

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département De Biologie



MÉMOIRE

Présenté par

**Merakha Rachida
Machou Ikram**

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En *NUTITION ET PATHOLOGIE*

Thème

Contribution à l'évaluation de l'activité
antioxydante des graines de Chia *Salvia hispanica*

Soutenu le 29/06/2021, devant le jury composé de:

| | | |
|------------|--------------------------|-------------------------------|
| Examineur1 | Mme Chaouche-Haddochi. F | MCA à l'Université de Tlemcen |
| Examineur2 | Mme Seladji-Bekkara. M | MCB à l'Université d'Oran |
| Encadreur | Mme Dib-Benammar H | MCB à l'Université de Tlemcen |

Année universitaire 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
بَدَأَ خَلْقَ الْإِنسَانِ
مِنْ طِينٍ

Remerciements

Au nom de Dieu le Clément et Miséricordieux, le grand merci lui revient, pour l'aide et la volonté qu'il nous a donné pour surmonter tous les obstacles durant nos années d'études et de nous avoir éclairé notre chemin afin de réaliser ce modeste travail.

*Nos profonds remerciements vont à Mme **DIB BENAMMAR Hanane** maître de conférences classe B au Département de Biologie de l'université de Tlemcen « Laboratoire des Produits Naturels », pour nous avoir encadrés pendant la réalisation de ce mémoire de Master. Nous la remercions pour son soutien, sa confiance, ses enseignements, sa passion pour la recherche ainsi que toutes les opportunités qu'elle nous a offertes afin d'accomplir ce projet.*

*Nos sincères remerciements vont également à Mme **CHAOUCHE-HADDOCHI. Farah** maître de conférences classe A au Département de Biologie de l'université de Tlemcen « Laboratoire des Produits Naturels », de nous avoir fait l'honneur d'être le président de jury de notre soutenance de mémoire de master en dépit de son précieux temps. Veuillez trouver ici le témoignage de notre profonde gratitude.*

*Nous tenons fortement à remercier Mme **SELADJI-BEKKARA MERYEM** MCB à l'université d'ORAN au département de Biologie « Laboratoire des Produits Naturels », pour le temps qu'elle a consacré afin d'examiner notre travail. Veuillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.*

Enfin nous remercions chaleureusement tous ceux, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de notre travail.

Dédicace

Je rends grâce à **DIEU** de m'avoir donné le courage et la volonté ainsi que la conscience pour venir à terme de mes études.

Je dédie ce modeste travail:

A mes chers parents ma mère « **Rachida** » et mon père « **Djeloul** »

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement.

A mon chère mari **Abd El Wahab** pour ses encouragements permanents, et son soutien moral

A mon frère **Amine** et mes sœurs **Hanane** et **Aya**.

A toute la famille « **MAACHOU** », « **BELHADEF** » et « **SAID** ».

A ma très chère binôme et copine Mlle « **Merakha Rachida** »

A mes chères amies **Laila** et **Zahia**

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux qui j'aime.

A tous les enseignants de la promotion RST « Master 2 ».

Je dédie ce travail.

IKRAM

Dédicace

Je rends grâce à **DIEU** de m'avoir donné le courage et la volonté ainsi que la conscience pour venir à terme de mes études.

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère **Zoulikha** et mon père **Ahmed**

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement

Mes sœurs **Imane** et **Aya**

Remercie la famille « **Merakha** » et « **Ghardaiene** »

Mes amis **Sihem**, **Rahima**, **Dounia** et **Mounia**

Mon chère ami **Fligha Mohamed Amine**

A mon binôme **Ikram** avec qui j'ai eu le plaisir d'élaborer ce travail et à qui je souhaite beaucoup de succès

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux qui j'aime.

Rachida

Résumé

Au cours des dernières années sont arrivés sur le marché de plusieurs pays des aliments associés à la notion de bénéfiques pour la santé souvent désignés par aliment fonctionnel. Ces aliments font partie de l'alimentation quotidienne, procurent des bienfaits physiologiques et jouent un rôle important dans la promotion de la santé et la réduction de diverses maladies grâce à leurs phytonutriments et nutriments de base. Les graines de Chia (*salvia hispanica* L.) de la famille des lamiacées sont connues par leurs propriétés nutritionnelles et leur richesse en métabolites primaires. Elles apparaissent comme une source importante de fibres alimentaires (18-30%), de protéines (15-25%) de lipides (30-33%) et de minéraux (4-5%). De part, leur composition, les graines de Chia est une plante d'intérêt nutritionnel et médical pour sa richesse en métabolites secondaires. En effet, différentes études ont rapporté des teneurs en polyphénols totaux comprises entre 6.41 et 8.8mgGAE /g MS. L'évaluation *in vitro* du pouvoir antioxydant dans les 3 articles par deux techniques colorimétriques DPPH et FRAP a révélé des IC_{50} comparables, qui démontre indéniablement la grande capacité antioxydante de ces graines.

Mots clés : *Salvia Hispanica* L., graines de Chia, composés phénoliques, activité antioxydante, activité antimicrobiennes

Abstract

Foods associated with the concept of health benefits often referred to as functional food have entered the market in several countries in recent years. These foods are part of the daily diet, provide physiological benefits, and play an important role in promoting health and reducing various diseases through their basic phytonutrients and nutrients. Chia seeds (*salvia hispanica* L.) from the lamiaceae family are known for their nutritional properties and their richness in primary metabolites. They appear as an important source of dietary fiber (18-30%), protein (15-25%) lipids (30-33%) and minerals (4-5%). Due to their composition, Chia seeds are a plant of nutritional and medical interest for its richness in secondary metabolites. Indeed, various studies have reported total polyphenol contents of between 6.41 and 8.8 mg GAE / g DM. The in vitro evaluation of the antioxidant power in the 3 articles by two colorimetric techniques DPPH and FRAP revealed comparable IC50s, which undeniably demonstrates the high antioxidant capacity of these seeds.

Key words: *Salvia Hispanica* L, Chia seeds, phenolic compounds, antioxidant activity, antimicrobial activity

دخلت الاطعمة المرتبطة بمفهوم الفوائد الصحية التي يشار اليها غالبا بالاغذية الوظيفية السوق في العديد من البلدان في السنوات الاخيرة .
تعتبر هذه الاطعمة جزءا من النظام الغذائي اليومي, و توفر فوائد فيسيولوجية و تلعب دورا مهما في تعزيز الصحة و تقليل الامراض المختلفة بفضل المغذيات النباتية الاساسية .
تشتهر بذور الشيا (*Salvia Hispanica L.*) من عائلة Lamiacée بخصائصها الغذائية و ثرائها في المستقلبات الاولية تتغذى كمصدر مهم للالياف (18-30%) بروتين (15-25%) دهون (30-33%) و معادن (4-5%) .
من ناحية, فان تكوين دور الشيا هو نبات ذو فائدة غداشية و طبية لثرائها في المستقلبات الثانوية . في الواقع ابلغت دراسات مختلفة عن اجمالي محتويات البوليفينول بين 6.41 و 8.8 ملغ / جم .
اظهر التقييم في المختبر لقوة مضادات الاكسدة في المقالات الثلاثة بواسطة تقنيتين قياس الالوان DPPH و FRAP ان IC50 مشابه, و الذي يوضح بوضوح قدرة مضادات الاكسدة لهذه البذور.

الكلمات المفتاحية:

سالفيا هيسبانيكالا, بذور الشيا, مركبات البوليفينول, النشاط المضاد للاكسدة, النشاط المضاد للميكروب

Sommaire

Résumé

Liste des photos

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

Partie I: Synthèse Bibliographique

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Les aliments fonctionnels. | 05 |
| 1. | Importance des aliments fonctionnels. | 06 |
| 2. | Source des aliments fonctionnels. | 06 |
| II. | La plante sélectionnée. | 07 |
| 1. | Présentation de la plante étudiée Chia (<i>Salvia Hispanica</i> L.). | 08 |
| 2. | Classification. | 09 |
| 3. | Description botanique et systématique de la plante. | 09 |
| 4. | Compositions des graines de Chia. | 11 |
| 4.1. | Les métabolites primaires. | 11 |
| 4.1.1 | Les lipides. | 12 |
| 4.1.2 | Les protéines. | 12 |

| | |
|--|----|
| 4.1.3 les glucides. | 13 |
| 4.1.4 les vitamines et les minéraux. | 13 |
| 4.1.5 les fibres. | 14 |
| III. Les intérêts et l'utilisation des graines de Chia (<i>Salvia Hispanica</i> L.) | 15 |
| IV. Les propriétés thérapeutiques des graines de Chia. | 17 |
| 1. Propriétés antihypercholestérolimiantes. | 17 |
| 2. Propriétés antidiabétiques. | 17 |
| 3. Propriétés anticancéreuses | 17 |
| 4. Propriétés anti-inflammatoires | 17 |
| 5. Améliorer la digestion. | 17 |
| V. Les métabolites secondaires et activités biologiques des graines de Chia. | 18 |
| 1. Les métabolites secondaires. | 18 |
| 1.1 Les composés phénoliques. | 19 |
| 1.1.1 Les acides phénoliques | 19 |
| 1.1.2 Les flavonoïdes. | 19 |
| 1.1.3 Les tanins | 22 |
| 1.1.3.1 Les tanins hydrolysables. | 22 |
| 1.1.3.2 Les tanins condensés. | 22 |
| 1.2 les alcaloïdes | 23 |
| 2. Activités biologiques des graines de Chia. | 24 |
| 2.1 Activité antioxydante. | 24 |

Partie II: Analyses des articles

1. Article 01 27

- Objectif de l'étude 27
- Matériels et méthodes. 27
- Résultats. 27
- Discussion. 30

2. Article 02 33

- Objectif de l'étude 33
- Matériels et méthodes. 33
- Résultats. 34
- Discussion. 37

3. Article 03 39

- Objectif de l'étude 39
- Matériels et méthodes. 39
- Résultats. 40
- Discussion. 41

Discussion générale.43

Conclusion47

Références Bibliographiques. 49

Liste des photos

Photo 01: *Salvia Hispanica* L.08

Photo 02: Les feuilles de *Salvia Hispanica* L.10

Photo 03: Les fleurs de *Salvia Hispanica* L.10

Photo 04: Différentes couleurs de Chia.10

Photo 05: Produits alimentaires a base de Chia.10

Photo 06: produits cosmétiques a base de Chia.10

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 01: Une peinture muralaztèquerespectivement la récolte et le transport des graines de Chia | 09 |
| Figure 02: Teneurs en acide gras de l'huile de Chia 12 | |
| Figure 03: Acide chlorogénique (hydroxycimique) | 19 |
| Figure 04: Acide gallique (hydroxybenzoïque) | 19 |
| Figure 05: La structure chimique de flavonoïdes | 20 |
| Figure 06: La structure chimique de tanin hydrolysable | 22 |
| Figure 07: La structure chimique de tanin condensé | 23 |
| Figure 08: Pourcentage d'inhibition du DPPH par les extraits de Chia (<i>Salvia Hispamica</i> L.) | 28 |
| Figure 09: Composition proximale et valeur calorique des graines de Chia | 30 |
| Figure 10: Comparaison des composants des graines de Chia noirs et blanches | 41 |

Liste des tableaux

Tableau 01: Les différentes catégories des aliments fonctionnels.06

Tableau 02: Sources des aliments fonctionnels.07

Tableau 03: Les différentes compositions entre les graines
de Chia noirs et blanches. 11

Tableau 04: Composition des graines de Chia.11

Tableau 05: Teneurs en acide aminés dans les graines de Chia.13

Tableau 06 : Valeurs nutritionnel des graines de Chia.14

Tableau 07 : Classification des flavonoïdes.21

Tableau 08 : Leneur et profil des composés phénoliques
des extraits de Chia. 29

Tableau 09: La composition chimique des graines de Chia 34
(*Salvia Hispamica* L.).

Tableau 10 : Contenu phénoliques totaux et flavonoïdes 35

Tableau 11: Les valeurs d'IC50 et FRAP des extraits
des graines de Chia. 36

Tableau 12: Contenu phénoliques totaux et l'activité antioxydante
des radicaux libres DPPH des graines de Chia dégraissées 41

Liste des Abréviations

% : Pourcentage.

C° : Degré Celsius.

ABTS: Acide 2,2' – azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique).

AG: Acide gras.

ALA : Acide Alpha Linoléique.

AlCl₃ : Trichlorure d'aluminium.

AOAC: Association of Official Analytical Chemists.

APGI: Acide gras polyinsaturé.

BSNAC: Bureau de Science de la Nature des Aliments de Santé Canada.

CMI: Concentration minimale inhibitrice.

CPG: Chromatographie en phase gazeuse.

DPPH: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical

EAG: Equivalent acide gallique

EQ: Equivalent acide quercitique

FAO: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'Agriculture.

Fe²⁺ : Ion ferreux (II).

FIC: Fraction fibreuse insoluble.

FRAP: Pouvoir de réduction du Fer

G : Gramme.

H: Heure

IC : Concentration Inhibitrice

MG : Milligramme

MMOL : Millimol

µmol : Micromol

Mg GAE/g: Milligramme équivalent d'acide gallique par gramme

MI : Millilitre

ND: No détecté

PH: Unité de mesure d'acidité

SDF: Fraction fibreuse soluble

TPTZ: Tripiridiltaizina

Tr/min: Tours par minute

V/V: Volume volume

TE: Trolox équivalent.

Résumé

Au cours des dernières années sont arrivés sur le marché de plusieurs pays des aliments associés à la notion de bénéfiques pour la santé souvent désignés par aliment fonctionnel. Ces aliments font partie de l'alimentation quotidienne, procurent des bienfaits physiologiques et jouent un rôle important dans la promotion de la santé et la réduction de diverses maladies grâce à leurs phytonutriments et nutriments de base. Les graines de Chia (*salvia hispanica* L) de la famille des lamiacées sont connues par leurs propriétés nutritionnelles et leur richesse en métabolites primaires. Elles apparaissent comme une source importante de fibres alimentaires (18-30%), de protéines (15-25%) de lipides (30-33%) et de minéraux (4-5%). De part, leur composition, les graines de Chia sont une plante d'intérêt nutritionnel et médical pour sa richesse en métabolites secondaires. En effet, différentes études ont rapporté des teneurs en polyphénols totaux comprises entre 6.41 et 8.8mgGAE /g MS. L'évaluation in vitro du pouvoir antioxydant dans les 3 articles par deux techniques colorimétriques DPPH et FRAP a révélé des IC₅₀ comparables.

Mots clés : *Salvia Hispanica* L. les graines de Chia, composés phénoliques, activité antioxydante, activité antimicrobienne.

Abstract

Foods associated with the concept of health benefits often referred to as functional food have entered the market in several countries in recent years. These foods are part of the daily diet, provide physiological benefits, and play an important role in promoting health and reducing various diseases through their basic phytonutrients and nutrients. Chia seeds (*salvia hispanica* L) from the lamiaceae family are known for their nutritional properties and their richness in primary metabolites. They appear as an important source of dietary fiber (18-30%), protein (15-25%) lipids (30-33%) and minerals (4-5%). Due to their composition, Chia seeds are a plant of nutritional and medical interest for its richness in secondary metabolites. Indeed, various studies have reported total polyphenol contents of between 6.41 and 8.8 mg GAE / g DM. The in vitro evaluation of the antioxidant power in the 3 articles by two colorimetric techniques DPPH and FRAP revealed comparable IC₅₀.

Keywords: *Salvia Hispanica* L, Chia seeds, phenolic compounds, antioxidant activity, antibacterial activity.

