gazeuse sucrée (BNGS) pour toutes ces caractéristiques organoleptiques avec des scores qui ont dépassés 4, à l'exception de la flaveur qui a été noté 3.3. Ceci vient du fait que la boisson est sucrée ce qui a contribué à cette appréciation considérable. Cette observation a été confirmée par les évaluations obtenues pour le deuxième échantillon sucré, qui est la boisson BGS ayant également reçu des scores significatifs par rapport aux restes des boissons. En ce qui concerne les attributs sensoriels spécifiques, on peut observer les tendances suivantes :

- **Apparence** : Les échantillons BNGS et BGS se distinguent avec les meilleurs scores d'apparence, tous deux notés à 4.2. En revanche, l'échantillon BNGSS a affiché la moins bonne apparence, obtenant une note de 2.3, alors que le reste des échantillons ont eu des scores intermédiaires (entre 3 et 3.9).
- **Couleur** : Les échantillons BNGS et BGSS dominent dans le critère de couleur, tous avec des scores de 4.2 et 4.4, respectivement. En revanche, les échantillons additionnés de jus de dattes (BNGD et BGD) ont présenté la couleur la moins appréciée avec une note de 2.9 et 2.9, respectivement. Ceci peut être attribué à la présence de dattes qui a modifié la couleur du produit et qui n'était pas à la hauteur des attentes des dégustateurs.
- **Arôme** : à l'exception des échantillons non sucrés (BNGSS et BGSS), tous les autres produits ont été appréciés par les participants ayant eu des scores dépassant les 3.8. Ceci vient du fait que les deux échantillons BNGSS et BGSS ne possédaient pas de d'autres composants pouvant améliorer leurs goûts, tel que le sucre et les dattes.
- **Flaveur** : à l'exception de la boisson BNGSS ayant eu le score le plus faible (1.7), toutes les autres boissons ont eu des scores supérieurs à 3, ce qui témoigne de leur appréciation par les dégustateurs.
- **Viscosité** : Les dégustateurs ont trouvé que la viscosité de la boisson BNGS était la meilleure dénotant d'un score de 4.5. Celle-ci a été suivie des deux autres boissons non gazeuses avec la même évaluation de 3.7. En revanche, l'échantillon BGD a affiché la viscosité la moins appréciée, obtenant une note de 2.1.

Globalement, les résultats de l'évaluation sensorielle montrent que les échantillons au sucres cristallisé (BNGS et BGS) étaient les plus préférés pour la plupart des attributs sensoriels, alors que la boisson BNGSS a montré les caractéristiques organoleptiques les moins appréciées.

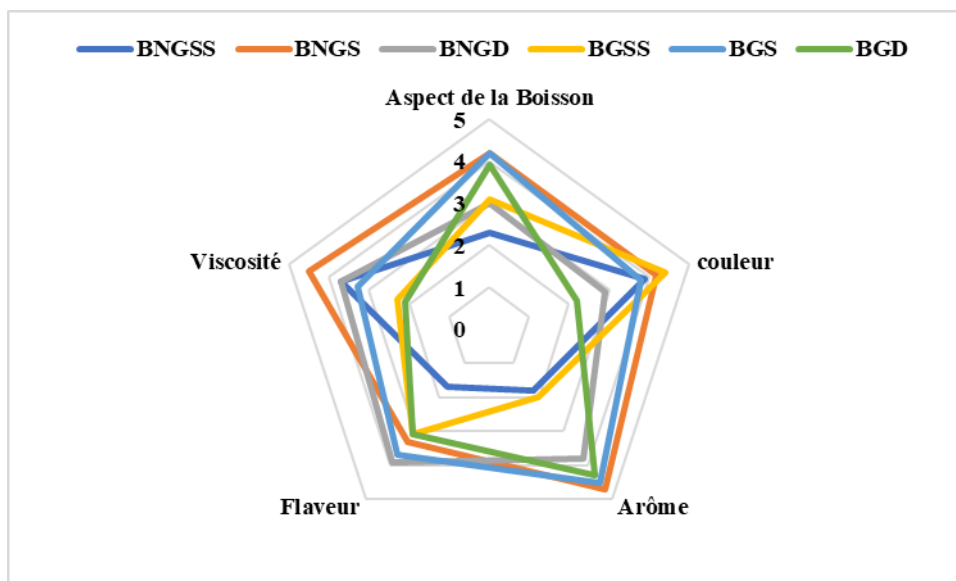


Figure 18. Attributs sensoriels des boissons fraîchement produites

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates
BGNS: Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au dates

→ Evaluation des boissons gazeuses et non-gazeuses après 15 jours de stockage (J15)

Les résultats illustrés dans la Figure 19 montrent qu'il n'existe pas des différences significatives ($p < 0.05$) entre les diverses boissons pour tous les attributs sensoriels, à l'exception de leur apparence et viscosité où aucune différence significative ($p > 0.05$) n'a été révélée. Les scores enregistrés étaient supérieurs à 3 témoignant que les dégustateurs ont, plus ou moins apprécié l'apparence et la viscosité des boissons produites. En ce qui concerne les autres attributs sensoriels spécifiques, on peut observer les tendances suivantes :

- **Couleur :** à l'exception des échantillons additionnés du jus de date (BNGD et BGD) pour lesquels des mêmes scores faibles ont été obtenus (2.8), la couleur des autres boissons a été pleinement appréciée avec des records dépassant 3.5. Ceci nous mène à dire que l'ajout des dates a déprécié la couleur des boissons qu'elles soient gazeuses ou non.
- **Arôme :** en termes de l'arôme, il s'est avéré que le sucre a amélioré grandement le goût des produits, où des scores moyens de 4.6 et 4.5 ont été calculés pour les échantillons BNGS et BGS. Aussi, les échantillons additionnés de dates ont montré des scores intéressants respectifs de 3.2 et 3.1 pour BNGD et BGD. Il peut être conclue que la présence des dates a également amélioré le goût de ces échantillons. Enfin, les boissons sans agent sucrant (BNGSS et BGSS) ont obtenu les scores les plus faibles de 1.3 et 2.3,

respectivement. Ceci est attendu, puisqu'un produit sans goût sucré n'est pas facilement accepté par les consommateurs.

