

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN

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

Benyahia Tani hanane
Benguerfi Fatima Zohra

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

Contributions à l'évaluation de la valeur nutritive des graines de
Chia « *Salvia hispanica* L. »

Soutenu le 01 /07 / 2021, devant le jury composé de :

Président Mr Senouci Bereksi Mohamed MCB Université de Tlemcen

Encadrant Mme Dib Benamar Hanane MCB Université de Tlemcen

Examineur Mme Seladji Bekkara Meryem MCB Université d'Oran

Année universitaire 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En seconde lieu, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères et les plus profonds à notre encadreur Mme Dib Benamar Hanane Maitre de conférences classe B au département de biologie, Faculté des science de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers. Université de Tlemcen d'avoir accepter de nous guidé tout au long de ce travail avec tant de compétence et de rigueur.

Nos remerciements s'adressent également à Mr Senouci Bereksi Mohamed Maitre de conférences classe B au département de biologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, université de Tlemcen de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Un très grand merci à Mme Seladji Bekkara Meryem Maitre de conférences classe B a l'université d'Oran pour avoir examiné ce travail.

Nous remercions également tous les enseignants du département des sciences alimentaires et particulièrement ceux du parcours AACQ ainsi que tous les étudiants de la promotion 2020-2021.

Et enfin nous tenons à remercier sincèrement toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail

A Ceux qui m'ont tout donné sans rien demander en retour

A Ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments les plus durs,

et Ceux à qui je dois tant, A mes parents pour leur amour et leur support affectif

Merci pour vos sacrifices et vos soutien que Dieu vous garde pour nous.

A mes chers grands parents, pour leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mon frère Amine et ma petite sœur Nihel pour leur aide physique et morale qu'ils m'ont apporté et qui ont été toujours là pour moi, et que je les souhaite un avenir radieux et pleins de réussite. Je vous aime.

A ma grande famille, oncles, tantes ainsi que mes cousins et cousines sans exception.

A mes chères amies. Merci pour tous les magnifiques moments qu'on a passé ensemble.

A mon binôme, Benyahia Tani Hanane avec qui j'ai eu le plaisir d'élaborer ce travail et à qui je souhaite beaucoup de succès.

Téma

Dédicaces

A ma chère Maman.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous m'avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que cet humble travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse dieu, le très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie

A l'âme de mon PAPI d'Amour.

Ce travail est dédié à mon père, qui nous a quitté pour un monde meilleure, que dieu bénisse son âme. PAPI mon premier amour, mon meilleur ami qui ma toujours poussé et motivé dans mes études.

Mon chemin depuis le temps, ma lumière dans le sombre, mon cher papi d'amour sachez là ou vous êtes dans le paradis que j'ai pu enfin réaliser un de tes rêve dans tu as toujours rêvé alors soyez fière de ta fille cher papa et repose en paix ...

*Je dédie à **mon mari Bouchaour HadjAhmed** pour l'amour et l'affection qui nous unissent. Je ne saurais exprimer ma profonde reconnaissance pour le soutien continu dont tu ma toujours fait preuve, m'encouragé, et m'incité à faire de mon mieux, ton soutien m'a permis de réaliser le rêve tant attendu. Que dieu te bénisse et te garde pour moi dans ma vie Eternel.*

*Je dédie à ma petite famille adorés, ma belle-mère **Chabane Sari Samira** et à mon beau père **Bouchaour Abderrahmane** et à mes belles sœurs **Meghnouni Amina** et **Bouchaour Fatima Zohra Wissem**, qui m'ont encouragé et soutenus. Et je prie Dieu de les protéger et de les garder pour moi.*

*Je dédie **A ma chère sœur Ikram, mes chers frères Anis, Mohamed et son épouse Rania, et mes Grand-mères** pour leur soutien, leur disponibilité, et leur aide tout au long de ce travail.*

A toutes les personnes de ma grande famille, tantes, oncles cousins et cousines

*Et sans oublier mes meilleures amies **Farah, Selma, Bouchera, Imane, Hayem, Manel** pour l'aide et le soutien moral.*

*Je dédie ce travail à mon binôme, **Benguerfi Fatima Zohra** avec qui j'ai eu l'honneur de collaborer et à qui je souhaite beaucoup de succès et de réussite .*

Et A mes amies et collègues de promotion, pour leur collaboration et pour les bons moments partagés tout au long de notre formation.

Hanane

Résumé

Plusieurs études ont démontré que les aliments fonctionnels ont reçu une grande attention ces dernières années, en raison de leurs avantages pour l'amélioration de la santé. Ainsi l'intérêt croissant pour l'étude des graines de Chia *Salvia hispanica* L. est dû à leurs propriétés nutritionnelles et bénéfiques pour la santé, qui ont été reconnues dans certains de leurs composants, à savoir, leur teneur élevée en acides gras essentiels polyinsaturés (32.5g/100g), ainsi que leur richesse en oméga 3, le rapport oméga 3/oméga 6 de (0.29), également à la teneur élevée en fibres (37.4g/100g), protéines (24g/100g), minéraux et autres composants bioactifs tels que les tocophérols et les composés phénoliques.

Les graines de Chia ont un pouvoir réducteur des maladies cardiovasculaires, et un effet protecteur contre le stress oxydatif et les maladies liées à l'obésité. En outre, sa carence en gluten fait d'elles un excellent aliment pour les personnes souffrant de la maladie cœliaque.

Dans ce mémoire notre intérêt s'est porté sur l'étude des métabolites primaires contenus dans la graine de chia afin d'évaluer sa valeur nutritive en sélectionnant trois articles scientifiques portant sur cette même thématique.

Mots clés : *Salvia hispanica* L., graines de Chia, métabolite primaire, composition chimique.

Abstract

Several studies have shown that functional foods have received a lot of attention in recent years, due to their benefits for health improvement. Therefore, the growing interest in the study of Chia seeds *Salvia Hispanica L.* is the result of their nutritional properties and health benefits, which have been recognized in some of their components, namely, their high content of essential polyunsaturated fatty acids (32.5g/100g), their richness in Omega 3 and in the ratio of Omega 3/Omega 6 of (0.29), as well as their high content of fiber (37.4g/100g), protein (24g/100g), minerals and other bioactive components such as tocopherols and phenolic compounds. The Chia seeds have a power reducer of the cardiovascular diseases, and a protective effect against oxidative stress and diseases related to obesity. In addition, its lack of gluten makes it an excellent food for people suffering from Celiac disease. In this thesis our interest was focused on the study of the primary metabolites contained in Chia seeds in order to evaluate their nutritional value by selecting three scientific articles related to the same subject matter.

Key words: *Salvia Hispanica L.*, Chia seeds, primary Metabolite, chemical composition.

ملخص

أظهرت العديد من الدراسات أن الأطعمة الوظيفية قد حظيت باهتمام كبير في السنوات الأخيرة، بسبب فوائدها المعززة للصحة. وبالتالي فإن الاهتمام المتزايد بدراسة بذور الشيا يرجع إلى خصائصها الغذائية والمفيدة للصحة التي تم التعرف عليها في بعض مكوناتها وهي محتواها العالي من الأحماض الدهنية الأساسية المتعددة غير المشبعة (32.5 جم / 100 جم) بالإضافة إلى ثرائهم في أوميغا 3 ، نسبة أوميغا 3 / أوميغا 6 (0.29) ، وكذلك غني بالألياف (37.4 جم / 100 جم) والبروتينات (24 جم / 100 جم) والمعادن والمكونات النشطة بيولوجياً الأخرى مثل توكوفيرول والمركبات الفينولية

بذور الشيا لها تأثير مخفض في أمراض القلب والأوعية الدموية وبقي من الإجهاد التأكسدي والأمراض المتعلقة بالسمنة. بالإضافة إلى ذلك ، فإن نقصه في الجلوتين يجعلها غذاء رائع للأشخاص الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية. في هذه الذاكرة ، تركز اهتمامنا على دراسة المستقبلات الأولية الموجودة في بذور الشيا من أجل تقييم قيمتها الغذائية من خلال اختيار ثلاث مقالات علمية المتعلقة بهذا الموضوع

الكلمات المفتاحية: سالفيا هيسبانيكا إل ، بذور الشيا ، المستقبل الأولي ، التركيب الكيميائي

liste des abréviations

%: Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

µg : Microgramme.

AGPI : Acides gras polyinsaturés.

ALA : Acide gras α linoléique.

ANOVA : Analysis Of Variance (analyse de variance).

AOAC: Association of official analytical chemists.

cm : Centimètre.

CI50 :50 pourcents de la concentration d'inhibition.

d'IgE : Immunoglobine E.

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle.

EASI -MS: European Academic Supercomputing Initiative.

FAME : Les esters méthyliques d'acides gras.

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power(Pouvoir antioxydant ferrique réducteur).

IDF : La fibre alimentaire insolubles.

IP : Indice de peroxyde.

G : Gramme.

GC : Chromatographie en phase gazeuse.

G/kg : Gramme par kilogramme.

H : Heure.

HDL : Lipoprotéines à haute densité (le bon cholestérol)

Kg : Kilogramme.

KOH : Hydroxyde de potassium.

L : Acide linoléique.

LDL : Lipoprotéines à faible densité (le mauvais cholestérol).

Ln : Acide linoléique.

(L-ORAC) : Lipophile .

m: Mètre.

MCV : Les maladies cardiovasculaires.

MDA: Le dosage du malondial-dehyde .

mEq: L'indice de peroxyde.

min: Minute.

mg: Milligramme.

mg/ml: Milligramme par millilitre .

ml: Millilitre.

mm: Millimètre.

mmol : Millimole.

mmol Trolox(TE)/g : Millimole (L'acide 3,4-dihydro-6-hydroxy-2,5,7,8-tétraméthyl-2H-1-benzopyran-2-carboxylique)/ gramme.

mol/l: Mole par litre.

m/z :m Représente la masse et z la valence.

nm: Nanomètre.

O : Acide Oléique

OMS : Organisation mondiale de la santé

ORAC : Capacité d'absorption des radicaux oxygénés

P : Acide palmitique.

PH : Potentiel hydrogène.

RDI :Reference Daily Intake (apports journaliers recommandés).

S : Acide stéarique.

SDF : La fibre alimentaire soluble .

TAC : La capacité antioxydante totale.

TAG : Triacylglycérols.

[TAG p K] : Triacylglycérols(p) sont ceux correspondent aux ions de potassiums.

[TAG p Na] : Triacylglycérols(p) sont ceux correspondent aux ions de sodiums.

TBA : Température bille anneau (Le point de ramollissement de l'acide 2- thiobarbiturique par la méthode bille et anneau).

TBARS : Substances réactives à l'acide thiobarbiturique.

TDF : La fibre alimentaire totale.

TEAC : Potentiel antioxydant.

Tr/min : Toure par minute.

UK: United Kingdom (Royaume-Uni).

US: United States (États-Unis).

V/V : Volume / Volume.

(X) : Signifie que le composé est présent dans l'échantillon **S** : United States (États-Unis)

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les classes des aliments fonctionnels.....	07
Tableau 02 : Classification de la plante de <i>Salvia hispanica</i> L.....	09
Tableau 03 : Les teneurs en composants chimiques de la <i>Salvia hispanica</i> L.....	12
Tableau 04 : Les valeurs d'acides aminés dans 100g de Chia.....	13
Tableau 05 : La teneur en acide gras dans 100g de graines de Chia.....	15.
Tableau 06 : Le taux des vitamines (/100g)	17
Tableau 07 : Le taux des minéraux (/100g).....	17
Tableau 08 : La composition chimique des graines de Chia sur une base humide.....	26
Tableau 09 : Valeurs en eau, protéines, huiles et fibres de deux génotypes des graines de <i>Salvia hispanica</i> L.....	32
Tableau 10 : Composition proximale des graines de chia chilien (<i>Salvia hispanica</i> L.).....	37
Tableau 11 : Profils d'acides gras de l'huile de Chia Chilienne (<i>Salvia hispanica</i> L.).....	38
Tableau12 : Principaux ions TAG détectés par EASI-MS dans l'huile de Chia (<i>Salvia hispanica</i> L.).....	39
Tableau 13 : Valeurs de l'indice de peroxyde et du malondialdéhyde de la graine et de l'huile de Chia (<i>Salvia hispanica</i> L.).....	40
Tableau14 :La valeur de l'indice de peroxyde de l'huile de Chia Chilienne.....	40
Tableau15 : La valeur MDA de l'huile de chia chilienne soja et colza.....	41
Tableau16 : Les composés phénoliques identifiés dans les graines et l'huile de Chia (<i>Salvia hispanica</i> L.).....	41
Tableau 17 : Activité antioxydante des graines de Chia Chilien (<i>Salvia hispanica</i> L.).....	42

Liste des photos

Photo 01: <i>Salvia Hispanica</i> L.....	08
Photo 02: Les fleurs de <i>Salvia hispanica</i> L.....	09
Photo 03 : Les graines de <i>Salvia hispanica</i> L.....	09