ملخص

دخلنا لأطعمة المر تبطة بمفهوم الفوائد الصحية التي يشار إليها غالباً بالأغذية الوظيفية السوقية العديد من البلدان في السنوات الأخيرة. تعتبر هذه الأطعمة جزءاً من النظام الغذائي اليومي، وتوفر فوائد فيولوجية وتلعب دوراً مهماً في تعزيز الصحة والحد من الأمراض. تختلف من خلال المغذيات النباتية الأساسية. تعرف بذور الشيا (*salvia hispanica* L) من عائلة *lamiaceae* بخصائصها الغذائية وتوثراتها في المستقبلات الأولية. تظهر كمصدر مهم للألياف الغذائية (18-30%)، بروتين (15-25%) دهون (30-33%) ومعادن (4-5%). نظرًا لتكوينها، تعد بذور الشيا نباتاً ذا فائدة غذائية وطبية لثرائها في المستقبلات الثانوية. في الواقع، أبلغت دراسات مختلفة عن محتوياتها من مادة البوليفينول لترات أو حبين 6.41 و 8.8 ملغم / GAE جم. DM. أظهر التقييم في المختبر لقوة مضادات الأكسدة في المقالة الثالثة بواسطة تقنيتي قياس الألوان DPPH و FRAP أن IC50s قابلة للمقارنة

الكلمات المفتاحية: سالفيا هيسبانيكا L, بذور الشيا, مركبات الفينوليك, النشاط المضاد للاكسدة, النشاط المضاد للميكروب.

***Introduction
générale***

Les aliments fonctionnels ont reçu une grande attention ces dernières années en tant qu'éléments des changements de mode de vie sain. Le terme « fonctionnel » est utilisé pour désigner un aliment qui est consommé régulièrement pour apporter des bienfaits physiologiques ou pour réduire le risque de maladie chronique en plus de ses fonctions nutritionnelles (Coelho et al., 2019).

De nombreux nouveaux aliments contiennent des substances bioactives fonctionnelles, incluant les fibres, les prébiotiques, les probiotiques, les oligosaccharides, les composés phytochimiques, les antioxydants et d'autres substances qui confèrent des propriétés fonctionnelles ou effets bénéfiques pour la santé humaine et ont des rôles potentiels dans la réduction du risque de maladies dégénératives chroniques (Al-Sheraji et al., 2013).

Des aliments fonctionnels importants qui doivent être consommés quotidiennement sont des fruits, légumes, légumineuses et céréales; ces matériaux fournissent généralement un apport élevé en vitamines, minéraux, composés phytochimiques (antioxydants et molécules anticancéreuses) et des fibres, indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et pour le maintien de la santé (Alu'datt et al., 2013).

Les antioxydants naturels protègent le corps humain contre les radicaux libres, inhibent de nombreuses maladies chroniques et préviennent l'oxydation des lipides dans les aliments. Les composés phénoliques sont d'importants composants de nombreuses plantes comestibles comme le soja, canola, les graines de lin et les olives, qui sont utilisés comme aliment ou sources d'ingrédients (Coelho et al., 2014).

En raison de sa haute valeur nutritionnelle et de ses effets bénéfiques pour la santé, il existe un intérêt croissant pour l'utilisation des graines de Chia dans l'alimentation humaine (Ulah et al., 2016).

La sauge « *Salvia Hispanica* .L » également connue sous le nom de chia est dérivé d'un mot espagnol « Chyan » qui signifie huileux, est une plante herbacée annuelle originaire du nord du Guatemala et du sud du Mexique.

C'est une source prometteuse d'antioxydants en raison de la présence de polyphénols, d'acide chlorogénique et caféique, de myricétine, quercétine et kaempférol qui protègent les consommateurs contre les maladies cardiovasculaires et certains cancers (De flaco et al., 2017). De plus, elles sont dépourvues de toxine et de gluten (Hrncic et al., 2018).

Actuellement, les avantages nutritionnels des graines de Chia ont été appréciés et ses bienfaits pour la santé reconnus, à partir de preuves scientifiques bien étayées (Valdivia et Tecante, 2015). En effet, elles ont été au centre des recherches, en raison de la présence des

grasses et riche en acide gras omega3, des protéines, des fibres, des glucides, des vitamines, des minéraux et des antioxydants. Les avantages de l'utilisation des graines de chia comme un complément alimentaire sont d'énormes avantages positifs, notamment le soutien du système digestives la réduction du risque de maladie chronique et la promotion d'une peau sain **(Granciera et al., 2019)**.

Dans le but de contribuer à la connaissance de l'espèce *Salviahispanica* .L, cette étude a été entreprise en soulignant l'importance nutritionnelle et les activités biologiques de ces graines.

Notre recherche s'est appuyée sur des données bibliographiques à travers la littérature et diverses études des plus anciennes au plus récentes. Ensuite, une sélection de trois articles scientifiques a été faite dans le but de discuter le contenu en composés phénoliques (phénols totaux et flavonoïdes) et l'évaluation de l'activité antioxydante de ces derniers.

Synthèse
Bibliographique

I. Les aliments fonctionnels

Les composants alimentaires bioactifs jouent un rôle très important dans la promotion de la santé et sont définis comme des composés nutritionnels ou des composés non nutritionnels qui peuvent améliorer ; inhiber ou modifier les fonctions physiologiques ou métaboliques de l'organisme.

Les habitudes alimentaires et les modes de consommation ont connu un changement remarquable dans notre société. Nous voyons dans la diversification et la formation des aliments sur les marchés, en effet, tels que les produits industriels qui sont censés avoir la capacité d'améliorer et de réguler le bien-être physique et psychique et de réduire le risque d'exposition aux maladies. Ces produits ont été connus par « des aliments fonctionnels » (**Biesalksi et al., 2009**).

Les aliments fonctionnels désignent les aliments qui peuvent être ingérés dans le cadre de régime alimentaire. Ils se présentent sous la forme d'aliments traditionnels, mais ils contiennent des ingrédients actifs naturels ou ajoutés qui peuvent améliorer leurs performances. Leurs propriétés fonctionnelles vont au-delà de ce qu'un simple ensemble d'aliments traditionnels peut offrir en termes de santé et prévention des maladies (**Clarisse, 2013**).

Plusieurs définitions des aliments fonctionnels peuvent être obtenues à partir de documents officiels d'agences de réglementation, d'articles scientifiques et peuvent également être adoptées par divers pays. Selon le Bureau de Science de la Nutrition des aliments de Santé Canada (**BSNASC**), ils définissent «Les aliments fonctionnels sont similaires aux aliments conventionnels et font partie d'un régime normal, ce qui peut offrir des avantages physiologiques prouvés et / ou une efficacité réduire les maladies chroniques au-delà des fonctions nutritionnelles de base » Pour la National Academy of Sciences, les aliments fonctionnels sont définis comme des produits alimentaires dans lesquels la concentration d'un ou plusieurs nutriments a été modifiée pour aider à améliorer ou maintenir la santé(**Blades, 2000**).

Après diverses études menées par **Lebrecque et Doyon. (2005)**, la définition de l'aliment fonctionnel comme aliment conventionnel ou d'apparence similaire à l'aliment conventionnel a été atteinte. Il fait partie d'un régime alimentaire standard et doit être consommé régulièrement et dans des portions normales. En plus de ses fonctions nutritionnelles de base, il offre également des avantages physiologiques prouvés pour réduire le risque de maladies chroniques ciblées.

Tableau 01: Les différentes catégories des aliments fonctionnels (**Université Montréal, 2014**)

| Catégories | Source |
|--|--|
| Aliments de base | Fruits, légumes, lin, poissons gras |
| Aliments transformés | Céréales de son d'avoine |
| Aliments transformés avec ingrédients ajoutés | Jus de fruits enrichi de calcium |
| Aliments améliorés qui contiennent une quantité plus élevée d'un composant fonctionnel | Tomate à forte teneur en lycopène Avoine à forte teneur en bêta-glucane |

1. Importances des aliments fonctionnels

L'alimentation détermine dans une large mesure la santé d'une personne, lui permettant de participer à toutes les activités de la vie quotidienne sans fatigue excessive (**Université de Montréal, 2014**).

Les aliments nutritifs sont spécifiquement destinés aux personnes souffrant de certaines maladies (**De Felice, 1991**). La consommation des aliments fonctionnels peut améliorer la santé et réduire le risque de maladies chroniques (**Brown, 1991**).

2. Source des aliments fonctionnels

Les aliments fonctionnels sont trouvés généralement dans des sources naturels, les végétaux, le poisson et le bœuf.

Tableau 02: Sources des aliments fonctionnels (**Université Montréal, 2014**)

| Composants fonctionnels | sources | Avantages éventuels |
|---|--|---|
| Caroténoïdes Alpha-carotène Béta-carotène Lycopène | Fruits et légumes, ex : la tomate et la carottes | -Neutralise les radicaux libres -Réduirait probablement les risques de cancer de la prostate |
| Acides gras AG oméga 03 | Poissons gras et leur huile | Réduirait les risques de maladies cardiovasculaires |
| Flavonoïdes Anthocyanidines Catéchines Flavonone Flavone | Fruits Thé Agrumes Fruits et légumes | Neutralise les radicaux libres |
| Phytoestrogène Isoflavones | Soya | Contribuaient à prévenir les maladies cardiovasculaires et l'ostéoporose |

II. La plante sélectionnée

Les plantes médicinales sont utilisées à des fins thérapeutiques, mais jusqu'à présent, toutes ces plantes n'ont pas été entièrement testées pour garantir leur sécurité ou pour connaître les interactions qui peuvent arriver avec d'autres herbes, compléments nutritionnels, médicaments ou certains aliments. Les produits ajoutés aux préparations à base de plantes peuvent également provoquer certaines réactions (**A Guide to Common Medicinal Herbs, 2019**).

Dans notre domaine d'étude, nous avons sélectionné les graines de Chia pour mener notre recherche.

1. Présentation de la plante étudié : Chia « *Salvia Hispanica L.* »

Le chia prononcé « kia » et binomiale (*Salvia hispanica.L*) est un plante herbacée d'origine centre sud du Mexique et du Guatemala et signifie « Force » en Maya. Elle appartient à l'ordre des Lamiales; de la famille lamiacée ; à la sous-famille des Nepotoideae et au genre de *Salvia*

(Ciau-Solis et al., 2014), elles sont cultivées et couramment utilisées comme aliment dans plusieurs pays de l'ouest de l'Amérique du sud de l'ouest du Mexique (Imme et Diana, 2003).



Photo 01: *Salvia Hispanica*L. (<http://image.app.goo.gl/jUxFFMq3>)

Le Chia est une plante herbacée annuelle, cousine de la sauge et d'origine mexicaine. Son nom est dérivé de « Chyan » en référence au Nahuatl, la langue des Aztèques, car les Mexicains ont donné son nom à l'état du « Chiapas » (Victor et al., 2011).

Le genre de *Salvia* comprend environ 900 espèces ; qui ont été largement distribuées pendant des milliers d'années dans plusieurs régions du monde ; notamment en Afrique du sud, en Amérique centrale, en Amérique du nord et du sud, et en Asie (Gérard et al., 2006). Les graines de Chia ont été cultivées à grande échelle par les Aztèques à l'époque précolombienne, cette sauge était l'aliment de base en Amérique du sud et anciens peuples du Mexique et des Mayas (Ullah et al., 2016). Le Chia est une graine oléagineuse comme le sésame et la graine de lin et constituait la deuxième source alimentaire après les haricots, il a la propriété d'augmenter de volume lorsqu'il est placé dans l'eau, il gonfle rapidement en formant un mucilage (Martinez, 1969 ; Ullah et al., 2016). Dans un environnement tropical (Capitani, 2013) ; en particulier dans des zones montagneuses au centre-ouest du Mexique et Guatemala. Elle est cultivée dans des milieux semi-chauds à une température basse (Di Sapio et al., 2012).

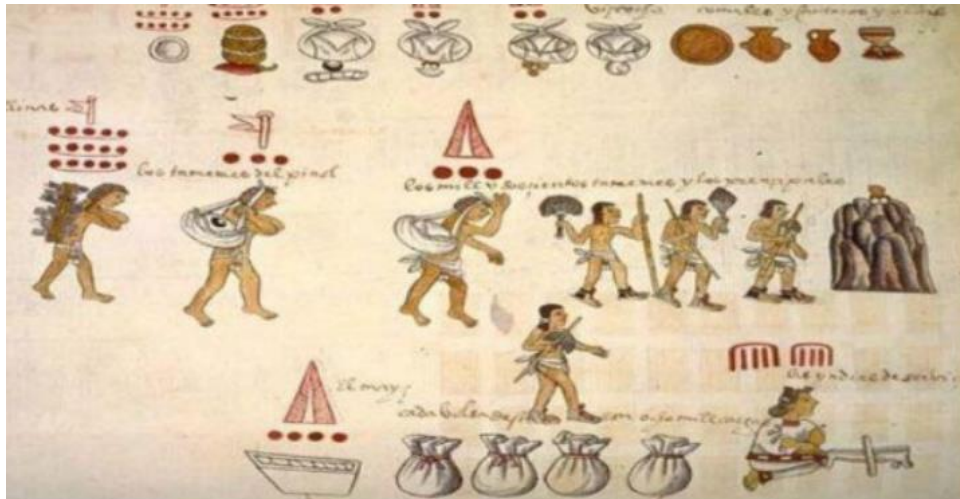


Figure 01: une peinture murale aztèques représentant la récolte et le transport des graines de Chia (Eden-Ceren, 2019)

2. Classification

- **Règne :** Plante
- **Sous-règne :** Trachéophytes
- **Division :** Angiospermes
- **Classe :** Dicotylédone
- **Ordre :** Lamiales
- **Famille :** Lamiacées
- **Genre :** *Salvia*
- **Espèce :** *Salvia Hispanica* L.
- **Noms vernaculaires :** français, anglais, arabe, en Algérie : Chia

3. Description botanique et systématique de la plante

Salvia Hispanica L. est une plante annuelle de la famille lamiacée et fleurit en été. Sa hauteur de 1 à 1.5 mètre avec des tiges quadrangulaire et creuse. Ses feuilles sont opposés ovales aux bords sciés portées par un pétiole 4 à 6 cm de largeur et 8 a 1 m de longueur Les fleurs de *Salvia Hispanica* L sont hermaphrodites de couleurs blanche ou bleu au mauve, elle forme des fruits habituellement indéhiscent en groupe de quatre clous monosperme ovales de 1.5 à 2 mm de long et 1 à 1.2 de diamètre ; contenant de nombreuses graines minuscules et ovales

(Kulczynski et al., 2016). Ces graines sont petites de poids réduits (1000 graines pèsent de 0.94 à 1.29 (g)) (Bueno et al., 2010), elles sont lisses et brillantes de couleur plus ou moins foncée noire large (Lopez et al., 2017) blanches, grises et brunes avec des taches noir (Di Sapia et al., 2012). Groupé par quatre clous ovales de 2 mm de long sur 1.5 mm de large (Lopez et al., 2017).



Photo 02: Les feuilles de *Salvia Hispanica*.L **Photo 03:** Les fleurs de *Salvia Hispanica*.L

(<http://images.app.goo.gl/9iYUYZavoUGpGiK29>)

(<http://images.app.goo.gel/f4Lyr7ZS6gwbjNxu9>)



Photo 04 : Différentes couleurs des graines de Chia

(<http://image.app.goo.gl/4btFB5c5KtWzSkMe7>)

4. Compositions des graines de Chia

4.1 Les Métabolites primaires :

Selon **Knez Hrnčić. (2018)** (tableau 03), il existe une différence si marginale entre les graines de Chia noires et blanches que la plupart les considèrent comme égale.

Tableau 03: Les différences composition entre les graines de Chia Noires et Blanches.
(Knez Hrnčić, 2018)

| | Graines Noires | Graines Blanches |
|--------------------------------|----------------|------------------|
| Valeurs nutritionnelles | Similaires | similaires |
| Teneur en protéines | 16.9% | 16.5% |
| Teneur en fibres | 32.6% | 32.4% |

Les graines de Chia contiennent des protéines (15-25%), des lipides (30-33%), des fibres alimentaires (18-30%), des glucides (26-41%), des cendres (4-5%), de matières sèches (90-93%), des minéraux et des vitamines résumés dans le tableau 04 (**Norlaily et al., 2012**).

Tableau 04 : Compositions des graines de Chia (**Norlaily et al., 2012**).

| Eléments | Concentration (%) |
|------------------------------|-------------------|
| Protéines | 15-25 |
| Lipides | 30-33 |
| Fibres alimentaires | 18-30 |
| Glucides | 26-41 |
| Cendres | 4-5 |
| Matières sèches | 90-93 |
| Minéraux et vitamines | |

4.1.1 Les lipides

Le Chia « *salvia hispanica* L. » est particulièrement intéressant car il peut être cultivé pour produire de l'huile à la fois pour l'alimentation et l'industrie ; les principaux composants de chia sont des acides gras à haute concentration l'acide linoléique (oméga 6) (17-26%) et α -linoléique (oméga 3) (50-57%) (**Bohicchio et al., 2015**)

Les teneurs en acides gras de l'huile de Chia ont été déterminées par analyse CPG :

Acide α -linoléique > acide linoléique > acide oléique > acide palmitique > acide stéarique
(Bohicchio et al., 2015).