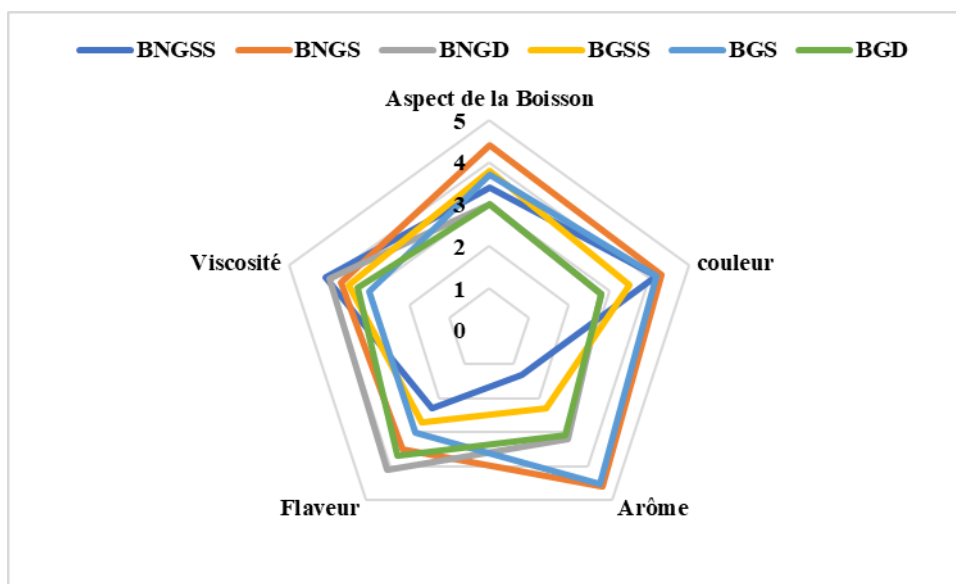


Figure 19. Attributs sensoriels des boissons après de 15 jours de stockage réfrigéré (J15)

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates
BGNS: Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au dates

- **Flaveur :** à l'exception des échantillons sans sucre (BNGSS et BGSS) qui ont enregistré les scores les plus faibles de 2.3 et 2.7, respectivement, toutes les autres boissons ont été appréciées par les dégustateurs pour leur flaveur avec des notes moyennes allant de 3 à 4.1 ; Tout en observant que les boissons incorporées de dates (BNGD et BGD) ont reçu les notes les plus élevées de 4.1 et 3.7, respectivement.

Globalement, la même conclusion faite sur les boissons fraîchement produites peut être émise sur les boissons après deux semaines de stockage réfrigéré, où il est noté que les échantillons sucrés au sucre cristallisé, qu'ils soient gazéifiés ou non, ont été les plus préférés par les dégustateurs.

→ Evaluation des boissons gazeuses et non-gazeuses après un mois de stockage (J30)

Les résultats obtenus (Fig. 20) montrent qu'il n'existe pas de différences significatives ($p < 0.05$) entre les diverses boissons pour tous les attributs sensoriels, à l'exception de l'apparence, où tous les échantillons ont eu des scores assez voisins en apparence (allant de 3.1 à 3.9). ceci indique une cohérence visuelle entre les boissons, indépendamment des variations d'ingrédients. En ce qui concerne les autres attributs sensoriels spécifiques, on peut observer les tendances suivantes :

- **Couleur** : À l'instar de l'évaluation effectuée à J15, la couleur de toutes les boissons, à l'exception des échantillons additionnés de jus de datte (BNGD et BGD) qui ont obtenu les scores les plus bas de 2.2 et 2.8, respectivement, a été hautement appréciée par le panel dégustateur. En effet, des scores considérables allant de 4.1 à 4.4 ont été enregistrés pour les autres échantillons. Ces observations suggèrent que l'ajout de jus de datte peut contribuer à un profil de couleur différent.
- **Goût** : parallèlement aux observations enregistrées à J15, les boissons sucrées (BNGS et BGS) ont suscité la plus grande satisfaction, comme en témoignent les scores considérables obtenus de 4.7 et 4.4, respectivement. En revanche, les boissons sans sucre ont reçu les scores les plus faibles (BNGSS : 1.6 et BGSS : 2). Les boissons additionnées du jus de dattes ont été en position intermédiaires, affichant des scores de 2.8 et 2.4 pour les échantillons BNGD et BGD, respectivement, sans toutefois, présenter des différences significatives ($p > 0.05$).
- **Flaveur** : en termes de flaveur, la boisson BGSS s'est démarquée comme la plus appréciée avec un score de 4.1, surpassant légèrement l'échantillon BNGD qui a obtenu un score de 3.8. Le reste des échantillons ont obtenu des évaluations intermédiaires, allant de 2.5 à 3. Ces résultats suggèrent que l'ajout des ingrédients : sucres et jus de dattes ne semble pas affecter significativement le profil de flaveur global.
- **Viscosité** : En ce qui concerne la viscosité des échantillons des boissons non gazeuses (BNNSS, BNGS et BGD) et de la boisson BGS, elle a été particulièrement bien notée, si situant entre 3.8 et 4.4, sans observer de différences significatives ($p > 0.05$). L'échantillon de boisson gazeuse avec jus de dattes (BGD) a obtenu un score intermédiaire de 3.4. En revanche, la boisson gazeuse BGSS a été la moins appréciée, affichant un score de 2.5. Ces résultats suggèrent que les éléments : gazéification, ajout du sucre et ajout du jus de dattes, n'a pas eu d'influence significative sur l'appréciation de la viscosité par les dégustateurs.

