

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
recherche scientifique
UNIVERSITE Abderrahmane MIRA BEJAIA
Faculté de science de la nature et de la vie
Département de sciences alimentaires

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

Par :

ARROUDJ Warda

BOUDAA Nouara

Thème

**Elaboration d'une boisson végétale à base de flocon d'avoine enrichi en graine
de chia**

Soutenu le 26 juin 2023 devant le jury composé de :

| | |
|---------------------------|-----------|
| Mme. K.TAZRART | Président |
| Mme. L. OULD SAADI | Promoteur |
| Mme. K. BOUARROUDJ | Examineur |

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et la patience afin de mener ce travail à terme.

Nous exprimons notre profonde gratitude à

Madame L. OULD SAADI

Pour avoir assumé la responsabilité de nous encadrer, de nous orienter et de nous conseiller tout au long de la réalisation de ce travail ainsi que pour la confiance qu'elle nous a accordée, acceptant d'être rapporteur de notre mémoire de fin d'études.

A ceux qui nous ont apporté, de près ou de loin, orientation, soutien et aide dans la réalisation et la concrétisation de ce travail.

Nos vifs remerciements à tous nos enseignants du primaire à l'université.

ARROUDJ Warda
BOUDAË Nouara

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes parents qui m'ont
Orienté et soutenu dans les choix difficiles. A
ma grande famille que ce soit du côté Paternel
ou du côté maternel.

A mon binôme et toute sa famille.

A tous mes amis.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de
Loin à l'aboutissement de ce mémoire de fin d'étude.

Je le dédie aussi à tous ceux qui le liront, et
J'espère qu'ils trouveront dans son contenu des
Réponses à leurs questions.

ARROUDJ Warda

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes parents qui m'ont
Orienté et soutenu dans les choix difficiles. A
ma grande famille que ce soit du côté Paternel
ou du côté maternel.

A mon binôme et toute sa famille.

A tous mes amis.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de
Loin à l'aboutissement de ce mémoire de fin d'étude.

Je le dédie aussi à tous ceux qui le liront, et
J'espère qu'ils trouveront dans son contenu des
Réponses à leurs questions.

BOUDAË Nouara

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Remerciment | |
| Dédicases | |
| Sommaire | |
| Liste de Figures | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des Abréviations | |
| Introduction | 2 |
| Chapitre I : Étude bibliographique | 4 |
| I.1. Lait végétal | 4 |
| I.1.1. Fabrication | 4 |
| I.1.2. Caractéristiques et révolution nutritionnelle : | 5 |
| I.2. Lait d'avoine | 6 |
| I.2.1. Généralité : | 6 |
| I.2.2. Étude de la composition en macronutriments dans le lait d'avoine : | 6 |
| I.2.3. Analyse économique de la production et de la commercialisation du lait | 7 |
| I.2.3.1. Production et commercialisation du lait d'avoine..... | 7 |
| I.2.3.2. Durabilité et conservation | 7 |
| I.2.3.3. Bienfaits et inconvénients | 8 |
| I.3. Graines de Chia | 8 |
| I.3.1. Généralités : | 8 |
| I.3.2. Historique : | 9 |
| I.3.3. Culture et dispersion du chia : | 9 |
| I.3.4. Culture en Algérie | 10 |
| I.3.5. Valeurs nutritionnelles : | 11 |
| I.3.6. Perspectives thérapeutiques du chia | 11 |
| I.3.7. Utilisations de la plante de chia | 12 |
| Chapitre II : Matériels et méthodes | 14 |
| II.1. Préparation du lait d'avoine | 14 |
| II.1.1. Matériels et équipement utilisés : | 14 |
| II.1.2. Préparation du lait : | 15 |
| II.2. Analyses physico-chimiques réalisés | 15 |
| II.2.1. Potentiel hydrogène (pH) | 15 |
| II.2.2. La densité : (pycnomètre) | 16 |

| | |
|---|-----------|
| II.2.3. La Viscosité (viscosimètre couette) | 16 |
| II.2.4. Taux de Brix : (Réfractomètre) | 17 |
| II.2.5. Teneur en cendre | 18 |
| II.2.6. Extrait sec : | 19 |
| II.2.7. Evaluation de l'activité antioxydante | 20 |
| II.2.7.1. Extraction des composés phénoliques | 20 |
| II.2.7.2. Dosage des composés phénoliques | 21 |
| II.2.7.3. Activité anti radicalaire en utilisant le DPPH | 21 |
| II.2.7.4. Evaluation de l'activité anti radicalaire en utilisant ABTS | 22 |
| II.3. Les analyses microbiologiques effectuées | 23 |
| II.3.1. Préparation des dilutions : | 23 |
| II.3.2. Dénombrement et lecture | 24 |
| II.4. Evaluation sensoriel | 25 |
| II.5. Les analyses statistiques | 25 |
| Chapitre III : Résultats et discussions | 27 |
| III.1. Résultats des analyses physico-chimique | 27 |
| III.1.1. Le potentiel hydrogène pH | 27 |
| III.1.2. La densité | 28 |
| III.1.3. La viscosité | 29 |
| III.1.4. Le Brix | 29 |
| III.1.5. Les cendres | 30 |
| III.1.6. L'extrait sec | 31 |
| III.1.7. Dosage des composés phénoliques : | 32 |
| III.2. Résultats des analyses microbiologiques | 34 |
| III.3. Résultats des analyses sensorielles | 34 |
| III.3.1. Caractérisation des produits | 34 |
| III.3.2. Analyse en composantes principales (ACP) : | 37 |
| III.3.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH) : | 38 |
| III.3.4. Cartographie des préférences (PRFMAP)..... | 39 |
| Conclusion | 42 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: répartition des macronutriments dans 100g de lait d'avoine | 6 |
| Figure 2 : diagramme représentatif de la Taille du marché du lait d'avoine aux États-Unis | 7 |
| Figure 3: culture et dispersion du chia (Jamboonsri et al., 2012). | 10 |
| Figure 4: utilisations de la plante de chia et de certains produits obtenus | 12 |
| | |
| Figure 5: le matériel utiliser durant la fabrication | 14 |
| Figure 6: schéma explicatif de la production du lait d'avoine enrichi en graines de chia | 15 |
| Figure 7: photographie de pH-mètre | 15 |
| Figure 8: pycnomètre | 16 |
| Figure 9: viscosimètre couette | 17 |
| Figure 10: réfractomètre | 18 |
| Figure 11: les cendres | 19 |
| Figure 12: les extraits sec des échantillons | 20 |
| | |
| Figure 13: diagramme représentatif du pH des quatre formulations de boisson d'avoine échantillons | 27 |
| Figure 14: diagramme représentent la densité des quatre échantillons | 28 |
| Figure 15: valeurs de la viscosité effectuées sur les échantillons de boisson végétales. | 29 |
| Figure 16: représentation graphique du degré de brix des échantillons | 30 |
| Figure 17: diagramme représentent la teneur en cendres des quatre échantillons | 31 |
| Figure 18: diagramme représentent l'extrait sec des quatre échantillons | 31 |
| Figure 19: représentation graphique des teneurs en composés phénoliques des différentes formulations élaborées. | 32 |
| Figure 20: représentation graphique des taux d'inhibition des boissons élaborés contre le radical DPPH et ABTS. | 33 |
| Figure 21: résultats du contrôle microbiologique | 34 |
| Figure 22: pouvoir discriminant par descripteur. | 35 |
| Figure 23: coefficient des modèles des échantillons. | 36 |
| Figure 24: corrélation entre les variables et les facteurs | 38 |
| Figure 25: profil des différentes classes. | 39 |
| Figure 26: cartographie des préférences | 40 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: composition des boissons végétales pour 100ml (Evelyne, 2018) | 5 |
| Tableau 2: caractéristiques de quelques boissons végétales (Evelyne, 2018) | 5 |
| Tableau 3: les bienfaits et les inconvénients du lait d'avoine (La fourche ,2023) | 8 |
| Tableau 4: valeurs nutritionnelles des graines de chia D'après (Motyka, Sara 2023) | 11 |
| Tableau 5: Dénombrement des germes recherchés | 24 |
| Tableau 6 résultats des analyses microbiologiques..... | 34 |
| Tableau 7: Moyennes ajusté par produit | 37 |

Liste des Abréviations

| | |
|-------------------|---|
| μL | Micro Litre |
| AA | Activité antioxydante |
| ABTS | Acide 2,2'-azino-bis 3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique |
| ACP | Analyse en composantes principales |
| AGPI | Acides gras polyinsaturés |
| CAH | Classification ascendante hiérarchique |
| CaNO ₃ | Nitrates de calcium |
| DPPH | Diphényle Picrylhydrazyl |
| EAG | équivalent d'acide gallique |
| FTAM | Flore aérobie mésophile totale |
| H ₂ S | Sulfure d'hydrogène |
| ph | potentiel hydrogène |
| PRFMAP | Cartographie des préférences |
| Pa.s | pascal-seconde |
| TCAC | Taux de croissance annuel composé |
| USD | Dollar Américain |
| VRBG | Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre |
| Cp | Cenitpoise |

Introduction

En réponse aux préoccupations de certains consommateurs liés à la consommation de lait traditionnel sur leurs santé. En effet, certaines études ont suggéré que la consommation de lait de vache pourrait être associée à des problèmes de santé tels que des allergies, de l'acné ou encore de l'ostéoporose (**Kehinde, B. A et al, 2020**).

Le lait ou bien boisson d'avoine est l'un des nouveaux substituts du lait apparus sur le marché mondial ces dernières années. En raison de son goût acceptable, de ses avantages nutritionnels et de son faible impact sur l'environnement, le lait d'avoine est devenu le deuxième substitut du lait d'origine végétale le plus populaire, après le lait d'amande (**Watson, 2020**).

L'avoine (*Avena sativa* L.) est une bonne source de protéines, de fibres solubles et de substances phytochimiques bioactives, notamment les β -glucanes et en composés phénoliques (**Flander et al., 2007**). Ces composants jouent un rôle important dans la nutrition et présentent de multiples avantages pour la santé, tels que la prévention du diabète de type II et la réduction du taux de cholestérol (**Raguindin et al., 2021**).

Les graines de chia sont riches en fibres, en particulier en fibres solubles, une excellente source d'oméga-3, qui ont des effets anti-inflammatoires et peuvent contribuer à réduire le risque de maladies comme les maladies cardiaques. Les graines de chia sont riches en minéraux tels que le calcium, le magnésium et le phosphore, qui sont importants pour la santé des os et la fonction musculaire.

Combinés, le lait d'avoine et les graines de chia fournissent une alimentation complémentaire. Le lait d'avoine apporte des protéines, des glucides et des antioxydants, tandis que les graines de chia renforcent les fibres, les acides gras oméga-3 et les minéraux.

L'objectifs de cette étude est d'élaboré un nouvelle boissons végétale à base d'avoine additionné de trois taux d'incorporation de graines de chia (0.5, 1.5 et 3%) et d'étudier ses principales caractéristiques physico-chimiques avec l'évaluation de la qualité microbiologique ainsi que l'étude de ses propriétés antioxydants et sensorielles.

Notre travail est subdivisé en deux grandes parties :

Une partie bibliographique portant sur des généralités sur les boissons végétales et les graines de chia.

Une partie expérimentale regroupant les méthodes utilisé et analyses et discussion des résultats obtenus.

Chapitre I :
Étude
bibliographique

I.1. Lait végétal

Les boissons végétales sont des alternatives au lait composées de particules végétales dissoutes dans l'eau, parfois traitées. Elles sont polyvalentes en cuisine (mijotage, cuisson, mixage, consommation directe, mousses). Cependant, il est crucial de considérer leur valeur nutritionnelle lorsqu'on les substitue au lait, car cela peut affecter la santé. **(Ulrike Gonder,2016).**

Les propriétés nutritionnelles varient en fonction de la source végétale utilisée, la méthode de transformation et les enrichissements éventuels **(Outi Elina Mäkinen et al, 2016).**

I.1.1. Fabrication

Le processus de fabrication de ces produits commence généralement par le trempage de la matière végétale dans l'eau, afin de ramollir les ingrédients et de faciliter l'extraction des nutriments. Ensuite, la matière végétale est broyée et mélangée avec de l'eau, puis la suspension résultante est filtrée pour éliminer les résidus solides. Une fois que la suspension a été filtrée, les fabricants peuvent ajouter d'autres ingrédients pour améliorer le goût, la texture et la valeur nutritionnelle du produit final. Par exemple, certains laits végétaux sont enrichis en calcium et en vitamines pour les rendre plus nutritifs. Enfin, le produit final est pasteurisé pour éliminer les bactéries et prolonger sa durée de conservation. Les laits végétaux sont souvent conditionnés dans des cartons ou des bouteilles, similaires aux contenants utilisés pour le lait traditionnel **(Mäkinen, Wanhalinna, Zannini, & Arendt, 2016) (wang et al. 2022)**

I.1.2. Caractéristiques et révolution nutritionnelle :

Il existe plusieurs types de laits végétaux. Chaque type de lait végétal est fabriqué à partir d'une source végétale différente et a une composition nutritionnelle unique (Evelyne, 2018)

Tableau 1: composition des boissons végétales pour 100ml (Evelyne, 2018)

| Nutriment | unité | Lait de vache | Lait de | Boisson végétale | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|---------------|---------|------------------|------|---------|--------|-----|-----------|------|------------|----------|---------|
| | | ½ | | entier | Soja | amandes | avoine | riz | noisettes | coco | chataignes | épaautre | chanvre |
| | | écrémé | | | | | | | | | | | |
| Calories | Kcal | 51,6 | 62,9 | 5,4 | 44 | 51 | 58 | 58 | 176 | 83 | 55 | 93 | |
| Proteins | g | 3,4 | 3,5 | 3,3 | 0,8 | 1,5 | 0,2 | 0,5 | 1,7 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | |
| Lipids | g | 1,9 | 3,8 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1 | 2,7 | 18 | 1,2 | 1,1 | 2,2 | |
| glucides et sucres | g | 4,9 | 4,6 | 6 | 1,9 | 6,8 | 9,4 | 6 | 1,7 | 17 | 10,5 | 0,2 | |
| Fibres | g | 0 | 0 | 0,6 | 0 | 1,4 | 1,3 | 0,3 | 0,2 | n/d | 0,2 | 0,5 | |
| Calcium | mg | 123 | 116,5 | 7,5 | n/d | n/d | 2,4 | n/d | 16 | 45,2 | 120 | 1 | |
| index glycémique | | 30 | 27 | 36 | 30 | 30 | 85 | 30 | 40 | 60 | | | |

Tableau 2: caractéristiques de quelques boissons végétales (Evelyne, 2018)

| | |
|------------------------|---|
| Boisson à base de soja | Le lait de soja est la boisson végétale la plus ancienne, similaire au lait de vache. Il contient 8g de protéines par tasse de 250 ml, tous les acides aminés essentiels, des acides gras insaturés, des fibres alimentaires, ainsi que des vitamines et des minéraux. |
| Boisson d'amande | Le lait d'amande a une faible teneur en protéines, environ 1 à 2 g par tasse de 250 ml. Il contient moins de calories et de gras que le lait de vache, avec environ 44 calories et 2 à 2,5 g de lipides par tasse. Il est riche en vitamine E, un antioxydant, et est souvent enrichi en calcium. |
| Boisson d'avoine | La boisson en question a plus de protéines que le lait d'amande, des matières grasses similaires au lait demi-écrémé, mais elle contient du gluten et n'a pas de calcium. Il est conseillé de choisir une boisson enrichie en calcium pour s'assurer un apport suffisant. |

I.2. Lait d'avoine

I.2.1. Généralité :

Le lait d'avoine est une boisson végétale à base d'avoine et d'eau, et c'est une alternative au lait de vache particulièrement pour les personnes intolérantes au lactose ou suivant un régime végétalien.