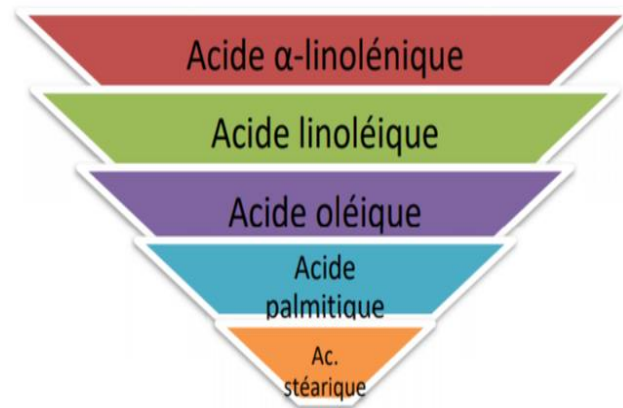


Figure 02: Teneures en acides gras de l'huile de chia (Bohicchio et al., 2015)

4.1.2 Les protéines

Les analyse de la composition de Chia en acides aminés ont confirmé la présence de 10 acides aminés exogène l'arginine ; leucine ; phénylalanine ; valine et lysine sont les teneures les plus importantes. Les graines de chia sont riches en acides aminés endogènes principalement acide glutamique ; aspartique ; l'alanine ; sérine et glycine (Nitrayova et al., 2014)

Tableau 05: Teneurs en acides aminés dans les graines de Chia (Nitrayova *et al.*, 2014)

| Acides aminés exogènes | Nitrayova | USDA (2019) | Acides aminés endogènes | Nitrayova | USDA (2019) |
|------------------------|-----------|-------------|-------------------------|-----------|-------------|
| Arginine | 2.14 | 2.00 | Acide glutamique | 3.50 | 2.87 |
| leucine | 1.37 | 1.42 | Acide aspartique | 1.69 | 1.28 |
| phénylalanine | 1.02 | 1.6 | Alanine | 1.04 | 0.94 |
| valine | 0.95 | 0.79 | Sérine | 1.05 | 0.94 |
| lysine | 0.97 | 0.93 | Glycine | 0.94 | 0.91 |

4.1.3 Les glucides

Des travaux antérieurs ont montré que la plupart des glucides totaux proviennent de polysaccharides (30,81 g dans 100 g), et l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a identifié le mucilage de graines de chia comme une source potentielle de polysaccharides, même si la concentration est très faible. Porosité dans les solutions aqueuses (Dincoglu et Yesildemir, 2019).

4.1.4 Les vitamines et les minéraux

Les graines de Chia fournissent de nombreux minéraux: phosphore, calcium, potassium et le magnésium. (Jin *et al.*, 2012 ; USDA, 2019).

Ils sont présentent certains vitamines principalement vitamine B1, vitamine B2, vitamine E , vitamine C, folate et la niacine (Jin *et al.*, 2012 ; USDA, 2019).

Tableau 06: Valeurs nutritionnels des graines de Chia (Jin *et al.*, 2012; USDA, 2019)

| Les nutriments | Valeurs mg /100g | |
|----------------|------------------|-------|
| | USDA | Jin.F |
| Phosphore | 860 | 919 |
| Calcium | 631 | 456 |
| Potassium | 407 | 726 |
| Magnésium | 335 | 449 |
| Iron | 7.7 | 9.18 |
| Sodium | 16 | 0.26 |
| Zinc | 4.6 | 6.47 |
| Magnèse | 2.7 | 3.79 |
| Thiamine | 0.6 | |
| Riboflavine | 0.2 | |
| Niacine | 8.8 | |
| Vitamine E | 0.5 | |
| Vitamine C | 1.6 | |
| Folate | 49 | |

4.1.5 Les fibres

La sauge de Chia est très riche en fibres alimentaires, elles ne sont pas digérées par le corps humain et sont vitales pour notre système digestif, mais elles jouent également un rôle dans notre métabolisme et notre immunité, bon fonctionnement normal du cerveau et du foie et dans le contrôle du diabète et l'hypertension.

Les fibres des graines de Chia sont solubles, peuvent absorber jusqu'à 10 fois son poids en eau et former un gel dans l'estomac. Elles accélèrent la satiété et agissent comme des prébiotiques, facilitant ainsi le transit. Elles peuvent nourrir la flore intestinale et maintenir une bonne santé, ce qui a un effet bénéfique sur la digestion, prévient la constipation et améliore notre santé globale (Ullah *et al.*, 2016).

III. Les intérêts et l'utilisation des graines de Chia *Salvia Hispanica L.*

Le Chia est utilisé dans la production alimentaire industriel sous forme des graines entières ; moulues ou de mucilage pour augmenter la valeur nutritionnel du produit. Il s'agit par ex de céréales pour le petit déjeuner; de gâteaux; jus de fruits; les sauces de salades et de conserve. Les graines de Chia sont riche en AG surtout oméga 3 doivent être fournis par l'alimentation, les principale sources étant le poisson et l'huile de colza (**Valdivia-Lopez et al., 2015 ; Zettel et al., 2018**). Afin de bénéficier des vertus de ce super aliment, il est possible de les utilisés entière ou moulues sur les céréales, riz ou les légumes. On trouve aussi de la farine de chia ou graines pré moulues très pratique pour cuisiner, il s'agit d'un aliment facile à consommer car il a cru comme cuit, sa saveur douce et facile son ingestion à ajouter aux aliments et aux boissons Le Chia fresca il s'agit d'une boisson désaltérante originaire d'Amérique du sud et du Mexique qui marie graines de chia, eau et jus de citron. Les graines de chia sont très absorbantes et développent une texture gélatineuse lorsqu'elles sont trempés dans l'eau. Ils présentent une forte teneur en fibres alimentaires (**Walfram, 2018**).



Photo 05: Produits alimentaires a base de Chia

<http://iameg.app.goo.gl/nCKyKhE2ZQLSmpDa7><http://images.app.goo.gl/5TPZtWDoYPTA79oi6>

L'utilisation d'aliments médicalement significatifs remonte au début du traitement médicamenteux. La tradition a joué un rôle important dans la prévention des maladies.

La sauge *Salvia hispanica* L. est traditionnellement consommée en Amérique centrale et en Amérique du Sud a de multiples avantages pour la santé, en particulier le maintien des niveaux de lipides sériques sains (**Norlaily et al., 2012**).

Cet effet est dû à la présence d'acide phénolique et d'huile oméga 3/6, acide chlorogénique, acide caféique, myricétine, quercétine, kaempférol, acides gras insaturés bénéfiques, protéines sans gluten, vitamines, minéraux et Les composés phénoliques font des graines de chia non

seulement une source d'antioxydants, mais aussi c'est un aliment avec des effets potentiels sur le cœur, la protection du foie, les effets anti-âge et anti-âge Médicaments anticancéreux.

Les plantes de chia sont très riches en fibres alimentaires, ce qui est bénéfique pour le système digestif et la santé. Contrôler le diabète, qui contrôle le diabète, la dyslipidémie, Hypertension artérielle, comme anti-inflammatoires, laxatifs, Antidépresseur, anti-anxiété, analgésique, améliore la vue et le système immunitaire sont scientifiquement établi. Propriété antioxydant et anticoagulant et ils sont également été utilisé dans l'industrie pharmaceutique contre les infections oculaires(Ullah *et al.*, 2016).

En cosmétiques : on utilisera les graines de chia sous forme de gel sur les cheveux et la peau en pourra alors l'appliquer en masque, en exfoliant sur les cernes, les cicatrices ou encore les ongles et cuticules(Reyes-Caudillo *et al.*, 2008).



Photo 06 : Produits cosmétiques à base de Chia

<http://images.app.goo.gl/VVAqYYy4F2jYetX47><http://images.app.goo.gl/2hPNvqLeWUUqKpL68>

IV. Les propriétés thérapeutiques des graines de Chia

En raison de la présence de concentrations plus élevées d'ALA et d'antioxydants, de nombreux chercheurs ont évalué les effets protecteurs des graines de chia et de leur huile sur diverses maladies.

1. Propriétés anti-hypercholestérolémie

Les graines de Chia sont riches en fibres et ce qu'il lui permet de normaliser le taux de mauvais cholestérol dans le sang, d'améliorer la santé du système cardiovasculaire et de prévenir des maladies comme l'athérosclérose. Un effet bénéfique sur la réduction des taux plasmatiques des triglycérides (**Sierra et al., 2015**).

2. Propriétés antidiabétiques

Cette sauge peut aider à la prévention et au traitement du diabète, en réduisant les niveaux des sucre dans le sang et aident à stabiliser le taux de glycémie (**Creus et al., 2017**, Dans un modèle murin expérimentale de dyslipidémie et de résistance à l'insuline induit par une diète. Les graines de Chia en supplémentation ont démontré un potentiel à corriger ces troubles métaboliques (**Oliva et al., 2013**).

3. Propriétés anticancéreux

En raison du taux élevé de fibre les graines de Chia sont un excellent aliment contre le cancer et pour réduire la formation de métastase et la croissance d'une tumeur mammaire (**Espada et al, 2007**).

4. Propriétés anti-inflammatoire

Grace à sa forte teneur en antioxydants en vitamine C aussi les AGPI le Chia renferment des propriétés anti-inflammatoires. Ses antioxydants combattent l'excès des radicaux libres responsable du vieillissement cellulaires. L'huile de Chia agit efficacement contre les infections cutanés (**Ferreira et al., 2016**).

5. Améliorer la digestion

Puis que les graines de Chia contiennent un pourcentage très élevés en fibre (30 à 40%), elles assurent le bon fonctionnement de l'appareil digestif et régulent le transit intestinal. Elles contribuent à éviter les cas de constipation en améliorent l'absorption de l'eau grâce à une

capacité de mucilage. Cette capacité va apporter une importante sensation de satiété et un effet coupe faim (perte de poids) (Ayaz et al., 2017).

V. Les métabolites secondaires et activités biologiques des graines de Chia

1. Les métabolites secondaires

Des études biologiques ont démontré que la plupart des métabolites secondaires exercent des fonctions de défense contre les prédateurs et les agents pathogènes, agissant comme agents allélopathiques qui ont des effets sur d'autres plantes ou pour attirer les pollinisateurs ou comme disséminateurs des graines. On trouve des métabolites secondaires dans toutes les parties des plantes, mais leur répartition est différente selon la fonction de défense et la différence de la plante (Abderrazak et Joël, 2007).

Les graines de Chia contiennent un grand nombre d'antioxydants polyphénoliques tels que l'acide gallique ; acide caféique ; acide chlorogénique ; acide cinnamique ; la quercétine ; l'épicatéchine ; acide férulique ; la rutine ; l'apigénine ; acide p-cumarique et le kaempférol (Ayerza et Coates, 2004 ; Raimondi et al., 2017). Aussi ils contiennent les isoflavones: diadzéine; glycitéine; génistéine et la génistine (Oliviera-Alves et al., 2017 ; Rahman et al., 2017). Elle est exempte de mytoxine et elle ne contient pas de gluten (Ullah et al., 2016).

Certaines études indiquent que les composants des graines de chia ont un effet bénéfique sur la santé humaine (Kulczynski et al., 2016) et empêcher le développement de certaines maladies tels que les maladies cardiaques et le diabète (Trovato, 2012) et promeuvent la peau saine ; des os et des muscles (Ullah et al., 2016 ; De Falco et al., 2017 ; Das et al., 2018 ; Grancieri et al., 2019).

Les plantes possèdent des métabolites dits « secondaires » par opposition aux métabolites primaires qui sont les protéines, glucides et lipides. Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes, qui sont synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes. Ces composés peuvent être classés en deux, chacun renferme une très grande diversité biologique :

- Les composants phénoliques ou les polyphénols
- Les composants azotés ou les alcaloïdes

1.1. Les composés phénoliques

Les polyphénols constituent un groupe de substance variée. Dont les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins, les dérivés phénylpropanoïdes tels que les lignines, les ester et amides hydrox benzoïques, les stilbènes, les coumarines et les xanthines (Georgé *et al.*, 2005). Les composés phénoliques sont regroupées en de nombreuses classe qui ce différencient d'abord par la complexité et par le degré de modification du squelette de base et par la liaisons possible de ces molécules de base avec d'autres molécules (protéines, glucides et lipides) (Macheix *et al.*, 2005).

1.1.1 Les acides phénoliques

Ce sont les dérivés hydroxylés de l'acide hydroxybenzoïque dont les plus répandus sont l'acide salicylique, l'acide gallique, et de l'acide hydroxycinnamiques les plus abondants l'acide caféique et l'acide chlorogénique. Ils sont considérés comme des substances phytochimique non toxiques car ils ont une très faible toxicité avec des effets prébiotiques, anti-inflammatoire et antioxydants (Yezza *et Bouchama*, 2014).

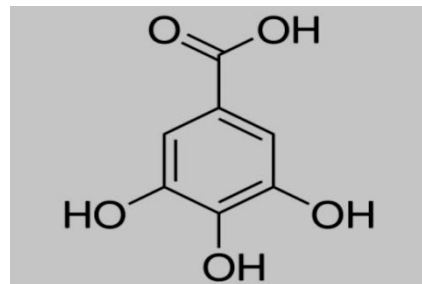
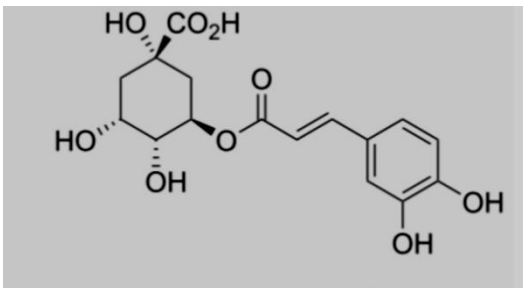


Figure 03:Acide chlorogénique**Figure 04:** Acide gallique

(<http://images.app.goo.gl/ryXYKPWuSTPKjuom7>)(<http://images.app.goo.gl/MKSTGLwhp4WZ1YLS9>)

1.1.2. Les flavonoïdes

Le terme flavonoïde désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux. Les flavonoïdes sont donc des polyphénols complexe qui se rencontrent à la fois sous forme libre ou sous forme glycosides, ils peuvent être localisés d'une manière générales dans les plantes dans divers organes : racines, tiges, bois, feuilles, fleures et fruit Cette structure renferme

un (C6-C3-C6) qui est formé de deux noyaux phényles A et B liés par un cycle pyrone C (Mercader *et al.*, 2008)

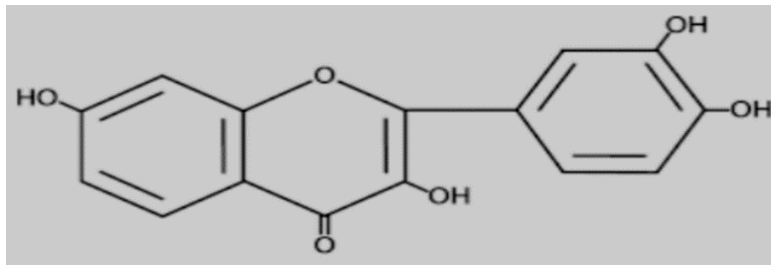
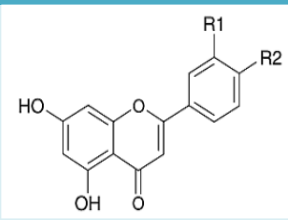
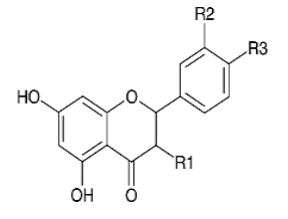
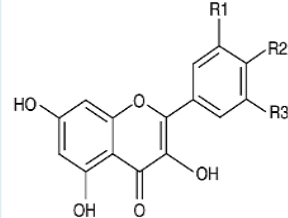
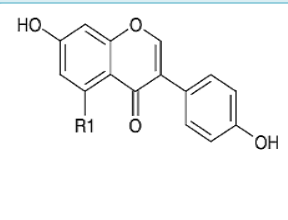
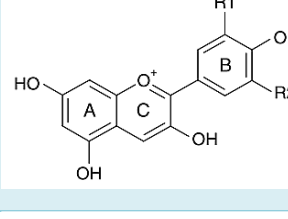
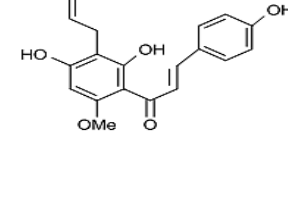


Figure 05: La structure chimique des flavonoïdes (Lhuiler, 2007).