En résumé, les résultats de l'évaluation sensorielle à J30 indiquent des différences de couleur, de flaveur, d'arôme et de viscosité entre les échantillons. Les profils d'arôme semblent être plus cohérents à travers les variations sans sucre et avec sucre des boissons, avec une distinction notable dans l'arôme des boissons sucrées ou non. L'ajout de jus de datte semble influencer la couleur et potentiellement l'arôme dans les échantillons où il est présent.

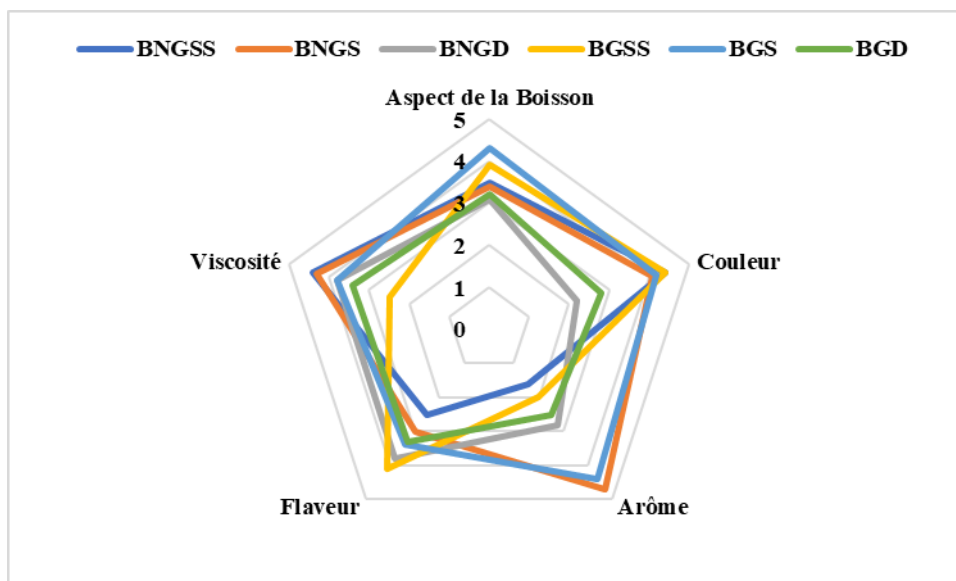


Figure 20. Attributs sensoriels des boissons après de 30 jours de stockage réfrigéré (J30)

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates ; **BGNS:** Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au de dates

→ Evaluation des boissons gazeuses et non-gazeuses après 6 semaine de stockage (J45)

Les résultats de l'analyse sensorielle (Fig. 21) ont montré que les boissons non gazeuses et gazeuses ont présenté des différences significatives ($p < 0.05$) en termes d'apparence, de couleur, d'arôme et de saveur, à l'exception de la viscosité, où les dégustateurs l'ont apprécié en donnant des scores importants allant de 3.20 à 4.20 ($p > 0.05$).

- **Apparence :** en vue des scores enregistrés, il paraît que l'apparence des boissons a été beaucoup appréciée par les dégustateurs avec des scores allant de 3.5 et 4.8 sur une échelle de 5. Les boissons gazeuses ont tendance à être légèrement plus appréciées pour leur apparence que les boissons non gazeuses.
- **Couleur :** À l'exception des boissons additionnées de jus de dattes (BNGD et BGD), qui ont obtenu les scores les plus bas de 2.8 et 2.9 respectivement, toutes les autres boissons ont été hautement appréciées par les dégustateurs, obtenant des notes significatives allant de 3.7 à 4.5. Au cours de cette évaluation, il a été observé que le jus de dattes a altéré la couleur des boissons auxquelles il a été ajouté. Cette altération pourrait éventuellement être attribuée à des réactions survenues pendant le stockage, entraînant une coloration désagréable.

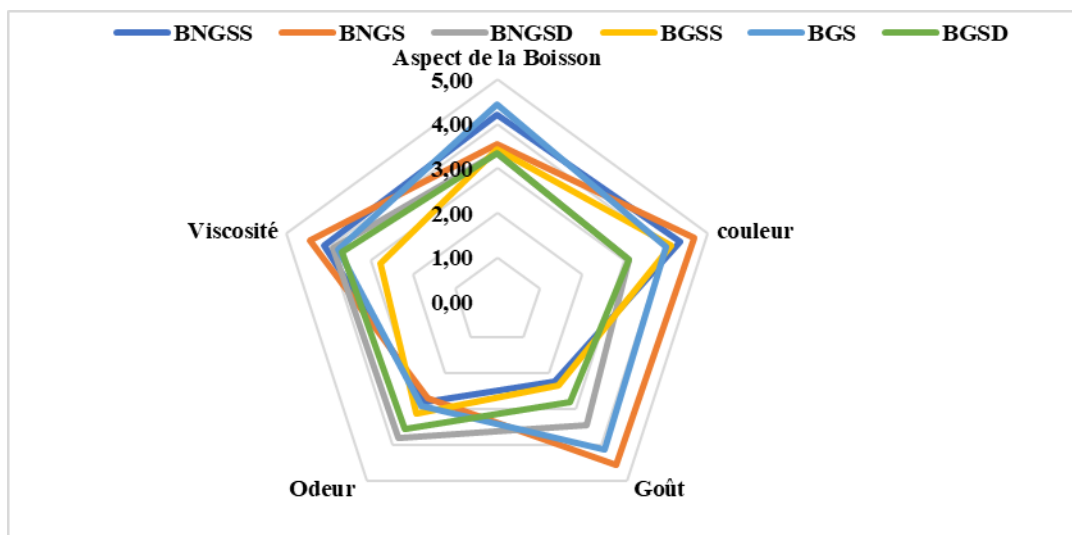


Figure 21. Attributs sensoriels des boissons après de 45 jours de stockage réfrigéré (J45)