Liste des figures

Figure 01 : La teneur en protéines dans les graines de Chia et quelques céréales (%)	13
Figure02 : Comparaison entre la teneur en fibre de la graine de Chia et quelques aliments.....	16
Figure 03 : La consommation de la graine de Chia dans plusieurs pays	21
Figure04 : Comparaison entre les résultats de Sargi et al. (2013) et Scapin et al. (2016).....	27
Figure 05 : Comparaison entre le taux d'humidité des graines noires et blanches.....	30
Figure 06 : Comparaison entre la teneur en protéines des graines de chia noires et blanches.....	30
Figure 07 : Comparaison entre la teneur en lipides des graines de chia noires et blanches.....	31
Figure 08 : Comparaison entre la teneur en cendres des graines de chia noires et blanches.....	31
Figure 09 :Empreintes TAG obtenues par EASI (p)-MS de l'huile de Chia (<i>Salvia hispanica</i> L.).....	39

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Liste des abréviations

Introduction 01

Partie 01 : synthèse bibliographique

..... 2

2-Les fonctions des aliments fonctionnels 6

2.1.Le renforcement du système immunitaire 6

2.2.La capacité de réduction des risques 6

2.3. Les excès et les déficiences 6

2.4.Effet sur le microbiote 7

3-Caractéristiques de la plante sélectionnée..... 7

3.1.Présentation et description de la plante étudiée *Salvia hispanica* L. 7

3.2.Description botanique de la plante 8

3.3.La plantation du *Salvia hispanica* L..... 10

L'arrosage : 10

Les engrais : 10

Le semis : 10

L'espacement : 10

4-Historique : 10

5- La Composition chimique des graines de Chia..... 11

5.1. Teneur en protéines 12

5.2. Teneur en lipides 14

5.3.Teneur en fibres et en glucides 15

5.4.Teneur en vitamine et minéraux 16

Le manganèse 16

Le cuivre : 16

Le fer : 16

Le magnésium 16

Le calcium	16
6- Les effets thérapeutiques des graines de chia	17
6.1. Effets cardio-protecteurs et hypotenseur	17
6.2. Effet sur le système immunitaire	18
6-3 Effets sur la peau.....	18
6.4. Effets sur le tube digestif.....	19
6.5. Effet sur le diabète.....	19
6.6. Effet sur le poids.....	19
6.7. Les graines de chia sont également très appréciées des femmes enceintes	20
7-L'évolution de la graine de <i>Salvia hispanica</i> L	20
8- L'utilisation des graines de Chia <i>Salvia hispanica</i> L.....	21

Partie 02 : synthèse des articles

Article 01 : Composés phénoliques, flavonoïdes et activité antioxydante des extraits de graine de chia *Salvia hispanica* L. obtenus par différentes méthodes d'extraction (**Scapin et al., 2016**).

L'objectif de l'étude	24
Matériel et méthodes	24
Interprétation des résultats.....	25
Discussion	27

Article 2 : Le contenu phénolique total, activité antioxydante et antibactérienne des graines de Chia (*salvia hispanica* L.) de couleurs différentes (**Tuncil et Celik, 2019**)

L'objectif de l'étude	248
Matériel et méthodes	28
Interprétation des résultats.....	29
Discussion	31

Article 3 Caractérisation chimique et potentiel antioxydant des graines et de l'huile de chia (*Salvia hispanica* L.) d'origine Chilienne (**Marineli et al., 2014**).

Objectif de l'étude	33
Matériel et méthodes	33
Interprétation des résultats.....	37
Discussion	42

Discussion générale..... 47

Conclusion..... 50

Références bibliographiques 52

Annexes

Introduction

La nutrition est une discipline qui s'intéresse aux besoins nutritionnel qui est à la base de l'échange de matière et d'énergie entre l'organisme et son environnement (**mourey, 2004**), puisque l'être humain est en général en contact avec cette dernière les chercheurs se sont intéressés à ce domaine afin d'assurer un apport adéquat de nutriments pour compléter le régime alimentaire normal par la consommation des pseudo-céréales telles que les graines de Chia (*Salvia hispanica* L.) dont l'intérêt ne cesse de croître. Pour cette raison, des enquêtes concernant la composition et les effets potentiels sur la santé des graines de Chia sont en cours. De plus, la récente approbation des graines de Chia en tant que nouvel aliment permet sa consommation et son incorporation dans une large gamme d'aliments ainsi que leurs avantages potentiels pour la santé humaine et leur rôle en tant qu'aliment fonctionnel (**Ullah et al., 2016**).

Cette graine est devenue largement disponible. Elle est une graine ancienne annuelle originaire du Mexique, de Colombie et du Guatemala, qui fait partie de la consommation humaine depuis environ 5500 ans. Elle était également utilisée à des fins artistiques et thérapeutiques par les civilisations maya et aztèque indigène (**Ferreira et al., 2015**). Les utilisations culinaires des graines de Chia varient des graines entières à la farine, du mucilage et l'huile de graines (**Cahill, 2003**).

En raison de leurs aspects nutritionnels, les graines de Chia sont une tendance actuelle dans l'alimentation humaine et sont de plus en plus consommées dans le monde. Plusieurs chercheurs ont démontré que la consommation des graines de Chia diminue la cholestérolémie, module les réponses glycémiques et insulinémiques (**Chicco et al., 2009**), améliore la fonction intestinale et joue un rôle protecteur contre maladies cardiovasculaires (**Vuksan et al., 2007**). Ces effets bénéfiques pour la santé sont attribués à ses constituants, principalement à son huile, ses fibres alimentaires et ses composés antioxydants, leurs propriétés émulsifiantes sont un autre caractéristique importantes car ils sont capables de former un gel polysaccharidique qui peut fonctionner comme stabilisant et épaississant avec diverses applications dans l'industrie alimentaire (**Ullah et al., 2016**).

Pour cela, le présent travail s'inscrit dans le cadre de la mise en valeur de la graine de Chia *Salvia hispanica* L. afin d'étudier sa composition chimiques et évaluer sa valeur nutritive.

Nous avons réalisé ce mémoire qui se subdivise essentiellement en deux parties :

La première comprend une étude bibliographique portant sur les caractéristiques de la plante, sa description botanique, son historique, sa composition chimiques ainsi que ses effets thérapeutiques.

Dans la deuxième partie on a sélectionné trois articles scientifiques.

Enfin, on a discuté les résultats dans une discussion générale puis terminer par une conclusion.

Partie 01 :
Synthèse bibliographique

1-Définition des aliments fonctionnels

Ces dernières années, des aliments dits «fonctionnels» sont apparus dans le régime alimentaire mondial. À ce titre, ils constituent la réponse du secteur agroalimentaire aux nouvelles préoccupations des consommateurs concernant l'alimentation, notamment en ce qui concerne l'importance croissante des problèmes de santé. En effet, ce type d'aliment s'inscrit dans une tendance de plus en plus évidente dans le secteur agroalimentaire: un passage de la volonté d'éliminer les «mauvais» ingrédients des aliments (gras, sucre, sodium, etc.) à la volonté d'en ajouter des bons ingrédients « prébiotiques ... » (**Mulry, 2002**). Ils ont fait de nouvelles promesses en matière de santé car ils auraient des effets spécifiques et bien documentés (**Saher et al., 2004**). À cet égard, les aliments fonctionnels représentent l'expression de cette prise de conscience de la santé, qui augmente chez les consommateurs occidentaux (**Saher et al., 2004**).

Un aliment fonctionnel peut se définir comme un produit alimentaire prouvé, qui présente une composition spécifique ou qui contient un ou plusieurs ingrédients affectant de manière ciblée la santé humaine selon la dose et la nature des nutriments ou ingrédients afin d'obtenir des effets positifs qui puissent justifier des allégations fonctionnelles (**Rossignol-castera et al., 2011**).

Les aliments fonctionnels ne guérissent pas ou ne préviennent pas les maladies par eux-mêmes et ne sont pas essentiels à l'alimentation. Ils doivent être considérés dans le contexte d'une alimentation saine pour exercer leur intérêt potentiel. Leur intégration dans l'alimentation, ajoute des bénéfices en fonction de l'état physiologique individuel (grossesse, allaitement, activité physique, etc.) (**Doyon et Tamin, 2006**).

La consommation des aliments fonctionnels en cas d'exclusion de certains aliments par intolérance (par exemple, poisson, noix et lait), des apports sous-optimaux (légumes et fruits) ou de faibles apports (par exemple, lait et produits laitiers et poisson), dans ces cas, l'inclusion d'aliments enrichis en acides gras oméga-3, de vitamines ou de lait et de produits laitiers enrichis en calcium ou de probiotiques pourrait aider à augmenter les besoins nutritionnels individuels. Dans les maladies chroniques (ostéoporose, MCV, obésité, diabète, syndrome métabolique, etc.), le besoin de certains nutriments peut augmenter et certaines substances bioactives contenues dans les aliments fonctionnels pourraient avoir des effets bénéfiques sur la santé (**Doyon et Tamin, 2006**).

2-Les fonctions des aliments fonctionnels

2.1. *Le renforcement du système immunitaire*

Plusieurs des produits actuellement développés ont un rôle de renforcement du système immunitaire, des capacités intellectuelles et physiques. Deux groupes de personnes sont principalement visés par la fonction de renforcement du système immunitaire : les personnes âgées et les enfants présentant des carences alimentaires. Dans le groupe de produits ayant un effet de renforcement du système immunitaire, on retrouve les produits à base de probiotiques et prébiotiques (yaourts additionnés de probiotiques, par exemple) et de produits à haute teneur de vitamines (vitamine A et vitamine D) (**Weststrate et al., 2002**).

2.2. *La capacité de réduction des risques*

Suite à l'étude de la situation de la santé publique et épidémiologique actuelle, il en ressort que la gestion des maladies du système cardio-vasculaire constitue un défi de taille pour les populations et les services de santé publique de plusieurs pays (**Doyon et Tamin, 2006**).

Plusieurs aliments fonctionnels présents sur le marché concernent donc ce risque : produits contenant des probiotiques, des prébiotiques ou encore des acides gras poly insaturés (Omega-3 et Omega-6). Les aliments réduisant les risques de cancers font également l'objet de développement. Ce sont des aliments fonctionnels contenant des probiotiques, des prébiotiques, des nutriments antioxydants ou des folates. Des risques plus généraux comme ceux liés à la vieillesse sont également concernés. Les aliments fonctionnels riches en substances minérales aideront par exemple à réduire les risques d'ostéoporose (**Doyon et Tamin, 2006**).

2.3. *Les excès et les déficiences*

Les excès et les déficiences alimentaires constituent un des défis des chercheurs et de l'industrie des aliments fonctionnels. Pour **Lajolo. (2002)**, il existe un besoin et une opportunité pour des aliments fonctionnels traitant des déficiences cliniques classiques comme celles émergeant dans des sous-groupes particuliers. Ainsi, des aliments riches en micronutriments doivent être disponibles afin de répondre aux besoins des consommateurs et des responsables. Il y a des produits qui sont tous reconnus comme étant pauvres en micronutriments, ce qui permet de souligner l'importance de l'ingestion de produits riches en substances telle que les acides foliques, le zinc, le sélénium et le calcium.

2.4. Effet sur le microbiote

Les aliments fonctionnels peuvent faciliter le rétablissement de certaines maladies. Il s’agit principalement des produits de la sphère colorectale qui aident à rétablir la flore intestinale suivant une gastro-entérite (probiotiques) (Gill et Rowland, 2003).

Tableau 01 : les classes des aliments fonctionnels (Doyon et Tanim, 2008)

Produit naturel	Un aliment contenant naturellement des composés santé	Fruits et légumes
Produit modifié	Un aliment duquel un composant nocif a été retiré, réduit ou remplacé par une autre substance aux effets bénéfiques	-Fibres libérant de la graisse -Les produits de viande ou la crème glacée
Produit fortifié	Un aliment fortifié en nutriments additionnels	-Jus de fruits fortifiés en vitamine C. - laits additionnés en vitamine
Produit enrichi	Un aliment dans lequel ont été ajoutés des nutriments ou des composés qui ne les contient normalement pas	-Margarines additionnées en esters de stérols. -des produits pré-probiotiques
Produit amélioré	Un aliment dans lequel la teneur de l’un des composés a été élevée grâce à des conditions particulières d’élevage ou une composition optimisée de la nourriture	-Œufs enrichis en omega-3, - produits en modifiants l’alimentation des poules pondeuses

3-Caractéristiques de la plante sélectionnée

3.1.Présentation et description de la plante étudiée *Salvia hispanica* L.

Les graines comestibles du Chia proviennent d’une plante herbacée annuelle (*Salvia hispanica* L.) appartenant à la famille des lamiacées. Elle est originaire du centre du Mexique jusqu’au nord du Guatemala. Ces graines étaient l’une des principales cultures des sociétés précolombiennes et Aztèques. Elle a été utilisée dans l’alimentation humaine vers 3500 av sous forme de graine entières, de farine et de mucilage (Ayerza et coates, 2011).

Elles sont devenues très appréciées grâce à leurs propriétés nutritionnelles et leur valeur médicinale, ainsi que leur considération comme un super-aliment en raison de son potentiel nutraceutique (**Jamboonsri et al., 2012**).