Le lait d'avoine a été découvert par accident en Suède dans les années 1990 lorsqu'un groupe de chercheur travaillait à la fabrication d'une crème glacée à base d'avoine et ont ainsi créé un sous-produit appelé lait d'avoine. Ils ont rapidement réalisé que le sous-produit disposait d'un goût délicieux et possédait le potentiel d'être une alternative végétalienne au lait de vache. (Doray claire, 2023).

I.2.2. Étude de la composition en macronutriments dans le lait d'avoine :

Selon (Berta Laurent,2023)

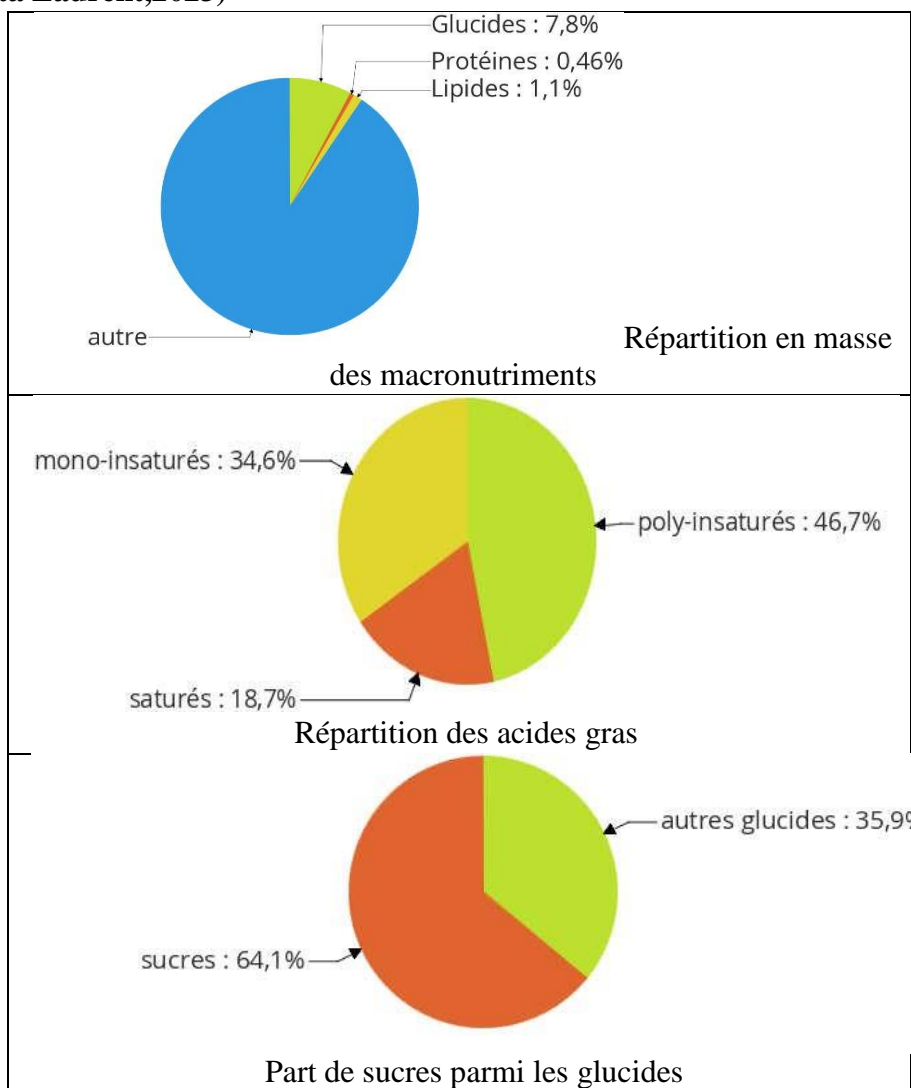


Figure 1: répartition des macronutriments dans 100g de lait d'avoine

I.2.3. Analyse économique de la production et de la commercialisation du lait

I.2.3.1. Production et commercialisation du lait d'avoine :

Le lait d'avoine est fabriqué en mélangeant de la farine d'avoine avec de l'eau et d'autres ingrédients (sel, sucre...). Après chauffage, agitation, filtration et pasteurisation, le liquide obtenu est mis en bouteille et peut être trouvé dans les magasins ou fabriqué à la maison.

La taille du marché mondial du lait d'avoine était évaluée à 2,23 milliards USD en 2020 et devrait se développer à un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 14,2 % de 2020 à 2028. La croissance du marché est attribuée à l'augmentation de la population végétalienne cela a profité au marché du lait d'avoine, qui répond à la demande des clients d'être sans allergie, tout en offrant plusieurs avantages pour la santé. (**Grand view research**)

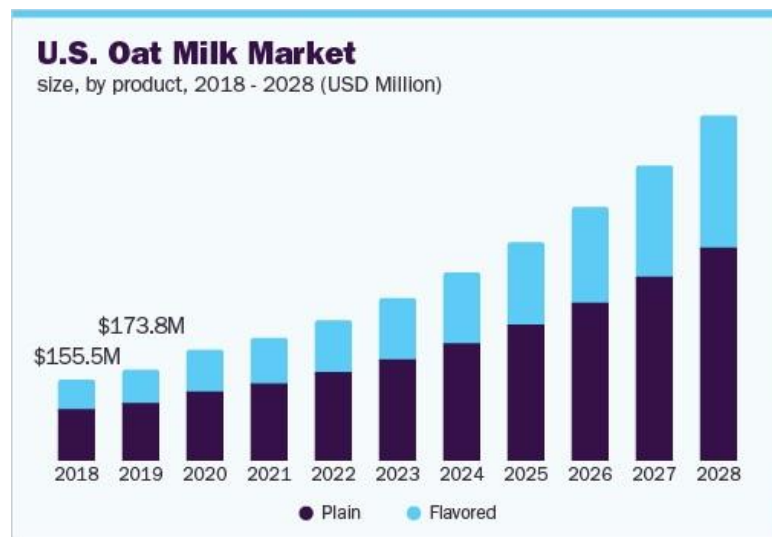


Figure 2 : diagramme représentatif de la Taille du marché du lait d'avoine aux États-Unis, par produit, 2018-2028 (en millions de dollars américains) établis par grand view search

I.2.3.2 Durabilité et conservation

Le lait d'avoine prêt à l'emploi est un produit alimentaire qui peut se conserver pendant une certaine durée, à condition de respecter quelques règles d'hygiène et de stockage. Une fois que le lait d'avoine a été ouvert, il est recommandé de le conserver au réfrigérateur, entre 0 et 4 degrés Celsius. Cette température permet de ralentir la croissance des bactéries et donc de prolonger la durée de conservation du produit. En général, le lait d'avoine se conserve au réfrigérateur pendant environ 3 à 5 jours maximum après ouverture. Au-delà de cette période, il est recommandé de le jeter, même si la date limite de consommation n'est pas encore dépassée.

Cela est dû au fait que le lait d'avoine est un produit périssable qui peut se contaminer par des bactéries et des levures.

Il est également important de veiller à conserver le lait d'avoine à l'abri de la lumière et de l'humidité, car ces éléments peuvent favoriser la croissance des bactéries et des levures. Il est donc recommandé de le stocker dans un endroit frais et sec, à l'écart de toute source de chaleur.

Enfin, si vous remarquez une odeur anormale ou un aspect inhabituel sur le lait d'avoine, il est recommandé de ne pas le consommer et de le jeter immédiatement. Cela peut être un signe de contamination par des bactéries ou des levures, ce qui peut présenter un risque pour la santé. Il est préférable de ne prendre aucun risque et de jeter le lait d'avoine suspect. **(La fourche,2023)**

I.2.3.3. Bienfaits et inconvénients :

Tableau 3: les bienfaits et les inconvénients du lait d'avoine (La fourche ,2023)

| bienfaits | inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Boisson largement moins caloriques que le lait de vache - Il est très énergétique - Il contient : <ul style="list-style-type: none"> • La vitamine C: pour la vitalité et la santé des os, de la peau et des dents • La vitamine D : Pour un bon fonctionnement du système immunitaire • La vitamine B ; aident à prévenir les maladies cardiovasculaires, l'ostéoporose et la dépression, tout en favorisant la relaxation et le sommeil. • La vitamine E : contribue à renforcer les défenses naturelles du corps contre les dommages cellulaires. • La vitamine k : pour assurer une coagulation sanguine optimale | <ul style="list-style-type: none"> -Le lait d'avoine renferme une quantité réduite de protéines. -Le lait d'avoine ne contient qu'une faible quantité de calcium |

I.3. Graines de Chia

I.3.1. Généralités :

Le chia est une plante mexicaine dont les graines rondes et noires produisent un gel solide lorsqu'elles sont trempées dans l'eau en raison de leur haute teneur en fibres solubles. Ce gel forme une barrière dans l'estomac, ralentissant l'absorption des glucides et contribuant ainsi à

maintenir une glycémie stable. Les Aztèques utilisaient le chia comme principale source alimentaire (Gerber, A., & Jornod, P. 2008).

Depuis quelques années, les graines de chia sont devenues très populaires dans le domaine de la diététique. Grâce à leur faible teneur en gluten et leur richesse en fibres, les nutritionnistes les recommandent fortement dans divers programmes de perte de poids. Les graines de chia sont également très appréciées pour leur excellente composition en acides gras polyinsaturés (AGPI) et en composés phénoliques. (KIHAL Fatima Zohra MOKHTARI Mariem 2021)

I.3.2. Historique :

Le mot « chia » signifie « force » en maya. Les Aztèques utilisaient les graines de chia comme source d'énergie lors de leurs marches de 24 heures. Les graines de chia sont riches en fibres et en lipides, notamment en oméga 3. Aujourd'hui, en Amérique du Sud, elles sont consommées sous différentes formes. Le chia commence à se faire connaître aux États-Unis pour ses propriétés antioxydantes. (Gerber, A., & Jornod, P. 2008).

I.3.3. Culture et dispersion du chia :

La plante de Chia est une plante qui trouve son origine en Amérique centrale, spécifiquement dans les régions montagneuses de l'ouest et du centre du Mexique, ainsi que du Guatemala. Elle pousse naturellement dans les zones forestières caractérisées par des climats tropicaux chauds, mais également à des températures généralement basses. Sa distribution s'étend aux environnements semi-chauds et tempérés le long de l'axe néovolcanique transversal de la Sierra Madre Occidentale et du sud du Chiapas, à des altitudes comprises entre 1 400 et 2 200 mètres. (KIHAL Fatima Zohra MOKHTARI Mariem 2021)

Le chia est traditionnellement cultivé (**figure 3**) dans la zone bleue allant du centre-nord du Mexique jusqu'au Guatemala. Une deuxième zone de culture précolombienne est présente dans le sud du Honduras et du Nicaragua (zone verte). Aux États-Unis, les variétés traditionnelles de chia peuvent être cultivées dans les zones jaunes avec irrigation. Les nouvelles variétés à floraison précoce décrites ici pourraient être cultivées dans la zone rouge pour la production de graines. (Jochems, L, et al ,2017).

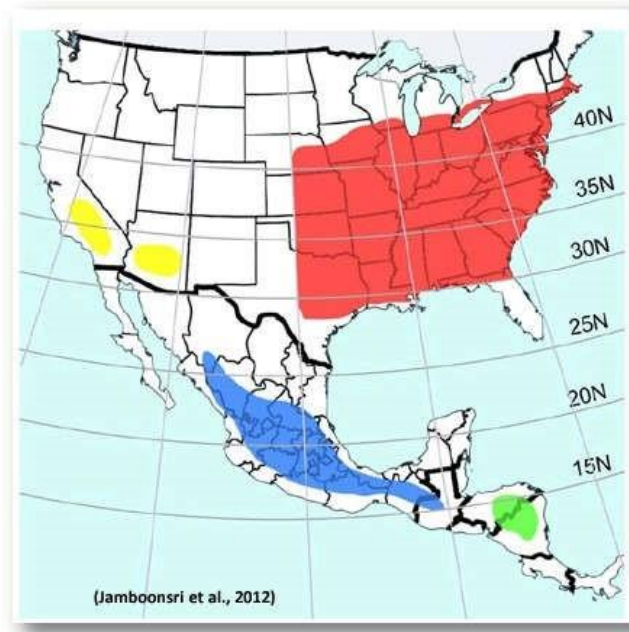


Figure 3: Culture et dispersion du chia (Jamboonsri et al., 2012).

I.3.4. Culture en Algérie

L'Algérie bénéficie d'une diversité climatique allant du climat méditerranéen au nord au climat désertique au sud. Cette variété climatique offre des conditions favorables à la culture du chia ou *Salvia hispanica*, qui préfère les climats chauds. Bien que les précipitations diminuent du nord au sud, les agriculteurs peuvent gérer ces variations en fournissant l'irrigation nécessaire, tout comme cela est fait dans les serres et les zones désertiques lors des plantations. Il est donc très probable que le chia puisse être cultivé en Algérie, ainsi que dans d'autres pays d'Afrique du Nord. Des études antérieures mentionnent que la culture du chia a été tentée avec succès dans différentes régions du monde, mais les résultats spécifiques de ces expériences ne sont pas précisés. (RAHMANI . 2021)

I.3.5. Valeurs nutritionnelles :

La valeur nutritionnelle des graines de chia est représenté dans le **tableau 4**.