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates ; **BGNS:** Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au de dates

- **Goût :** Tout comme lors des évaluations précédentes, les boissons sucrées au sucre cristallisé (BNGS et BGS) se distinguent par leurs goûts plus appréciés par rapport aux autres échantillons, obtenant des notes moyennes dépassant 4 sur une échelle de 5. En revanche, les autres boissons ont obtenu des scores nettement inférieurs, variant de 2.2 à 2.8. Cette disparité était anticipée, car les produits sucrés sont généralement plébiscités par les consommateurs en bonne santé.
- **Flaveur :** Les résultats de l'analyse sensorielle ont montré que la boisson gazeuse et sucrée au jus de datte (BGD) a obtenu la note la plus élevée pour sa flaveur, avec un score de 4.2 sur 5. En revanche, la boisson non gazeuse et non sucrée (BNGSS) a obtenu la note la plus basse, avec un score de 2.3. Les autres échantillons ont obtenu des scores intermédiaires, entre 3.1 et 3.8.

En résumé, ces résultats suggèrent des variations importantes dans l'appréciation sensorielle des échantillons, avec des tendances spécifiques pour chaque attribut. Les échantillons (gazeux et non-gazeux) sucrés au sucre cristallisé, se distinguent généralement par des notes élevées, tandis que les boissons non gazeuses sans sucre ou sucrés au jus de datte se sont démarquées négativement dans l'ensemble.

→ **Evaluation des boissons gazeuses et non-gazeuses après 8 semaine de stockage (J60)**

Les résultats de l'analyse sensorielle (Fig. 22) ont montré que les boissons préparées ont présenté des différences significatives ($p < 0.05$) pour leur qualité organoleptique en termes de

couleur, d'arôme, de saveur et de viscosité, à l'exception de l'aspect de la boisson et de leur flaveur, où les dégustateurs les ont, plus au moins appréciés sans différence significatives ($p > 0.05$), en enregistrant des scores allant de 3.33 à 4.44 ($p > 0.05$) pour l'aspect et de 2.67 à 3.78 pour la flaveur.

- **Couleur :** Comme pour les évaluations précédentes, les boissons additionnées du jus de dattes (BNGD et BGD) ont été les moins appréciées ($p < 0.05$) pour leur couleur avec des scores les plus faibles et similaires de 3.11. Cela peut éventuellement s'expliquer, comme pour précédemment, par la présence du jus de date qui a changé la couleur de la boisson d'origine.
- **Goût :** Comme attendu, les boissons sans sucre (BNGSS et BGSS) ont été les moins appréciées ($p < 0.05$) parmi tous les échantillons, ayant enregistrées des scores de 2.22 et 2.33, respectivement. Les boissons sucrées (BNGS et BGS) viennent en première positions avec des scores importants de 4.56 et 4.11, respectivement et l'appréciation du reste des boissons (BNSD et BSD) était intermédiaire affichant des scores moyens de 3.44 et 3.78, respectivement.
- **Viscosité :** Contrairement à ce qui est trouvé précédemment, les boissons non gazeuses sans sucre et sucré (BNGSS et BNGS) ont été les plus appréciés pour leur viscosité ($p < 0.05$) affichant des scores respectifs de 4.11 et 4.44. Celles-ci ont été suivies par les échantillons BNGD (3.89), BGS (3.78) et BGD (3.67). La boisson BGSS a été la moins appréciée pour sa viscosité (2.78).

En résumé, les résultats de l'étude indiquent que la présence de sucre a, une fois de plus, influencé la tendance des dégustateurs à apprécier les produits. Dans l'ensemble, les échantillons sucrés au sucre cristallisé ont été les plus appréciés pour la plupart des attributs sensoriels évalués.

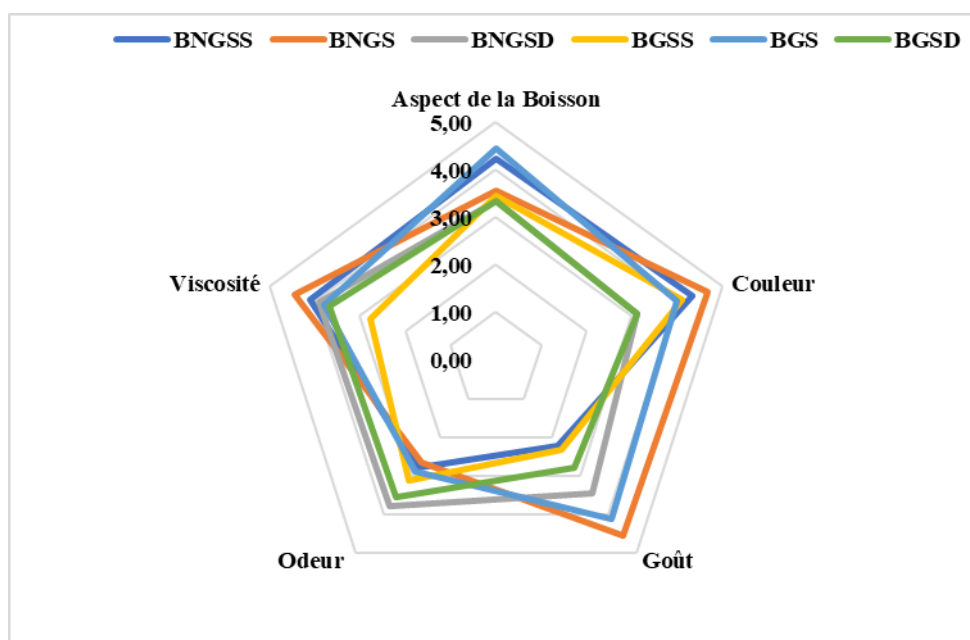


Figure 22. Attributs sensoriels des boissons après 60 jours de stockage réfrigéré (J60)