3.2. Description botanique de la plante

Le Chia connue en botanique sous le nom de *Salvia hispanica* L. est une plante herbacée annuelle, elle fait partie de la famille des Lamiacées et comprend 900 espèces. Cette plante peut atteindre 1m de hauteur. Ses feuilles striées, portées par un pétiole, mesurent 4–8 cm de longueur et 3–5 cm de largeur (**Munoz et al., 2013**). Ses tiges sont quadrangulaires, ses fleurs blanches ou bleues sont bisexuées, de 3–4 mm de diamètre, poussant en verticilles à l'extrémité des pousses (photo 2). Après avoir soufflé excessivement, le chia forme des fruits ronds, contenant de nombreuses petites graines de forme ovales de 2 mm de longueur et 1 mm de largeur (**Da silva et al., 2014**). La surface de la graine est lisse, brillante, de couleur allant du blanc au gris au brun, avec des taches noires irrégulièrement disposées (**Di sapio et al., 2012**). Le parfum des graines est doux, elles ont un léger goût de noisette imperceptible.



Photo 01 : *Salvia Hispanica* L. (**Melo-Ruiz et al., 2016**)



Photo 02 : les fleurs de *Salvia hispanica* L.

<https://www.ethnoplants.com/fr/plantes-graines-nord/56-salvia-hispanica->

[Sauge-chia-graines-html/amp](#)

Photo 03 : les graines de *Salvia hispanica* L.

<http://www.lasantedanslassiette.com/au-amerique-du-menu/articles/graines-chia-bienfaits.html>

Tableau 02 : Classification botanique de *salvia hispanica* L. (Victor et al., 2011)

Classification	
Règne	plante
Sous –règne	Tracheobiontes ou tranchiophytes
Division	Magnolophytes ou angiospermes
Classe	Magnolopside ou dicotylèdones
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Llamiales
Famille	Lamiacées
Genre	Salvia
Espece	<i>Salvia hispanica</i> L.
Nom	Chia

3.3. La plantation du *Salvia hispanica* L.

La Chia préfère la période de nuits afin qu'elle produise les fleurs, de sorte que ceux qui résident dans les régions du nord peuvent la cultiver à la fin de l'été pour forcer la floraison avant le premier gel, les graines à germination biologique sont suffisantes pour la faire pousser **(Irma Smith, 2018)**.

Le chia est une plante qui résiste naturellement à la chaleur, à la sécheresse, aux maladies et aux parasites nécessitant peu de fertilisation, elle a besoin de très peu d'entretien et elle est parfaite pour repousser les mauvaises herbes.

Quant à ses besoins en lumière elle se développe en plein soleil, de préférence un endroit qui reçoit de 6 à 8 h de lumière directe par jour.

Le sol : le chia préfère les sols bien drainés, argileux ou sablonneux.

L'arrosage : l'irrigation se fait quotidiennement pour les jeunes plantes, jusqu'à ce qu'ils soient bien établis, les matures tolèrent les périodes de sécheresse ne nécessitent qu'un arrosage occasionnel lorsque la précipitation est faible.

Les engrais : le sol doit être modifié avec des composts ou d'autres matières organiques comme la luzerne, après cet apport initial de nutriments le chia ne devrait pas avoir besoin de fertilisation supplémentaire.

Le semis : quand le risque du gel passe, les graines doivent être épanchées dans le sol, elles n'ont pas besoin d'être enterrées, il suffit de les tapoter délicatement dans le sol, pour les protéger et elles peuvent germer à l'intérieur sous une tente humide puis plantées dans le sol lorsqu'elle dépasse les 8 cm de hauteur **(Irma Smith, 2018)**.

L'espacement : les plantes doivent être placées à 30 cm les uns des autres.

4-Historique :

Le Chia (*Salvia hispanica* L.) est une plante originaire du centre du Mexique et du nord du Guatemala qui appartient à la famille des Lamiacées **(Ayerza, 2010)**, ces graines sont actuellement utilisées comme aliments fonctionnels et également pour produire des suppléments et des produits nutraceutiques **(Balakrishnan, 2015 ; Smit et Geetika, 2012)**. Le Chia a été classé par le botaniste suédois **Carl Von Linneo** en **1753**, qui l'a nommé *Salvia* (sauver ou guérir) *hispanica* (espagnol) qui en latin signifie plante espagnole pour guérir ou sauver

(**Urbina, 1887**). Il est évident que ce nom a été donné à tort car bien que le chia ait été collecté par Löffling à Madrid (**Lopez, 2007**), cette espèce n'est pas originaire d'Espagne, mais elle a été transportée par Cristophe Colomb du Mexique vers ce pays (**Urbina, 1887**). **Vavilov. (1931)** a démontré qu'effectivement le Chia n'est pas originaire d'Espagne, mais que son centre d'origine est le Mexique et l'Amérique centrale, le mot Chian (aujourd'hui nommé chia) signifie huileux, les Aztèques utilisaient donc le mot Chia pour désigner toutes les épices du genre *Salvia* dont la principale caractéristique est leur teneur élevée en huile (par exemple, *Salvia hispanica* L, *Salvia polystachya* O., *Salvia tiliifolia* V. et *Salvia columbariae* B) (**Ayerza et Coates, 2006**).

Le Chia est l'ancien aliment de base du Mexique depuis 3500 ans (**Ayerza et Coates, 2006**) et le régime aztèque de plus de onze millions d'habitants (**Gutiérrez et al., 2014**). Cette affirmation est étayée par les archives du codex de Mendocino, ils ont consommés quinze mille tonnes de graines de chia par an (**Alvarado, 2011**) et surtout pendant les guerres qui duraient plusieurs jour, leurs guerriers qui parcouraient de grandes distances n'avaient que cette graine oléagineuse comme nourriture grâce à sa teneur en lipide qui fournit de l'énergie ainsi que son pouvoir rassasiant (**Illian et al., 2011**). Donc à l'époque précolombienne cette culture était cultivée à plusieurs endroits du Mexique. D'un autre côté **Lopez. (2010)** a rapporté qu'entre 1500 et 1550 à Olinala et Temalacatzingo Guerrole Chia était utilisé comme nourriture, médicament et ainsi que sur la production artisanale qui faisait partie du tribut aztèque et était vendu pour acheter du maïs, de l'or, et du cacao qui payait tribut aux Aztèques (**Sosa et al., 2016**). Pour finir, la graine de Chia embrasse un lourd passé remplis de défis mais un excellent et brillant avenir plein de succès.

5- La Composition chimique des graines de Chia

Diverses études ont montré que les graines de chia sont constituées de macronutriments et de micronutriments vitaux (**Coelho et Salas-Mellado, 2014 ; Ixtaina et al., 2008**). Les macronutriments les plus courants sont les protéines et les lipides avec un profil de bonne qualité en acides gras, les cendres, les glucides et les fibres alimentaires.

Suri et al. (2016) ont rapporté que différents écosystèmes influencent la composition nutritionnelle des protéines, des acides gras et des fibres dans les graines de Chia (**Ixtaina et al., 2008**). **Coelho et Salas-Mellado. (2014)** ont déclaré que la teneur en fibres alimentaires était supérieure à 30 % du poids total de la graine et qu'environ 19 % de la graine contient des protéines de haute valeur biologique et avec une très bonne variété d'acides aminés essentiels et des lipides en moyenne de 30.74%. **Ullah et al. (2016)** ont rapporté que les graines de Chia

sont de bonnes sources de vitamines, d'antioxydants et d'autres minéraux importants (Suri et al., 2016). Les bienfaits pour la santé humaine des graines de Chia ont beaucoup attiré l'attention des chercheurs et des consommateurs en raison des acides gras essentiels et d'un niveau élevé de protéines et d'autres composants comme les composés photochimiques tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tocophérols, les stéroïdes et les caroténoïdes (Valdivia-López et Tecante, 2015). Ceux-ci incluent une augmentation des taux sanguins, une amélioration de la glycémie, une baisse de la pression artérielle et une amélioration de la santé des intestins (Marcinek et Krejpcio, 2017 ; Suri et al., 2016).

Tableau 03 : Les teneurs en composants chimiques de la *salvia hispanica* L. (Marineli et al., 2014)

Les composants	Les valeurs (g/100g)
Humidité	5.82 ± 0.04
Cendres	4.07 ± 0.02
Protéines N= 6.25	25.23 ± 0.21
Lipides	30.22 ± 0.08
Glucides	34.57 ± 0.26
Fibres insolubles	35.07 ± 0.90
Fibres solubles	2.43 ± 0.30
Fibres totales	37.50 ± 1.07
Valeur énergétique	567.60 ± 9.60

5.1. Teneur en protéines

Avec une teneur en protéines de 20%, le Chia possède un potentiel énorme pour corriger et prévenir la malnutrition protéino-énergétique. Sa teneur en protéines dépend essentiellement de facteurs environnementaux et agronomiques. Elle est supérieure à la teneur en protéines de toutes les céréales (figure 1). L'absence de gluten dans le Chia est une autre caractéristique unique c'est pour ça qu'elle peut être consommée par les patients souffrant de la maladie cœliaque. La littérature a révélé la présence de 9 acides aminés essentiels dans le Chia en quantité appréciable (Ullah et al., 2015)

Les résultats d'une étude ont révélé que la prise de 25% de protéines de l'énergie totale entraîne une perte de graisse importante (Skovet al., 1999). La consommation d'un régime riche en protéines peut également aider à maintenir le poids corporel, et un régime pauvre en protéines 5% de l'énergie totale consommée. Sur 113 hommes et femmes en surpoids étudiés pendant 4 semaines. Ils ont conclu que le groupe qui a été nourri avec un régime riche en protéines a perdu plus de poids que l'autre groupe qui a suivi un régime pauvre en protéines (Lejeune et al., 2005). La prise régulière de Chia peut aider les hommes et les femmes en surpoids à perdre du poids; Cependant, cet aspect nécessite une enquête détaillée.

La principale protéine de la graine de Chia est la globuline qui constitue environ 52% de la totalité des protéines ainsi que les prolamines. Les semences ont révélé un bon équilibre d'acides aminés essentiels et non essentiels (Sandoval-Oliveros et Paredes-Lopez, 2013).

Les graines de chia ont une quantité importante de protéine, elles sont classées parmi les céréales les plus riches en acides aminés essentiels, avec une teneur très élevée (20.7%). Suivi par l'avoine avec un pourcentage de 16.88% et l'orge 12.48% (figure 1) qui sont aussi une excellente source de protéines, par contre le maïs et le riz ont une quantité significativement limitée (Ayreza et coats, 2005).

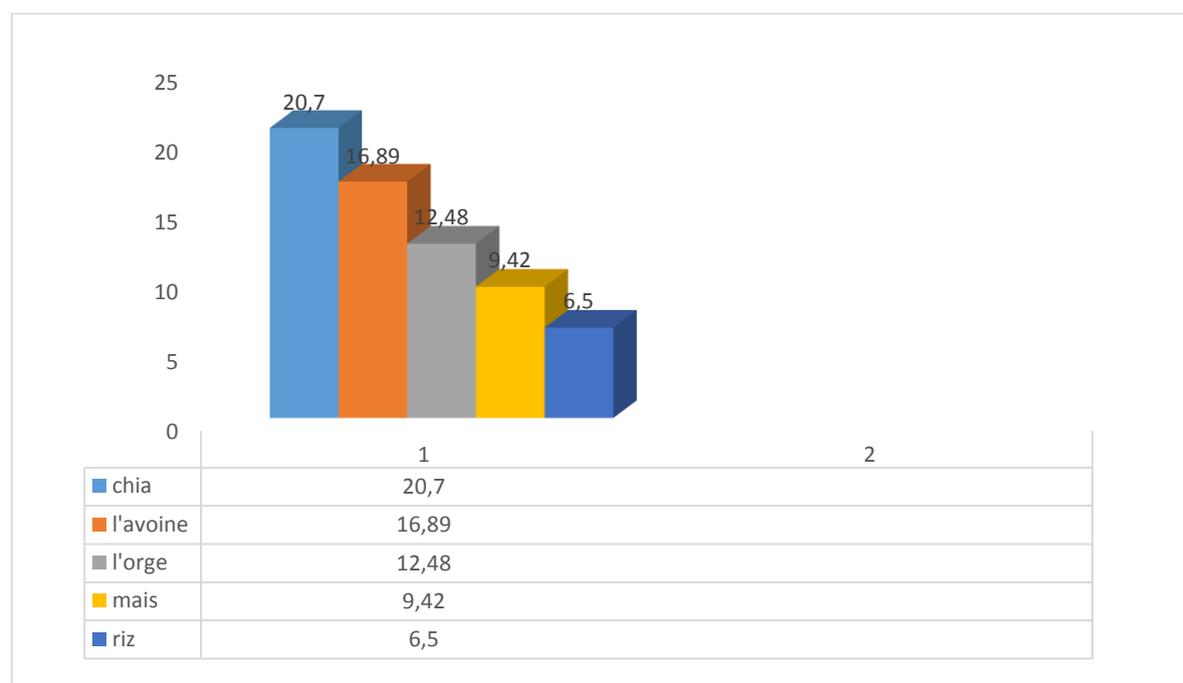


Figure 01 : La teneur en protéines dans les graines de Chia et quelques céréales (%) (Ayreza et coats, 2005)

Tableau 04 : Les valeurs d'acides aminés dans 100g de Chia (**USDA, 2011**)

Acides aminés essentiels (g/100 g)	Acides aminés non essentiels (g/100 g)
Arginine 2,14	Cystine 0,41
Histidine 0,53	Tyrosine 0,56
Isoleucine 0,80	Alanine 1,04
Leucine 1,37	Acide Aspartique 1,69
Lysine 0,97	Acide Glutamique 3,50
Méthionine 0,59	Glycine 0,94
Phénylalanine 1,02	Proline 0,78
Thréonine 0,71	Sérine 1,05
Tryptophane 0,44	-----
Valine 0,95	-----

5.2. Teneur en lipides

les graines de Chia ont une quantité importante de lipide qui représente environ 40% du poids total de la graine, en particulier d'acides gras polyinsaturés (AGPI), qui sont composés de plus de 60% d'acide α -linoléique et 20% d'acide linoléique (tableau 5) (**Di Marco et al., 2020**). Elles contiennent également plusieurs composés phénoliques et une quantité prodigieuse d'antioxydants, qui sont bénéfiques pour la santé humaine (**Oliveira-Alves et al., 2017**). Dans la tendance récente à une alimentation saine, la consommation d'huile insaturée a augmenté en raison de l'augmentation du nombre de maladies non transmissibles telles que les maladies cardiovasculaire, l'hypertension artérielle et la sensibilisation des gens aux problèmes de santé. Par la suite, les caractéristiques physico-chimiques et la composition nutritionnelle des graines de chia ont influencé l'utilisation des graines pour améliorer la santé humaine. **Ixtaina et al. (2011)** ont rapporté qu'une consommation élevée d'acide α -linoléique par l'homme réduit le risque d'insuffisance cardiaque. Cela peut être dû au rôle anti-inflammatoire, anti-thrombotique et anti-arythmique que jouent les graines de Chia, en tant que source naturelle d'acides gras oméga 3 et 6 (**Arredondo-Mendoza et al., 2020**).