On distingue différentes classes des flavonoïdes (Hocini, 2019):

Tableau 07 : Classification des flavonoïdes (Hocini, 2019)

| Flavonoïdes | Remarque | Structure | Exemple |
|------------------|---|--|--|
| Flavones | Présente des substitutions en positions C5, C7, C3' et C4', et une liaison C2-C3 Insaturée |  | R1=H; R2=OH: Apigenol R1=OH; R2=OH: Luteolol |
| Flavonones | Ont une liaison C2-C3 de moins que les Flavones (Richter, 1993) |  | R1 H; R2 H; R3 OH: Naringenol R1 OH; R2 OH; R3 OMe: Hesperetol |
| Flavanols | Dérivent des Flavonones par addition de OH en position 3 (Richter, 1993) |  | R1=H; R2=OH; R3=H: Kaempférol R1=OH; R2=OH; R3=H: Quercetol |
| Isoflavones | en présentant une substitution du noyau benzénique en position 3 (Ghedira, 2005) |  | R1=H: Diazole R1=OH: Genisteol |
| Anthocyanidin es | Sont des aglycones qui se distinguent des autres par des substitutions sur le cycle B (Richter, 1993) |  | R1=H; R2=H: Pelargonidol R1=OH; R2=H: Cyanidol |
| Chalcones | Dépourvues de l'hétérocycle central et caractérisées par la présence d'un chaînon carboné |  | Xanthohumol |

1.1.3. Les tanins

Les tanins sont des composés phénoliques solubles dans l'eau, résultant de la polymérisation de molécules élémentaires possédant des fonctions phénols. Ils sont caractérisés par leur capacité à interagir avec les protéines (**Bate-Smith, 1954**). Les tanins sont classés selon leurs structures chimiques en tanins hydrolysables et tanins condensés (**Rira, 2006**) :

1.1.3.1 Tanins hydrolysables

Ce sont des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénol, ils sont des polymères d'acide gallique généralement estérifié par le D-glucose. Comme leur nom l'indique, ces tanins subissent facilement une hydrolyse acide et basique, ils hydrolysent sous l'action enzymatique et d'eau chaude (**Alkurd et al., 2008**) .

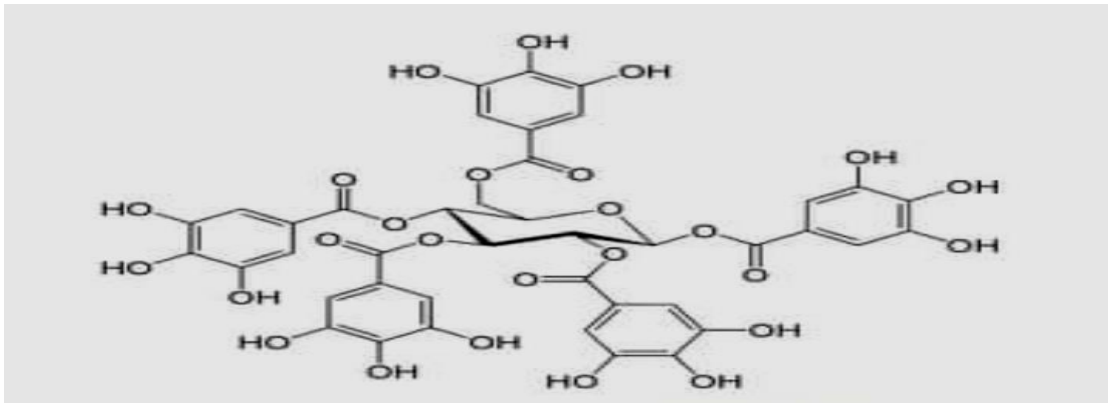
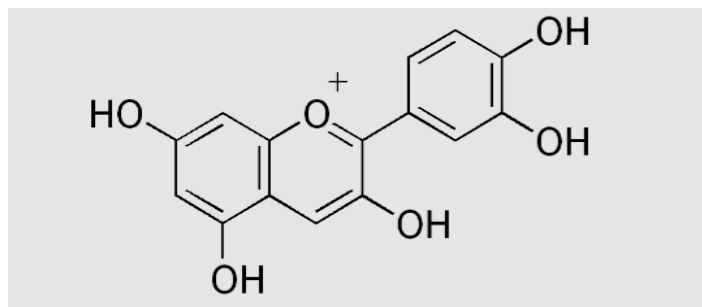


Figure 06: Structure chimique de tanin hydrolysable

(<http://images.app.goo.gl/LDmDNPFaqYHerhvn9>)

1.1.3.2 Tanins condensés

Les tanins condensés ou tanins catéchiques ou proanthocyanidines sont fondamentalement différents des tanins hydrolysables car leurs molécules ne contiennent pas de sucre et leur structure est similaire aux flavonoïdes. Ce sont des polymères flavane composés d'unités flavan-3-ol liées entre elles par des liaisons carbone-carbone. Les procyanidines ont été isolées ou identifiées dans tous les groupes de plantes (gymnospermes et fougères) (**Bruneton, 1999**).



Figure

07: Structure chimique de

tanin condensé

(<http://fracademic.com/pictures/frwiki/67/cyanidin-structure.pgn>)

1.2. Les composés azotés ou les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances dérivées de plantes et réagissent comme des alcalis. Les alcaloïdes sont des composés organiques cycliques qui contiennent des atomes d'azote avec un degré d'oxydation négatif, et leur distribution est limitée à certains organismes vivants. La classification des alcaloïdes comporte deux paramètres: la position et les différentes fonctions de l'atome d'azote et la famille végétale dont la plante est extraite (90% des plantes proviennent de plantes). Il existe cinq catégories d'alcaloïdes, qui sont divisées en plusieurs sous-familles: les alcaloïdes hétérocycliques, les alcaloïdes exocycliques, les alcaloïdes peptidiques, les alcaloïdes terpéniques et stéroïdiens, la putrescine, la spermidine. Si les alcaloïdes en tant que composés métabolisés secondaires dans

les plantes jouent un rôle écologique dans la défense contre les herbivores, ils sont toujours présents dans plusieurs applications pharmaceutiques chez l'homme (**Stöckigt et al., 2002**):

- Antitumoraux: vincristine, vinorelbine, paclitaxel, camptothécine
- Analgésiques: Morphine, Codéine
- Spasmolytiques: microtubule urée et papavérine,
- Vasodilatateurs: vincamine, ajmalicine.
- Emétiques: émétine.
- Antitussifs: codéine,
- Antiarythmiques: quinidine et amarine,
- Antipaludique: Quinine
- Ils sont également utilisés comme médicaments pour le traitement de la maladie d'Alzheimer: la galantamine.

V.2. Activités biologiques des graines de Chia

Les graines de chia sont riches en composés phénoliques, le plus souvent en flavonoïdes et en dérivés de l'acide cinnamique. Les graines contiennent des concentrations significatives d'acides gallique, caféique, chlorogénique, férulique et rosmarinique, elles contiennent également de la myricétine, de la quercitine et du kaempférole (Suri et al, 2016).

1.1. Activité antioxydante

Afin d'éliminer ou diminuer les radicaux libres excessivement les produits, les cellules ont différents mécanismes de défense antioxydante. Ces effets protecteurs peuvent être fournis par des composés naturels endogènes, des aliments ou des enzymes spécifiques qui agissent comme des piègeurs de radicaux libres.

Les antioxydants sont des substances qui retardent ou empêchent l'oxydation des substrats oxydables à de faible concentrations. Pour prévenir le stress oxydatif, les antioxydants peuvent jouer un rôle important et bénéfique pour la santé. La supplémentation ou l'apport d'antioxydants dans l'alimentation peut réduire considérablement le risque de plusieurs maladies chroniques, presque toutes les maladies du système organique (y compris le cancer). Les graines de Chia et leur huile comptent un grand nombre d'antioxydant tels que les composés poly phénolique, tocophérol, phytostérole et les caroténoïdes même à de très faible concentration ont la capacité de piéger les radicaux libres et chélater les ions (De Falco et al., 2017). Les graines de Chia sont capable d'atteindre les radicaux cationiques ABTS. De même elles ont une capacité de bloquer les radicaux synthétiques DPPH et peuvent stabiliser les ions de fer (Sargie et al., 2013). Certaines études de l'activité antioxydant du Chia ont montré que les extraits des graines de Chia ont neutralisé les radicaux libres DPPH à plus 70%. Elles ont aussi la capacité d'inhiber l'oxydation enzymatique (Coelho et al., 2014). De plus des hydrolysats de protéines des graines de Chia. Elles ont été testés sur les radicaux cationiques ABTS démontrant qu'ils pouvaient agir comme donneur d'électrons ou de protons (Segura-Campus et al., 2013).

1.2. Activité antimicrobienne

Graines de Chia ont une forte activité antibactérienne des extraits éthanolique et aqueux des grains de chia est trouvée contre *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum* et *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. La CMI de l'extrait aqueux de graines de chia contre *A. actinomycetemcomitans* et *P.gingivalis* est établie à 50% et contre *F.nucleatum* à 12,5%.

Alors que dans le cas de l'extrait éthanolique, la CMI contre *A. actinomycetamcomitans*, *P.gingivali* et *F.nucleatum* est de 12,5%, 6,25% et 50%, respectivement (**Divyapriya et al., 2016**).

*Analyse
des articles*

Article 01 :

Caractérisation chimique de la Chia (*Salvia Hispanica* L.) pour l'utilisation dans les produits alimentaires (Coelho et al., 2014).

Objectif de l'étude

Le but de cette recherche est l'estimation des composés chimiques des graines de Chia (*Salvia Hispanica* L.) et d'établir leurs propriétés fonctionnels.

Matériel et méthodes

L'espèce étudiée des graines de Chia *Salvia Hispanica* L. proviennent de Sao-Paulo (Brésil).

- La détermination de la composition des métabolites primaires par divers tests :
 - ✓ Le teneur en eau (méthode n° 935.29)
 - ✓ Le teneur en cendres (méthode n° 923.03)
 - ✓ Le teneur en lipides (méthode n° 920.80)
 - ✓ Le teneur en protéines (méthode de micro-Kjeldahl n° 920.87)
 - ✓ Le teneur en glucides
 - ✓ Fibres alimentaires selon la méthode AOAC, 2005

- La quantification des composés phénoliques par spectrophotomètre en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu avec des modifications (Badial-Furlong et al., 2003)
- La détermination de l'activité antioxydante des extraits phénoliques des graines de Chia a été mesuré par son potentiel d'inactivation du radical libre DPPH (Herrero et al., 2005).

Résultats

Les résultats de cette étude montre que les draines de Chia contiennent des niveaux élevés de lipides et de fibres qui constituaient 34.4 et 23.7g/100g respectivement, et faible teneur en cendres de 6.4g/100g, les résultats indique que ces graines contiennent a une haute valeur calorique de 459.9 Kcal/100g. Une grande capacité de rétention d'eau pour la production des autres produits alimentaires.

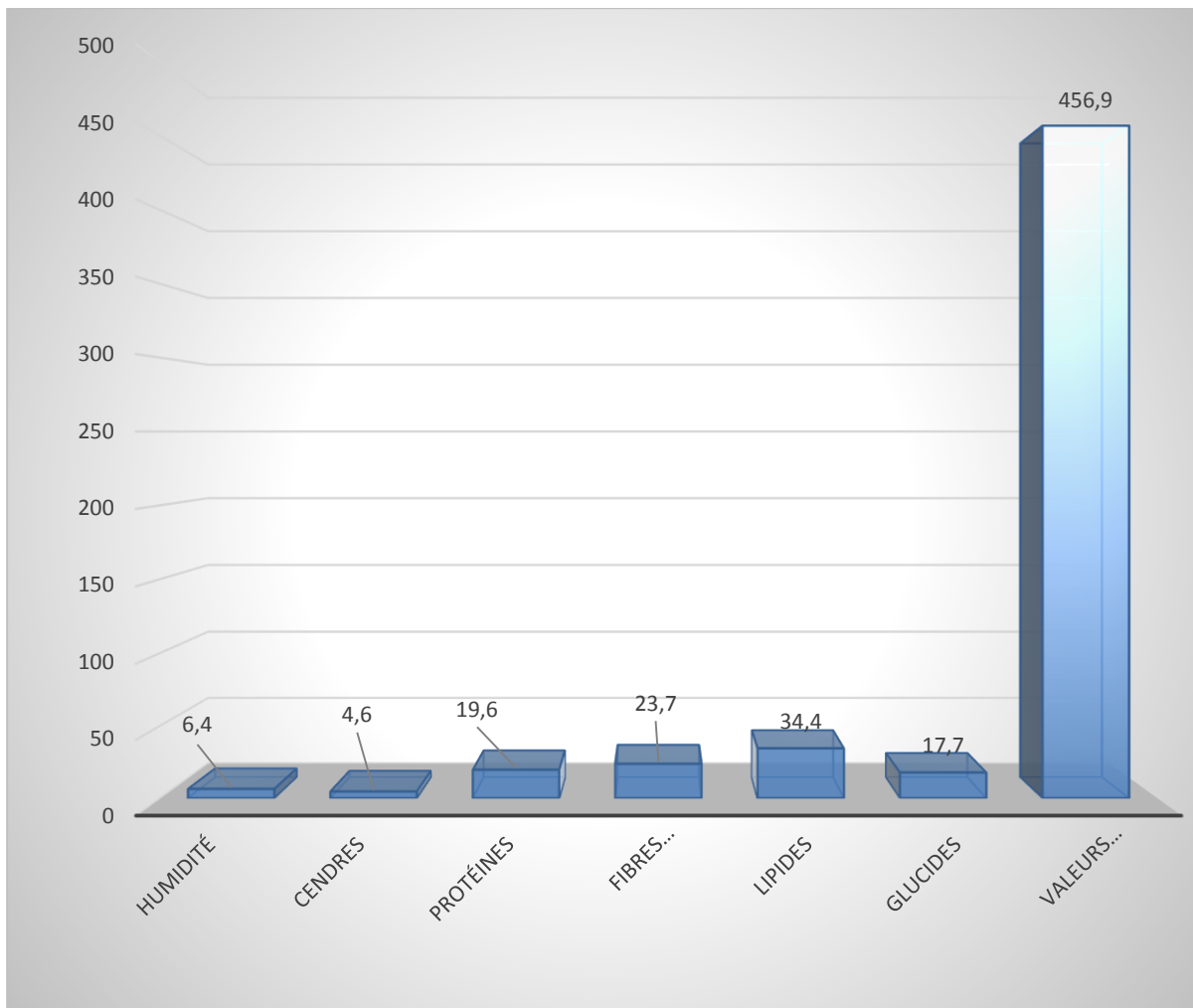


Figure 08: Composition proximale et valeur calorique des graines de Chia

D'autre part, les graines de Chia ont une teneur élevée en composés phénoliques étaient 641.71 $\mu\text{g/g}$ amstra (Acide cinnamique, l'acide chlorogénique, l'acide caféique et quercitrine) et une forte teneur en d'acide caféique par rapport aux autres phénols tableau 08:

Tableau 08: Teneur et profil des composés phénoliques ($\mu\text{gGAE/gamostra}$) des extraits de Chia

| Contenu phénoliques | $\mu\text{g/gamostra}$ |
|---------------------------------|------------------------|
| Compositions phénoliques | |
| Acide cinnamique | 641.71 |
| Acide chlorogénique | ND |
| Acide caféique | 4.68 |
| Quercitrine | 30.89 |
| Glycoside phénolique | 0.17 |
| | 605.97 |

Les composés phénoliques du Chia ont montré une forte activité antioxydante dans l'essai le radical libre DPPH (figure 09):