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates
BGSS: Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au dates

8.2 Préférences des dégustateurs

Les dégustateurs ont évalué les six formulations de boissons durant différentes périodes de stockage. Les différences significatives entre les préférences des formulations peuvent indiquer des changements dans la perception sensorielle des boissons en fonction de la composition de la boisson et de la durée de stockage. Il est possible de repérer les tendances dans les préférences des dégustateurs pour chaque formulation au fil du temps.

→ Différence entre les préférences des dégustateurs durant la même journée d'analyse

Suite à l'analyse statistique effectuée, il a été constaté que juste après la préparation (J0), les formulations sucrées (BNGS et BGS) ont été nettement les plus appréciées de manière significative ($p < 0.05$), affichant un score similaire le plus élevé de 4.6. Cette préférence marquée peut être attribuée à la présence du sucre, qui a notablement amélioré et rehaussé la saveur du produit, se reflétant ainsi dans l'appréciation globale. En revanche, après deux semaines de stockage réfrigéré (J15), toutes les boissons ont été appréciées de manière similaire ($p > 0.05$) par des dégustateurs. Il est à noter que les scores obtenus étaient significatifs, variant entre 3 et 4.3. Cette uniformité dans l'appréciation pourrait s'expliquer par le fait que les dégustateurs ont probablement développé une familiarité avec le produit au cours de cette deuxième expérience, contribuant ainsi à une évaluation plus homogène des différentes formulations. Au fil des jours, il a été observé des changements dans les préférences. Par exemple, après un mois de stockage

(J30), la boisson BNGD a eu une note significativement plus élevée ($p < 0.05$) de 4.6 que les autres formulations, au même titre que la boisson BGS de 4.1. Cela peut suggérer une amélioration de la préférence pour cette formulation à ce stade particulier du stockage.

Tableau 14: Préférences des dégustateurs des différentes formulations de boisson

Boissons/ Jours de stockage	BNGSS	BNGS	BNGD	BGSS	BGS	BGD
J0	2.6±1.58 ^b	4.6±0.52 ^a	3.4±1.51 ^{a,b}	2.8±1.32 ^b	4.6±0.52 ^a	3.7±0.95 ^{a,b}
J15	3.2±1.15 ^a	4.3±0.92 ^a	3.8±1.10 ^a	3.7±1.16 ^a	4.2±0.82 ^a	3±1.25 ^a
J30	2.6±1.27 ^b	3.7±1.25 ^{a,b}	3.8±1.03 ^{a,b}	2.6±1.51 ^b	4.1±0.88 ^a	4.6±0.52 ^a
J45	2.50±1.08 ^c	4.70±0.48 ^a	3.00±0.94 ^c	3.30±1.16 ^{b,c}	4.70±0.49 ^a	4.20±0.92 ^{a,b}
J60	2.33±1.00 ^c	4.67±0.50 ^a	4.11±1.27 ^{a,b}	3.11±0.93 ^{b,c}	4.00±1.32 ^{a,b}	4.22±0.83 ^{a,b}

Différentes lettres sur une même ligne indiquent des différences significatives ($p < 0.05$) entre les six formulations de boissons au cours d'une même journée d'analyse.

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates ; **BGNS:** Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au de dates

Durant les évaluations J45 et J60, les boissons sucrées (qu'elles soient gazeuses ou non) ont obtenu des scores significativement plus élevés ($p < 0.05$) que les autres échantillons, avec des moyennes allant de 4 et 4.70 sur une échelle de 5. Cette tendance témoigne d'une appréciation notable de ces formulations à ces moments spécifiques de l'étude. Ces résultats ont été suivies par les boissons additionnées du jus de datte, qui ont, à leur tour, affiché des scores moyens importants, variant de 3.0 à 4.22. Enfin, lors de la dernière journée d'évaluation, les dégustateurs ont manifesté des préférences significativement différentes ($p < 0.05$). les scores attribués ont varié entre 2.33 (BNGSS) et 4.67 ((BNGS). Pour les autres boissons, des préférences intermédiaires, mais importants, ont été notés 4.11 (BNGD), 3.11 ((BGSS), 4.00 (BGS), et 4.22 (BGD). Ceci nous mène à dire que les préférences des dégustateurs restent importantes même après 60 jours de stockage.

9.Teneur en certaines molécules bioactives des boissons produites

Les résultats de la teneur en molécules bioactives (polyphénols totaux, flavonols, tanins condensés et chlorophylle totale) sont présentés dans ce tableau.

Tableau 15 . Contenus en molécules bioactives des boissons produites (mg/100mL)

Beverages	BNGSS	BNGS	BNGD	BGSS	BGS	BGD
Total chlorophyll	16.42	15.61	19.78	15.11	14.88	15.28
Flavonols	36.77±0.35	27.09±0.27	47.83±5.43	26.08±0.35	14.78±0.13	20.36±0.13
TPC (mg/100ml)	35.83±2.47	35.46±1.46	37.01±0.78	35.74±0.92	24.40±0.43	24.22±0.79

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates ; **BGNS:** Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au de dates

10. Activité anticoagulante des boissons vis-à-vis de la voie endogène ou test TCK

Les activités anticoagulantes vis-à-vis de la voie endogène ou intrinsèque des différentes boissons sont illustrées dans le tableau ci-après. Le test classique de la céphaline Kaolin (TCK) exprimé en secondes est appliqué à cette fin.