Tableau 05 : La teneur en acide gras dans 100g de graines de chia (**Adriana et al., 2008**).

Acide gras	Valeur
C16 :0	6.60
C18 :0	2.80
C18 :1, n-9	6.80
C18 :2 (n-6)	18.60
C18 :3 (n-3)	64.60
C20 :1 (n-9)	0.30
Saturé	12.40
Mono insaturé	7.44
acidePoly insaturé	
n-6	18.60
n-3	64.60
n-6 : n-3	0.287

5.3. Teneur en fibres et en glucides

La fibre alimentaire contenue dans les graines entières et un bio composant important en raison de ses bienfaits potentiels pour la santé, un grand nombre d'étude, de recherche ont montré l'effet de la consommation de fibres comme la diminution du risque de maladies coronarienne, le diabète de type 2 et plusieurs type de cancer (**Ullah et al., 2016**). Plus de 80% de la teneur en glucides des graines de chia se présente sous forme de fibres. En effet 28 grammes de graines de Chia contient 11 grammes de fibres, ce qui représente une part importante de l'apport journalier (RDI) de 25 et 38 grammes par jour, respectivement. Ces fibres sont pour la plupart insolubles (95%), un type associé à un risque réduit de diabète. Certaines des fibres insolubles peuvent également être fermentées dans l'intestin, ce qui favorise la formation d'acides gras à chaîne courte et améliore la santé du côlon. Lorsque les graines de chia sont placées dans de l'eau ou dans un autre liquide, leurs fibres absorbent jusqu'à 10 à 12 fois leur propre poids et se transforment en une masse gélatineuse (**Caudillo et al., 2008**)

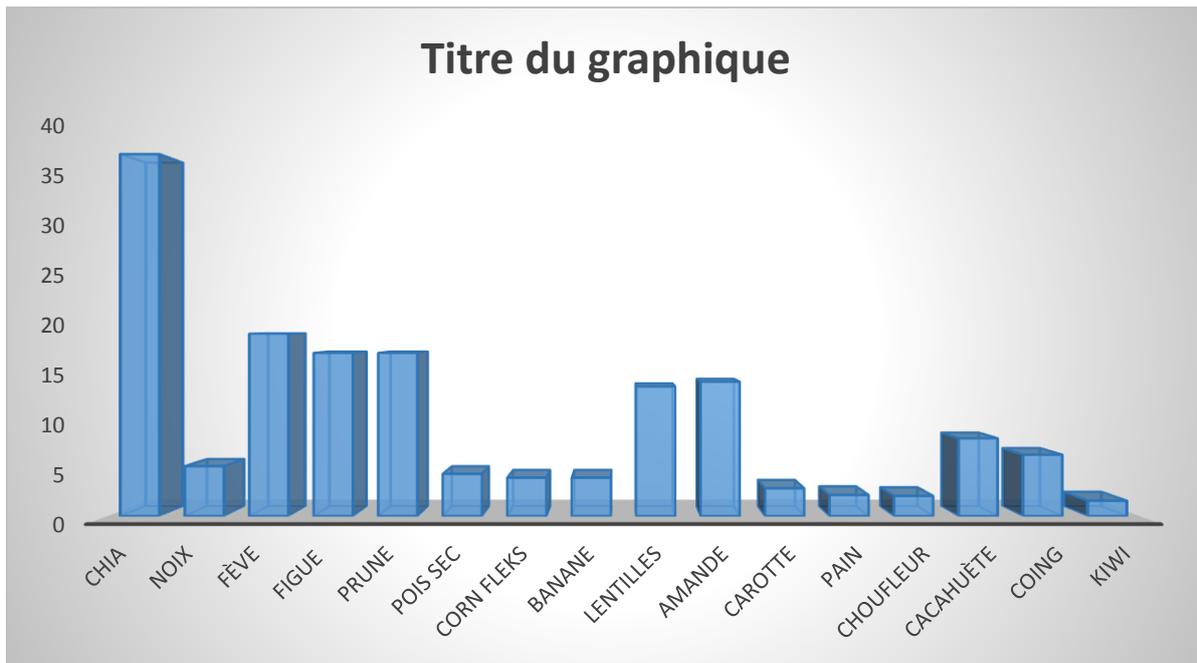


Figure02 : Comparaison entre la teneur en fibre de la graine de Chia et quelques aliments (Fernandez et al., 2006)

5.4. Teneur en vitamine et minéraux

Les graines de chia fournissent de nombreux minéraux de grandes qualités (tableau7) par contre elles sont une faible source de vitamines (tableau6) (USDA, 2018).

Les minéraux les plus abondants sont :

Le manganèse : toutes les graines sont riches en manganèse qui est essentiel pour le métabolisme, la croissance et le développement.

Le cuivre : cet élément est souvent absent dans l'alimentation, il a un effet très remarquable sur la santé cardiaque (Ullah et al., 2016).

Le fer : en tant que composant essentiel des globules rouges, il est impliqué dans le transport de l'oxygène dans tout le corps mais parfois l'absorption peut être réduite à cause de leur teneur en acide phytique.

Le magnésium : il joue un rôle très important dans de nombreux processus corporels mais il est souvent absent dans le régime occidental.

Le calcium : le minéral le plus abondant dans le corps, il est essentiel pour la construction des os, muscles, dents et les nerfs (Valencia et al., 2010).

Tableau 06 : le taux des vitamines (/100g)

Tableau 07 : le taux des minéraux (/100g)

(USDA, 2018)

(USDA, 2018)

Les vitamines hydrosolubles	Les minéraux	Les oligo-éléments
Vitamine E 0,5 mg	Magnésium 335mg	Fer 7.7 mg
Vitamine B1 0.62mg	Calcium 631mg	-----
Vitamine B2 0,17 mg	Phosphore 860mg	Manganèse 2.7mg
Vitamine B3 8,83 mg	Potassium 407mg	Zinc 4.6 mg
Vitamine B9 49 ug	Sodium 16mg	Autres 13mg
Vitamine B12 0 ug		
Vitamine C 1,6 mg		

6- Les effets thérapeutiques des graines de chia

6.1. Effets cardio-protecteurs et hypotenseur

Selon **Ingeborg et al. (2015)**, la consommation accrue d'acide alpha-linoléique a diminué le risque d'insuffisance cardiaque. Les résultats d'une enquête scientifique menée à l'hôpital St. Michael de Toronto au Canada ont révélé certains avantages clés du Chia, qui sont la meilleure source d'acides gras oméga-3 (**Adams et al., 2006**), elle a une teneur plus élevée en fer et en fibres sans gluten, plus de calcium et magnésium que le lait. **Fernandez et al. (2008)** ont également signalé certaines propriétés médicinales du Chia, notamment la réduction du cholestérol, l'inhibition de la coagulation sanguine, la prévention du stress et de l'épilepsie, l'amélioration du système immunitaire.

La consommation de Chia pendant la grossesse aide au développement de la rétine et du cerveau du fœtus. Les résultats d'une étude réalisée sur des rats mâles Wistar ont révélé que l'alimentation de la graine de Chia avait un grand effet déclinant sur les triglycérides et améliorait le cholestérol bénéfique HDL. L'autre avantage de l'alimentation des graines de Chia était la réduction des oméga-6 dans le plasma, conséquences d'un rapport oméga-6: oméga-3 plus faible qui a un effet cardio-protecteur (**Ayerza et Coates, 2007**).

Dans une autre enquête, l'impact de l'utilisation des graines de chia sur un groupe de rats dans lequel une dyslipidémie a été évaluée, les résultats de cette étude ont révélé que l'alimentation des graines de Chia diminuait considérablement l'adiposité viscérale, diminuait les triglycérides et le cholestérol LDL. L'effet de la consommation des graines de Chia (50 g / jour) à 12 individus en bonne santé pendant 30 jours a été étudié. La pression artérielle diastolique a diminué de 66,1 à 61,5 mm Hg avec une baisse significative des triglycérides sériques et aucun effet secondaire n'a été rapporté (**Vertommen et al., 2005**).

6.2. Effet sur le système immunitaire

Fernandez et al. (2008) ont étudié l'effet du Chia sur le système immunitaire de rats Wistar mâles, les concentrations de thymus et d'IgE (immunoglobine E) sériques ont été utilisées comme indicateur d'immunité. L'essai a été mené pendant un mois, nourri avec des graines de (150g / kg de régime), ou d'huile de Chia ou pas (50g / kg de régime), Les résultats n'ont mis en évidence aucune différence de poids corporel et d'IgE, lorsque le chia était administré sous forme de graines ou d'huile. L'inclusion de Chia sous quelque forme que ce soit n'a induit aucun symptôme de comportement anormal, diarrhée, dermatite, complément alimentaire avec d'autres sources d'acides gras oméga-3 tels que les graines de lin ou les produits marins entraîne généralement une allergie, une saveur de poisson, des problèmes de tractus gastro-intestinal (**Ayerza et Coates, 2005**).

6-3 Effets sur la peau

Une étude a été réalisée pour déterminer les avantages probables des acides gras oméga-3, des produits topiques contenu dans l'huile de chia formulée. Cinq patients atteints de prurit, d'insuffisance rénale terminale et cinq volontaires de santé ayant une xérose cutanée ont été utilisés dans cette enquête. Une formulation topique a été préparée par addition de 4% d'huile de Chia et appliquée pendant 8 semaines. Les indications de démangeaisons, la perte d'eau Trans épidermique et la capacité cutanée ont été mesurées sur une échelle de 6 points. L'application d'une formulation topique ajoutée avec de l'huile de chia a considérablement amélioré l'hydratation de la peau chez tous les patients, des volontaires sains souffrant de la xérose cutanée ont également révélé une amélioration (**Ullah et al., 2015**).

6.4. Effets sur le tube digestif

Les graines de Chia sont parfaites pour une bonne santé intestinale parce qu'elle est riches en fibres solubles et insolubles. En effet, 20 g de graines représentent environ 20% des besoins journaliers en fibres. Aussi, Les fibres permettent une bonne digestion, cette dernière à un effet de soulager la constipation, soigner le syndrome du côlon tout en protégeant les muqueuses irritable, et les inflammations du tube digestif, et réguler le transit. La consommation des graines de Chia permet de régénérer la flore bactérienne du côlon, par le mucilage qu'elles contiennent qui forme une masse douce et gélatineuse tout en expulsant les toxines en douceur (Xavier, 2020).

6.5. Effet sur le diabète

Un certain nombre d'études ont montré que les graines de Chia peuvent aider à prévenir et à traiter le diabète. Grace à sa teneur élevée en fibres en fait l'un des meilleurs aliments pour prévenir le diabète. Les graines de Chia abaissent la glycémie et aident à la stabiliser (Jenkins et al., 2010 ; Creus et al., 2017 ; Jovanoski et al., 2017). Une étude a montré qu'elles aidaient à prévenir le diabète de type 2 chez les personnes obèses (Vuksan et al., 2017). Dans des modèles murins expérimentaux de dyslipidémie et de résistance à l'insuline induites par un régime riche en saccharose, la supplémentation en graines de Chia a montré le potentiel de corriger ces troubles métaboliques (Ayerza et Coates, 2007 ; Chicco et al., 2008). Ses nombreuses qualités nutritionnelles et bienfaits pour la santé font des graines de Chia l'un des meilleurs aliments que nous pouvons utiliser pour cuisiner.

6.6. Effet sur le poids

Les graines de Chia sont un excellent coupe-faim et procurent une forte sensation de satiété. En effet, elles sont riches en protéines et en fibres soluble (le glucomannane). Lorsque ces protéines et fibres sont ingérées, elles vont augmenter le volume de l'estomac et donner à une personne une sensation de satiété (Lattimer et Haub, 2010). Par conséquent, cela aidera à réguler l'appétit et la prise alimentaire, et également à prévenir l'appétit entre les repas. Il peut également brûler directement la graisse accumulée dans la taille et l'abdomen pour aider à maintenir un ventre plat. La composition des graines de Chia a un effet direct sur la perte de poids car elles accélèrent le métabolisme tout en favorisant la digestion des graisses (Tucker et Thomas, 2012).