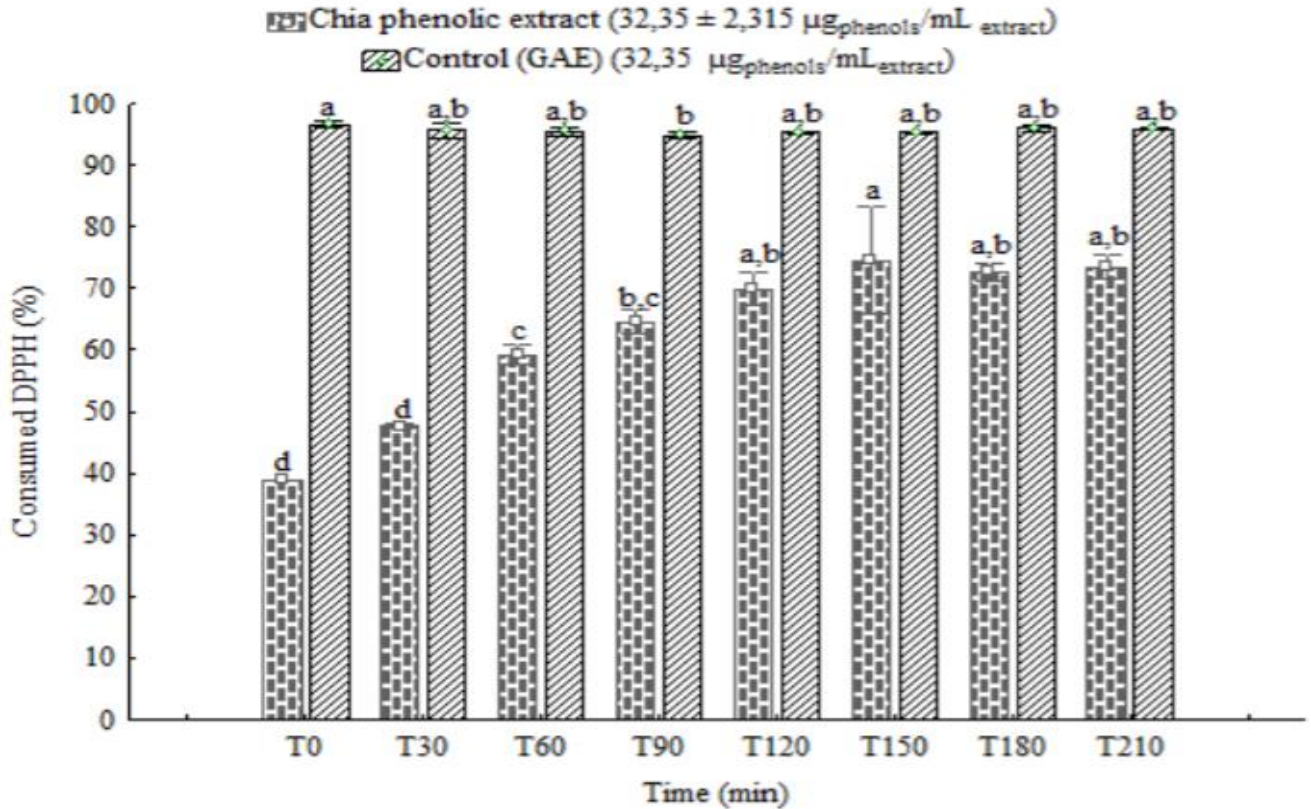


Figure 09: Pourcentage d'inhibition du DPPH par les extraits des graines de Chia (*Salvia Hispanica* L.)

Discussion

Comme démontré par Tosco en (2004), notre analyse chimique approximative des graines de Chia a révélé une teneur élevée en fibres alimentaires 22.2g/100g. Les niveaux de protéines et de cendres étaient identiques à ceux de **Ayerza et Coates, (2001)** qui étaient de 18.3 et 4.3g/100g respectivement. Le taux d'humidité, de cendres et de lipides était de l'ordre de 6.3, 4.3 et 32.4 g/100g respectivement comme les résultats publiés par (**Ixtania et al., 2011** et **Segura-Campos et al., 2013**) mais avec une différence pour le taux de protéines et de fibres alimentaires.

Selon **Lima et al. (2011)** les graines de lin ont une valeur calorique de 495 Kcal/100 g semblable à nos graines de chia étudiées. Notre résultat corrobore également avec celui de **Jin et al. (2012)** qui ont rapporté une valeur calorique pour les graines de Chia de 562 Kcal/100g. La haute valeur calorique présentée par les graines de Chia est associée à leur

niveaux élevés de lipides. D'un point de vue nutritionnel, les lipides ont une valeur énergétique élevée (9 Kcal/g) et sont des précurseurs importants de vitamines liposolubles et acides gras essentiels (acides linoléique, linoléique et arachidonique) (**Castro, 2003**). De plus, les graines de chia contiennent 5-6% de mucilage, qui peut être utilisé comme fibres alimentaires (**Reyes-Caudillo et al., 2008**).

Avec toutes ces caractéristiques, les graines de chia peuvent être utilisées comme émulsifiants et stabilisants en raison de leur teneur élevée en fibres, et comme ingrédient de produits sans gluten et à faible teneur en glucides. Elles peuvent être considérées comme un aliment fonctionnel, car c'est une source d'acides gras ω 3, avec au moins 0,1 g de ω -3 dans 100 g de produit et a des niveaux élevés de fibres alimentaires totales, jusqu'à 3 g dans 100 g de produit et de protéines.

L'extraction, la quantification ainsi que le profil des composés phénoliques des graines de Chia étaient réalisés au cours de cette étude. Les extraits phénoliques de Chia étaient dans la gamme trouvée par **Reyes-Caudillo et al.(2008)** (511-881 μ g/g de graines de Chia). Le profil des composés phénoliques a montré une teneur élevée en acide caféique par rapport aux autres acides phénols. **Reyes-Caudillo et al.(2008)** ont étudié le profil des composés phénoliques de graines de Chia de deux régions du Mexique, l'acide chlorogénique était prédominant dans les extraits bruts allant de 45,9 à 102 μ g/g chia, suivi de l'acide caféique (3-6,8 μ g/g chia). Selon ces auteurs, la teneur en composé phénolique est affectée par un certain nombre de facteurs externes tels que les conditions météorologiques et post-récolte. **Kim et al.(2006)** ont suggéré que deux méthodes différentes d'extraction peut être utilisée pour obtenir plus d'informations sur la concentration de composés phénoliques dans les graines de chia. Parce que les composés phénoliques peuvent être sous forme de polymères, esters et glycosides, l'hydrolyse enzymatique est utilisée pour quantifier et vérifier la biodisponibilité de ces composés.

L'activité antioxydante des extraits phénoliques était déterminée par l'inactivation du radical libre DPPH. L'extrait phénolique de chia (32,35 μ g GAE/ml extract) a montré une activité antioxydante statistiquement égale au cours de la période de 120 à 210 min. L'extrait a été efficace dans la neutralisation de plus de 70 % des radicaux libres. Il y avait une différence significative entre l'extrait de chia et le témoin, un antioxydant synthétique. En comparant ces résultats avec l'étude de **Schmidt et al.(2014)**, les composés phénoliques de chia ont montré un pouvoir de piégeage du radical DPPH élevé. L'activité

antioxydante des graines de Chia pourrait avoir des effets physiologiques, tels que l'activité anticancéreuse et antimutagène, qui remédie aux problèmes résultant des radicaux libres (**Shahidi, 2009**).

Article 02 :

Composés phénoliques, flavonoïdes et activité antioxydante des extraits des graines de Chia (*Salvia Hispanica* L.) obtenus par différentes conditions d'extraction (**Scapin et al., 2016**).

Objectif de l'étude

Le but de ce travail est de caractériser la composition chimique des graines de Chia (*Salvia Hispanica* L.), d'obtenir des extraits à différentes concentrations d'éthanol et à de température pour ensuite déterminer leurs contenu phénoliques, en flavonoïdes et l'activité antioxydante in vitro.

Matériels et méthodes

L'étude a été réalisée sur des espèces de graines de Chia Brésilienne de Santa-Maria (2013). Elles ont été passées et broyées et utilisées pour la détermination des métabolites primaires qui sont :

- l'humidité (méthode gravimétrique indirecte à 1050 °C)
- des protéines (méthode Kjeldahl)
- des minéraux (méthode d'incinération au four à 5500 °C)
- des fibres alimentaires (méthode enzymatique)
- des lipides totaux (soxhlet) ont été effectués selon **AOAC (2005)**
Ensuite, des extractions à l'éthanol (50, 65 et 80%) dans un rapport 1/10 ont été préparées. Chaque mélange a été placé dans un bain marie à température contrôlée (40, 50 ou 60 °C) sous agitation mécanique à vitesse constante (80 tr/min) pendant 60min. Après filtration et centrifugation à 3000 rpm pendant 20min, les extraits étaient conservés à (-12°C) jusqu'à des analyses antérieures (**Caudillo et al., 2008**).
- L'estimation du contenu en phénols totaux a été réalisée par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu avec des modifications. Les résultats obtenus au spectrophotomètre à 765 nm sont comparés à une courbe d'étalonnage d'acide gallique $Y = 0.0081X + 0.0018$ (**Singleton et al., 1999**).
- La détermination du contenu en flavonoïdes totaux a été réalisée par la méthode colorimétrique avec le Trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 10% à 510 nm à l'aide d'un spectrophotomètre et comparé à une courbe d'étalonnage de Quercétine $Y = 0.0082X + 0.0082$ (**Zishen et al., 1999**).

- L'évaluation de l'activité antioxydante par deux méthodes : la capacité de piégeage du radical libre DPPH en solution éthanolique (80% v/v) de 0.1 Mm de DPPH avec 5ml de solution de concentrations croissantes de DPPH des extraits des graines de Chia (**Brand-Williams et al., 1995**) et le pouvoir de réduction du fer (FRAP) ou le complexe coloré formé avec FE^{2+} et TPTZ (Tripiridiltazina) est
- mesuré à 593 nm au spectrophotomètre (**Benzie et Strain, 1996**).

Résultats

Les résultats obtenus et résumés dans le tableau, montrent que les graines de Chia sont une bonne source de protéines végétales, de lipides, de fibres alimentaires et faible teneur en humidité, en cendres et en glucides.

Tableau 09: La composition chimique des graines de Chia (*Salvia Hispanica* L.) (g/kg sec)

| Fractions | (g/kg échantillon sec) |
|----------------------------|------------------------|
| Humidité | 32.7 ± 1.920 |
| Cendre | 54.5 ± 1.205 |
| Protéines | 231.7 ± 2.890 |
| Extrait d'éther | 283.5 ± 3.101 |
| Fibres alimentaires | 374.4 ± 4.130 |
| Glucides | 23.2 ± 3.271 |

Concernant la détermination du contenu en phénols totaux et en flavonoïdes des extraits éthanolique des graines de Chia, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 10: Contenu phénoliques totaux et flavonoïdes des graines de Chia

| Extractions | Conditions | Phénoliques totaux (g/kg GAE) | Flavonoïdes totaux (g/kg EQ) |
|-------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 | 60 C°, éthanol 80% | 2.639 ± 0.584 | 0.163 ± 0.003 |
| 2 | 60C°, éthanol 50% | 0.860 ± 0.239 | 0.055 ± 0.014 |
| 3 | 40C°, éthanol 80% | 2.187 ± 0.185 | 0.122 ± 0.002 |
| 4 | 40C°, éthanol 50% | 1.775 ± 0.077 | 0.110 ± 0.027 |
| 5 | 50C°, éthanol 65% | 2.264 ± 0.262 | 0.153 ± 0.035 |
| 6 | 50C°, éthanol 65% | 2.279 ± 0.233 | 0.159 ± 0.008 |
| 7 | 50C°, éthanol 65% | 2.320 ± 0.061 | 0.142 ± 0.013 |

Lorsqu'il a été observé qu'il existe une relation entre les composés phénoliques, les flavonoïdes et l'activité antioxydante des radicaux libres DPPH, car les extraits qui ont montré des valeurs plus élevées de ces composés avaient une IC50 plus faible.

Les résultats de la recherche montrent que la valeur FRAP augmentait au Fer et à mesure de la proportion d'éthanol dans l'extraction. Comme indiqué dans le tableau 11:

Tableau 11: Les valeurs de IC50 et FRAP des extraits des graines de Chia.

| Extraits | IC50 (mg/ml) | FRAP (mmol/kg TE) |
|----------|--------------|-------------------|
|----------|--------------|-------------------|

| | | |
|---|---------------|----------------|
| 1 | 3.841 ± 0.118 | 45.004 ± 4.012 |
| 2 | 8.237 ± 0.430 | 18.005 ± 3.101 |
| 3 | 4.105 ± 0.202 | 35.036 ± 3.004 |
| 4 | 4.943 ± 0.324 | 28.024 ± 2.064 |
| 5 | 3.901 ± 0.262 | 30.008 ± 2.007 |
| 6 | 4.365 ± 0.551 | 32.063 ± 1.034 |
| 7 | 5.110 ± 0.494 | 34.023 ± 2.009 |

Discussion :

Dans ce travail, la composition chimique de la graine de chia a indiqué que c'est une bonne source de protéines végétales et de lipides. Ces résultats sont en accord avec **Ayerza.(1995)** ayant un contenu de 250-390 g/kg de lipides et 190-270 g/kg de protéines dans la graine de Chia. Il est possible de noter également que les graines de Chia ont montré une teneur élevée en fibres alimentaires, similaire aux résultats de l'étude de **Caudillo et al.(2008)** où ils ont été trouvés égales à 369,7 à 399,4 g/kg de fibres alimentaires dans les graines de chia provenant des états de Jalisco et Sinaloa, Mexique. Cette haute teneur en fibres peut améliorer la satiété, réguler le transit intestinal, réduire la consommation d'énergie et favoriser la perte de poids (**Ayerza et al., 2002**). Aussi, les graines de Chia ont présenté une faible teneur en humidité. En ce qui concerne les niveaux de cendres obtenu 54,5 g/kg, ils étaient différents des résultats trouvés par **Sargi et al.(2013)** 78,6 g/kg pour l'humidité et 36,3 g/kg pour les cendres. Selon **Rodrigues. (2005)** la grande variabilité des caractéristiques chimiques et physiques d'une plante peuvent être attribuées à de nombreux facteurs, y compris la région où la plante a été cultivée, les différences climatiques, la fertilité, le pH du sol et la pluie annuelle.

La teneur en composés phénoliques de la graine de chia extraits en utilisant différentes concentrations d'éthanol et températures a été réalisés lors de cette étude. **Caudillo et al.(2008)** ont analysé le contenu en composés phénoliques des extraits de graines de chia obtenus par agitation avec de l'éthanol à température ambiante pendant 24 heures. Ils ont

trouvé des valeurs de 8,8 g GAE/kg d'échantillon sec, mettant en évidence que les composés phénoliques présent dans la graine de chia aurait une polarité plus faible et ainsi pourraient être plus facilement extraites dans des solvants moins polaires.

Les effets des variables (température et concentration d'éthanol) et leurs interactions sur l'extraction des composés phénoliques de la graine de chia

Ont également été réalisés dans cette étude. Il a été observé que l'interaction entre la concentration en éthanol et la température influençait positivement l'extraction des composés phénoliques, à savoir l'utilisation de températures plus élevées et des concentrations plus élevées d'éthanol étaient plus efficace dans l'extraction des composés phénoliques des graines de Chia. Des résultats similaires ont été trouvés par **Spagolla et al.(2009)** lors de la quantification les composés phénoliques de myrtilles en utilisant différentes concentrations d'éthanol et une température de 70C. De plus, les teneurs en flavonoïdes des noix du Brésil ont été analysés par **Buratto et al.(2011)**. Ils ont obtenu 0,34 g EQ/kg d'échantillon sec. Cette valeur était supérieure à celle trouvée dans les extraits des graines de Chia. Aussi, dans une étude de **Lin et Tang. (2007)**, où il a été évalué la teneur en flavonoïdes totaux dans les légumes, les valeurs étaient de 0,075g EQ/kg pour les poivrons verts, 0,041g EQ/kg pour le poivron jaune, valeurs plus proches de celles trouvées pour les extraits des graines de Chia, et 0,306g EQ/kg pour l'oignon blanc. Là encore il a été observé que l'interaction entre les concentrations d'éthanol les températures a positivement affectée l'extraction des flavonoïdes totaux montrant que, comme les composés phénoliques, l'utilisation de températures plus élevées et des concentrations plus élevées d'éthanol étaient plus efficaces dans l'extraction de ces derniers.