Tableau 16 : Activité anticoagulante vis-à-vis de la voie endogène des boissons de cladodes de figues de barbarie (temps de TCK en secondes)

	0 (Control)	10µL	20µL
BNGSS	15	60.00	68.00
BNGS	15	18.00	30.00
BNGD	15	8.00	18.00
BGSS	15	50.00	78.00
BGS	15	80.00	115.00
BGD	15	150.00	168.00
Pur jus	15	/	111.00

BNGSS: Boisson Non-Gazeuse Sans Sucre ; **BNGS:** Boisson non Gazeuse Sucré ; **BNGD:** Boisson Non-Gazeuse au de dates ; **BGNS:** Boisson Gazeuse Sans Sucre ; **BGS:** Boisson Gazeuse Sucrée ; **BGD:** Boisson Gazeuse au de dates

En examinant les données du tableau, on observe que les boissons à base de cladodes de figues de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) ont présenté des variations significatives dans leur activité anticoagulante par rapport au contrôle (temps de TCK à 15 secondes selon le réactif utilisé dans notre cas). En effet, les boissons gazeuses montrent généralement des temps de TCK plus longs que les boissons non gazeuses, indiquant une activité anticoagulante plus forte. Parmi toutes les boissons testées, la boisson gazeuse au dattes (BGD) a présenté les temps de TCK les plus longs de 150s et 168s pour les volumes 10µL et 20µL, respectivement. Ceci suggère une activité anticoagulante relativement importante. Parmi les boissons non gazeuses, on observe que la boisson non gazeuse au dattes (BNGD) a présenté les temps de TCK les plus courts de 8s et 18s pour les volumes 10µL et 20µL, respectivement. Ceci suggère une coagulation plus rapide

du sang par rapport aux autres boissons non gazeuses telles que BNGSS et BNGS, donc une faible activité anticoagulante. Il est également important de noter que le pur jus de cladodes de figue de barbarie a présenté le temps de TCK élevés que le contrôle, ce qui indique une activité anticoagulante plus forte que la normale, mais moins forte que celle de la boisson gazeuse aux dattes.

Conclusion & Perspectives



Conclusion & Perspectives

Le présent travail a été réalisé dans le cadre de la mise au point d'un nouveau produits alimentaire, des boissons à base des cladodes de figues de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) de culture algérienne. Le travail avait pour but, d'abord de déterminer les propriétés techno-fonctionnelles et physicochimiques et de la teneur en quelques molécules bioactives de la farine et du pur jus de cladode. Dans un second lieu, la production des différents échantillons de boissons (boisson non-gazeuse sans sucre, boisson non gazeuse sucré, boisson non-gazeuse au de dattes, boisson gazeuse sans sucre, boisson gazeuse sucrée et boisson gazeuse au dattes). Les qualités physico-chimiques (pH, Brix, CO₂), microbiologique et organoleptique de ces dernières ont été suivies pendant une période de 75 jours de stockage réfrigéré. De plus, le contenu en certaines molécules bioactives (polyphénols totaux, flavonols, chlorophylle et caroténoïdes) ainsi que l'activité anticoagulation des boissons ont également été déterminés.

De l'ensemble des résultats obtenus, nous pouvons retenir les conclusions suivantes :

- Les propriétés techno-fonctionnelles sont intéressantes, notamment en termes de capacités d'absorption en eau et en lait, qui suscitent de diverses applications ;
- La richesse de la farine issue des cladodes en termes de molécules bioactives ;
- Les résultats de l'analyse physico chimique des boissons produites produit ont montré que les boissons gazeuses ont présenté des valeurs de pH inférieures à celles des boissons non gazeuses ;
- Les boissons contenant du sucre cristallisé ont présenté des valeurs du Brix plus élevées et proches par rapport au reste des boissons ;
- Les trois échantillons de boissons gazeuses étaient conformes aux normes d'utilisation dans les entreprises en terme du taux du CO₂ ;
- Le pouvoir anticoagulant des boissons à base de cladodes a été observée, les boissons gazeuses montrent généralement des temps de TCK plus longs que les boissons non gazeuses ;

- D'autre part, l'étude sensorielle réalisée auprès d'un panel de dégustation, a montré que globalement, les dégustateurs ont apprécié les boissons selon les critères sensoriels évalués (goût, flaveur, couleur, odeur et viscosité) évalués ;
- Les résultats des analyses microbiologiques des six boissons (BNGSS, BNGS, BNGD, BGNS, BGS, BGD) produites, ont montré clairement leurs parfaites conformités aux normes jusqu'à deux mois (60 jours) de stockage réfrigéré,

À partir de ces conclusions, quelques perspectives peuvent être suggérées afin d'approfondir les connaissances sur ce nouveau produit, ainsi il serait intéressant de :

- Déterminer les activités biologiques (activité antioxydante et antiradicalaire, propriétés anti-inflammatoire, anti-enzymatique...etc.) éventuelles de la pulpe de cladode ;
- Étudier détaillée des composants des poudres des cladodes et de leur effet sur la prévention des lésions du cartilage et le traitement des maladies articulaires ;
- Étudier in vivo chez des souris ou des rats pour évaluer l'impact de la consommation de ces boissons sur les critères sanguins, notamment le taux des triglycérides et du cholestérol dans le sang ;
- Déterminer la valeur nutritionnelle des boissons développées à partir des cladodes de figues de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) ; et
- Utiliser le cladode non seulement pour la fabrication des boissons mais aussi pour d'autres produits tels que le nectar ...