Tableau 4: valeurs nutritionnelles des graines de chia D'après (Motyka, Sara 2023)

| matière grasse 30%-33% (acides gras 80%) | | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|------------|
| AGPI | | AGS | |
| Acide α linolénique (ω -3) | Acide oléique (ω -6) | Acide palmitique et stearique | |
| 60% | 20% | 10% | |
| glucides 30%-34% | | | |
| Fractions solubles | | Fraction insolubles | |
| 85%-93% | | 7%-15% | |
| Protéines 16%-26% | | | |
| Globuline | Albumine | glutélines | prolamines |
| 7%-54% | 3,9%-18,6% | 6,4%-23% | 7,2%-53,8% |

I.3.6. Perspectives thérapeutiques du chia

Selon (Chowdhury, Sanchita.)

- Effets cardio-protecteurs : Les acides gras oméga-3 forment des composés biochimiques importants pour le corps. Ils peuvent également bloquer les dysfonctionnements des canaux calciques et sodiques, ce qui peut aider à prévenir l'hypertension.
- Le contenu élevé en fibres et en protéines des graines de chia peut aider à la perte de poids.
- Ils contiennent également des quantités élevées de calcium, de magnésium, de phosphore et de protéines. Tous ces nutriments sont essentiels pour la santé des os.
- Les graines de chia peuvent réduire le taux de sucre dans le sang et prévenir le diabète.
- Une consommation élevée de fibres alimentaires augmente le poids et la taille des selles, ce qui permet de normaliser les mouvements intestinaux.

1.3.7. Utilisations de la plante de chia

La **figure 04** schématise les différentes utilisations de la plante de chia et de certains produits obtenus à partir de graines de chia

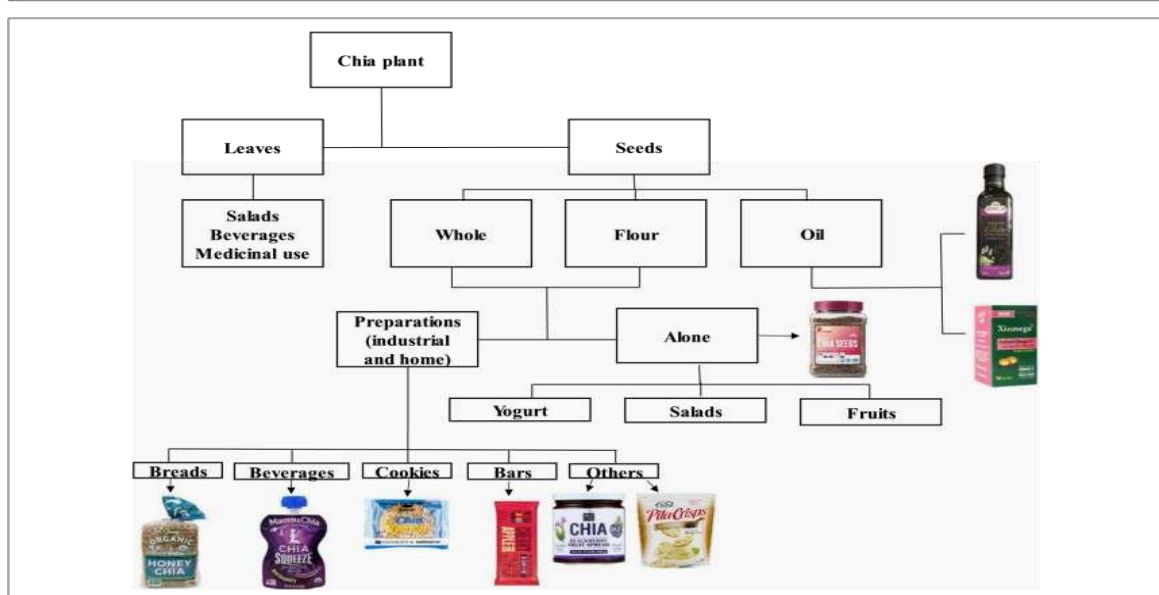


Figure 4 : utilisations de la plante de chia

Chapitre II :

Matériels et

méthodes

II.1. Préparation du lait d'avoine

La préparation de la boisson végétale a été réalisée selon le protocole décrit par Wang et al. (2022).

II.1.1. Matériels et équipement utilisés :



Figure 5: Le matériel utiliser durant la fabrication

II.1.2. Préparation du lait



Figure 6 : Schéma explicatif de la production du lait d'avoine enrichi en graines de chia.

II.2. Analyses physico-chimiques réalisés

II.2.1. Potentiel hydrogène (pH)

Les mesures du pH sont réalisées à l'aide d'un pH -mètre (**Figure 7**).
Les valeurs du pH qui sont lues directement sur l'appareil.



Figure7: Photographie de pH -mètre

II.2.2. La densité : (pycnomètre)

La densité d'un liquide est une mesure de la masse par unité de volume, ce qui en fait une propriété caractéristique de chaque liquide. Elle peut être utilisée pour déterminer la flottabilité du liquide, c'est-à-dire sa capacité à flotter ou à couler dans un autre liquide.

Mathématiquement, la densité (ρ) d'un liquide est calculée en divisant la masse (m) du liquide par son volume (V). Ainsi, la formule pour calculer la densité est donnée par :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

❖ Mode opératoire :

1. L'échantillon doit être maintenu à une température de 20°C.
2. Le pycnomètre vide est pesé pour obtenir sa masse de référence.
3. Le pycnomètre est rempli avec le liquide dont nous voulons mesurer la densité.
4. Le pycnomètre rempli est pesé pour déterminer sa masse avec le liquide.
5. La densité est calculée en utilisant les masses du pycnomètre vide et rempli.



Figure 8: Pycnomètre

❖ Expression des résultats :

$$\text{Densité}(\rho) = \frac{\text{masse du pycnomètre rempli} - \text{masse du pycnomètre vide}}{\text{volume du pycnomètre}}$$

II.2.3. La Viscosité (viscosimètre couette)

La mesure de la viscosité est une méthode utilisée pour déterminer la résistance d'un fluide à l'écoulement.

Le viscosimètre de couette est utilisé pour mesurer la viscosité d'un fluide en utilisant deux plaques en mouvement relatif. L'espace entre les plaques est rempli du fluide à tester. Lorsque les plaques bougent, une force de cisaillement se produit dans le fluide. La résistance causée par la viscosité du fluide est mesurée pour déterminer sa viscosité.

❖ **Mode opératoire :**

1. Un volume de 50 ml d'échantillon a été versé dans un bêcher.
2. Cet échantillon a ensuite été positionné entre les deux plaques du viscosimètre.
3. Ensuite, la valeur correspondante a été lue sur l'écran de l'appareil.



Figure 9: Viscosimètre couette

❖ **Expression des résultats :**

Les résultats de viscosité obtenus à l'aide d'un viscosimètre à couette sont exprimés en unité de viscosité, généralement en Pascal-seconde (Pa·s) ou en Centipoise (cP).

II.2.4. Taux de Brix : (Réfractomètre)

Le taux de Brix est une mesure du pourcentage de sucre dans une solution, déterminé à l'aide d'un réfractomètre. Il indique la concentration de sucre en pourcentage de masse dans la solution.

❖ **Mode opératoire :**

Pour utiliser un réfractomètre, commencez par ouvrir le couvercle pour accéder au prisme de mesure. Ensuite, déposez délicatement une petite quantité de l'échantillon liquide sur le prisme, en veillant à ce qu'elle soit uniformément répartie. Refermez soigneusement le

couvercle du réfractomètre et regardez à travers l'oculaire pour observer l'échelle graduée. Focalisez l'image jusqu'à obtenir une ligne de séparation nette entre la lumière et l'ombre, puis lisez la valeur sur l'échelle du réfractomètre.



Figure 10: Réfractomètre

❖ Expression des résultats

1 degré Brix=1g de sucre dans 100g de solution

II.2.5. Teneur en cendre

Les cendres d'un échantillon sont les résidus obtenus après avoir incinéré complètement une masse donnée du résidu d'évaporation. Ce processus vise à convertir tous les cations (à l'exception de l'ammonium) en carbonates et autres sels minéraux anhydres. (**Oeno 58/2000**)

❖ Mode opératoire :

Le processus de détermination de la teneur en cendres commence par peser les creusets vides (P0). Ensuite, une quantité précise de 5 grammes d'échantillon est ajoutée à chaque creuset (P1). Les creusets sont ensuite placés dans un four et chauffés à une température de 550°C pendant 4 heures. Après refroidissement, les cendres résultantes sont pesées (P2). Enfin, on effectue le calcul de la teneur en cendres à partir de ces mesures.



Figure 11: Les cendres

❖ **Expression des résultats :**

$$\text{Taux de cendres (\%)} = \frac{p_2 - p_0}{p_1 - p_0} \times 100$$

II.2.6. Extrait sec :

L'extrait sec total, aussi connu sous le nom de matières sèches totales, englobe toutes les substances qui, dans des conditions physiques spécifiées, ne subissent pas de volatilisation. (OIV-MA-BS-09: R2009). En d'autres termes, il représente la quantité totale de résidus solides qui demeurent après l'évaporation complète des composants volatils.

❖ **Mode opératoire :**

Pour déterminer la teneur en matière sèche, nous commençons par mesurer le poids initial des capsules cylindriques vides (m_0). Ensuite, nous ajoutons précisément 3 grammes d'échantillon dans chaque capsule (m_1). Ces capsules sont ensuite placées dans un dessiccateur et séchées à une température de 105°C pendant 24 heures. Après refroidissement, nous pesons les capsules avec la matière sèche (m_2). Enfin, la teneur en matière sèche (MS) est calculée à partir de ces mesures.

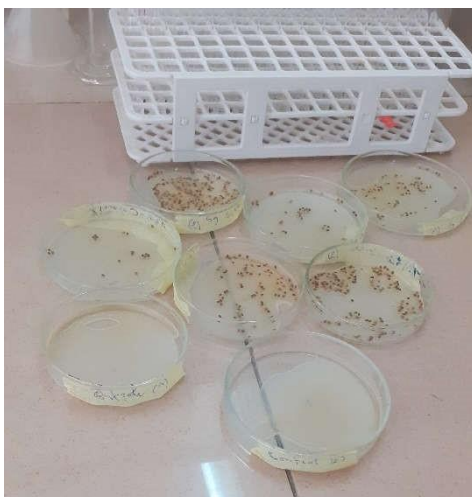


Figure 12: Les extraits sec des échantillons

❖ Expression des résultats :

$$\text{extrait sec (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

II.2.7. Evaluation de l'activité antioxydante

II.2.7.1. Extraction des composés phénoliques) :

➤ Principe

L'extraction implique le déplacement du principe actif contenu dans une substance vers un solvant. Selon (Pereira et al. 2013).

➤ Mode opératoire

Les composés phénoliques des boissons sont extraits selon la méthode décrite par (Moretto, Laura et al. 2021). 1.5 ml de l'échantillon est extrait avec de l'éthanol aqueux à 80% (30 ml). Agitation pendant 1 heure, centrifugation à 5000 tr/min pendant 20 min puis filtration sur papier wattman n°4. Le surnageant est utilisé pour le dosage des composés phénolique et évaluation de l'activité antioxydant.

II.2.7.2. Dosage des composés phénoliques

➤ Principe

La méthode de Folin – Ciocalteu est utilisée pour estimer la quantité de composés phénoliques présents.

Cette méthode repose sur la réduction alcaline de la combinaison de phosphotungstate (WO_4^{2-}) et de phosphomolybdate (MoO_4^{2-}) du réactif de Folin-Ciocalteu par les groupes phénoliques oxydables des composés. Cette réaction de réduction produit un produit de couleur bleue, dont l'intensité d'absorption à 765 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon (Macheix et al, 2005).

➤ Mode opératoire

Les essais sont réalisés en triplicata en utilisant 50 μ L d'extrait éthanolique et 50 μ L d'extrait mucilagineux. Ensuite, 2 ml d'eau distillée, 200 μ L de Follin Ciocalteu et 800 μ L de $CaNO_3$ sont ajoutés dans chaque tube à essai. Les tubes sont agités vigoureusement sur un vortex, puis incubés à 50 °C pendant 5 minutes. Enfin, les absorbances sont mesurées à une longueur d'onde de 765 nm.

Les résultats sont présentés en unités de mg équivalent d'acide gallique (EAG) pour chaque kilogramme d'échantillon (mg EAG/kg). Ces valeurs sont obtenues en utilisant une courbe d'étalonnage préparée avec différents niveaux de concentration d'acide gallique.

II.2.7.3. Activité anti-radicalaire en utilisant le DPPH

➤ Principe

La spectrophotométrie UV- visible peut être utilisée pour suivre la réduction du radical DPPH par un antioxydant en mesurant la diminution de l'absorbance à 515 nm due à la présence d'extraits phénoliques. Le DPPH qui est initialement de couleur violette, change de couleur en jaune lorsqu'il est réduit en présence de composés anti-radicalaires.

La mesure des absorbances à 517 nm est utilisée pour déterminer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, ce qui est directement lié au pouvoir anti-radicalaire de l'échantillon (Mihoubi, 2019).

➤ **Mode opératoire**

Un tube à essai contient 1 ml de solution de DPPH est utilisé, ensuite on ajoute 600 µl d'extrait éthanolé et l'extrait mucilage dans un tube, les tubes à essai sont agités vigoureusement à l'aide d'un vortex. Le mélange obtenu est ensuite placé dans l'obscurité et incubé pendant 30 min à température ambiante les absorbances sont ensuite mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre réglé sur une longueur d'onde de 517 nm. Un échantillon de contrôle est également préparé en mélangeant 1 ml de solution de DPPH avec 600 µl d'extrait de solvant d'extraction.

➤ **Expression des résultats**

L'activité anti-oxydante (AA) est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$AA [\%] = [(A_0 - A) / A_0] * 100$$

Avec :

A₀ : Absorbance du contrôle.

A : Absorbance de l'échantillon

II.2.7.4. Evaluation de l'activité anti-radicalaire en utilisant la ABTS

➤ **Principe**

La méthode repose sur la neutralisation d'un radical cation. Ce radical cation est facilement généré par une réaction d'oxydation en présence de persulfate de potassium, ce qui entraîne la formation d'une solution colorée avec une teinte vert - bleu (**Rouillac, 2006**).