6.7. Les graines de chia sont également très appréciées des femmes enceintes

Les graines de chia permettent une bonne croissance du bébé et un état de forme optimal chez la mère. En effet, les graines de Chia sont riches en calcium, qui est un minéral essentiel à la mère et à son enfant durant la grossesse, il existe un risque de carence en calcium, puisque le développement du fœtus en nécessite énormément. De plus, il existe un autre risque accru de constipation : une bonne consommation de fibre permet de lutter contre cet effet, enfin les nutriments essentiels contenus dans les graines de Chia ne profitent pas seulement à la mère. Ils sont aussi indispensables au fœtus et à son bon développement, les effets de la graine de Chia sur le transit sont grandement appréciés par les femmes dont le transit est perturbé, par contre, elles sont déconseillées aux personnes allergiques aux autres graines du genre, (les graines de sésames, de pavot ou de lin) **(Fernandez et al., 2008)**.

7-L'évolution de la graine de *Salvia hispanica* L .

Au fil de l'année, la production basée sur les plantes aromatiques et médicinales augmente, ce qui permet à certains pays de les cultiver et surtout les pays qui ont un climat favorable, par exemple l'importation Européennes de Chia semblent avoir légèrement diminué au cours des dernières années pour atteindre 17400 tonnes en 2019.

L'Europe a un pouvoir significatif dans l'innovation alimentaire. Cela sera nécessaire pour que le Chia soit effectivement adopté dans différentes applications alimentaires. Comme dans des concepts d'aliments sains ainsi que dans la nutrition sportive, mais elle est également expérimentée même dans des utilisations innovantes des graines de Chia.

L'évolution récente la plus positive en 2020 a été l'expansion significative des utilisations autorisées du chia en tant que nouvel aliment. La Commission européenne a supprimé la limitation d'utilisation dans de nombreux produits et autorisé l'utilisation de la farine de Chia dégraissée. Les demandes de nouvelles utilisations sont un bon signe d'intérêt pour la graine de Chia et une demande croissante. Le relâchement de la limitation d'utilisation offrira beaucoup plus de potentiel aux graines de Chia à utiliser dans de nouveaux concepts alimentaires **(Ioic, 2019)**.

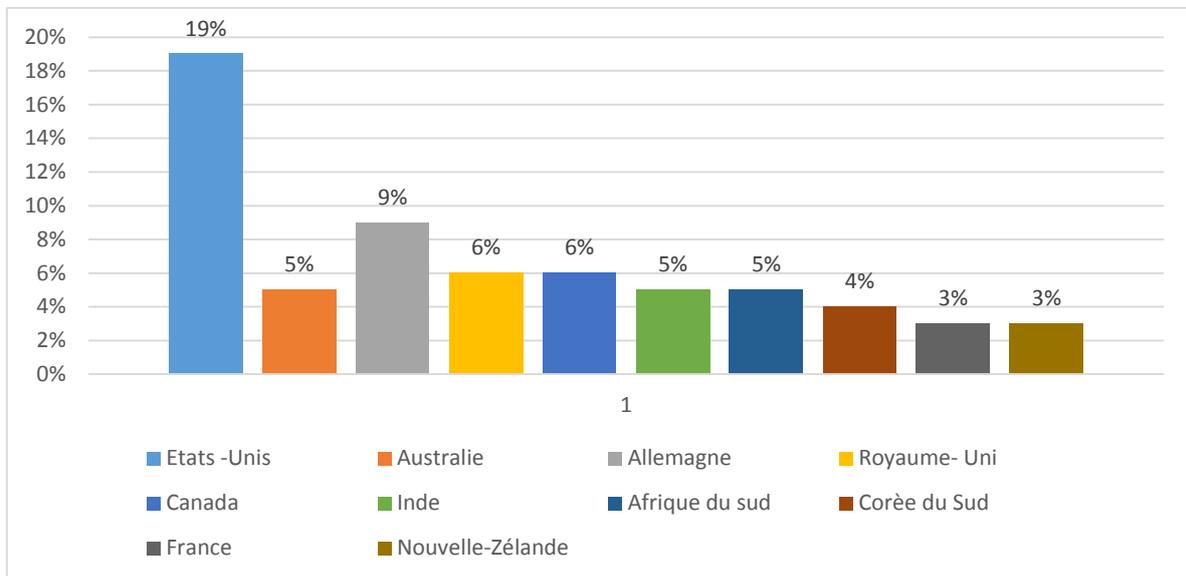


Figure 03 : La consommation de la graine de Chia dans plusieurs pays (Loic, 2019)

8- L'utilisation des graines de *Chia Salvia hispanica L.*

Les graines de Chia sont utilisées sous forme de graines entières, moulues, ou comme substituts des œufs et des graisses (Ding et al., 2018). Elles sont également utilisées sous forme de gel et d'huile. Le gel des graines de Chia peut être utilisé comme substitut de l'huile ou des œufs dans les produits de boulangerie. Une telle application facilite les teneurs réduites en calories et en matières grasses des produits. De plus, dans le cas des produits de boulangerie, le produit final a une teneur plus élevée en acides oméga-3, qui sont des composés biologiques majeurs d'une grande importance pour la santé humaine. Borné et al. 2010) ont montré que le gel de graines de Chia peut remplacer jusqu'à 25 % d'huile ou d'œufs dans les gâteaux. Il a été confirmé que le niveau de cette substitution a un effet avantageux sur les attributs sensoriels du produit, tels que la couleur, le goût, et la texture (Oliveira et al., 2015). La farine à partir de graines de Chia peut également être utilisée pour produire des pâtes en remplacement de la farine de blé. Dans cette expérience, ils ont découvert que les pâtes préparées avec une part de farine de Chia avaient une plus grande valeur nutritive que les autres. Sa teneur en protéines, en minéraux et en fibres alimentaires était plus élevée ainsi que son rapport avantageux en acides gras

polyinsaturés (AGPI). **Menga et al. (2017)** ont proposé d'ajouter des graines de Chia et du mucilage à la farine de riz pour les pâtes fraîches sans gluten. Ils ont démontré qu'une concentration de 10 % de mucilage ou de graines de Chia donnait des pâtes sans gluten nutritives et saines avec des caractéristiques de cuisson équivalentes à celles du produit commercial (**Coelho et Salas-Mellad, 2015**).

Campos et al. (2016) ont montré que la bouillie à base de graines de chia peut être utilisée comme substitut d'émulsifiants et de stabilisants dans la production de crème glacée. À leur tour **Pintado et al. (2016)** ont étudié la substitution potentielle d'une partie ou de la totalité des matières grasses ajoutées dans les saucisses par de la farine de Chia ou par une émulsion d'huile dans l'eau préparée en mélangeant des farines de Chia avec de l'eau et de l'huile d'olive. L'introduction du Chia dans les saucisses a fourni un produit enrichi en fibres alimentaires, en minéraux (potassium, magnésium, calcium et manganèse) ainsi qu'en acides gras mono et polyinsaturés. Dans le même temps, le produit final avait une teneur en calories réduite d'environ 26 %. Il faut également savoir que, lorsque les graines de Chia ne sont pas moulues en farine, elles peuvent être stockées pendant une longue période. Ceci résulte principalement de l'enveloppe entourant l'endosperme et d'autre part des teneurs élevées en composés à fort potentiel antioxydant protégeant les acides gras contre l'oxydation (**Pintado et al., 2016**).

À l'heure actuelle, dans l'industrie alimentaire divers pays du monde, plusieurs produits sont fabriqués soit à base de graines de Chia, soit enrichis avec elles. Ceux-ci comprennent, par exemple, les céréales pour petit-déjeuner, les biscuits, les gâteaux, les jus de fruits, les yaourts, les sauces, les confitures et les conserves. **Valdivia et al. (2015)** ont constaté que l'utilisation industrielle du Chia comme substitut de graisse ou d'œuf dans les produits alimentaires n'affecte pas de manière significative leurs propriétés technologiques ou physiques.

Partie 02 : Analyse des articles

Article 01 :

Composés phénoliques, flavonoïdes et activité antioxydante des extraits de graine de chia *Salvia hispanica* L. obtenus par différentes méthodes d'extraction (Scapin et al., 2016).

L'objectif de l'étude

Cette étude a été réalisée sur la graine de Chia (*salvia hispanica* L.) afin de connaître ses caractéristiques chimiques ainsi que sa teneur en composés phénoliques et leur pouvoir antioxydant par plusieurs méthodes d'analyse.

Matériel et méthodes

-Préparation du matériel végétal

Le matériel végétal a été acheté dans des établissements commerciaux de la ville de Santa Maria-RS au Brésil.

L'analyse a commencé par le séchage des graines dans un four à air pulsé à (55°C) pendant 24h.

Le matériel ainsi sèche a été broyer dans un broyeur analytique refroidit à 4°C, ensuite a été passé à l'analyse granulométrique par tamisage pour l'obtention d'une poudre fine.

La poudre ou bien la farine a été placée dans une bouteille ambrée et conservé au congélateur à une température de (-12°C) jusqu'au moment de l'analyse.

-composition chimique des graines de Chia

- La détermination du taux d'humidité par methodegravimétrique indirecte à 105°C
- Le dosage des protéines a été fait par la methode de kjeldahl
- L'analyse des minéraux a étéréalisée par l'incinération au four à 550°C
- Le taux des fibres a été déterminé par la méthode enzymatique
- L'extraction des lipides a été faite par l'extracteur de soxhlet
- Le taux des glucides a été obtenu en calculant la différence entre les autres fractions

Ces analyses ont été effectuées selon les normes (AOAC, 2005).

-Détermination des composés phénoliques totaux

La teneur en phénols totaux des extraits a été déterminée par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, décrite par **Singleton et al. (1999)**, avec des modifications.

Détermination des flavonoïdes totaux :

La teneur en flavonoïdes totaux a été déterminée en utilisant la méthode colorimétrique décrite par **Zhishen et al. (1999)** avec des modifications.

- Evaluation de l'activité antioxydante :

1-Méthode de piégeage du radical libre DPPH.

L'activité antioxydante des extraits de graines de Chia a été déterminée par la capacité de piégeage des radicaux libres DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) selon la méthodologie décrite par **Brand-Williams et al. (1995)**

2-pouvoir de réduction du fer (FRAP).

Le Pouvoir antioxydant de la réduction du fer (FRAP) afin de déterminer le FRAP des extraits, la méthode décrite par **Benzie et Strain. (1996)** a été utilisée.

- Analyse statistique

Afin de réduire le nombre d'expériences (et de réduire le temps et le coût), 22 plans factoriels ont été utilisés, avec trois répétitions au point central. Cela permet la mise en œuvre d'une approche d'inférence statistique car elle permet le calcul des déchets et donc l'erreur type et les estimations d'intervalle (**Rodrigues et Iemma, 2005**). Les analyses ont été réalisées en triple. Les résultats ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) et des moyennes comparées à l'aide du test de **Tukey**, avec un seuil de signification de 95 % ($p < 0,05$).

Les graphiques et les calculs des effets ont été obtenus à l'aide du logiciel Statistica 9.0 (STATSOFT, INC).

Interprétation des résultats

Les teneurs en différents composés (protéines, lipides, fibres, glucides et cendres) de la graine de chia mesurée en g/kg sont rapportées dans le tableau 08.

Tableau 08 : La composition chimique des graines de chia sur une base humide

Les fractions	(g/kg d'échantillon)
Humidité	32.7 ± 1.920
Cendres	54.5 ± 1.205
Protéines	231.7 ± 2.890
Extrait d'éther	283.5 ± 3.101
Les fibres	374.4 ± 4.130
Les glucides	23.2 ± 3.271

La figure ci-dessous représente une différence remarquable entre les résultats obtenus par **scapin et al. (2016)** et **sargi et al. (2013)** à propos des teneurs en (lipides, protéines, fibres, et cendres ainsi que le taux d'humidité).