Références Bibliographique



Références bibliographiques

- Adegunwa, M. O., Ganiyu, A. A., Bakare, H. A., & Adebowale, A. A. (2014). Quality evaluation of composite millet-wheat Chinchin. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 5(1), 33-39.
- Al-Farsi, M. A. (2003). Clarification of date juice. *International journal of food Science & Technology*, 38(3), 241-245.
- Ali, M. A. A. S. M. (2015). Quality Evaluation of Different Brands of Barley Soft Drink in Khartoum State Markets (Doctoral dissertation, Sudan University of Science and Technology).
- Andreu-Coll, L., Cano-Lamadrid, M., Noguera-Artiaga, L., Lipan, L., Carbonell-Barrachina, Á. A., Rocamora-Montiel, B., ... & López-Lluch, D. (2020). Economic estimation of cactus pear production and its feasibility in Spain. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 379-385.
- Arba, M. (2022). Cactus pear (*Opuntia* spp.) species and cultivars cultivated in the world: A review. *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies*, 03(02), 092–102.
- Ayadi, M. A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M., & Attia, H. (2009). Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products*, 30(1), 40-47.
- Bakari, S., Daoud, A., Felhi, S., Smaoui, S., Gharsallah, N., & Kadri, A. (2017). Proximate analysis, mineral composition, phytochemical contents, antioxidant and antimicrobial activities and GC-MS investigation of various solvent extracts of cactus cladode. *Food Science and Technology*, 37, 286-293.
- Bernat, N., Cháfer, M., González-Martínez, C., Rodríguez-García, J., & Chiralt, A. (2015). Optimisation of oat milk formulation to obtain fermented derivatives by using probiotic *Lactobacillus reuteri* microorganisms. *Food Science and Technology International*, 21(2), 145-157.

- Boukid, F., Boukid, Z., & Mejri, M. (2015). *Opuntia cladodes*: Physicochemical parameters, functional properties and application in formulation of rolled cake of cladode flour fabric (Part 2). *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 1(4), 30-34.
- Boutakiout, A., Elothmani, D., Hanine, H., Mahrouz, M., Le Meurlay, D., Hmid, I., & Ennahli, S. (2018). Effects of different harvesting seasons on antioxidant activity and phenolic content of prickly pear cladode juice. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 471-480.
- Boutakiout, A., Elothmani, D., Mahrouz, M., & Hanine, H. (2015). Effect of season on proximate composition of cladode juice of two species of cactaceae. *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Reserch*, New Delhi, 3(1),1 – 8.
- Cota-Sánchez, J. H. (2016). Nutritional composition of the prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit. In *Nutritional composition of fruit cultivars* (pp. 691-712). Academic Press.
- Dávila-Aviña, J., Gallegos-Ruiz, B., García, S., & Heredia, N. (2018). Comparison of total polyphenol content, antioxidant activity, and antimicrobial potential among nine cactus pear (*Opuntia* spp.) cultivars and their by-products. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 20, 113-127.
- Du Toit, A. (2016). Selection, extraction, characterization and application of mucilage from cactus pear (*Opuntia ficus-indica* and *Opuntia robusta*) cladodes. Doctoral dissertation, Department of Consumer Science; Faculty of Natural and Agricultural Sciences at the University of the Free State, Bloemfontein, South Africa, pp 370.
- Du Toit, A., De Wit, M., Fouché, H. J., Taljaard, M., Venter, S. L., & Hugo, A. (2019). Mucilage powder from cactus pears as functional ingredient: influence of cultivar and harvest month on the physicochemical and technological properties. *Journal of food science and technology*, 56, 2404-2416.
- El Kossori, R. L., Villaume, C., El Boustani, E., Sauvaire, Y., & Méjean, L. (1998). Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (*Opuntia ficus indica* sp.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 263-270.

- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. H. S., Latruffe, N., Lizard; G., Lesser; B., & Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19(9), 14879-14901.
- El-Safy, F. S. (2013). Evaluation and utilization of cladodes flour in formulating functional sponge cake. *World Applied Sciences Journal*, 27(4), 512-523.
- FAO. Agro-industrial utilization of cactus pear. Rural Infrastructure and Agro Industrial Division. Rome: FAO; 2013
- Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., & Zou, C. (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 11(1), 2574-2589.
- Figuroa-Pérez, M. G., Pérez-Ramírez, I. F., Paredes-López, O., Mondragón-Jacobo, C., & Reynoso-Camacho, R. (2018). Phytochemical composition and in vitro analysis of nopal (*O. ficus-indica*) cladodes at different stages of maturity. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1728-1742.
- Glevitzky, M., Brusturean, G. A., Perju, D. M., Laslău, G., & Matyas, L. (2005). Studies regarding the variation of carbon dioxide in certain carbonated beverages stored in polyethylene terephthalate bottles. *Chemical Bulletin of Politehnica University of Timisoara*, 50 (64), 18-21.
- Hadj Sadok, T., Aid, F., Bellal, M., Abdul Hussain, MS. (2008). Composition chimique des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus-indica* et possibilités de valorisation alimentaire. *Agricultura-Stiinta si practica*, 1, 65-66. DOI: 10.15835/arspa.v65i1-2.2787.
- Hynstova, V., Sterbova, D., Klejdus, B., Hedbavny, J., Huska, D., & Adam, V. (2018). Separation, identification and quantification of carotenoids and chlorophylls in dietary supplements containing *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* using high performance thin layer chromatography. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 148, 108-118.
- Jeneta, J. G., & Prabakar, J. (2019). Evaluation of PH and buffering capacity of sports drinks and carbonated drinks. *Drug Invention Today*, 11(11).