Lorsque vous ajoutez un antioxydant à la solution d'ABTS, cela entraîne la réduction du radical ABTS et une diminution de son absorbance. La magnitude de cette diminution dépend de l'activité antioxydante des composés testés, ainsi que du temps et de la concentration utilisés (**Moretto, Laura et al. 2021**).

➤ **Mode opératoire**

- Pour obtenir une solution de radical ABTS à une concentration de 7 mM, on dissout 38,4 mg d'ABTS, 6,62 mg de persulfate de potassium et on ajoute 10 ml d'eau distillée.
- La solution est dissoute pendant 5 minutes à température ambiante, puis elle est placée à l'abri de la lumière et incubée toute la nuit à température ambiante.

- Pour obtenir une densité optique à 734 nm de $0,7 \pm 0,02$, la solution d'ABTS est diluée avec de l'eau distillée.
- Après avoir ajouté 200 μL de l'extrait à doser à 1800 μL de la solution d'ABTS, nous laissons l'ensemble incuber à l'obscurité pendant 6 min. Ensuite, nous mesurons les absorbances à une longueur d'onde de 734 nm.
- Le blanc a été préparé en remplaçant l'extrait par le solvant d'extraction.

➤ **Expression des résultats**

L'activité antioxydant est calculée selon la formule suivant :

$$\text{Le pourcentage d'inhibition \%} = [(A_0 - A) / A_0] * 100$$

Avec :

A_0 : Absorbance du contrôle

A : Absorbance de l'échantillon

II.3. Les analyses microbiologiques effectuées

Les analyses microbiologiques visent à détecter la présence d'entérobactéries, de levures, de moisissures et de FTAM dans les échantillons. Ces tests sont essentiels pour évaluer la qualité sanitaire et hygiénique des produits et garantir leur sécurité pour la consommation.

II.3.1. Préparation des dilutions:

1. Les tubes à essai sont étiquetés de manière à assurer une identification facile et distincte des quatre échantillons individuels qu'ils contiennent.
2. Pour la préparation d'une solution de dilution, 1 ml de la solution mère est ajouté à 9 ml d'eau peptone.
3. Un volume de 1 ml de la solution de dilution obtenue à l'étape 2 est transféré avec précision dans 9 ml de diluant. Cela aboutit à une dilution de 10^{-1} .
4. Les étapes décrites ci-dessus sont répétées pour les dilutions subséquentes en transférant à chaque fois 1 ml de la solution diluée précédente dans le tube suivant. Ce processus est poursuivi jusqu'à atteindre la dilution finale de 10^{-5} .

II.3.2. Dénombrement et lecture:

Tableau 5: Dénombrement des germes recherchés

| Les germes | Technique de dénombrement | Lecture |
|--------------------------------|--|--|
| Entérobactéries | <p>Ensemencement en masse</p> <ul style="list-style-type: none"> -Préparer le milieu de culture VRBG. -Effectuer une double couche en versant du milieu VRBG liquide stérile dans des boîtes de Pétri. -Homogénéiser les boîtes. -Laisser solidifier le milieu VRBG dans les boîtes -Transférer 1 ml de chaque dilution 10^{-5} dans les boîtes de Pétri contenant le milieu VRBG solidifié. -Répartir uniformément le contenu des dilutions sur la surface du milieu VRBG. - Refermer hermétiquement les boîtes de Pétri. -Incuber les boîtes de Pétri à 25°C pendant 48h. | Les entérobactéries peuvent former des colonies distinctes et visibles à l'œil nu. Ces colonies apparaissent généralement comme des amas de cellules bactériennes, souvent de forme circulaire ou irrégulière, avec des caractéristiques telles que la couleur, la taille et la texture qui peuvent varier en fonction de l'espèce bactérienne spécifique |
| Flore aérobie mésophile totale | <p>Ensemencement en masse</p> <ul style="list-style-type: none"> -La gélose nutritive est préparée et versée dans les boîtes de Pétri. -Le milieu est homogénéisé pour assurer une répartition uniforme des composants. -La gélose est laissée à solidifier et à refroidir à température ambiante. -Dans chaque boîte de Pétri, 1 ml de la dilution 10^{-5} est ajouté. - L'échantillon est étalé sur la surface de la gélose pour répartir uniformément les microorganismes. -Les boîtes sont incubées à une température constante de 25°C pendant 48 heures. | Les micro-organismes de la FTAM se manifestent sous la forme de colonies clairement identifiables à l'œil nu. Ces colonies peuvent exhiber diverses formes (circulaires, irrégulières, filamenteuses, etc.) ainsi que des caractéristiques variées en termes de couleur, de taille et de texture. Ces variations dépendent des espèces bactériennes ou fongiques spécifiques présentes dans la FTAM. |
| Levures et moisissures | <p>Ensemencement en surface</p> <ul style="list-style-type: none"> -Le milieu Sabouraud est préparé en le versant dans des boîtes de Pétri - L'échantillon dilué est inoculé sur les boîtes de Pétri contenant le milieu Sabouraud (100µl). - Incubation à 37°C pendant 5 jours | Les colonies de levures peuvent apparaître comme de petits amas crémeux ou poudreux, souvent de couleur blanche ou crème. Les colonies de moisissures, quant à elles, peuvent présenter une variété de formes, de couleurs et de textures. Elles peuvent être duveteuses, cotonneuses, poudreuses ou avoir des filaments visibles |

II.4. Evaluation sensoriel

Une analyse sensorielle a été réalisée au niveau de laboratoire de biochimie appliquée de l'université de Bejaïa, sur les échantillons de la boisson d'avoine enrichie en chia le panel d'analyse se compose de jury expert, la boisson d'avoine a été servie dans des boites en plastiques fermées et mises dans des boites en papiers et présentées avec un code a un chiffre et exposées dans un ordre équilibré, avec de l'eau dans le but de nettoyer leur palais entre chaque dégustation.

Un questionnaire (annexe) a été remis à chaque dégustateur pour évaluer les caractéristiques organoleptiques : couleur, odeur, sensation en bouche (goût, arôme, acidité, arrière-goût), texture (consistance), des échantillons de la boisson d'avoine formulée.

Les données rassemblées à partir du questionnaire distribué aux panels, ont été traitées en utilisant le logiciel XLSTAT version 2014, qui est un outil complet d'analyse de données et statistiques. Les principales fonctionnalités de ce logiciel, utilisées pour interpréter les résultats comme suite : plan d'expérience, caractérisation des produits, (ACP), (CAH) et préférence MAPPING (PREFMAP).

II.5. Les analyses statistiques

Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. Pour le traitement des denrées, une étude statistique a été réalisée en utilisant une analyse de la variance (ANOVA), un test de LSD de Fisher à l'aide d'un logiciel STAT GRAPHICS plus 5,1. Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité ($p \leq 0,05$).

Chapitre III :
Résultats et discussions

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Résultats des analyses physico-chimique

Les résultats obtenus pour nos quatre formulations de boisson végétales B1, B2, B3 et B4 sont présentés dans cette partie.

B1→ La boisson à l'avoine sans aucun ajout (contrôle)
B2→ La boisson d'avoine avec 0,5g de graines de chia
B3→ La boisson d'avoine avec 1,5g de graines de chia
B4→ La boisson d'avoine avec 3g de graines de chia

III.1.1. Le potentiel hydrogène pH

La **Figure 13** présente la variation du pH des quatre échantillons préparés. L'analyse statistique relève des différences significative $p \leq 0.05$ entre les différentes formulations.

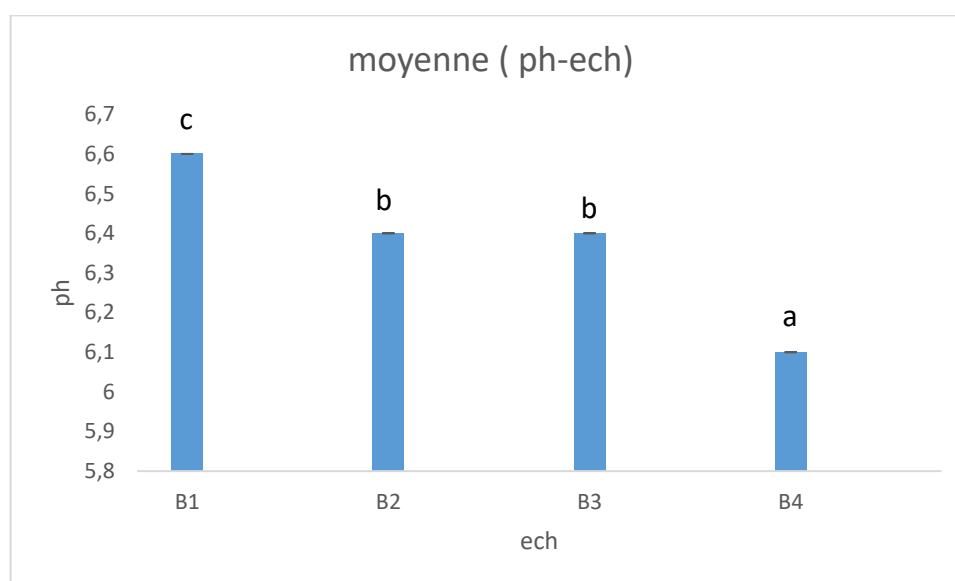


Figure 13: diagramme représentatif du pH des quatre formulations de boisson d'avoine échantillons

L'addition des graines à la boisson végétale entraîne une diminution significative du pH en comparaison à la boisson contrôle (lait d'avoine nature). On note également que la boisson enrichie en la concentration la plus élevée en chia (B4 3%) affiche le pH le plus bas. Ce qui rend la boisson plus acide. Cela est probablement dû aux acides gras dans les graines de chia. Les graines de chia sont des graines oléagineuses reconnues pour leurs richesses en

acides gras principalement en acides α linoléique (ω -3) et (ω -6) linoléique (Muñoz et al., 2013).

III.1.2. La densité

La Figure 14 affiche les valeurs de densité des quatre échantillons préparés. L'analyse statistique des résultats relève une différence significative ($p \leq 0.05$) entre les différentes formulations.

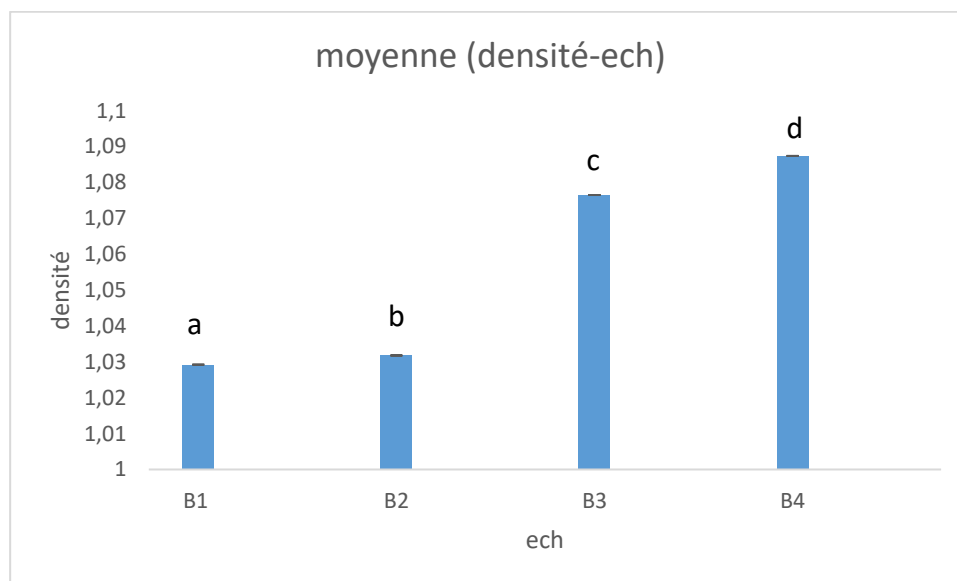


Figure 14: diagramme représentant la densité des quatre échantillons

Nous notons une augmentation de la densité avec l'augmentation du taux d'incorporation des graines de chia. Les graines de chia sont plus denses que le lait d'avoine, ce qui explique l'augmentation de la densité avec l'augmentation du taux d'incorporation l'ensemble. **Hernandez et al., (2016)** ont démontré que l'ajout de 2% de farine de graines de chia au jus d'orange a conduit à une augmentation de la densité du produit élaboré. La densité est calculée en fonction de la masse par unité de volume, l'addition d'élément solide entraîne une augmentation de la masse ce qui entraîne par conséquent à une augmentation de la densité globale.

III.1.3. La viscosité

La **Figure 15** illustre les changements de viscosité observés dans les quatre échantillons préparés. Ces valeurs montrent des différences significatives ($p \leq 0.05$) entre les différentes formulations.

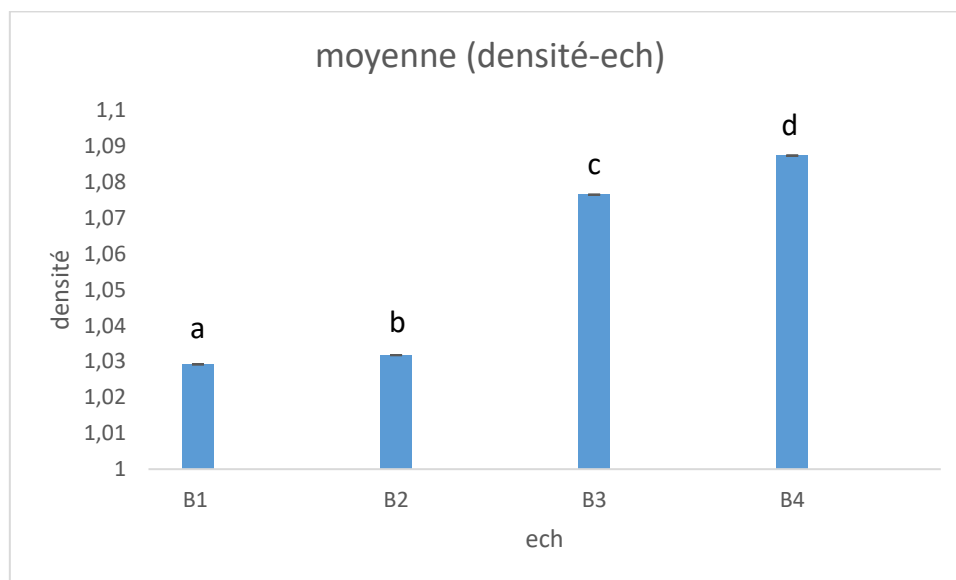


Figure 15: valeurs de la viscosité effectuées sur les quatre échantillons de boisson végétales.