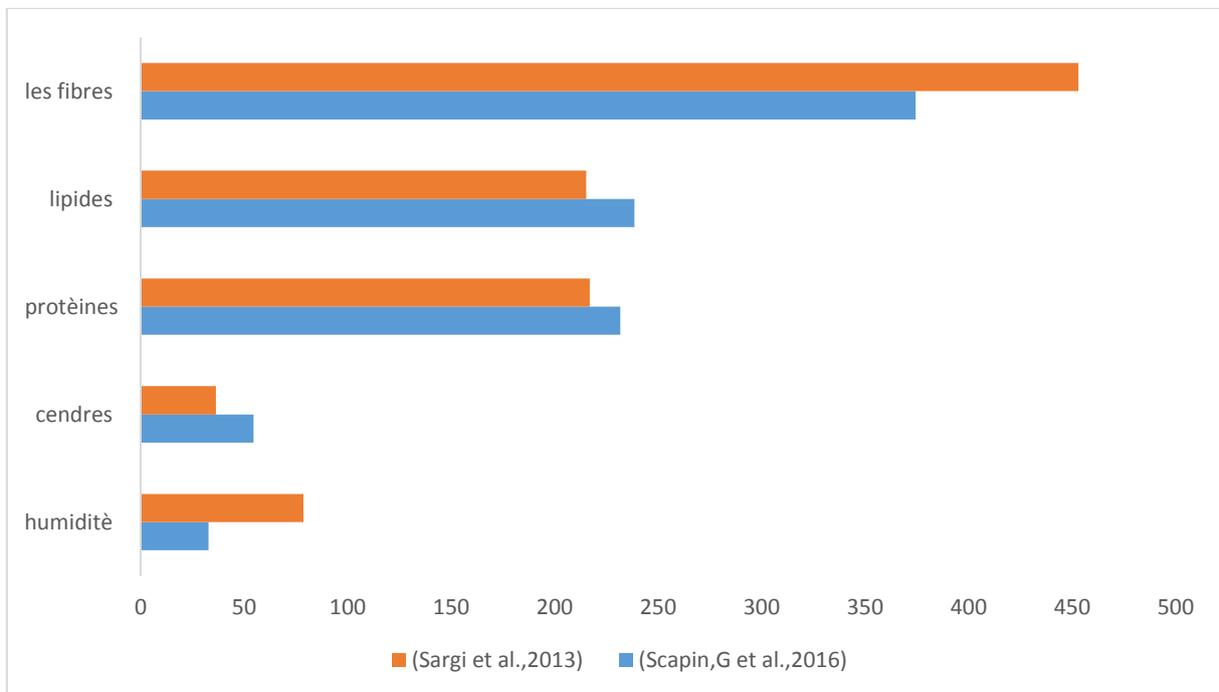


Figure04 : Comparaison entre les résultats de **Sargi et al. (2013)** et **Scapin et al. (2016)**

Discussion

Dans cette étude, les teneurs en humidité, cendres, protéines, lipides et fibres varient de 32.7g, 54.5g, 231.7g, 283.5g, 374.4g par kg respectivement, ces résultats sont en accord avec l'étude de **ayerza (1995)**. Il est également possible de noter que la graine de Chia a montré une teneur élevée en fibres alimentaires, des résultats similaires à l'étude de **Caudillo et al. (2008)**, où ils ont vérifié des valeurs de 369,7 à 399,4 g/kg de fibres alimentaires dans les graines de Chia en provenance des états de Jalisco et de Sinaloa, au Mexique. Selon l'étude de **sargi et al. (2013)** la teneur en fibre est plus élevée par rapport aux autres études 450g/kg ainsi que la teneur en humidité de 78.6g/kg. Cela résulte que les fibres absorbent plus d'humidité donc il y a une relation relative entre les deux ainsi que la teneur en fibres augmente à mesure que la plante vieillit.

La variation des teneurs en différents nutriments est probablement due aux conditions agronomiques, climatiques dont la région ou la plante a été cultivée, la fertilité, le pH, la température et les précipitations annuelles par exemples les graines de Chia en Provence des états de Jalisco et de Sinaloa au Mexique ont une teneur plus élevée en fibres que celle de Santa Maria – RS en Brésil.

Les graines de Chia sont très riches en lipides et en protéines qui ont un rôle très bénéfique pour la santé et dans la prévention de plusieurs maladies ainsi que les fibres et les minéraux, en outre, sa faible teneur en humidité donne aux graines une grande stabilité chimique et microbiologique.

Article 2 :

Le contenu phénolique total, activité antioxydante et antibactérienne des graines de Chia (*salvia hispanica* L.) de couleurs différentes (**Tuncil et Celik, 2019**).

L'objectif de l'étude

Le but de cette étude était de comparer les caractéristiques compositionnelles et fonctionnelles des graines de Chia blanche et noir par la comparaison de leurs teneurs en protéines, en lipides, en minéraux et en humidité.

Matériel et méthodes

Origine du matériel

Les graines ont été importées d'Argentine et emballées dans des sacs en polypropylène.

Elles ont été achetées dans un super marché trouvé dans la ville d'Ordu (Ordu, Turquie).

A l'aide d'une moulinette les graines ont été broyées pour obtenir la poudre.

- Composition chimique des graines de Chia

Analyse d'humidité : L'analyse d'humidité a été déterminée en séchant la poudre de chia dans un four à convection pendant une nuit à 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Dosage des protéines : Les teneurs en azote des graines ont été déterminées selon la méthode Kjeldahl en utilisant une unité de distillation automatique. Les concentrations en protéines ont été calculées en multipliant la teneur en azote par le facteur de conversion de 6,25.

Dosage des huiles : La teneur totale en graisses a été déterminée par l'extraction d'huile brute avec de l'hexane à partir de poudres de chia séchées à l'aide d'un système d'extraction par solvant 130 °C pendant 150 minutes. Le pétrole brut et les échantillons dégraissés ont été conservés pour une analyse plus approfondie.

La détermination des cendres : Pour déterminer la teneur en cendres (minéraux) il faut calculer la différence de poids après la combustion de la poudre au four à 55°C pendant 14h.

Les extraits de graines de chia blanches et noires dégraissées ont été préparés selon la méthode décrite par **Oliveira-Alves et al. (2017)** avec quelques modifications. Brièvement, 1 gramme de poudre dégraissée a été extraite avec 10 ml de méthanol à 80 % (v/v) à l'aide d'un homogénéisateur dans un bain d'eau glacée à 15 000 tr/min pendant 10 minutes suivi d'un mélange à 2000 tr/min sur un agitateur à température ambiante pendant 2 heures. Le mélange a ensuite été centrifugé à 4000 tr/min pendant 20 min et le surnageant a été utilisé pour les analyses suivantes.

Détermination des teneurs en phénols totaux :

La teneur en phénols totaux des extraits de Chia a été déterminée à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu comme décrit précédemment par **Demirkol et Tarakci. (2018)**.

Evaluation de l'activité antioxydante :

L'activité antioxydante a été déterminée avec le test 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma Chemical Co.), tel que décrit précédemment par **Demirkol et Tarakci. (2018)**.

Une courbe standard a été tracée en utilisant les valeurs d'inhibition (%) par rapport à différentes concentrations d'extraits de Chia. La quantité d'extrait (mg/ml) nécessaire à l'inhibition de 50 % de la DPPH (CI50) a été calculée.

Activité antibactérienne :

Staphylococcus aureus NCTC 8530, Escherichia coli BL21, Bacillus subtilis NRRL-B209 et Listeria monocytogenes ATCC 7644 ont été utilisés comme bactéries modèles pour déterminer l'activité antibactérienne des huiles brutes et des extraits au méthanol de poudres de graines de chia. Toutes les bactéries ont été cultivées dans du Tryptic Soy Broth (TSB ; Merck, Darmstadt, Allemagne) à 37°C et passées dans le même milieu pendant une nuit avant le dosage.

Interprétation des résultats

Les graines de Chia blanches et noires diffèrent au niveau de plusieurs composants. Les teneurs en humidité, en protéines, en huile et en cendres des graines de Chia blanches et noires sont présentées dans les figures (5-6-7 et 8)

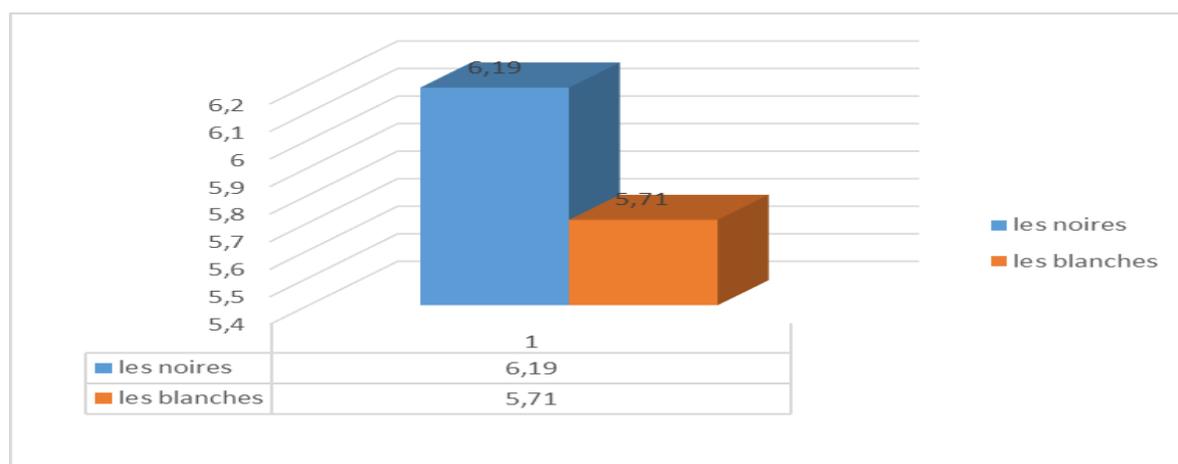


Figure 05 : Comparaison entre le taux d'humidité des graines noires et blanches

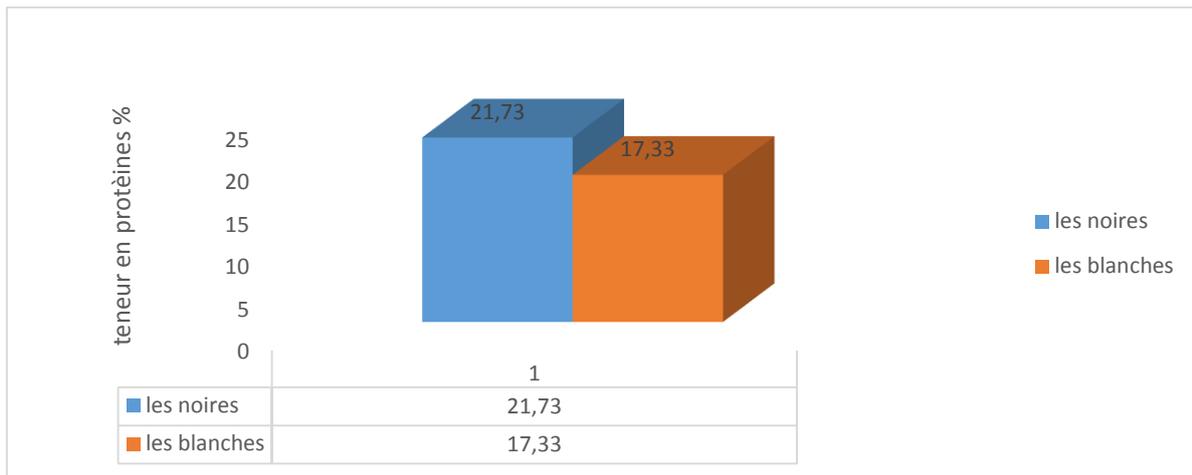


Figure 06 : Comparaison entre la teneur en protéines des graines de chia noires et blanches.

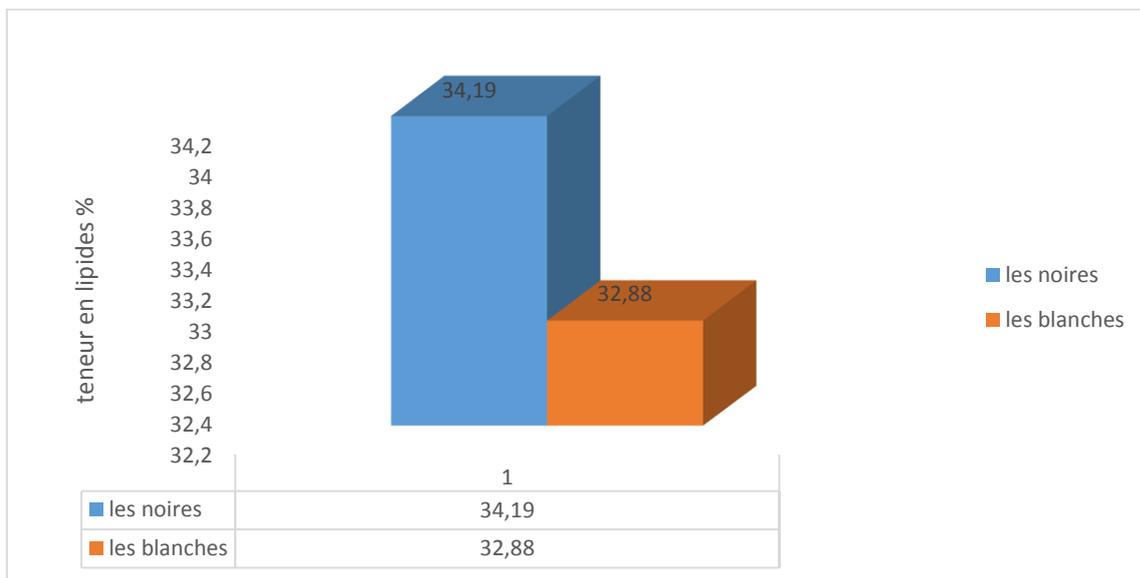


Figure 07 : Comparaison entre la teneur en lipides des graines de chia noires et blanches

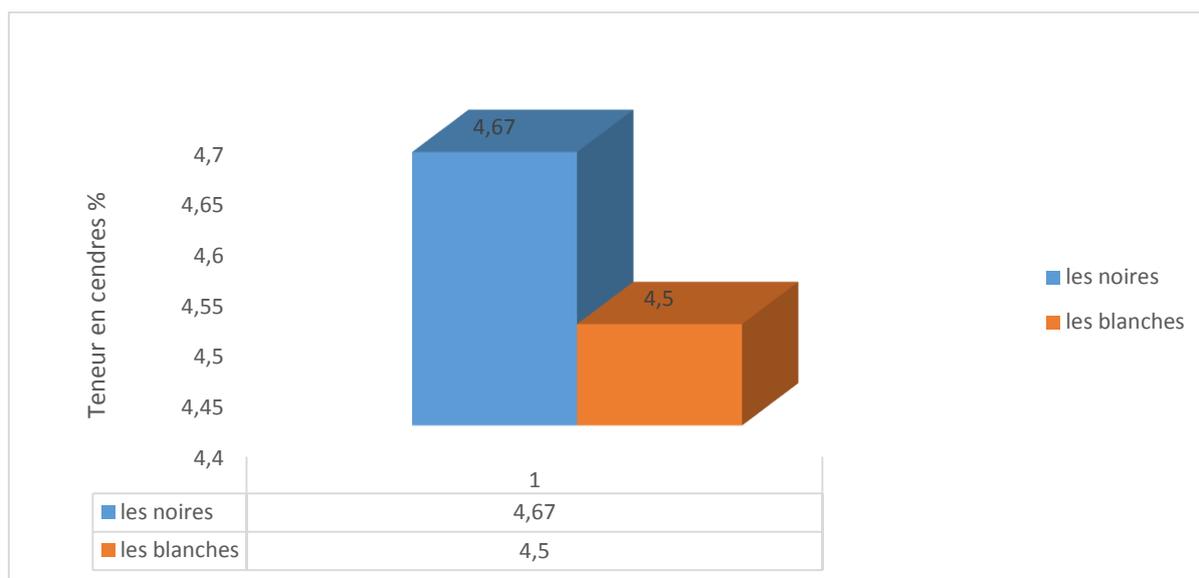


Figure 08 : Comparaison entre la teneur en cendres des graines de chia noires et blanches

Le tableau représente les teneurs en humidité, protéines, lipides, et en fibres solubles et insolubles de Tztzol et Iztac qui sont deux génotypes différents de *Salvia hispanica* L.