Les résultats obtenus dans la détermination de l'activité antioxydante des extraits des graines de Chia *in vitro* par la méthode DPPH avec différentes concentrations d'éthanol et températures ont démontré que l'extraction à 60°C avec de l'éthanol à 80% avait l'IC50 la plus basse (3.841 mg/ml) et que l'extraction avec la même température mais avec une concentration d'éthanol de 50% avait l'IC50 la plus élevée (8.237 mg/ml). Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par **Mansor et al.(2001)** et **Milani et al.(2011)** lors de leur expérimentations respectives sur l'espèce Ginkgo biloba et la plaquemine, mais reste supérieures à ceux en la comparant avec ceux de Mentha Arvensis (**Morais et al., 2009**). Les auteurs ont constaté que l'interaction entre la concentration d'éthanol et la température

a influencé inversement la valeur IC50. Les valeurs trouvés sur le pouvoir réducteur du fer FRAP des extraits des graines de Chia ont reporté l'IC50 la plus élevée de l'extraction à 60°C avec de l'éthanol à 80% et l'IC50 la plus basse de l'extraction à 60° mais avec de l'éthanol à 50% (45 et 18 mmol ET/Kg graines sèches). Cela est en accord avec l'étude menée par **Alothman et al.(2009)** qui rapportait que le pouvoir réducteur du fer des extraits de plantes dépendait du solvant utilisé et de sa polarité. Il a été noté que l'interaction entre les concentrations d'éthanol et les températures affectaient positivement le pouvoir réducteur du fer FRAP.

Article 03 :

Contenu phénolique total, activité antioxydante et antibactérienne des graines de Chia (*Salvia Hispanica* L) ayant une couleur de robe différente (**Tuncil et Celik, 2019**).

Objectif de l'étude

Le but de ce travail est de comparer le contenu phénolique totale, l'activité antioxydante ainsi que les effets antimicrobiens des graines de Chia noires et blanches disponibles dans le commerce en Turc.

Matériel et méthodes

Les graines de Chia noires et blanches importées d'Argentine et emballées dans des sacs polypropylène pour être vendues dans le commerce turc, ou les graines de Chia étaient moulues pour obtenir des poudres utilisées pour différentes analyses :

- Analyses approximative la teneur en humidité.
- Analyse des teneurs en azote
- Les concentrations protéiques
- Le contenue en cendres
- La teneur des graisses totale selon AOAC, 2005
- La détermination du contenu phénolique totale des extraits de Chia a été effectuée en utilisant le réactif Folin-Ciocalteu et l'évaluation l'activité antioxydant par la technique du piégeage du radical libre DPPH (**Dermirkol et Tarkci, 2018**)
- La détermination de l'activité antibactérienne de l'huile brute et des extraits méthanoliques des poudres des graines de Chia a utilisé les souches bactériennes suivantes : Staphylococcus aureus, E. Coli, Bacillus subtilis et Listeria monocytogènes (**Alzerouky et Nakahara, 2003**)

Résultats

Dans ce recherche démontre que la couleur de robe des graines de Chia a un impact significatif sur la teneur en humidité, en protéines et en cendres mais pas sur l'huile contenu. Les analyses indiquent que les graines de Chia noires contiennent plus d'humidité (6.19%) que les graines de Chia blanches (5.71%) et une teneur en protéines et en cendres (21.7 et 4.67%) respectivement par rapport à leur homologues blanches (17.3% et 4.5%). De plus, aucune différence observée entre les teneurs en lipides chez les deux graines noires et blanches de l'ordre (34.2 et 32.9%).

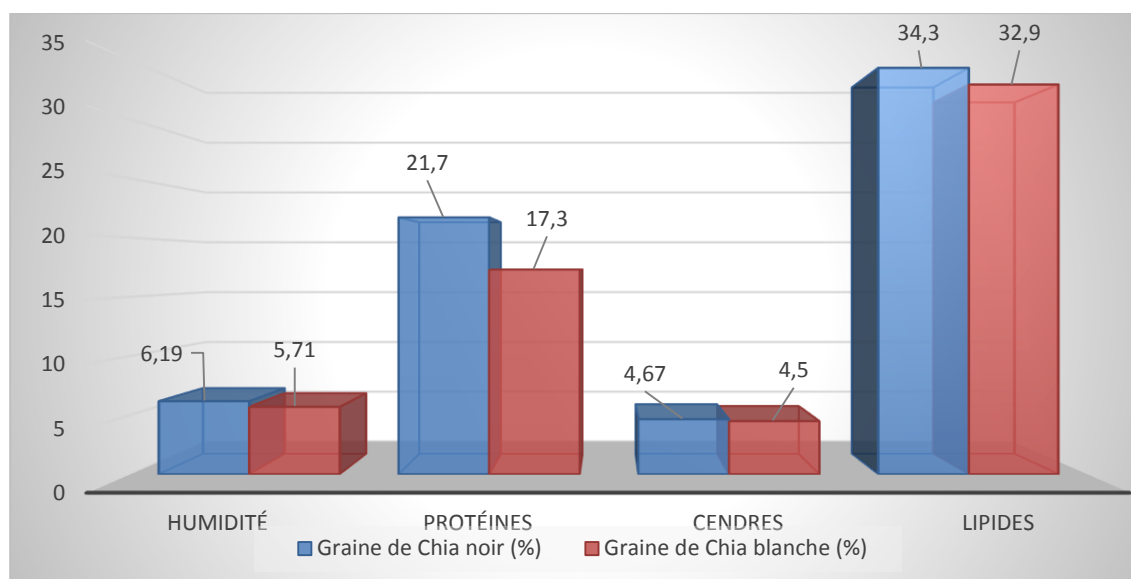


Figure 10 : Comparaison des composants des graines de Chia noire et blanche
La graine de Chia blanche s'est avérée contenir une quantité plus élevée des composés phénoliques totaux par rapport à ses homologues noires. De plus, la graine de Chia a montrée un pouvoir antioxydant plus important

Tableau 12:Contenus phénoliques totaux et l'activité antioxydante des radicaux libres DPPH des graines de Chia

| Graines de Chia | Contenu phénoliques totaux (mg GAE/g) | IC50 (mg/ml) |
|-----------------|---------------------------------------|--------------|
| Noires | 3.42 ± 0.006 | 2.001 |
| Blanches | 3.52 ± 0.08 | 1.735 |

Discussion

Les recherches se concentrant sur la composante des graines de Chia blanches et noires disponible sur le marché sont limitées. Les analyses indiquent que les graines de Chia noires contiennent plus d'humidité (6.19%) que les graines de Chia blanches

(5.71%). De plus, les graines noires ont une teneur en protéines et en cendres (21.7 et 4.67%) respectivement par rapport à leur homologues blanches (17.3% et 4.5%). D'autre part, aucune différence observée entre les teneurs en lipides chez les deux graines blanches et noires (34.2 et 32.9%). Les résultats de cette étude sont en accord avec la littérature (**Buskway et al., 1981 ; Ayerza, 2013 et Marineli et al., 2014**). En revanche, hormis la teneur en huile, les résultats actuels sont en désaccord avec les conclusions d'**Ayerza, (2013)** qui n'a signalé aucune différence significative en terme de teneur en eau et en protéines entre le chia génotypes connus sous le nom de Tzotzol et Iztac (graine tachetée de noir et graine blanche) respectivement. Les écarts dans les résultats pourraient être attribués aux différents lieux de culture des plantes. **Ayerza, (2010 et 2013)** a démontré que la composition des graines de chia dépend fortement du lieu de récolte. Bien que les graines utilisées dans cette étude été récoltées en Argentine, l'emplacement exact est malheureusement inconnu.

Le contenu phénolique total des graines de chia blanches et noires s'est avéré être $3,52 \pm 0,08$ et $3,42 \pm 0,06$ mg GAE/g de graines chia dégraissé, respectivement. Ces résultats sont globalement $\sim 3,7$ fois plus élevé que les graines de chia Chiliennes (**Marineli et al., 2014**) et environ 2,2 fois plus élevé que le graines de chia Mexicain (**Martinez-Cruz & Paredes-Lopez, 2014**). Les différences des contenu phénolique totaux entre ces études pourraient être dus à deux facteurs ; **i**) les échantillons utilisés sont récoltés de différents endroits, et il a été prouvé que les emplacements ont un impact significatif sur la composition des graines de chia (**Ayerza, 2013**); **ii**) les méthodes utilisées pour l'extraction des composés phénoliques varient, et il a été démontré que les méthodes d'extraction influençaient le contenu phénolique total des graines de chia (**Scapin et al., 2016**). Comparativement, le contenu phénolique total des graines de chia blanches était significativement plus élevé que son homologue noires. Ce résultat est en désaccord avec les conclusions d'**Ayerza (2013)** qui, en termes de teneurs de certains composés phénoliques (myricétine, quercétine, kaempférol, chlorogénique et acides caféiques), a signalé des différences insignifiantes entre les graines de chia appartenant à Tzotzol et Iztac de couleur noir et blanche, respectivement.

La détermination de l'activité antioxydante des graines de Chia blanches et noires par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, a indiqué que les graines blanches avait un potentiel antioxydant élevé (231.6 ± 6.3 mol TE/g) par rapport au graines noires

(197.5 ± 7.4 mol TE/g) avec des IC₅₀ de 1.735 et 2.001 mg/ml respectivement. Cela peut être expliqué par le fait que les graines de Chia blanches sont plus riche en composés phénoliques. Dans l'ensemble, ces constatations correspondent à ceux rapportés par **Capitani et al. (2012)** qui ont démontré que la graine de chia dégraissée a une activité antioxydante de $226,6 \pm 4,13$ μ mol TE/g. Cette étude montre également que, quelle que soit la couleur de la graine, la graine de chia a une activité antioxydante hautement plus élevée que d'autres céréales comestibles telles que sorgho, millet, orge, seigle, et le blé, qui ont $195,8 \pm 8,82$, $23,83 \pm 0,67$, $21,00 \pm 0,83$, $12,17 \pm 0,50$ et $4,33 \pm 0,17$ mol TE/g d'échantillon, respectivement (**Ragae et al., 2006**). Concernant l'activité antibactérienne, il a déjà été démontré que la graine de chia avait une activité antimicrobienne contre des pathogènes parodontale, dont *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*, and *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (**Divyapriya et al., 2016**). Comme la graine de chia, son huile essentielle a été plus récemment démontré qu'il présente un effet antimicrobien contre certains champignons phytopathogènes (*Monilinia laxa*, *M. fructicola*, *M. fructigena*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. fumigatus*, *Penicillium digitatum*, *P. expansum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, and *Fusarium oxysporum*) et bactéries (*Bacillus megaterium*, *B. megaterium*, *B. mojavensis*, *Clavibacter michiganensis*, *Xanthomonas campestris*, *X. vesicatoria*, *Pseudomonas syringae*, *Escherichia coli* Migula, *P. savastanoi*, *Burkholderia gladioli*) (**Elshafie et al., 2018**). Ici, aucune activité antimicrobienne contre l'une des bactéries testé dans l'un ou l'autre des tests n'a été observé, suggérant que, compte tenu des rapports publiés (**Divyapriya et al., 2016 ; Elshafie et al., 2018**), les graines de chia et l'huile de graines montrent des activités antimicrobiennes spécifiques à la souche.

Discussion générale

Salvia Hispanica L. est une espèce originaire du Mexique et du Guatemala distribuée en Australie, Bolivie, Colombie, Pérou, Argentine, Amérique et en Europe. Elle est considérée comme un nouvel aliment et son utilisation a énormément augmenté (**Knez Hrcic et al., 2020**).

Après diverses analyses de la part de nombreux chercheurs sur la composition chimique des graines de Chia, il a été rapporté qu'elles contiennent une teneur élevée en lipides (30-33%), en glucides (26-41%), en fibres alimentaires (18-30%), en protéines (15-25%), en cendres (4-5%) et en vitamines et minéraux (**Hrcic et al., 2019**). Une autre étude menée sur les graines de Chia par **Ayerza. (1995)** a montré que les principaux composants sont des acides gras polyinsaturés à haute concentration oméga 3 (50-57%) et oméga 6 (17-26%). Le profil des acides gras est particulièrement intéressant qui est caractérisés par une teneur élevée en acide gras polyinsaturé principalement acide oméga 3 (α -linoléique) qui sont présent à 68% et l'acide oméga 6 (linoléique) qui sont présent en quantité très faible 19%. Il est important de souligner le rapport avantageux entre oméga 3 et oméga 6 qui est d'environ 30 à 35 % (**Kulczynski et al., 2019**).

Les graines de Chia sont une bonne source des protéines végétales, représentant 18-24% (**Granciera et al., 2019**). Le département Américain de l'Agriculture a confirmé que les graines de Chia contiennent des acides aminés exogènes (arginine, leucine, phénylalanine, valine et lysine) et certaines acides endogènes principalement (acide glutamique, acide aspartique, alanine, sérine et glycine). La teneur en sérine est de (1.05g/100g), en acide glutamique (3.50g/100g), glycine (0.95g/100g), alanine (1.05g/100g), lysine (0.97g/100g) et histidine (0.35g/100g) (**Ullah et al., 2016**), ces résultats corroborent avec ceux de (**Kulczynski et al., 2019**). Il convient de souligner que les graines de Chia ne contiennent pas de gluten et quelles peuvent donc être consommées par les patients cœliaques (**Munoz et al., 2013**).

De plus, **Hrcic et al.(2019)** a trouvé que la teneur en fibre des graines de Chia est également très élevés, dont la fraction insoluble (FIC) représente environ (85-93%) tandis que la fraction soluble (SDF) représente entre 7 et 15% (**Ali et al., 2012**). D'après **Reyes-Caudillo. (2008)**, une quantité élevée de fibres alimentaires diminue le risque de maladie coronarienne, les risques des maladies chroniques et dans les repas quotidiens diminuent la faim subséquente.

Les graines de Chia apportent de nombreux minéraux de grandes quantités, dont le phosphore (860-919 mg/100g), le calcium (456-631mg/100g), le potassium (407-726mg/100g)

et le magnésium (335-449 mg/100g). De plus, elles contiennent de certaines vitamines principalement la vitamine B1 (0.6 mg/100g), vitamine B2 (0.2 mg/100g) et la niacine (8.8 mg/100g) (**Kulczynski et al., 2019**).

Ce sont également une source riche de groupes particulièrement intéressants de phytoconstitués par une activité biologique élevée (**Kulczynski et al., 2019**). Des avancées récentes ont révélé que la graine de Chia est très riche en substances phénoliques et antioxydantes (**Marineli et al., 2014**).

En effet, **Hrcic et al. (2019)** ont déterminé le contenu en composés phénoliques des graines de Chia et leur résultats étaient de 8.8% des composés phénoliques, dont des niveaux élevés d'acide caféique, d'acide gallique, d'acide chlorogénique, d'acide cinnamique, de quercétine, de myricétine, de kaempférol et d'acide rosmarinique. Aussi, les isoflavones telles que la diadzéine, la glycitine et la génistéine sont trouvés en petite quantité.

De même que **Rahman et al. (2017)** ont rapporté que l'acide rosmarinique et la diadzéine sont les principaux composants trouvés dans les graines de Chia, ainsi que l'acide caféique, la myricétine et la quercétine.

Il a été prouvé que ces composés phytochimiques sont dotés de propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antimutagènes, anticancérogènes, effets hypertensifs et protecteurs des neurones. Ainsi ils pourraient nous protéger contre les maladies cardiovasculaires et la formation des cancers (**Das et al., 2018**).

Concernant l'activité antioxydante des extraits des graines de Chia, **Sargi et al. (2013)** a entrepris une étude comparative des activités antioxydantes par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, la méthode de piégeage du radical cationique ABTS et la réduction du fer FRAP des graines de Chia provenant du Mexique et d'Argentine. Il a été démontré que tous les extraits ont une capacité antioxydante. Cependant, une activité plus élevée a été enregistrée pour les graines de Chia présentent la capacité de piéger les radicaux libres synthétiques DPPH et de réduire les ions de fer. De mêmes résultats ont été signalés par **Coelho et Sales-Mellado. (2014)**, les extraits des graines de Chia sont capables d'atteindre les radicaux DPPH et provoquent leur neutralisation à plus de 70%.