Nos résultats indiquent une augmentation de la viscosité avec l'augmentation du taux d'incorporation des graines de chia.

La boisson enrichie en 3% affiche le taux de viscosité le plus élevé et la plus faible valeur de viscosité est attribué à la boisson contrôle (lait d'avoine nature).

Cette augmentation de la viscosité pourrait être expliquée par le fait que les graines de chia soit riches en mucilage, un polysaccharide qui gonfle en présence d'eau et épaissit les liquides (**Lin Li et al, 2023**). Notre formulation de boisson d'avoine est constituée de près de 80% d'eau.

L'ajout de graines de chia augmente la viscosité, la capacité de rétention d'eau et le gonflement de plusieurs matrices alimentaires dont des laits végétaux (**Coorey R et al, 2014**).

III.1.4. Le Brix

Le taux de Brix est une mesure utilisée pour quantifier la fraction de saccharose contenue dans un liquide. Les valeurs du brix de la boisson d'avoine contrôle et enrichie en différentes concentrations de chia sont représenté dans la **Figure 16**. L'analyse statistique révèle une différence significative entre les quatre échantillons à ($p \leq 0.05$).

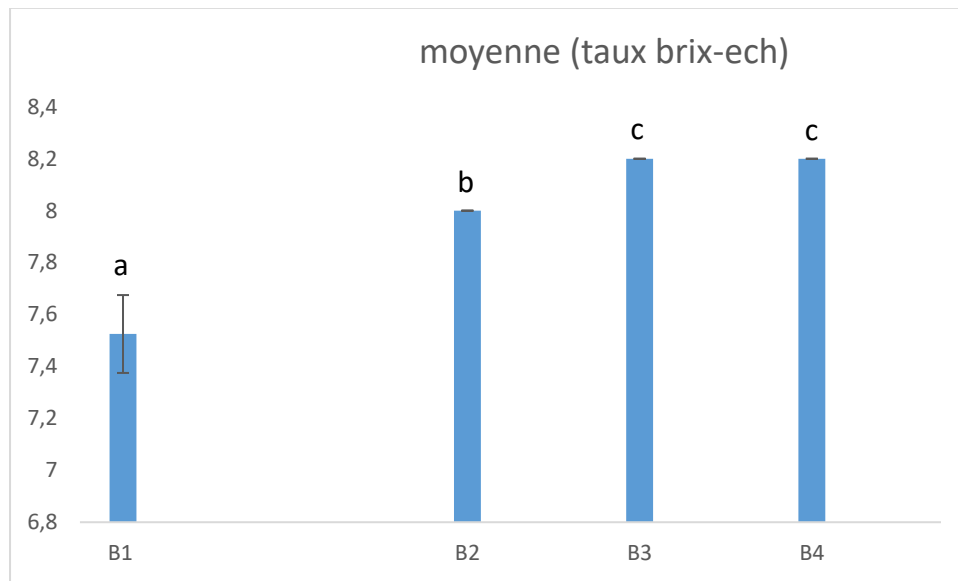


Figure 16: Représentation graphique du degré de brix des quatre échantillons de la boisson

La valeur du Brix de l'échantillon contrôle est de 7,6 degré de brix cette valeur est nettement supérieure à celle rapporté par la littérature qui sont généralement comprise entre 3 à 5 degré de brix pour le lait d'avoine sans sucre. Cette différence pourrait être due au sucre light ajouter lors de la de la préparation qui présente une teneur en saccharose inférieure à celle du sucre de table.

De plus, nous avons observé une légère augmentation du taux de brix lorsque nous avons ajouté des graines de chia, ce qui indique la présence de sucre dans les graines de chia, la teneur totale en glucides des graines de chia varie de 24,6% à 41,5% (Ixtaina et al., 2010 ; Segura et al., 2013).

III.1.5. Les cendres

La Figure 17 présente les résultats ont révélé une différence significative entre la teneur en cendres de l'échantillon B4 ($0,23\% \pm 0,013$) et celle des autres échantillons (B1: $0,13\% \pm 0,013$, B2: $0,14\% \pm 0,014$, B3: $0,15\% \pm 0,015$).

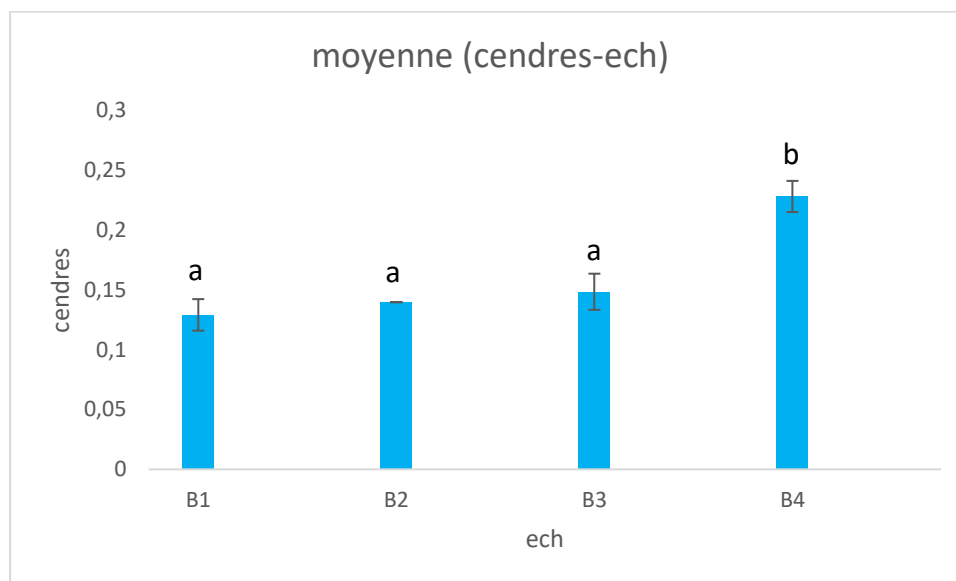


Figure 17: diagramme représentent la teneur en cendres des quatre échantillons

Les cendres font référence aux minéraux présents dans un aliment. Les graines de chia sont riches en minéraux, ce qui explique l'augmentation des cendres dans le lait d'avoine enrichi en graines de chia.

III.1.6. L'extrait sec

La **Figure 18** présente les valeurs des extraits secs pour les quatre échantillons. L'analyse statistique indique qu'il n'y a pas de différence significative entre B1 et B2, cependant, B3 et B4 présentent une différence significative.

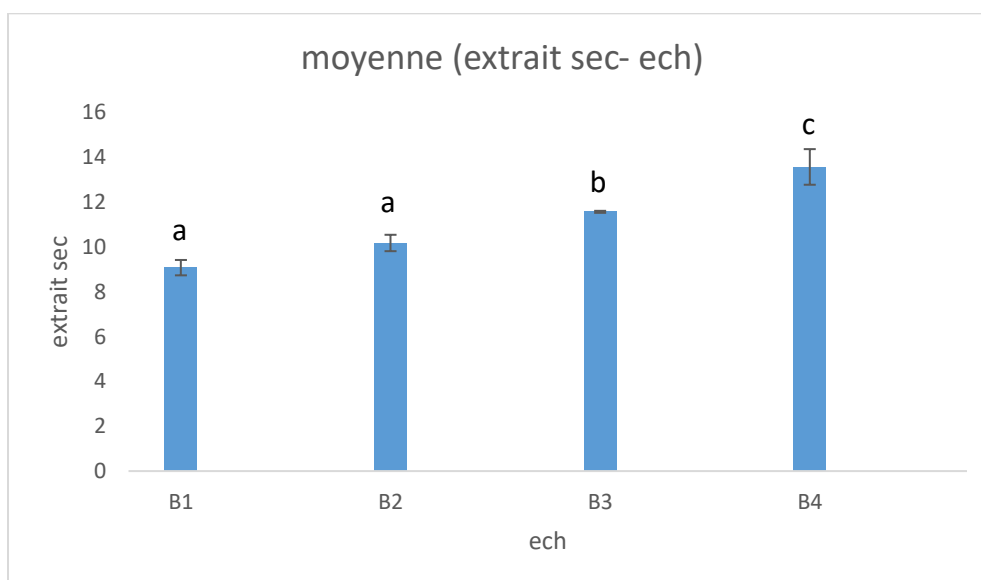


Figure 18: diagramme représentent l'extrait sec des quatre échantillons

Les résultats montrent que l'extrait sec augmente avec la concentration des graines de chia comme le démontrent les valeurs suivantes: B1 (9,07% \pm 0,34), B2 (10,17% \pm 0,36), B3 (11,56% \pm 0,04) et B4 (13,56% \pm 0,79). L'extrait sec correspond à la quantité de matière sèche dans un produit. L'ajout de graines de chia, qui contiennent peu d'eau, augmente la proportion de matière sèche dans le lait d'avoine, d'où une augmentation de l'extrait sec. Cela peut être expliqué également par la richesse des graines de chia en fibres et en matières solides. De nombreuses études confirment que l'addition de graines de chia ou de farine de graines de chia modifie les propriétés physiques et nutritionnelles des aliments et boissons en augmentant l'extrait sec (Coorey R et al., 2014 ; Hernandez et al., 2016)

III.1.7. Dosage des composés phénoliques :

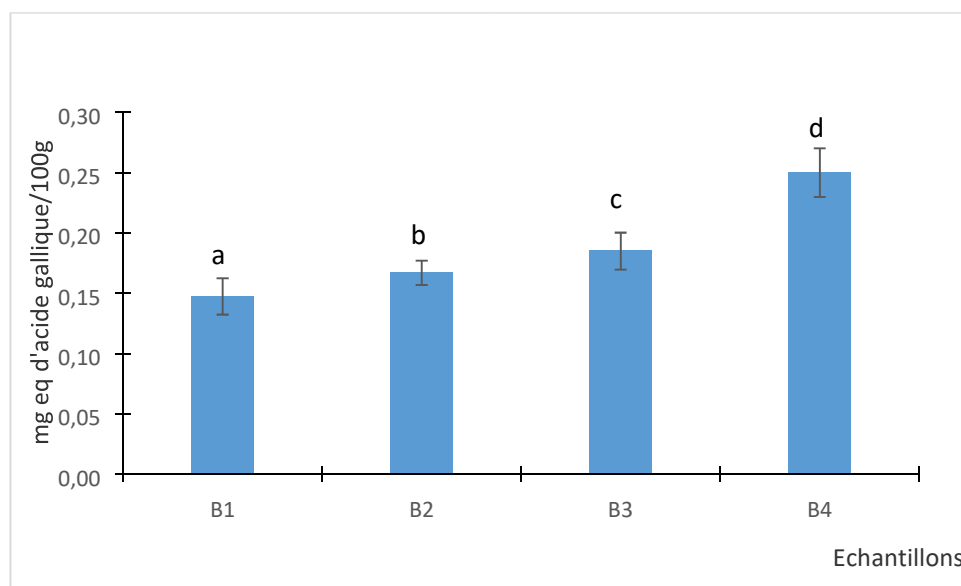


Figure 19: représentation graphique des teneurs en composés phénoliques des différentes formulations élaborées.

Les résultats du dosage des composés phénoliques des différentes formulations de lait d'avoine nature et enrichie en différentes concentration en chia sont représentés dans la **Figure 19**. L'analyse statistique relève des différences significatives $p \leq 0,05$ entre les différentes formulations.

Le lait d'avoine contrôle présente la plus faible concentration en composés phénoliques, et la boisson enrichie avec 3% de chia affiche la teneur la plus élevée. Ce résultat reflète les différents composés phénoliques totaux contenus dans les boissons formulées.

Les graines de chia sont riches en composés phénoliques, notamment des acides phénoliques comme l'acide caféique et l'acide chlorogénique. En augmentant la proportion des graines de chia, on apporte plus de ces composés phénoliques dans le lait d'avoine (Reyes et al., 2007).

Les composés phénoliques totaux du lait contrôle sont probablement dus à la présence de phénol dans l'avoine qui renferme des acides phénoliques et flavonoïdes (Moreto et al., 2021).

➤ Evaluation de l'activité antioxydant

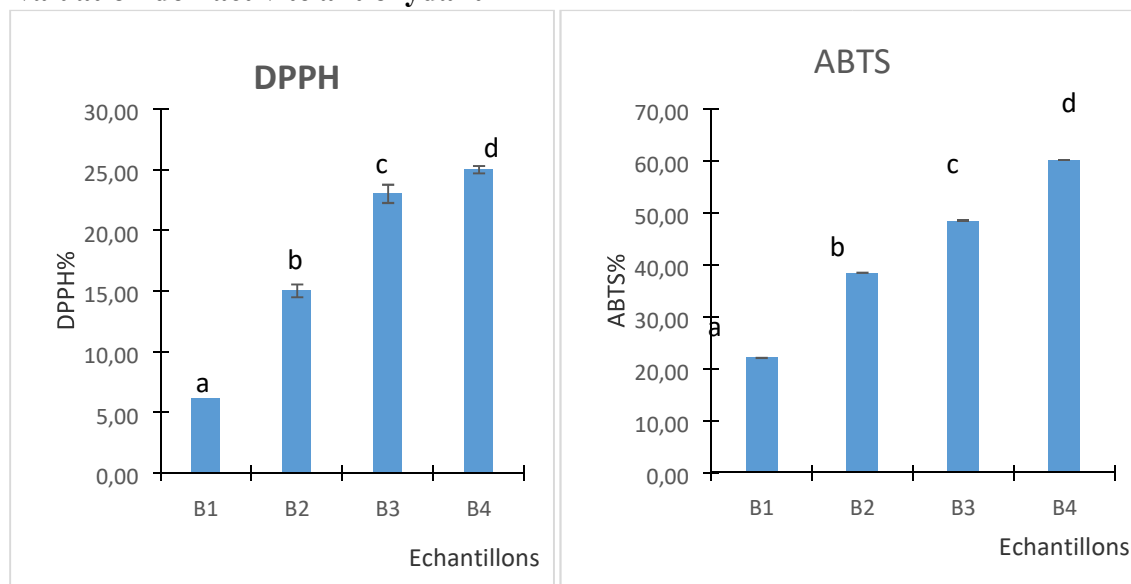


Figure 20: représentation graphique des taux d'inhibition des boissons élaborées contre le radical DPPH et ABTS.

Les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydant par les deux tests d'inhibition DPPH et ABTS sont représentés dans la **Figure 20**. L'analyse statistique des résultats obtenus montre un effet significatif ($p \leq 0.05$) des facteurs mis en jeu dans notre essai.