Tableau 09 : Valeurs en eau, protéines, huiles et fibres de deux génotypes des graines de *salvia hispanica* L

Génotypes	Humidité	Protéines	lipides	fibres solubles	fibres insolubles
Tzotzol	5.7	19	34.2	10.76	12.43
Iztac	5,4	18.8	32.1	9.68	16.27

Discussion

Les teneurs en humidité, en protéines, en huile et en cendres des graines de Chia blanches et de noires sont présentées dans la figure 5,6,7,8. Les graines de Chia noires se sont avérées plus riche en humidité significativement plus élevée (6,19 %) que les graines de Chia blanches (5,71 %). De même, les graines de Chia noires présentaient des teneurs significativement plus élevées en protéines (21,7 %) et en cendres (4,67 %) que leurs homologues blanches qui contenaient

17,3 % de protéines et 4,5 % de cendres (Figure 6 et 8). Cependant, aucune différence significative n'a été trouvée entre les teneurs en huile des graines de Chia noires et blanches (34,2 % et 32,9 %, respectivement (figure 7).

Les résultats obtenus sont en accord avec la littérature car ils sont dans les fourchettes rapportées par (**bushway et al., 1981 ; ayerza, 2013 ; marineli et al., 2014**) d'autre part à l'exception de la teneur en huile .les résultats actuels sont en désaccord avec celle d'**ayerza. (2013)** qui n'ont signalé aucune différence significative en termes de teneur en eau et en protéines entre les génotypes de Chia connus sous le nom de Tzotzol et Iztac, qui ont respectivement des graines tachetées de noir et blanches. Les écarts dans les résultats pourraient être attribués à des différences dans les lieux de culture des plantes (**Ayerza, 2010**)

Ayerza. (2010) et (2013) a démontré que les compositions des graines de Chia dépendent fortement du lieu de récolte. Bien que les graines utilisées dans cette étude ont été récoltées, dans des différentes régions d'Argentine, ce qui pourrait éventuellement entraîner des différences significatives dans l'analyse.

Les valeurs de tous les paramètres différaient très peu entre les deux génotypes.

L'analyse de la variance a montré que les acides gras n'étaient pas statistiquement différentes entre les génotypes. L'absence de différence significative dans le profil des acides gras entre ces deux génotypes cultivés dans cinq écosystèmes différents a été récemment signalée.

ayerza. (2010) a démontré que les plus grandes différences trouvées dans la teneur en huile et la composition en acides gras sont dues à l'endroit (en raison des différences environnementales) plutôt qu'à la couleur du tégument de la graine de Chia, par contre, le profil d'acides gras trouvé ici est similaire à celui de **Ayerza. (2013)**

Article 3

Caractérisation chimique et potentiel antioxydant des graines et de l'huile de chia (*Salvia hispanica* L.) d'origine Chilienne (Marineli et al., 2014).

Objectif de l'étude

Lors de cette étude, le but était de caractériser chimiquement et nutritionnellement les graines et l'huile de Chia commercialisées au Chili et d'étudier leur potentiel antioxydant par différentes méthodes *in vitro*.

Matériel et méthodes

Préparation du matériel végétale

Des graines de Chia fraîches (deux lots différents, 4,5 kg chacun) et huile de chia (deux lots différents, 5,0 L chacun) de FTP S.A. Santiago, Chili ont été achetées auprès de R&S Blumus Commercial de Produtos Alimentícios Ltda, Brésil.

D'après le producteur, l'huile de chia a été obtenue par pression à froid et stockée dans des bouteilles en verre ambré entre 2 et 8° C jusqu'à son utilisation.

Les graines ont été broyées dans un moulin et passées à travers un tamis de 0,850 mm pour obtenir une farine qui a été utilisée pour estimer la composition proximale brute et le dosage du malondialdéhyde (MDA).

Le dégraissage au n-hexane a été effectué dans un appareil Soxhlet.

La farine dégraissée a été stockée dans des flacons fermés de façon étanche à l'obscurité et conservée à une température de 2 à 8°C jusqu'à l'analyse.

La farine dégraissée a été utilisée pour l'analyse des fibres alimentaires et pour la préparation de l'extrait éthanoïque.

Composition proximale des graines

-Les protéines ont été déterminées par la méthode semi-micro Kjeldahl .

-les cendres ont été quantifiées par incinération de l'échantillon dans un four à moufle

Comme le décrit (**AOAC, 2000**).

- Les lipides totaux ont été déterminés par la méthode de **Bligh et (1959)**, et l'humidité dans une étuve à 105°C.

-Les carbohydrates ont été calculés par différence en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Glucide} = 100 - (\text{cendre} + \text{humidités} + \text{protéines} + \text{lipides})$$

-La valeur énergétique totale a été estimée à l'aide du calorimètre automatique isoperibol

(PARR 1261) avec une pompe à oxygène (PARR 1108).

-Fibres alimentaires totales, solubles et insolubles :La fibre alimentaire totale (**TDF**), la fibre alimentaire soluble (**SDF**) et la fibre alimentaire insolubles (**IDF**)ont été déterminées à l'aide de la méthode enzymatique et gravimétrique AOAC (méthode de l'AOAC) (**Prosky, Asp, Schweizer, De Vries, et Furda, 1988**).

Profils d'acides gras de l'huile de Chia : La composition en acides gras de l'huile de chia a été déterminée par chromatographie en phase gazeuse (GC) (**Kramer et al., 1997**).

Les échantillons d'huile ont été saponifiés dans du KOH méthanolique 0,5 mol/l.

Les esters méthyliques d'acides gras (FAME) ont été préparés selon les méthodes suivantes décrites par **Maia et Rodriguez-Amaya. (1993)**.

Les FAMES ont été identifiés par comparaison des temps de rétention avec le mélange standard de FAME dans les mêmes conditions (FAME) (FAME Mix GLC-68A ; Nu-Chek-Prep, INC, Elysian, MN, USA) et quantifiés par normalisation de la surface.

- Composition en triacylglycérols de l'huile de Chia

Les profils des principaux TAG ont été obtenus directement à partir de l'huile de Chia par spectrométrie de masse à ionisation sonique à température ambiante facile en mode d'ions positifs (EASI(p)-MS) (**Haddad et al., 2006**) (**Simas et al., 2010**) (**Shimadzu , 2010**).

Produits d'autoxydation des lipides

Indice de peroxyde

La détermination de l'indice de peroxyde dans l'huile de Chia a été effectuée selon la méthode officielle de **AOAC, 2000**. Les résultats ont été exprimés en mEq de peroxyde/kg d'échantillon.

Malondialdéhyde

La détermination des substances réactives de l'acide thiobarbiturique (TBARS) a été effectuée par la méthode proposée par l'**OMS** qui été pratiqué par des échantillons de graines de Chia fraîches (250 mg chacun) et sur des échantillons d'huile de Chia (115 mg chacun) (**Sinnhuber et Yu, 1958**).

Ses résultats ont été exprimés en mg de MDA/kg d'échantillon en utilisant les équations suivantes :

$$\text{Facteur de dilution} = (100(\text{mL}) / \text{poids de l'échantillon (g)}) / 100 \%$$

$$\text{Valeur TBA} = [(\text{Facteur de dilution} * \text{l'absorbance} / \text{diamètre du godet}(1\text{cm})) * 46 \text{ mg de malondialdéhyde} .$$

- contenu phénolique total

L'extraction des composés phénoliques a été réalisée selon la méthode de **Capitani et al. (2012)**, avec quelques modifications.

Le contenu phénolique total de l'extrait de graines de Chia a été déterminé selon la méthode de **Foline-Ciocalteu (Swain et Hillis, 1959)**, avec quelques modifications.

- Analyse des polyphénols

L'identification des composés phénoliques dans l'huile de Chia et dans l'extrait éthanolique des graines de Chia a été effectuée par EASI-MS.

- Potentiel antioxydant de l'extrait de graines de Chia

Les lectures d'absorbance et de fluorescence ont été effectuées dans un lecteur de microplaques Synergy HT, Biotek Winooski, USA ; ils ont été utilisés le spectrophotomètre avec le logiciel d'analyse de données Gen5 2.0.

Evaluation de l'activité antioxydante

1-Activité de piégeage des radicaux libres DPPH

L'activité de piégeage des radicaux libres des extraits a été déterminée sur la base de la méthode DPPH (**Rufino et al., 2007**).

Les résultats ont été exprimés en **mmol Trolox(TE)/g**.

2-Essai FRAP (pouvoir antioxydant ferrique réducteur)

La capacité de réduction ferrique a été déterminée par la méthode FRAP (**Benzie et Strain, 1996**), avec des adaptations. Dans des conditions d'obscurité. Les résultats ont été exprimés en mmol équivalent Trolox (TE)/g.

La capacité antioxydante totale(TAC) a été calculée en additionnant le L-ORAC et le H-ORAC (**Wu et al., 2004**).

-Analyse statistique

Toutes les déterminations ont été effectuées au moins en triplicata. L'analyse statistique a été réalisée pour déterminer la tendance centrale des données et l'écart type à l'aide du logiciel GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software, Inc. La Jolla, CA, USA).

Interprétation des résultats

Composition proximale et fibres alimentaires totales, solubles et insolubles des graines de Chia

La graine de Chia a une valeur énergétique remarquable et intéressante car elle est riche en protéines, lipides, glucides, et les fibres (TDF et IDF), ainsi qu'elle est pauvre en cendre, humidité et les fibres SDF. Le tableau 10 montre les valeurs de la composition chimique des graines de Chia Chilien dans 100g de graines sèches.

Tableau 10 : Composition proximale des graines de chia chilien (*Salvia hispanica* L.)

Composants	Graine de chia (g/100g)
L'Humidité	5.82 ± 0.04
Cendre	4.07 ± 0.02
Protéines (N 1/4 6.25)	25.32± 0.21
Lipides	30.22± 0.08
Glucides	34.57 ± 0.26
Fibres totales (TDF)	37.50 ± 1.07
Fibres insolubles (IDF)	35.07± 0.90
Fibre solubles (SDF)	2.43 ± 0.30
Valeur énergétique	576.50 ± 9.60

Profils d'acides gras de l'huile de Chia :

La graine de Chia est riche en matière grasse car elle contient un bon profil d'acides gras de son l'huile. On remarque dans le tableau 11 qu'il y a un bon rendement dans les acides suivants : acide palmitique (C16:0) acide stéarique (C18:0) acide oléique (C18:1) acide linoléique (C18:2) : acide α-linoléique (C18:3) et un rendement pauvre en (C14 :0) (C15:0) (C16:1) (C18:2 trans) (C17:0)(C17:1) (C18:3) trans (C20:0)(C20:1) (C22:0) (C24:0) n-6/n-3 ratio.

Tableau 11 : Profils d'acides gras de l'huile de Chia Chilienne (*Salvia hispanica* L.).

Acides gras	Huile de chia (g/100 g)
C14:0	0.07
C15:0	0.05
C16:0	7.07
C16:1	0.08
C17:0	0.07
C17:1	0.03
C18:0	3.36
C18:1	7.04
C18:2 Trans	0.16
C18:2	18.23
C18:3 Trans	0.40
C18:3	62.80
C20:0	0.29
C20:1	0.14
C22:0	0.09
C24:0	0.12
SFA	11.12
MUFA	7.29
PUFA	81.59
n-6/n-3 ratio	0.29

Composition en triacylglycérols de l'huile de chia

L'huile des graines de Chia a une composition importante en triglycérides (TAG). Le tableau suivant résume la composition des TAG observés dans l'huile des graines de Chia. Il a été déterminé que différents TAG se trouvent dans l'huile de graines de Chia. Les plus abondants sont [TAG þ Na] þ sont ceux correspondent à LnLnLn, LLnLn, LLLn et d'autres ions sont également abondants. Le même TAG identifié comme [TAG Na] þ est également identifié comme [TAG þ K] þ, mais ces ions sont peu nombreux et leur abondance est très faible. [TAG

β K] Avantages de l'ion β. LnLnLn, LLnLn et LLLn correspondant ont également été observés dans le tableau12.