D'autre part, les différentes études sur les graines de Chia blanches et noires ont noté des différences en teneur phénolique totale. En effet, Comparativement la graine de Chia blanche s'est avérée contenir une quantité significativement plus élevée de composés phénoliques

totales, par rapport à ses homologues noires et en conséquence, la graine de Chia a montré une meilleure activité antioxydante (**Tuncil et Çelik, 2019**).

Cela peut s'expliquer par le fait que les échantillons utilisés dans les études sont récoltés de différents endroits et il a été prouvé que les emplacements en croissance ont un impact significatif sur la composition des graines de Chia (**Ayerza, 1995 ; Ayerza et Coates, 2004 ; Ayerza, 2010 ; Ayerza, 2013**). Ou encore, les méthodes utilisées pour l'extraction des composés phénoliques dans différentes études varient, il a été démontré que les méthodes d'extraction influent le contenu phénolique total des graines de Chia mesurées (**Scapin et al., 2016**).

Après un certain nombre d'études et ces résultats mentionnés les graines de Chia peuvent être utilisées, ainsi que d'autres substances naturelles (extraits de romarin, extraits de thé, extraits de ginkgo biloba et les composés phénoliques) pour protéger les lipides et les substances biologiquement actives de l'huile pendant le stockage et l'utilisation de procédés thermiques et dans de nouveaux aliments conçus (**Gramza-Michalwska et al., 2016**).

L'activité antimicrobienne des graines de Chia sur certaines souches bactérienne n'a pas été confirmée. **Segura-compos et al. (2013)**, n'a pas indiqué d'action antimicrobienne des hydrolysats de protéines provenant des graines de Chia sur les croissances bactériennes des gram+ (*Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* et *Bacillus subtilis*) et des gram- (*E. Coli*, *Salmonella typhi* et *Shigella flexneri*). D'autres études récentes ont signalé l'effet antimicrobien de l'huile brute et des extraits méthanoliques des graines de Chia sur les bactéries *Staphylococcus aureus*, *E. Coli*, *Bacillus subtilis* et *Listeria monocytogenes* (**Divyapriya et al., 2016 ; Elshafie et al., 2018**).

Conclusion

Les graines de Chia (*Salvia Hispanica* L.) sont des graines comestibles et relativement petites, elles sont généralement plus ou moins foncées, mais certaines variétés sont blanches et noires originaire du Mexique.

Les graines de Chia ont montré des niveaux élevés de lipides, de protéines, de fibres alimentaires par rapport autres graines. Les chercheurs ont suggéré que les fibres l'un des composants du Chia en raison de sa grande capacité de rétention d'eau qui important pour la production certaine produits tels que les émulsifiantes. De plus, les graines de Chia présentaient une teneur élevée en composés phénoliques avec une activité antioxydante élevée, plus une activité antimicrobienne

Après les études ont trouvé une relation entre le contenu de composés phénoliques, de flavonoïdes et l'activité antioxydante dans les graines de Chia et que les composés phénoliques et les flavonoïdes sont le principal responsable de l'activité anti oxydante.

A partir de la, nous concluons que les graines de Chia peuvent êtres considérée comme un aliment de base, car en plus d'aider à la nutrition humaine. Elles aident également à augmenter l'indice de satiété à prévenir les maladies chroniques, inflammatoire et les maladies du système nerveux. Elles ont un grand potentiel dans les domaines de la santé, de l'alimentation, des produits pharmaceutiques e nutraceutiques en raison de leur ingrédients fonctionnels.

En conclure, que les graines de Chia ont un effet bénéfique pour la santé elle contribue contre les maladies cardiaques et formation de cancer et la prévention de troubles neurologiques, inflammation et diabète aussi des propriétés pharmaceutiques nutraceutiques et cosmétiques.

Références
Bibliographiques

1. A Guide to common Medicinal Herbs (2019) *www.uvms.necroster.eduRetrived*. 7 – 2.
2. Abderrazak, M., Joel, R. (2007). La botanique A à Z. Dunod. Paris. 177 p.
3. Ali, N.M., Yeap, S.K., Ho, W.Y., Beh, B.K., Tan, S.W. and Tan, S.G. (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *J Biomed Biotechnol*, 1-9.
4. Alkurd, A., Hamed, T. R., A - Sayyed H. (2008). Tannin Contents of selected plants used in Jordan- Jordan. *J of Agri Sc*.4: 265 274.
5. Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry* . 115(3): 785–788
6. Alu'datt, M.H., Rababah, T., Ereifej, K. and Alli, I. (2013). Distribution, antioxidant and characterisation of phenolic compounds in soybeans, flaxseed and olives. *Food Chem. Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 2, No. 139 (1-4), 93-99.
7. Alzoreky, N. S., Nakahara K. (2003). Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. *International journal of food microbiology*. 80(3): 223-230.
8. AOAC - Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists*. 18 ed. CD-ROM. (2005).
9. Association of Official Analytical chemists (AOAC). (2005). Official methods of analysis of the association of Official Analytical chemists. 18th edn.
10. Ayaz, A., Akyol, A., Inan-Eroglu, E, Kabasakal Cetin, A., Samur, G., Akbiyik, F. (2017). Chia seed (*Salvia Hispanica* L) added yogurt reduces short-term food intake and increanes satiety: nadomised controlled trial. *Nutr Res Pract*. 11(5): 412-418.
11. Ayerza, R. (1995). Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica*L.) from five northwestern locations in Argentina. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 72(9): 1079–1081.
12. Ayerza, R. (2010). Effects of Seed Color and Growing Locations on Fatty acid content and composition of two chia genotypes. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 87(10): 1161-1165.
13. Ayerza, R. (2013). Seed composition of two chia genotypes which differ in seed color. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 25(7): 495-500.
14. Ayerza, R., Coates, W., Lauria, M. (2002). Chia seed (*Salvia hispanica*L.) as na omega-3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. *Poultry Science* 81(6): 826-837.

15. Ayerza, R., Coates, W. (2001). *Chia seeds: New source of omega-3 fatty acids, natural antioxidants, and dietetic fiber*. Tucson, Arizona, USA: Southwest Center for Natural Products Research & Commercialization, Office of Arid Lands Studies. 3.
16. Ayerza, R., Coates, W. (2004). Composition of Chia grown in sin Tropical and sub-tropical ecosystems of South America. *Tropical Science*, 44:131-135
17. Badiale-Furlong, E., Colla, E., Bortolato, D.S., Baisch, A.L.M. and De Souza-Soares, L.A. (2003). Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. *Vetor. Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 2, No., 105-114.
18. Bate-Smith, E.C. (1954). Astringency in foods -Food 23,419-429.
19. Benzie, I.F.F and Strain, J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*. 239(1): 70-76.
20. Beuno, M., Di Sapio, O., Barolo, M., Busilacchi, H., Quiroga, M., Severin, C. (2010). Analisis de la calidad de los frutos de Salvia Hispanica L . (Lamiaco Comercializados en la Ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). *Boletin Latinoamericano y del Caribe de plantas Medicinals y Aromaticas*. 9(3) : 221 – 7.
21. Biesalski, H.K., Dragsted, L.O., Elmadfa, I., Grossklaus, R., Muller, M., Schrenk, D., Walter, P., Weber, P. (2009). Bioactive compounds: definition and assessment of activity. *Nutrition* 25,11,12 (GrossRef)
22. Blades, M. (2000). Fonctional foods or nutraceuticals . *Nutrition and Food Science* vol . 30, NO. 2,73-76.
23. Bochicchio, R., Philips, T. D., Lovelli, S., Galgano, F., Di Marisco, A., Pernola, M., Amato, M. (2015). The innovative Crop Productions for Healthy Food: The case of chia (Salvia Hispanica L). The sustainability of Agro - *Food and Natural Resource systems in the Mediteranean Basin Springer yield* .39-45.
24. Brand-Willians, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*. 28(1): 25-30
25. Brown, K. S. (1991). *Functional foods: A fruitful research field, but various regulatory abstacles persist*. The scientis, vol .10 , N0.5.1-8.
26. Buratto, A.P., Carpes, S.T., Vecchia, P., Schroll, E.M., Appelt, P. (2011). Determinação da atividadeantioxidante e antimicrobianaemcastanha-do-pará(*Bertholletiaexcelsa*). *RevistaBrasileira de PesquisaemAlimentos*. 2(1): 60-65.
27. Bruneton J. (1999).Pharmacognosie: Phytochimie, Plantes médicinales. 3èmeEdition. *Tec& Doc Lavoisier*. Paris. p. 1120.

28. Bushway, A.A., Belyea, P.R., Bushway, R.J. (1981). Chia seed as a source of oil, polysaccharide, and protein. *Journal of Food Science*. 46(5): 1349-&.
29. Capitani, M.I., Nolaxo, S.M., Tomas, M.C. (2013). Effect of mucilage extraction on the functional properties of chia meals. *Muzzalupo food industry. In Tech. Croacia* , 4221-497.
30. Capitani, M.I., Spotorno, V., Nolasco, S.M., Tomas, M.C. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia seeds of Argentina. *Lwt*, 45(1): 94-102.
31. Castro, A.G. (2003). A química e a reologia no processamento dos alimentos”, *Ciênciatécnica*. 25, 295.
32. Caudillo, E.R., Tecante, A., Valdivia, M.A., Lopez, L. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispania*L.) seeds. *Food Chemistry*. 107(2): 656-663.
33. Ciau – Solis, N., Rosado-Rubio, G., Segura-Campos, M. R., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L. (2014). Chemical and functional properties of Chia seed (*Salvia Hispanica*.L).Gum. *Int. J. Food Sci.* 1-5.
34. Clarisse-Luperon, F. (2013). Evaluation des connaissances. *Nutritionnelles d’un groupe de lyceens*.
35. Coelho, MS et Salas-Mellado MDLM. (2014). Caractérisation chimique du chia (*Salvia hispanica* L.) destiné à être utilisé dans les produits alimentaires. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2 (5), 263-269.
36. Coelho, V.R.,Vieira, C.G., Souza, L.P., Moysés, F., Basso, C., Papke, D.K.M., Pereira, P. (2015). Antiepileptogenic, antioxidant and genotoxic evaluation of rosmarinic acid and its metabolite caffeic acid in mice. *Life Sciences*. 122: 65–71.
37. Creus, A., Benmelej, A., Villafane, N., Lombardoa, Y. B. (2017). Dietany Salba (*Salvia Hispanica* L) Improve the altered metabolic fate of glucose and reduces increased collagen deposition in the heart of insulin resistant rats. *Prostaglandins leukot–EssentFatty Acids*.121:30-39 [CrossRef].
38. Das, A. (2018). Advances in Chia seed research. *Adv. Biotechnol Microbio. J. Molecules* 2020, 25, 115, 5-7
39. De Falco, B.; Amato, M.; Lanzotti, V. (2017). Chia seeds products: an overview. *Phytochem. Rev. Molecules* 2020, 25, 1116, 745–760.
40. De Felice, S. (1991). The nutraceutical initiative: a proposal for economic and regulatory reform. Granford, *N J: the foundation for innovation in medicine*.

41. Demirkol, M., Tarakci, Z. (2018). Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yogurt. *LWT-Food Science and Technology*. 97: 770-777.
42. Di Sapia, B.O., Busilacchi, M.H., Quinroga, M., Severin, C. (2012). Characterization morfoanatomica de hoja tallo, fruto y semilla de *Salvia Hispanica* L. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas Medicinales y Aromaticas*. 11(3) : 249-268.
43. Dincoglu, A. H., Yesildemir, O. (2019). Une source renouvelable comme aliment fonctionnel: la graine de Chia. *Current Nutrition & Food Science*. 15 (4), 327-337.
44. Divyapriya, G.K., Veeresh, D.J., Yavagal, P.C. (2016). Evaluation of antibacterial efficacy of chia (*Salvia hispanica*) seeds extract. An *in-vitro* study. *International Journal of Ayurveda Pharmaceutical Research*. 4:22–24.
45. Eden-Ceren, K. (2019). Formulation and Characterization of Chia seed oil nanoemulsions.
46. Elshafie, H.S., Aliberti, L., Amato, M., De Feo, V., Camele, I. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of chia essential oil. *European Food Research and Technology*. 244(9): 1675-1682.
47. Espada, C. E., Berra, M. A., Martinez, M. J., Eynard, A.R., Pasqualini, M. E. (2007). Effect of Chia oil (*Salvia Hispanica* L) rich in omega-3 fatty acids on the eicosanoid release, apoptosis and T-lymphocyte tumor infiltration in a murine mammary gland adenocarcinoma. *Prostaglandins leukot Essent fattyAcids*. 77 (1) : (21-8).
48. Ferreira, M.R., Alvarez, S.M., Illesca, P., Gimenez, M.S., Lombardo, Y.B. (2016). Dietary Salvia (*Salvia Hispanica* L) ameliorates the adipose tissue dysfunction of dyslipemic insulin-resistant rats. Through mechanisms involving Oxidative stress inflammatory cytokines and peroxisome proliferator activated receptor γ . *Eur. J. Nutr.*
49. Georgé, S., Brat, P., Alter, P., Amiot, M. J. (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant derived product. *J. Agric. Food Chem.* 53:1370-1373.
50. Gérard, F. (2006). Chia seed CO₂ extract: A revolutionary ingredient for food and cosmetics. *Wellness Foods Eur.* 5, 1- 4
51. Grancieri, M., Martino, H. S. D., Gonzalez de Mejia, E. (2019). Chia seed (*Salvia Hispanica* L) as a source of proteins and Bioactive Peptides with a Health Benefits: A review *J. Food - Sci Food saf.* 18, 480-499.
52. Knez Hrnčič, M., Maja, I., Darija, C., Željko, K. (2019). Review Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.): An Overview— *Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application*.

53. Herrero, M., Martín-Álvarez, P., Señoráns, F.J., Cifuentes, A. and Ibáñez, E. (2005). Optimization of accelerated solvent extraction of antioxidants from *Spirulina platensis* microalgae. *Food Chem. Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 2, No. 417-423.
54. Hocini, F. (2019) Etude phytochimique biologique et comportement électrochimique d'extrait brut d'une plante medicinale (costus indien. Memoires: Chimie organique M'sila: Universite Mohamed Boudiaf- M'sila.
55. Imme, L., Diana, L. (2003). Chia, *Salora Colombaniae Benth* Plant Symbol: SAC 06 (PDF). Natural Resource conservation service. US Département of Agriculture.
56. Ixtaina, V.Y., Martínez, M.L., Spotorno, V., Mateo, C.M., Maestri, D.M. and Diehl, B.W.K.. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *J. Food Comp Anal*, 24(2), 166-174, 2011.
57. Ixtania, V.Y., Nolaxo, S.M., Tomas, M.C. (2008). Physical properties of Chia (*Slavia Hispanica* L) seeds. *Industrial crops and products* , 28 (3): 286 – 293
58. Jin, F., Nieman D. C., Sha ,W., Xie, G., Qiu, Y., Jia ,W. (2012). Supplementation of milled Chia seeds increase plasma ALA and EPA in postmenopausal women. *Plant foods Hum. Nutr.* 67, 105-110. [CrossRef] [PubMed]
59. Kim, K.H., Tsao, R., Yang, R. and Cui, S.W. (2006). Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions". *Food Chem.* 95, 466-473.
60. Knez Hrcic, M., Cor, D., Knez, Z. (2018). Subcritical extraction of oil from black and white Chia seeds with n-propane and comparison with conventional techniques. *J. Superscrit*, 140, 182-187.
61. Kulczynski, B., Gramza-Michalowska, A. (2016). Goji Berry (*lycium barbarum*): Composition and health effects – A review. *Pol. J. Food Nutr . Sci* 66,55 821-55822.
62. Kulczynski, B., Kobus ., Cisowska, J., Kmiecik, D.,Gnanza.,Michalowska, A., Golczak, D., Korczak, J. (2016). Antiradical capacity and polyphenol composition of asparagus spears Varieties cultivated under different sunlight conditions. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 15. 267-279. [Cross Ref] [pub Med]
63. Kulczyński, B.; Kobus-Cisowska, J.; Taczanowski, M.; Kmiecik, D.; Gramza-Michałowska, A. (2019). The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds - Current State of Knowledge. *Nutrients* , 11, 1–16.
64. Lebreque, J., Doyen, M. (2005). Fonctional food. A conceptual définition. *Article en redaction* .