Les valeurs de l'activité antioxydant du lait d'avoine nature présente des taux d'inhibition inférieur à celle rapporté par **Mortero et al., (2021)** dans l'évaluation de la activité antioxydant du lait d'avoine du commerce.

Les échantillons du lait d'avoine supplémenté en chia affichent les taux les plus élevés. Le taux d'inhibition maximale est attribué à la concentration de 3% de chia et la plus faible activité est attribuée au lait contrôle. La tendance obtenue reflète ce qui a été trouvé par le test du dosage des composés phénoliques totaux avec une augmentation de l'activité avec l'augmentation du taux d'incorporation du chia.

La différence observée entre la capacité antioxydant pour les radicaux DPPH et ABTS Selon **Sah et al. (2014)** pourrait être expliquée par la différence de solubilité et diffusivité de ces radicaux dans le milieu réactionnel.

III.2. Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats obtenus sont d'une importance capitale car ils nous fournissent des informations essentielles concernant la présence ou l'absence de micro-organismes spécifiques dans les échantillons que nous avons étudiés.

Tableau 6: résultats des analyses microbiologiques

| Gérme | Résultats |
|------------------------|-----------|
| Entérobactéries | Absence |
| FTAM | Absence |
| Levures et moisissures | Absence |

Les résultats obtenus indiquent l'absence des germes spécifiquement recherchés dans les échantillons analysés. Cette absence suggère que nos formulations présentent une bonne qualité microbiologique.

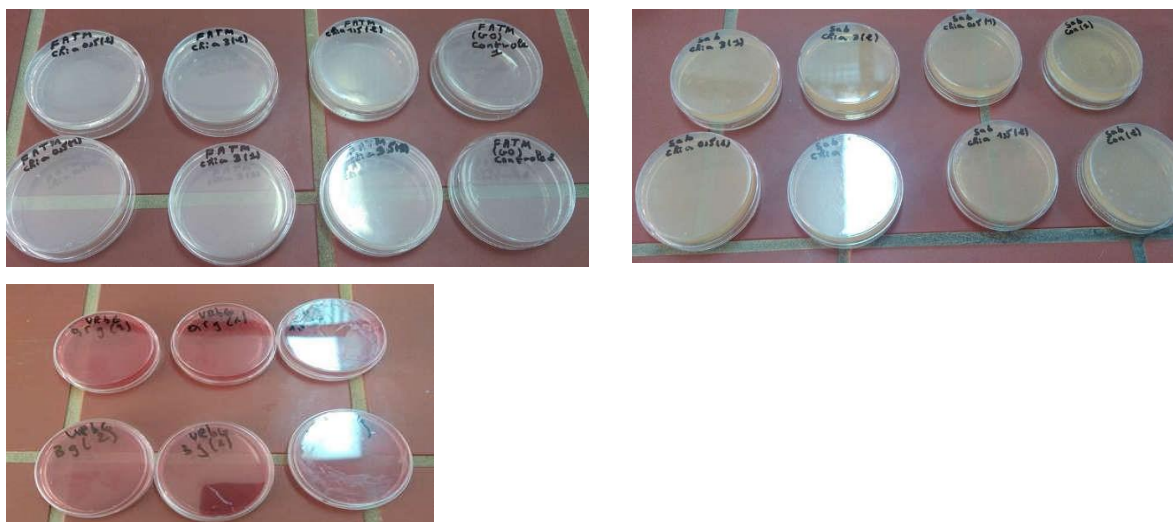


Figure 21 : Résultats du contrôle microbiologique

III.3. Résultats des analyses sensorielles

III.3.1. Caractérisation des produits

Ce test vise à déterminer les qualités sensorielles essentielles des produits telles qu'elles sont perçues par un panel d'experts (Husson et Pagès, 2009).

➤ Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet de présenter les descripteurs (caractéristiques) des produits de manière ordonnée, en commençant par celui qui possède le pouvoir discriminant le plus élevé et en allant jusqu'à celui qui présente le pouvoir discriminant le plus faible. Les résultats obtenus

sont affichés dans la figure ci-dessous. Parmi les descripteurs, la texture en bouche et l'arrière-gout se distinguent comme les plus discriminants, c'est-à-dire qu'ils présentent les différences les plus marquées entre les échantillons. Ensuite, l'odeur et la couleur suivent comme des descripteurs également discriminants, mais dans une moindre mesure. En revanche, la caractéristique la moins discriminante est la saveur attribuée, ce qui indique que cette dernière diffère très peu d'un échantillon à l'autre.

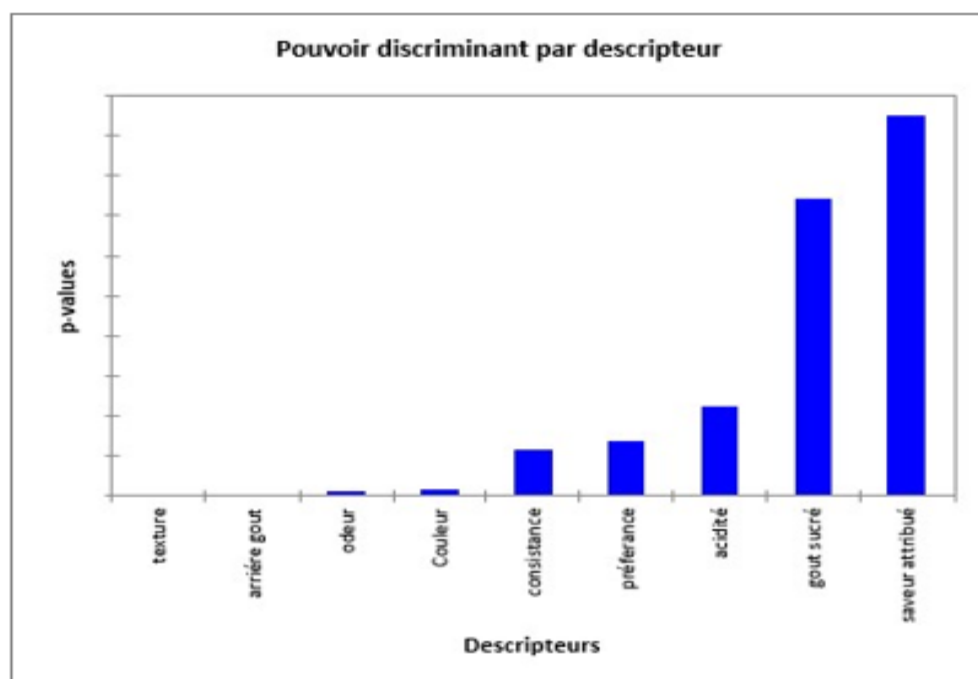


Figure 22 : pouvoir discriminant par descripteur.

► Coefficient des modèles

L'objectif de ce test est d'analyser chaque combinaison de descripteur-produit en fournissant le coefficient, la moyenne estimée, la p-value et un intervalle de confiance sur le coefficient (Husson et Pagès, 2009). Les résultats des coefficients des modèles pour nos échantillons sont présentés dans la figure ci-dessous. Chaque histogramme représente un échantillon. Les caractéristiques avec un coefficient significativement positif (notes supérieures à la moyenne des juges) sont indiquées en bleu, tandis que celles avec un coefficient significativement négatif (notes inférieures à la moyenne des juges) sont indiquées en rouge. Les caractéristiques dont les coefficients ne sont pas significatifs (notes proches de la moyenne) sont représentées en blanc. Dans l'échantillon 100, qui est le contrôle (lait d'avoine), on observe la présence de plusieurs caractéristiques organoleptiques (couleur, odeur, arrière-goût) avec une intensité inférieure à la moyenne des notes attribuées par les juges. Cependant, la texture de cet

échantillon présente une intensité supérieure à la moyenne, ce qui indique que sa texture est plus appréciée. En revanche, l'échantillon 103, supplémenté de 3g de graines de chia, présente une texture moins appréciée, mais il est attribué la meilleure odeur parmi tous les échantillons. L'échantillon 101, enrichi de 0,5g de graines de chia, est considéré comme le moins préféré. Les autres échantillons affichent des caractéristiques organoleptiques d'intensité moyenne.

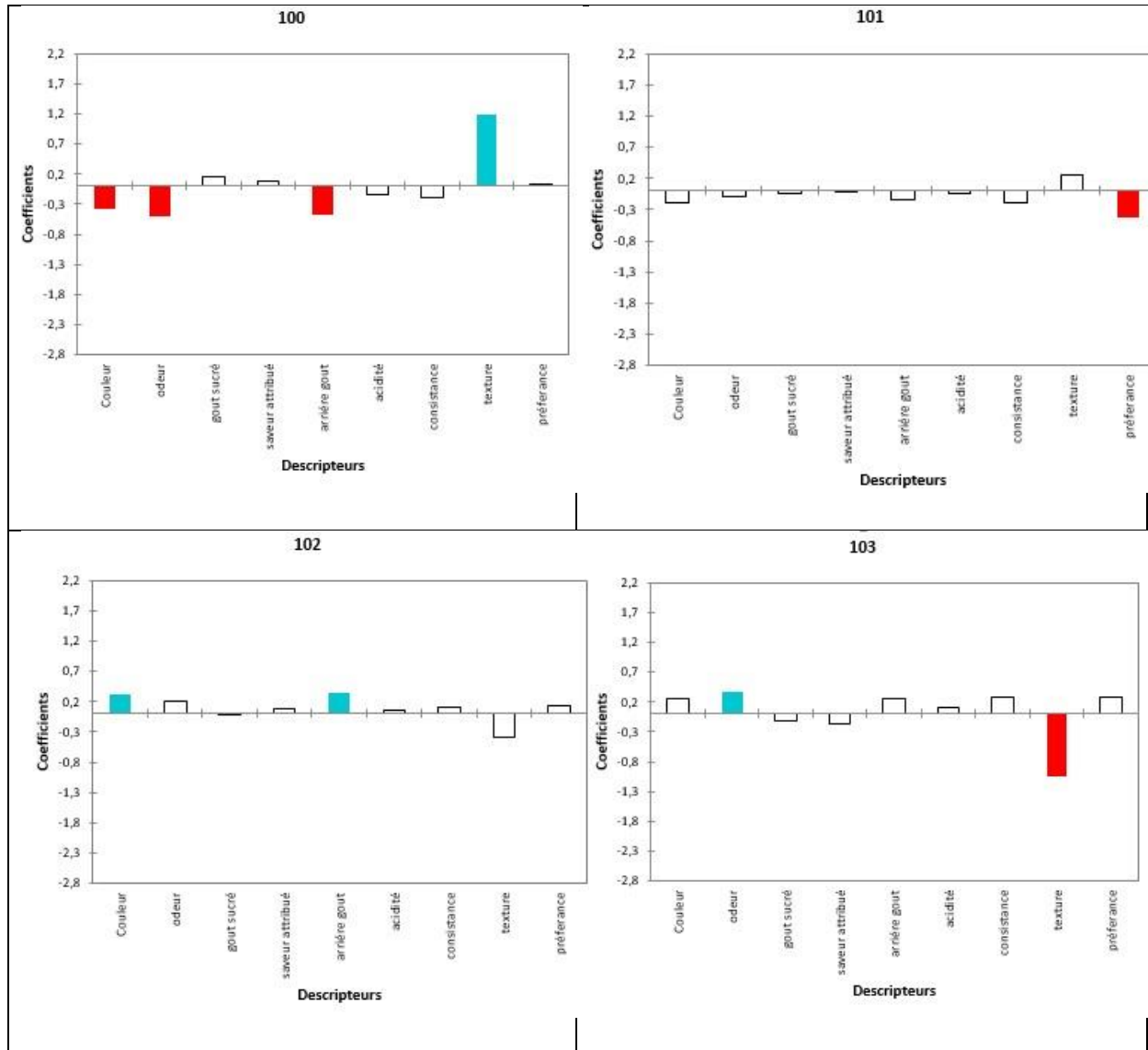


Figure 23: Coefficient des modèles des échantillons. 100: B1,

101: B2, 102: B3, 103: B4

➤ **Moyennes ajustées par produit**

Le **Tableau 7** présente les moyennes ajustées obtenues à partir du modèle pour chaque combinaison de descripteur-produit. Il permet de mettre en évidence les valeurs moyennes lorsqu'on croise les différents produits avec les caractéristiques.

Tableau 7: Moyennes ajuste par produit

| | acidité | odeur | consistance | Couleur | arrière gout | préférence | saveur attribué | gout sucré | texture |
|-----|---------|-------|-------------|---------|-----------------|------------|-----------------|------------|---------|
| 103 | 1,526 | 3,16 | 2,072 | 3,22 | 3,108 | 4,299 | 3,259 | 2,323 | 1,633 |
| 102 | 1,456 | 2,977 | 1,881 | 3,288 | 3,214 | 4,144 | 3,523 | 2,428 | 2,292 |
| 101 | 1,377 | 2,681 | 1,581 | 2,763 | 2,722 | 3,565 | 3,42 | 2,401 | 2,949 |
| 100 | 1,274 | 2,267 | 1,581 | 2,556 | 2,377 | 4,013 | 3,524 | 2,607 | 3,88 |

Les moyennes significativement supérieures à la moyenne globale sont indiquées en bleu, comme la texture de la B1. En revanche, les moyennes significativement inférieures à la moyenne globale sont indiquées en rouge, telles que la couleur, l'arrière-goût et l'odeur de la boisson à l'avoine.

III.3.2. Analyse en composantes principales (ACP) :

L'analyse en composantes principales (ACP) est l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour l'analyse de données multivariées. Elle permet d'explorer des données quantitatives (continues ou discrètes) où les observations (individus, produits) sont décrites par p variables (descripteurs, attributs, mesures) et sont regroupées dans un tableau. L'ACP est largement utilisée dans divers domaines. Elle permet d'étudier et de visualiser les corrélations entre les caractéristiques afin d'identifier des groupes homogènes d'observations ou, au contraire, des observations atypiques. (Sabrina Benallouache, Nabila Aberkane 2021).

La carte ci-dessous illustre les relations de corrélation entre les variables et les facteurs grâce à l'analyse en composantes principales (ACP).