- Kumar, K., Singh, D., & Singh, R. S. (2018). Cactus pear: Cultivation and uses. *CIAR/Tech./Pub. No73*, pp 38 IcaR-central Institute for arid horticulture, Bikaner, Rajasthan, India.
- Lahmidi, S., Homrani Bakali, A., & Harrak, H. (2023). Physical and Physicochemical Characteristics, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity of Cladodes from Erect Prickly Pear *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. *Journal of Food Quality*, 2023.
- López, R., De Ita, A., & Vaca, M. (2009). Drying of prickly pear cactus cladodes (*Opuntia ficus indica*) in a forced convection tunnel. *Energy Conversion and Management*, 50(9), 2119-2126.
- Madrigal-Santillán, E., García-Melo, F., Morales-González, J. A., Vázquez-Alvarado, P., Muñoz-Juárez, S., Zuñiga-Pérez, C., ... & Hernández-Ceruelos, A. (2013). Antioxidant and anticlastogenic capacity of prickly pear juice. *Nutrients*, 5(10), 4145-4158.
- Mazri, M. A. (2018). Cactus pear (*Opuntia* spp.) breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits: Volume 3*, 307-341.
- Moßhammer, M. R., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. *Innovative food science & emerging technologies*, 7(4), 275-287.
- Mourjane, A., Hanine, H., El Adnany, E. M., Ouhammou, M., Bitar, K., Mahrouz, M., & Boumendjel, A. (2023). Determination of the Relationship between the Granulometry and Release of Polyphenols Using LC-UV, and Their Antioxidant Activity of the Pulp Powder of the Moroccan Argan Tree, “*Argania spinosa* L.”. *Separations*, 10(10), 542.
- Moussa-Ayoub, T. E., Abd El-Hady, E. S. A., Omran, H. T., El-Samahy, S. K., Kroh, L. W., & Rohn, S. (2014). Influence of cultivar and origin on the flavonol profile of fruits and cladodes from cactus *Opuntia ficus-indica*. *Food Research International*, 64, 864-872.
- Nabil, B., Ouaabou, R., Ouhammou, M., Essaadouni, L., & Mahrouz, M. (2020). Functional properties, antioxidant activity, and organoleptic quality of novel biscuit produced by moroccan cladode flour “*Opuntia ficus-indica*”. *Journal of Food Quality*, 2020, 1-12.

- Naithani, V., Nair, S., & Kakkar, P. (2006). Decline in antioxidant capacity of Indian herbal teas during storage and its relation to phenolic content. *Food Research International*, 39(2), 176-181.
- Nkoi, V., de Wit, M., van Biljon, A., & van Niekerk, J. A. (2022). Comparison and integration of cactus mucilage protein and soy protein in functional food systems. In X International Congress on Cactus Pear and Cochineal: Cactus-the New Green Revolution in Drylands 1343 (pp. 425-434).
- Procacci, S., Bojórquez-Quintal, E., Platamone, G., Maccioni, O., Vecchio, V. L., Morreale, V., Alisi, C., Balducchi, R., & Bacchetta, L. (2021). *Opuntia ficus-indica* pruning waste recycling: Recovery and characterization of mucilage from cladodes. *Natural Resources*, 12(4), 91-107.
- Qin, P., Wang, T., & Luo, Y. (2022). A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100265.
- Rodrigues, C., Paula, C. D. D., Lahbouki, S., Meddich, A., Outzourhit, A., Rashad, M., ... & Souza, V. G. (2023). *Opuntia* spp.: an overview of the bioactive profile and food applications of this versatile crop adapted to arid lands. *Foods*, 12(7), 1465.
- Rössel-Kipping, E. D., Ortiz, H., Moreno-Ovalle, F. M., López-Martínez, L. A., & Amante-Orozco, A. (2021). Physical and chemical attributes of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica*) varieties Copena, Pelon Blanco and Pelon Rojo. *Agro Productividad*, 14(4).
- Sabtain, B., Farooq, R., Shafique, B., Modassar, M., Ranjha, A. N. Mah-mood, S., Mueen-Ud-Din, G., Irfan, S., Shehzadi, K., Rubab, Q., Asad, L., & Ishfaq, M. (2021). A narrative review on the phytochemistry, nutritional profile and properties of prickly pear fruit. *Open Access Journal of Biogenetic Science Research*, 7(2): 1 - 13.
- Santos-Zea, L., Gutiérrez-Urbe, J. A., & Serna-Saldivar, S. O. (2011). Comparative analyses of total phenols, antioxidant activity, and flavonol glycoside profile of cladode flours from different varieties of *Opuntia* spp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(13), 7054-7061.

Références bibliographiques

Saroj, P. L., Singh, D., & Kumar, K. (2017). Culinary exploitation of nopal cactus pear in arid region. *Indian Horticulture*, 62(4), 13 – 16.

Shanta, F. H., Rahut, B. K., Islam, M. J., Azad, M. O. K., Sohel, M. A. T., Rajib, M. R. R., Shams-Ud-Din, M., & Adnan, M. (2021). Development of value-added drinks from date palm juice (*Phoenix sylvestris*). *Heliyon*, 7(11).

Temagout, A., Yassine, N. O. U. I., & Zitouni, B. (2023). Antimicrobial and antioxidant activities of Algerian prickly pears and two cultivars dates (Mech-Degla and Frezza). *Food and Health*, 9(3), 230-241.

Tso, R., & Forde, C. G. (2021). Unintended consequences: nutritional impact and potential pitfalls of switching from animal-to plant-based foods. *Nutrients*, 13(8), 2527.

www.ciqua.anses.fr: consulté le 09/03/2024 à 11H0.

Annexe



PRODUCTION SCIENTIFIQUE

1. **Larrous Dalila, Benmeziane Farida & Cherifi Achref. 2024.** Evaluation of Some Techno-functional Properties of Algerian Opuntia ficus-indica Cladode Powder. The 7th International UBSDER Scientific Research Congresses, February 23-25, 2024, Ankara, Turkey.