65. Le centre de référence sur la nutrition de l'université de Montréal. (en ligne). (10 avril 2014) disponible sur <https://extenso.org/article/les-aliments-fonctionnels/> consulté 13/06/2020.
66. Lhuillier, A. (2007). Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches *Agauria salicifolia* Hook. f. ex Oliver, *Agauria polyphylla* Baker (Ericaceae), *Tambourissatrichophylla* Baker (Monimiaceae) et *Embelia concinna* Baker (Mysinaceae). *Thèse Doc. S. Agro. Res; Inst. nat. poly. Toulouse*. 214 p.
67. Lima, D.M., Padovani, R.M., Rodriguez-Amaya, D.B., Farfán, J.A., Nonato, C.T. and De Lima, M.T. (2011). *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*. NEPA/UNICAMP.-4. ed., Campinas: NEPA – UNICAMP. 161.
68. Lin, J.Y., Tang, C.Y. (2007). Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*. 101(1): 140–147.
69. Lopez, X., Hurta, A.G., De la Cruz Terrez, A., Sangerman-Garquin, E., Ma, D., Rosas Guillerino, O., Arriaga, A., Martin, R. (2017). Chia (*Slavia Hispanica* L) situación actual y tendencias futuras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7) : 1619 – 1631
70. Macheix, J.J., Fleuriet, A., Christran, A. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique PPTUR LauSane.
71. Marineli, R.D., Moraes, E.A., Lenquist, S.A., Godoy, A.T., Eberlin, M.N., Marostica, M.R. (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*S. hispanica* L.). *Lwt-Food Science and Technology*. 59(2): 1304-1310
72. Martinez, M. (1969). Les plantes medicinales de Mexico. Mexci. Andres editions Botas. quinto. 1^{ere} partie T¹ et T² 2^{eme} partie, 3^{eme} et 4^{eme} partie.
73. Martinez-Cruz, O., Paredes-Lopez, O. (2014). Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds by ultra high performance liquid chromatography. *J Chromatography*. 13: 43-48.
74. Mencader, A. G., Duchucicz, P. R., Fernandez, F. M., Castro, E. A., Bennardi, D. O., Autimo, J. C., Romanelli, G. P. (2008). QSAR prediction of inhibition of aldose reductase for flavonoides. *Bioorgan. Med. Chem.* 16, 7470-7476.
75. Mensor, L.L., Menezes, F.S., Leitão, G.G., Reis, A.S., Santos, T.C., Cintia, S., Coube, C.S., Leitão, S.G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*. 15(2): 127-130.

- 76.** Michele Silveira Coelho, Myriam de las Mercedes Salas-Mellado. (2014). Chemical Characterization of CHIA (*Salvia hispanica* L.) for Use in Food Products. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 2, No. 5, 263-269
- 77.** Middleton, J. R. S., Chithan, K. (1993). The impact of plant flavonoïdes on mammalian biology implications for immunity, inflammation and cancer In: Harbane J B, editor. The flavonoids: Advances in research since 1986 - London, UK: Chapman and Hall.
- 78.** Milani, L.I.G., Terra, N.N., Fries, L.L.M., Rezer, A.A.S., Cichoski, A.J., Backes, A.M., Parodia, C.G. (2012). In vitro antioxidant and antimicrobial properties of persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Rama Forte) extracts. *Brazilian Journal of Food Technology*. 15(2): 118-124.
- 79.** Morais, S., Cavalcanti, E.S.B., Costa, S.M., Aguiar. L.A. (2009). Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 19(1): 315-320.
- 80.** Nitroiyova, S., Brestensky, M., Heger, J., Patras, P., Rafay, J., Sirotkin, A. (2014). Amino acids and fatty acids profile of Chia (*Salvia Hispanica* L) and flax (linum usitatissium L) seed. 8.72-76 (CrossRef) .
- 81.** Norlaily, M.A., Swee, k.Y., Boom, K., Shea, W.T., Soon, G. T. (2012). The promising future of chia (*Slavia Hispanica* L) . *J. Biomed Biotechnol* (17.19.56): 1-9
- 82.** Oliva, M. E., Ferreira, M. R., Chicco A; Lombardoa Y B. (2013). Dietary Salba (*Salvia Hispanica* L) seed rich in a-linolenic acid improves adipose tissue dysfunction and the altered skeletal muscle glucose and lipid metabolism in dyslipidemic insulin resistant rats. *Prostaglandins leukotrienes Essent Fatty Acids*. 89: 279-89.
- 83.** Oliveira - Alves S. C; Vendramini - Costa B D; Bau Betim Cazarin C; Marostica M R; Ferreira J P B; Silva A B; Parado M A; Bronze M R. (2017). Characterization of phenolic compounds in Chia (*Salvia Hispanica* L) seed; Fiber flour and oil. *Food Chem*. 232, 295-305 [CrossRef] [PubMed]
- 84.** phenolic acids from fermented rice bran with fungus *Rizhopus oryzae* Food Chem. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 2, No.146, 371-377.
- 85.** Ragaee, S., Abdel-Aal, E. M., Noaman, M. (2006). Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*. 98: 32-38.
- 86.** Rahman, M. J., Costa de Camargo, A., Shahidi. (2017). Phenolic and polyphenolic profiles of Chia Seeds and their in vitro biological activities .*J. Funct. Foods*, 35, 622-634 [CrossRef]

87. Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., Valdivia-Lopez, M. A. (2008). Dietary Fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican Chia (*Salvia Hispanica* L) seeds. *Food Chem.* 107: 656-663. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.08.062 [CrossRef] [Google Scholar].
88. Riamond, G., Roupahel, Y., Di Stasio, E., Napolitano, F., Clement, G., Maillo, R., Giordano, M., De Pascale, S. (2017). Evaluation of *Salvia Hispanica* L performance under increasing salt stress condition. *Acta horticulaturae*, 705-706.
89. Rira., M. (2006). Effet des polyphénols et des tanins sur l'activité métabolique du microbiote ruminal d'ovins. Thèse de Magister en Biochimie et Microbiologie Appliquée Université Mentouri Costantine. *Algerie* P 94.
90. Rodrigues, L. J. (2005). O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo. Lavras, Brasil, Universidade Federal de Lavras, Dissertação de Mestrado. *International Food Research Journal*, 23(6): 2341-2346.
91. Sargi, S.C., Silva, B.C., Santos, H. M., Montanher, P.F., Boeing, J. S., Santos, O., Souza, N.E., Visentainer, J.V. (2013). Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. *Food Science and Technology* 33(3): 144-158.
92. Scapin, G., Schmidt, M.M., Prestes, R.C., Rosa, C. S. (2016). Phenolics compounds, flavonoids and antioxidant activity of chia seed extracts obtained by different extraction conditions. *International Food Research Journal*. 23(6): 2341-2346.
93. Schmidt, C.G., Gonçalves, L.M., Prietto, L., Hackbart, H.S. and Furlong, E.B. (2014). Antioxidant activity and enzyme inhibition of *Journal of Food and Nutrition Research* 269
94. Segura-Campos, M.R., Salazar-Veja, I.M., Chel-Guerrero, L.A. and Betancur-Ancona, D.A. (2013). Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods", *Food Sci Technol.* 50, 723-731.
95. Shahidi, F. (2009). Nutraceuticals and functional foods: whole versus processed foods", *Trends Food Sci. Technol.* 20, 376-387.
96. Sierra, L., Rocco, J., Alarcon, G., Medina, M., Nieuw hove, C. V., Peral de Bruno, M., Jarez, S. (2015). Dietary intervention with *Salvia Hispanica* L Oil improves vascular function in rabbits under hypercholesterolaemic conditions. *J. Functional Foods.* 14: 641-649.

97. Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299(1): 152-178.
98. Spagolla, L.C., Santos, M.M., Passos, L.M.L. and Aguiar, C.L. (2009). Extração alcoólica de fenólicos e flavonóides totais de mirtilo “Rabbiteye” (*Vaccinium ashei*) e sua atividade antioxidante. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada* 30(2): 187-191
99. Stockigt, J., Sheludko, Y., Unger, M., Gerasimenko, I., Waezecha, H., Stockigt, D. (2002). High performance liquid chromatographic, capillary electrophoretic and capillary electrophoretic-electrospray ionisation mass spectrometric analysis of selected alkaloid groups. *Review Journal of Chromatography A*. 967, 85-113.
100. Suri, S., Jain Passi, S., Goyat, J. (2016). Chia seed (*Salvia Hispanica* L.). A new age functional food. *Int. J. Adv Technol. Eng. Sci*, vol. 4, no. 3, pp. 286-299.
101. Tosco, G. (2004). Os benefícios da “chia” em humanos e animais. *Atualidades Ornitológicas*. 119.
102. TUNÇİL, Y.E., ÇELİKİ, E.F. (2019). Total phenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) having different coat color. *Akademik Ziraat Dergisi* 8(1): 113-120.
103. Trovato, G. M. (2012). Behaviour, nutrition and lifestyle in a comprehensive health and disease paradigm: Skills and Knowledge for a predictive, preventive and personalized medicine EPMA. J. 38. [CrossRef] [PubMed]
104. Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imram, M., Mehmoud, S., Javid, A. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of chia (*Salvia Hispanica* L.) : A review _ J. *Food Sci technol*. 53:1750-8
105. USDA National Nutrient Database for standard Reference, Release 28, (2019) Available online: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl> (accessed on 3 May 2019)
106. Valdivia-Lopez, M. A., Tecante, A. (2015). Chia (*Salvia Hispanica* L) A review of native Mexican seed and its nutritional and functional properties. *Adv. Food Nutr. Res.* 75 53-75 [PubMed].
107. Victor, R., Preedy, Ronald Ross Watson., Vinood Patel, B. (2011). Nuts and Seeds in health and disease prevention. *Academic Press*. P1226.
108. Wolfram, T. (2018). Quelles sont les graines de Chia. Academy of Nutrition and Dietetics [en ligne] (écrit le 03 Mars 2018) Disponible sur: <http://www.eatright.org/food/Vitamins-and-supplements/nutrient-rich-foods/what-are-chia-seeds>.

109. Yezza, S., Bouchama, S. (2014). Index des métabolites secondaires végétaux. Université Kasdi Merbah, Ouargla faculté de Science de la Nature et de la Vie département biologique. P47.
110. Zelman, K. (2010). The truth about chia [en ligne] Disponible Sur :<http://www.weband.com/diet/features/truth-about-chia>(consulté le 05/06/2020).
111. Zettel, V., Hitzmann, B. (2018). Applications of Chia (*Salvia Hispanica* L) in food products. *Trends Food Sci. Technol.* 80, 43-50. doi 10.1016/J.tifs.2018.07.011 [CrossRef] [Google Sto Scholar]
112. Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry.* 64(4): 555-559.
113. <http://iamge.app.goo.gl/nCKyKhE2ZQLSmpDa7>
114. <http://images.app.goo.gl/5TPZtWDoYPTA79oi6>
115. <http://images.app.goo.gl/ryXYKPWuSTPKjuom7>
116. <http://images.app.goo.gl/MKSTGLwhp4WZ1YLS9>
117. <http://images.app.goo.gl/LDmDNPFaqYHerhvn9>
118. <http://fracademic.com/pictures/frwiki/67/cyanidin-structure.pgn>
119. <http://images.app.goo.gl/VVAqYYy4F2jYetX47>
120. <http://images.app.goo.gl/2hPNvqLeWUUqKpL68>

Article 01: Chemical Characterization of CHIA (*Salvia Hispanica* L.) for Use in Food Products.

Coelho, M.S., Myriam de las Mercedes Salas-Mella. (2014). *Journal of Food and Nutrition Research*, 2014, Vol. 2, No. 5, 263-269

Article 02: Phenolics compounds, flavonoids and antioxidant activity of chia seed extracts (*Salvia Hispanica* L.) obtained by different extraction conditions.

Scapin, G., Schmidt, M. M., Prestes, R. C. and Rosa, C. S. (2016). Department of Food Science and Technology, Center of Rural Sciences, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). *International Food Research Journal* 23(6): 2341-2346.

Article 03: Total phenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of chia seeds (*Salvia Hispanica* L.) having different coat color.

TUNÇİL, Y.E., ÇELİK, O.F. (2019). *Akademik Ziraat Dergisi* 8(1): 113-120

Résumé

Au cours des dernières années sont arrivés sur le marché de plusieurs pays des aliments associés à la notion de bénéfiques pour la santé souvent désignés par aliment fonctionnel. Ces aliments font partie de l'alimentation quotidienne, procurent des bienfaits physiologique et jouent un rôle important dans la promotion de la santé et la réduction de divers maladies grâce à leurs phytonutriments et nutriments de base. Les graines de Chia (*salvia hispanica* L.) de la famille des lamiacées sont connues par leurs propriétés nutritionnelles et leurs richesse en métabolites primaires. Elles apparaissent comme une source importante de fibres alimentaires (18-30%), de protienes (15-25%) de lipides (30-33%) et de minéraux (4-5%). De part, leur composition, les graines de Chia est une plante d'intérêt nutritionnel et médical pour sa richesse en métabolites secondaires. En effet, différentes études ont rapporté des teneurs en polyphénols totaux comprises entre 6.41 et 8.8mgGAE /g MS. L'évaluation *in vitro* du pouvoir antioxydant dans les 3 articles par deux techniques colorimétriques DPPH et FRAP a révélé des IC₅₀ comparables, qui démontre indéniablement la grande capacité antioxydante de ces graines.

Mots clés : *Salvia Hispanica* L., graines de Chia, composés phénoliques, activité antioxydante, activité antimicrobiennes

Abstract

Foods associated with the concept of health benefits often referred to as functional food have entered the market in several countries in recent years. These foods are part of the daily diet, provide physiological benefits, and play an important role in promoting health and reducing various diseases through their basic phytonutrients and nutrients. Chia seeds (*salvia hispanica* L.) from the lamiaceae family are known for their nutritional properties and their richness in primary metabolites. They appear as an important source of dietary fiber (18-30%), protein (15-25%) lipids (30-33%) and minerals (4-5%). Due to their composition, Chia seeds are a plant of nutritional and medical interest for its richness in secondary metabolites. Indeed, various studies have reported total polyphenol contents of between 6.41 and 8.8 mg GAE / g DM. The *in vitro* evaluation of the antioxidant power in the 3 articles by two colorimetric techniques DPPH and FRAP revealed comparable IC₅₀s, which undeniably demonstrates the high antioxidant capacity of these seeds.

Key words: *Salvia Hispanica* L, Chia seeds, phenolic compounds, antioxidant activity, antimicrobial activity

ملخص

دخلت الأطعمة المرتبطة بمفهوم الفوائد الصحية التي يشار إليها غالباً بالاعذية الوظيفية السوق في العديد من البلدان في السنوات الأخيرة. تعتبر هذه الأطعمة جزءاً من النظام الغذائي اليومي، وتوفر فوائد فيسيولوجية وتلعب دوراً مهماً في تعزيز الصحة وتقليل الأمراض المختلفة بفضل المغذيات النباتية الأساسية. تشتهر بذور الشيا (*Salvia Hispanica* L.) من عائلة Lamiacée بخصائصها الغذائية و ثرائها في المستقبلات الأولية تتعدى كمصدر مهم للألياف (18-30%) بروتين (15-25%) دهون (30-33%) ومعادن (4-5%). من ناحية، فإن تكوين دور الشيا هو نبات ذو فائدة غذائية وطبية لثرائها في المستقبلات الثانوية. في الواقع، بلغت دراسات مختلفة عن إجمالي محتويات البوليفينول بين 6.41 و 8.8 ملغ / جم. أظهر التقييم في المختبر لقوة مضادات الأكسدة في المقالات الثلاثة بواسطة تقنيتين قياس الألوان DPPH و FRAP أن IC₅₀ مشابه، والذي يوضح بوضوح قدرة مضادات الأكسدة لهذه البذور.

الكلمات المفتاحية:

سالفيا هيسبانيكا L، بذور الشيا، مركبات البوليفينول، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للميكروب