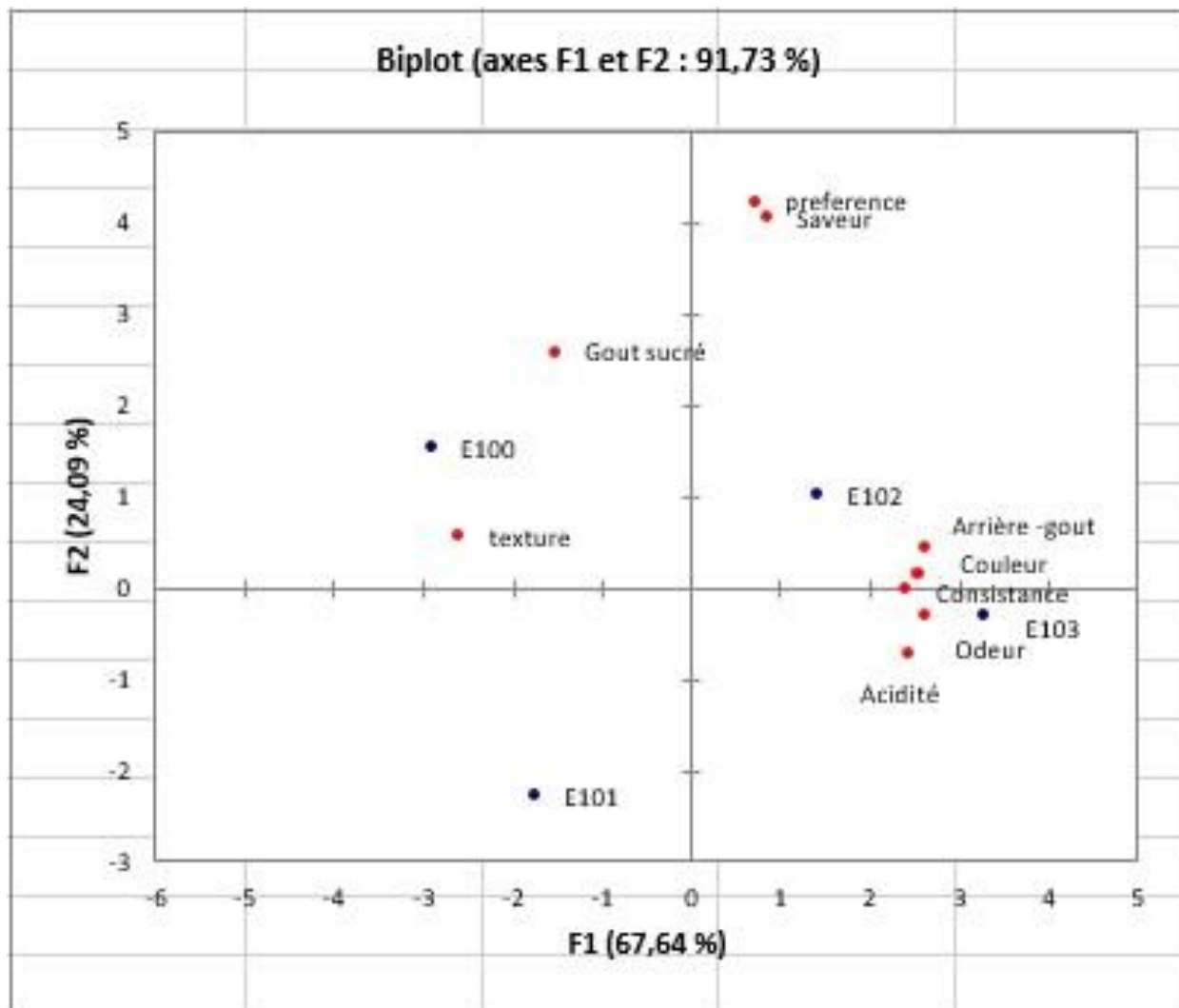


Figure 24: Corrélations entre les variables et les facteurs

Les descripteurs de préférence et de saveur sont étroitement liés et montrent une corrélation positive significative, suggérant ainsi une interdépendance entre eux. Il y a également une superposition des caractéristiques de l'arrière-goût, de la couleur, de la consistance, de l'odeur et de l'acidité. Tandis que le goût sucré et la texture se démarquent par leurs particularités.

III.3.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH) :

La classification ascendante hiérarchique est employée pour créer des regroupements homogènes d'objets (ou classes) successifs, en se basant sur la description de ces objets à l'aide de variables ou d'une matrice décrivant leur similarité ou dissimilarité (Sabrina Benallouache, Nabila Aberkane 2021).

Dans notre situation, nous avons fixé le nombre de classes à 5, et chaque classe de sujets montre une préférence spécifique pour les produits, comme illustré dans la **Figure 25**.

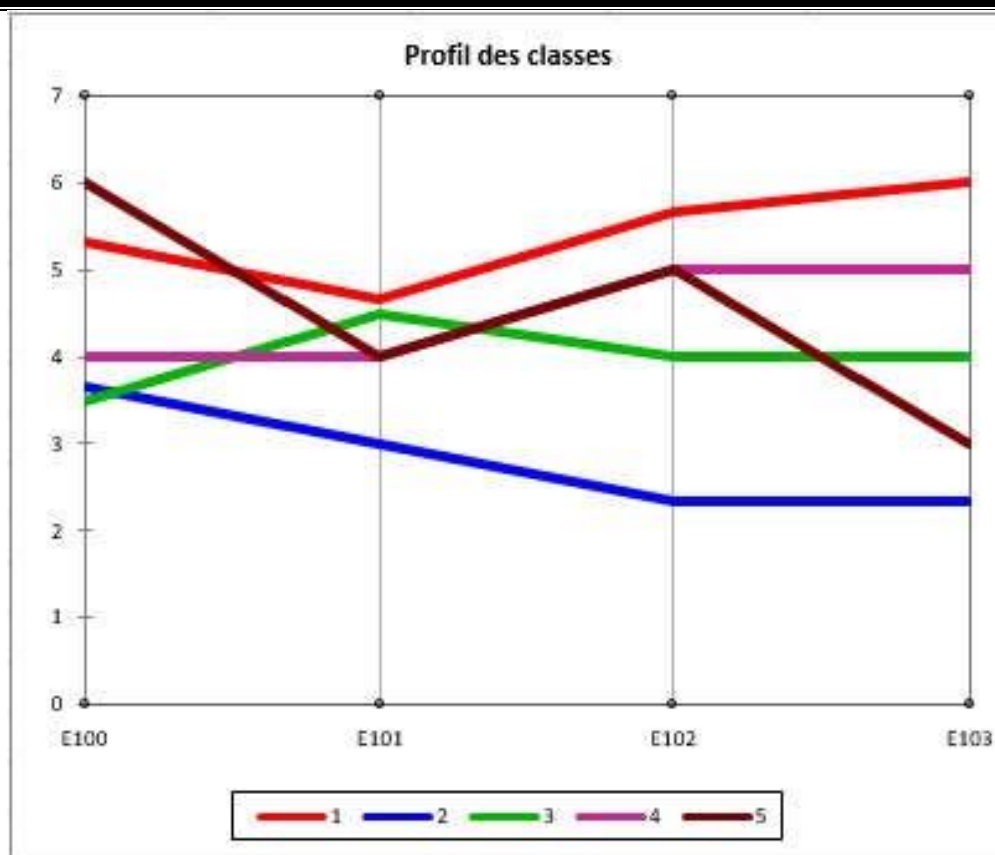


Figure 25: profil des différentes classes.

Dans notre étude, nous avons identifié cinq classes distinctes de préférences pour différentes boissons. La classe 1 manifeste une préférence pour la boisson 103, la classe 2 préfère la boisson 100, la classe 3 montre une préférence pour la boisson 101, tandis que les classes 4 et 5 préfèrent la boisson 102.

III.3.4. Cartographie des préférences (PRFMAP)

La **Figure 26** combine la courbe des niveaux et la carte de préférence, offrant ainsi une représentation visuelle de la corrélation entre les résultats de l'ACP et de la CAH. Elle permet de relier les préférences des différentes classes aux caractéristiques spécifiques des produits.

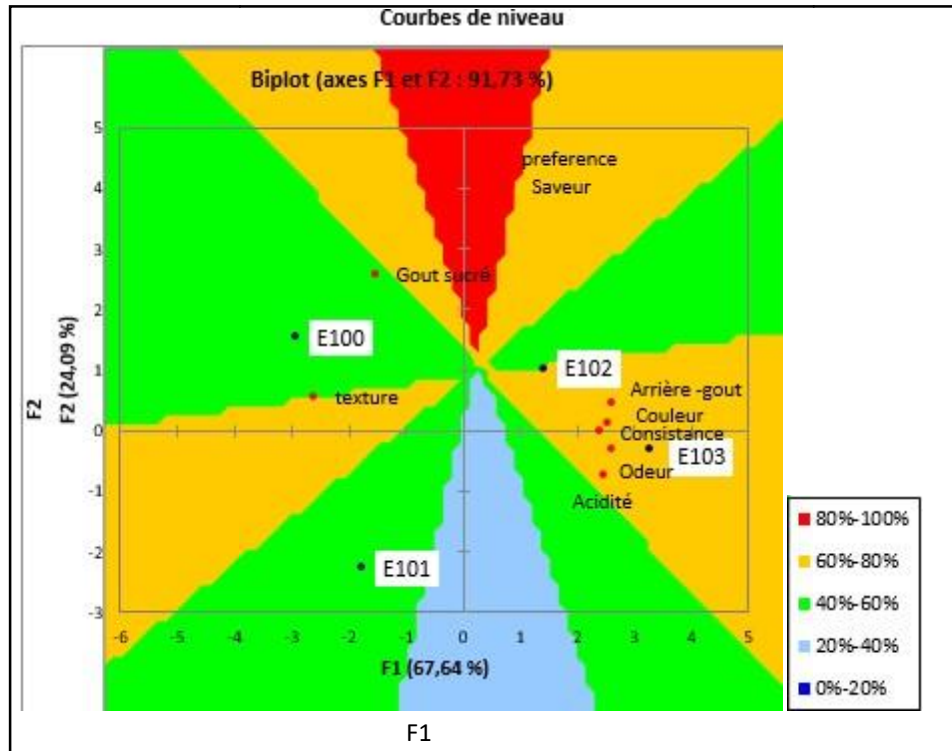


Figure 26: Cartographie des préférences

Les résultats indiquent que les échantillons 102 et 103 sont les plus appréciés, avec une satisfaction de 60% des juges, principalement en raison de leur arrière-goût, consistance, couleur, odeur et acidité. Les échantillons 100 et 101, quant à eux, sont appréciés par 40% des juges en raison de leur goût sucré et de leur texture.

Conclusion

L'objectif de cette étude consiste à élaborer un nouvelle boissons végétale à base d'avoine, enrichi en chia à des taux de (0.5%, 1.5% et 3%). Notre étude a été porté sur l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques des quatre formulations ; le lait d'avoine nature considéré comme contrôle et celui additionné des trois taux de graines de chia. Nous avons également testé la qualité microbiologique ainsi que l'étude des propriétés antioxydants et sensorielles.

Les résultats de la caractérisation physico-chimique ont démontré une diminution significative du pH des boissons enrichies en chia avec une augmentation du taux de brix. Les valeurs de la viscosité et densité des préparations enrichis en graine de chia sont significativement supérieures à la boisson control.

On note une augmentation des composés phénoliques dans la boisson d'avoine avec l'augmentation des taux d'incorporation (0.5, 1.5 et 3%). La même tendance est notée pour l'activité anti radicalaire contre le radical DPPH et ABTS.

L'analyse microbiologique de la boisson formulée est satisfaisante et ne présente aucun danger pour la consommation (absence de levures et moisissures, entérobactéries, et la flore totale mésophiles aérobies).

La cartographie des préférences des différentes boissons à révéler que la boisson d'avoine enrichi en un taux 1.5% de graine de chia est la plus appréciée.

Perspectives :

- Etudier la valeur nutritionnelle de la boisson à base des flocons d'avoine enrichie en chia.
- Réaliser une étude rhéologique sur cette boisson.

Références

B

Berta, Laurent. (2017-2023). Boisson à base d'avoine, nature.

C

Chowdhury, Sanchita. "Review on the Health Benefits of Chia Seeds," 23 pages.

Coorey, R., Tjoe, A., Jayasena, V. (2014). Gelling properties of chia seed and flour. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 901-907. doi: 10.1007/s13197-012-0699-5.

D

Doray, Claire. "Lait d'avoine : les bienfaits de cette boisson végétale." Publié le 21 mars 2023 à 11h54. Vérifié le 21/03/2023 par PasseportSanté.

E

Evelyne Ma (CuisineSante.com). "Tableau comparatif boissons végétales : quelle boisson végétale choisir." Publié le 1er mars 2018.

F

Flander, L., Salmenkallio-Marttila, M., Suortti, T., & Autio, K. (2007). "Talking oatmilk with DSM: Today, fortification is an opportunity for differentiation; tomorrow it will become an imperative." <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2020/10/01/Talking-oatmilk-with-DSM-Today-fortification-is-an-opportunity-for-differentiation-tomorrow-it-will-become-an-imperative#/> (2020). Consulté le 8 juillet 2021.

G

Gerber, A., & Jornod, P. (2008). Chia, découvrez la graine de la force riche en oméga 3. *Filière Nutrition et Diététique*, Haute École de Santé Genève, Juin 2008, 4 pages.

Grand View Research. "Oat Milk Market Size, Share & Trends Analysis Report By Source (Organic, Conventional), By Product (Plain, Flavored), By Packaging (Cartons, Bottle), By Distribution Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2020 – 2028." Report ID: GVR-4-68038-776-6. Nombre de Pages : 150. Format : Électronique (PDF). Plage Historique : 2017 - 2019. Industrie : Biens de consommation

H

Hernández-Alcántara, A., et al. "Physical, chemical and sensory properties of orange juice enriched with chia flour (*Salvia hispanica* L.)." *LWT*, 2016;73:108-115. doi: 10.1016/j.lwt.2016.06.009.

Husson, F., & Pagès, J. (2009). "Analyse des Correspondances Multiples. Analyse de Données Avec R." Rennes, France, 127-167.

I

Ixtaina, Vanesa Y., Andrea Vega, Susana M. Nolasco, Mabel C. Tomás, Miquel Gimeno, Eduardo Bárzana, et Alberto Tecante. (2010). "Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Oil from Mexican Chia Seed (*Salvia Hispanica* L.): Characterization and Process Optimization."

The Journal of Supercritical Fluids, 55(1), 192-199.
<https://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.06.003>.

J

Jochems, L., et al. (2017). "Le chia : Une nouvelle culture pour la production biologique au Québec. (version corrigée 14-02-2018) - BILAN DES TRAVAUX DE RECHERCHE 2016-2017." Journées Horticoles et Grandes Cultures de Saint-Rémi, 17 pages.

K

Kehinde, B. A., Panghal, A., Garg, M. K., Sharma, P., Chhikara, N. (2020). Chapter Four - Vegetable Milk as Probiotic and Prebiotic Foods. In *Advances in Food and Nutrition Research*, Volume 94, Pages 115-160.

KIHAL, Fatima Zohra, & MOKHTARI, Mariem. (2021). Valorisation de l'espèce *Salvia hispanica* L (Chia) : Étude Théorique.

L

"Lait d'avoine : Bienfaits d'une Boisson Végétale qui a Tout pour Plaire," *La Fourche*, 12 avril 2023.

Lin Li et al. (2023). "Rheological Properties of Chia Seed Gum Extracted by High-Speed Shearing and Its Comparison with Commercial Polysaccharides." *Food Hydrocolloids*, Volume 144, November 2023, 108936.

M

Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). *Les Composés Phénoliques des Végétaux: Un Exemple de Métabolites Secondaires d'Importance Économique*. Édition Techniques et Documentation Lavoisier.

Moretto, Laura et al. (2021). Comparative analysis of the antioxidant capacity and lipid and protein oxidation of soy and oats beverages. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3:1. <https://doi.org/10.1186/s43014-020-00046-6>

Motyka, Sara (2023). "Health-Promoting Approaches of the Use of Chia Seeds." *Journal of Functional Foods*, Volume 103, April 2023, 105480.

Muñoz, Loreto A., Angel Cobos, Olga Diaz, et José Miguel Aguilera. (2013). "Chia Seed (*Salvia Hispanica*): An Ancient Grain and a New Functional Food." *Food Reviews International*, 29(4), 394-408. <https://doi.org/10.1080/87559129.2013.818014>.

O

OENO 58-2000, Résolution OENO 58/2000, "Vinaigres de Vin - Détermination de la Teneur en Cendres", 2 pages.

OIV-MA-BS-09: R2009, "Méthode OIV-MA-BS-09, Détermination de l'Extrait Sec Total par Gravimétrie, Méthode de Type II", Recueil des Méthodes Internationales d'Analyse des Boissons Spiritueuses d'Origine Vitivinicole, Détermination de l'Extrait Sec Total par Gravimétrie, 5 pages.

Outi Elina Mäkinen et al. (2016). "Aliments pour Besoins Diététiques Spéciaux : Substituants de Lait Végétaux Non Laitiers et Produits de Type Lait Fermenté." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2016.

R

Raguindin, P.F., Itodo, O.A., Stoyanov, J., Dejanovic, G.M., Gamba, M., Asllanaj, E., et al. (2021). "A Systematic Review of Phytochemicals in Oat and Buckwheat." *Food Chemistry*, 338, Article 127982. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127982>.

Rahmani, Lamia (2021). "Propriétés Thérapeutiques des Extraits de *Salvia Hispanica*," 54 pages.

Reyes-Caudillo, E., et al. (2008). "Dietary Fiber Content and Antioxidant Activity of Phenolic Compounds Present in Mexican Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds." *Food Chemistry*, 107(2), 656-663. doi:10.1016/j.foodchem.2007.08.063.

S

Sabrina Benallouache, Nabila Aberkane (2021). Analyse Physico-Chimiques, Microbiologiques et Sensorielles d'une Boisson Végétale à Base d'Amande Enrichie au Sirop de Datte.

Sah, T., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O. (2014). "Effet des Probiotiques sur les Activités Antioxydantes et Antimutagènes de l'Extrait Peptidique Brut du Yaourt." *Chimie Alimentaire*, 156-264.

Segura Campos, Maira Rubi, Fanny Peralta González, Luis Chel Guerrero, et David Betancur Ancona (2013). "Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides of Chia (*Salvia Hispanica*) Produced by Enzymatic Hydrolysis." *International Journal of Food Science*, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/158482>.

W

Wang, Xin, Aiqian Ye, Anant Dave, Harjinder Singh (2022). "Structural Changes in Oat Milk and an Oat Milk–Bovine Skim Milk Blend During Dynamic In Vitro Gastric Digestion." Riddet Institute, Massey University, Private Bag 11 222, Palmerston North, 4442, New Zealand.

Watson, E. (2020). "Talking Oatmilk with DSM: Today, Fortification is an Opportunity for Differentiation; Tomorrow, it will become an Imperative." *FoodNavigator-USA*. URL : <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2020/10/01/Talking-oatmilk-with-DSM-Todayfortification-is-an-opportunity-for-differentiation-tomorrow-it-will-become-animperative#/> (Consulté le 8 juillet 2021).

Résumé

Cette étude porte sur l'élaboration d'une boisson végétale à base de flocon d'avoine enrichi en trois taux de chia. Ainsi que l'étude des principales caractéristiques physico-chimiques avec l'évaluation de la qualité microbiologique ainsi que l'étude des propriétés antioxydants et sensorielles. La boisson végétale est préparée par malaxage de 100g de flocon d'avoine pour 1L d'eau distillée. Quatre formulations ont été élaboré la boisson contrôle sans aucun ajout et 3 formulation additionné de graine de chia à des taux (0.5%, 1.5% et 3%). Les résultats de la caractérisation physico-chimique ont démontré une diminution significative du pH. Une augmentation significative de la densité et de la viscosité avec l'augmentation du taux l'incorporation des graines de chia. Les échantillons supplémentés présentent une activité antioxydant nettement supérieur à la boisson contrôle. L'analyse microbiologique des boissons formulées est satisfaisante. L'analyse sensorielle à révéler une préférence des juges pour la boissons enrichi en 1,5% de graine de chia.

Mots clés : boisson végétale, flocon d'avoine, chia, physico-chimiques, antioxydants, sensorielles, analyse microbiologique

Abstract

This study concerns the development of a vegetable drink based on oat flakes enriched with three levels of chia. The main physico-chemical characteristics were studied, along with microbiological quality, antioxidant and sensory properties. The vegetable drink is prepared by blending 100g of oat flakes with 1L of distilled water. Four formulations were developed: a control drink with no added ingredients, and 3 formulations with chia seeds added at varying rates (0.5%, 1.5% and 3%). Physico-chemical characterization results showed a significant decrease in pH. A significant increase in density and viscosity with increasing chia seed incorporation rates. The supplemented samples showed significantly higher antioxidant activity than the control beverage. Microbiological analysis of the formulated beverages was satisfactory. Sensory analysis revealed a preference among judges for the beverage enriched with 1.5% chia seeds.

Keywords: vegetable drink, oat flakes, chia, physico-chemical, antioxidants, sensory, microbiological analysis

Annexes

2.2. Preparation of oat milk and oat milk–bovine skim milk blend

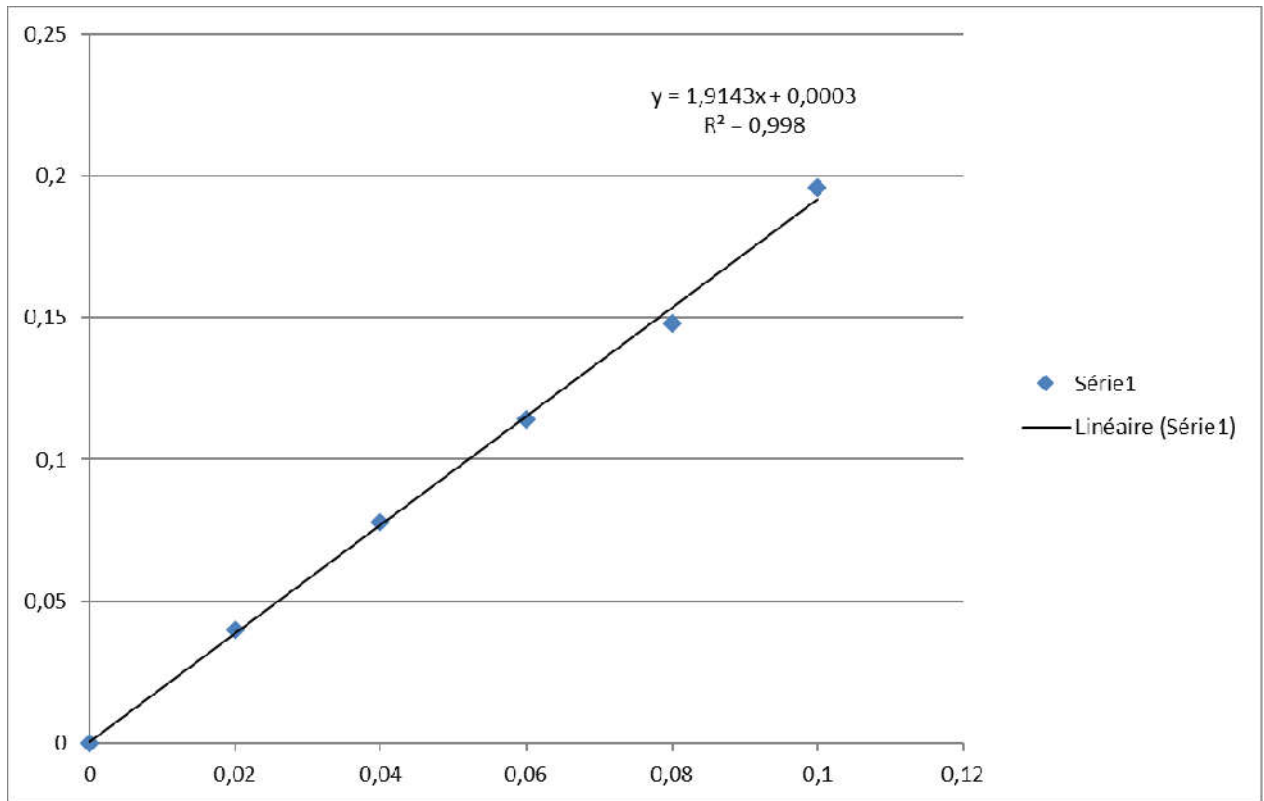
The protein contents of the oat flour and the bovine skim milk were determined using the Kjeldahl method according to [AOAC International \(2006\)](#) with total nitrogen conversion factors of 5.83 for oat protein ([Maclean et al., 2003](#)) and 6.38 for milk protein ([AOAC International, 2006](#)). The protein contents were 12.8% (w/w, as-is basis) for oat flour and 3.84% (w/v) for bovine skim milk. The oat milk was prepared according to the methods described by [Deswal, Deora, and Mishra \(2014b\)](#) and [Lindahl, Ahlden, Oste, and Sjöholm \(1997\)](#) with some modifications. Briefly, 500 g of oat flour was soaked and premixed with 1250 g of water using an overhead mixer for 30 min at room temperature. The mixture was then heated at 65 °C for 30 min in a water bath, 1.5 mL of α -amylase was added, and the slurry was incubated at 65 °C for 1 h with continuous agitation. The degradation of starch was confirmed with iodine–KI solution by observing that the color of the KI solution remained yellowish, indicating that the amylose had been eliminated ([Laine et al., 2011](#)). The slurry was then filtered through a 100- μ m mesh bag to remove any residual oat particles. The filtrate was heated at 100 °C for 10 min to inactivate the α -amylase. Finally, the slurry was cooled to room temperature and the suspension was homogenized at 30/5 MPa using a two-stage valve homogenizer (APV 2000, Copenhagen, Denmark). The resulting oat preparation was termed “oat milk”.

An oat milk–bovine skim milk blend was prepared by mixing 50% of oat slurry and 50% of bovine skim milk on a volume basis. Oat slurry was prepared using the same procedure as described above for the enzymatic incubation, filtration, and heating process. After heating and cooling, the oat slurry and the bovine skim milk were mixed and homogenized at 30/5 MPa using a two-stage valve homogenizer (APV

2000, Copenhagen, Denmark). The resulting mixture was termed “oat milk–bovine skim milk blend”.

To prevent undesirable microbial growth, 0.02% (w/v) sodium azide was added to the oat milk and oat milk–bovine skim milk blend samples. All samples were stored at 4 °C for a maximum of 4 days and any unused material was discarded. Water was added to adjust the final protein content to 3% (w/v) prior to the digestion study. A 200 mL oat milk–bovine skim milk blend sample with 3% (w/v) protein content contained ~ 0.52 g of nitrogen from oat protein and ~0.46 g of nitrogen from milk protein.

Annexe 2 : Courbe d'acide gallique



Annexe 3 : Questionnaire d'analyse sensorielle d'une boisson végétale :

Nom :

prénom :

Age :

Masculin / féminin

Date :..... /...../...

Heure :.....h.....min

Dans le cadre d'une analyse sensorielle d'une boisson végétale à base de flocons d'avoine. Quatre échantillons codée C100, C101, C102, C103 vous sont présentés, il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques et attribuer une appréciation selon les codes donnés :

1. couleur :

- 1-Blanc pur
- 2-Blanc neige
- 3-Blanc beige
- 4-Blanc rosé
- 5-Blanc-jaune

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |

2. Odeur :

- 1-Absente
- 2-Faible
- 3-Moyen
- 4-Forte
- 5-Très forte

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |

3. Gout :

➤ **Gout sucré**

- 1-Pas du tout sucré
- 2 -Faiblement sucré
- 3-Sucré
- 4-Fortement sucré
- 5-Très fortement sucré

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |

➤ **Saveur attribuée :**

- 1-Aucune saveur
- 2- Oléagineux
- 3-Fruit
- 4- Céréales
- 5-Non identifiée

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |

➤ **Arrière –gout :**

- 1-Absent
- 2-faibles
- 3-Moyen
- 4-Fort
- 5-Très fort

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |

4. Acidité :

- 1-Absence d'acidité
- 2 -Faiblement acide
- 3-Acide
- 4-Fortement acide
- 5-Très fortement acide

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |

5. Consistance :

- 1 -Liquide
- 2-très faiblement onctueux
- 3-Faiblement onctueux
- 4-moyennement onctueux
- 5-très onctueux

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |

6.Texture

- 1-Fortement granuleuse
- 2-Granuleuse
- 3-Faiblement granuleuse
- 4- Lisse
- 5- Fortement lisse

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |

7. Préférence :

Attribuer une note de 1 à 7 à chaque échantillon selon votre préférence, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 7 au plus préféré. Comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

1. Extrêmement désagréable
2. Très désagréable
3. Désagréable
4. Assez désagréable
5. Agréable
6. Très agréable
7. Extrêmement agréable

| C100 | C101 | C102 | C103 |
|------|------|------|------|
| | | | |