Tableau12 : Principaux ions TAG détectés par EASI-MS dans l'huile de Chia (*Salvia hispanica*L.)

TAG	Elémental a composition	[TAG β Na]β m/z	[TAG β K]β m/z
<u>LnLnP</u>	<u>C₅₅H₉₄O₆</u>	<u>873</u>	<u>889</u>
<u>LLnP</u>	<u>C₅₅H₉₆O₆</u>	<u>875</u>	<u>891</u>
<u>LLP/LnOP</u>	<u>C₅₅H₉₈O₆</u>	<u>877</u>	<u>893</u>
<u>LnLnLn</u>	<u>C₅₇H₉₂O₆</u>	<u>895</u>	<u>911</u>
<u>LLnLn</u>	<u>C₅₇H₉₄O₆</u>	<u>897</u>	<u>913</u>
<u>LLLn/LnLnO</u>	<u>C₅₇H₉₆O₆</u>	<u>899</u>	<u>915</u>
<u>LLL/LLnO/LnLnO</u>	<u>C₅₇H₉₈O₆</u>	<u>901</u>	<u>917</u>
<u>LLO/LLnS/LnOO</u>	<u>C₅₇H₁₀₀O₆</u>	<u>903</u>	<u>919</u>

La figure 09 montre un profil TAG EASI(β)-MS typique de l'huile de Chia.

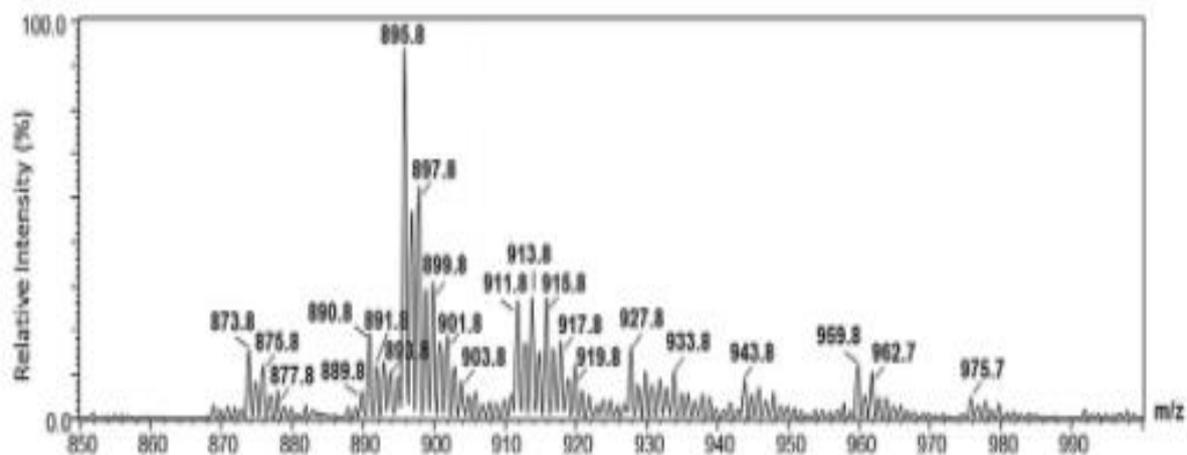


Figure 09 : Empreintes TAG obtenues par EASI (β)-MS de l'huile de Chia (*Salvia hispanica* L.).

Produits d'autoxydation des lipides :

Le tableau 13 montre les valeurs de l'indice de peroxyde et de MDA de la graine et de l'huile de Chia.

Tableau 13: Valeurs de l'indice de peroxyde et du malondialdéhyde de la graine et de l'huile de Chia (*Salvia hispanica* L.)

PI (mEq peroxyde/kg)			
MDA			
Absorbance (535 nm) TBA (mg MDA/kg)			
Graines de chia	-----	0.052 ± 0.001	9.58 ± 0.19
L'huile de chia	2.56 ± 0.11	0.044 ± 0.002	17.46 ± 0.62

le tableau 14 montre une comparaison de l'indice de peroxyde de l'huile de Chia d'Amérique du sud et Chilienne est plus élevée que dans l'huile de Chia d'Argentine.

Tableau 14 : La valeur de l'indice de peroxyde de l'huile de Chia Chilienne

L'huile de chia	L'indice de peroxyde (mEq peroxyde/kg)
Chilienne	2,56
d'Amérique du Sud	2,7 à 3,8
d'Argentine	1,0

Ainsi que le tableau 15 montre les valeurs de MDA de l'huile de Chia, de soja et de colza, qui se présente que la MDA de soja est plus faible par rapport au l'huile de Chia Chilienne qu'elle est plus élevée que l'huile de colza.

Tableau 15 : La valeur MDA de l'huile de chia chilienne soja et colza.

L'huile	La valeur MDA (mg MDA/kg)
De chia chilienne	17,46
De soja	9,17
De colza	11,12

Analyse des polyphénols

Les études montrent que la graine de Chia a plusieurs caractéristique parmi elles ; c'est qu' elle contient plusieurs composés phénoliques, dont les principaux sont : la quercetine, l'acide chlorogénique, le kaempférol, la myricétine, 3.4-DHPEA-EDA. Ainsi que l'huile de graine de Chia contient la quercetine, l'acide chlorogénique et la myricétine(tableau 16)

Tableau 16 : Composés phénoliques identifiés dans les graines et l'huile de Chia (*Salvia hispanica* L.)

Composition	Composés Élémentaire	[MH] m/z	Graine de Chia	Huile de Chia
La quercétine	C ₁₅ H ₁₈ O ₉	301.04	X	X
L'acide chlorogénique	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	353.09	X	X
Le kaempférol	C ₁₅ H ₁₀ O ₈	285.05		X
La Myricétine	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	317.04	X	X
3,4-DHPEA-EDA	C ₁₉ H ₂₂ O ₈	377.13	X	

Potentiel antioxydant des graines de chia

La graine de Chia a une activité antioxydante ORAC lipophile TAC plus élevée que ORAC hydrophile TAC, DPPH, FRAP.et l'activité antioxydante la plus faible est dans le contenu phénolique total.

Tableau 17 : Activité antioxydante des graines de Chia Chilien (*Salvia hispanica* L.).

Activité antioxydante	Résultats
Contenu phénolique total	0.94 ± 0.06 mg GAE/g
ORAC hydrophile	517.30 ± 9.09 mmol TE/g
ORAC lipophile	6.48 ± 0.47 mmol TE/g
TAC	523.78 mmol TE/g
DPPH	436.61 ± 9.67 mmol TE/g
FRAP	405.71 ± 6.55 mmol TE/g

Discussion

Les graines et l'huile de Chia (*Salvia hispanica* L.) sont des matières premières importantes pour les aliments fonctionnels en raison de leurs composants bioactifs, et plusieurs études ont montré que la graine et l'huile de Chia peuvent être utilisés dans l'industrie alimentaire. Dans cette étude a été discuté les caractéristique chimiques et nutritionnels des graines et l'huile de Chia d'origine Chilienne.

La composition chimique des graines de Chia Chilien, a montré qu'elle est riche en protéines (25,32 g/100 g) et d'huile (30,22 g/100 g), et ces résultats sont similaires ceux trouvés au niveau de différentes graines originaires d'autres pays d'Amérique du Sud (**Ayerza et Coates, 1998 ; Coates et Ayerza, 2004**). Quoique la graine de Chia ne soit pas cultivée commercialement comme une source de protéines, car sa teneur en protéines est plus élevée que celle des cultures traditionnelles telles que le blé, le maïs, le riz et l'avoine (**Coates et Ayerza, 1996**).

Une étude récente a également démontré que le Chia est une source potentielle de peptides biologiquement actifs (bioactifs), ce qui suggère que cette graine peut être incorporée dans l'alimentation humaine pour produire de l'énergie (**Marineli et al., 2014**). **Segura-Campos et al. (2013)** ont prouvé que l'on peut l'utilisé dans les régimes alimentaires humains pour produire une source de protéines plus équilibrée. On remarque aussi que la teneur en fibres totales de la graine était de 37,50 g/100 g, la plus grande partie de cette teneur étant représentée par les fibres insolubles (35,07 g/100 g) et le reste par les fibres solubles (2,43 g/100 g) (Tableau 10), ce qui est conforme à d'autres études (**Craig et Sons, 2004 ; Reyes-Caudillo et**

al., 2008) et nettement supérieur aux farines de blé et aux céréales complètes trouvées par **Ragae et al. (2006)**.

D'après **Willem van der Kamp et al. (2010)** les fibres alimentaires jouent un rôle essentiel dans la santé intestinale et les effets nutritionnels et physiologiques chez les consommateurs semblent être significativement associées à un risque plus faible de développer des maladies coronariennes, hypertension, de diabète et d'obésité.

La graine de Chia est aussi connue par sa richesse en acide gras, du coup, **Ayerza. (1995)** **Ayerza et Coates.(2004)** **Coates et Ayerza.(1998)** ont mené des études sur l'huile de Chia Chilienne sont des résultats en accord avec ceux obtenus dans cette étude. En effet, la composition en acides gras de l'huile de chia, qui contient principalement des acides α -linoléique, linoléique, oléique, palmitique et stéarique, avec une quantité prédominante d'acide α -linoléique (62,8%). alors, **Khattab et Zeitoun. (2013)** ont rapporté que l'huile de Chia présente des quantités plus élevées d'ALA par rapport à l'huile de lin (jusqu'à 57%, le rapport des acides gras n-6/n-3 de l'huile de Chia Chilienne. Le rapport d'acides gras n-6/n-3 de l'huile de chia chilienne (0,29) est comparable à celui de l'huile de chia d'Argentine (**Ayerza, 2010**) et nettement inférieur à celui de la plupart des huiles végétales, comme le maïs (76,57), le colza (2,26), le soja (6,68), le tournesol (30,77) et l'olive (17,86) (**Tuberoso et al., 2007**). Par la suite l'utilisation de l'huile de graines de Chia dans l'alimentation quotidienne de l'homme parait en effet bénéfique car il a été démontré que l'utilisation d'huiles végétales à forte teneur en AGPI apporte plusieurs avantages pour la santé (**Ganesan et McMahan, 2014**). De plus **Simopoulos. (2004)**, a rapporté qu'un faible rapport d'acides gras n-6/n-3 a également été associé à la réduction du risque de maladies cardiovasculaires.

Concernant la composition en triacylglycérols de l'huile de chia, de différents TAG ont été trouvés dans l'huile de Chia, dont le plus abondant est [TAG β Na] β sont ceux de m/z 895, 897, 899 correspondant à LnLnLn, LLnLn, LLLn, respectivement, alors que les autres ions identifiés sont également abondants. On remarque aussi que Le même TAG identifié comme [TAG β Na] β ont également été identifiés comme [TAG β K] β , mais ces ions sont peu abondants. Ont montré une faible abondance. La prédominance des ions [TAG β K] β de LnLnLn, LLnLn, LLLn ont également été observés qui correspondent à ceux de m/z 911, 913, 915, respectivement. Voir le tableau 12 qui résume la composition TAG observée de l'huile de Chia et La figure 9 qui montre un profil TAG EASI(β)-MS typique de l'huile de Chia.

L'acide linoléique est présent dans la plupart des TAG trouvés, ce qui est en accord avec les résultats rapportés par **Ixtaina et al. (2011)** dans l'huile de Chia d'Argentine et du Guatemala. Par ailleurs, les résultats obtenus par EASI(p)-MS sont en accord avec la composition en acides gras de l'huile de Chia obtenue par GC. En effet, la connaissance du profil TAG de l'huile est utile pour orienter son utilisation correcte par les industries chimiques, alimentaires et pharmaceutiques (**Haddad et al., 2006**).

Les produits d'autoxydation des lipides, ont 2 paramètres pour les étudiées : La valeur de l'indice de peroxyde et la valeur MDA. La valeur de l'indice de peroxyde de l'huile de Chia Chilienne est de (2,56 mEq peroxyde/kg) était similaire à celle rapportée par **Ayerza et Coates. (2004)** pour l'huile de chia d'Amérique du Sud (2,7e3,8 mEq d'oxygène/kg) et par **Ixtaina, Nolasco, et Tomás. (2012)** dans l'huile de Chia d'Argentine (1,0 mEq de peroxyde/kg). En outre, **Khattab et Zeitoun. (2013)** ont apporté que les échantillons du Chili ont des valeurs plus faibles que l'huile de lin aussi, le Codex Alimentarius (1999) a apporté un résultat important c'est qu'aucun des échantillons ne dépassait la limite supérieure de l'indice de peroxyde (10,0 mEq d'oxygène actif/kg d'huile) établie. D'autre part l'huile de Chia contient des composants bioactifs, tels que des tocophérols, polyphénols et les caroténoïdes (**Ixtaina et al., 2011**), qui peuvent être responsables du maintien d'un faible indice de peroxyde et par conséquent, peuvent présenter une bonne stabilité oxydative. En ce qui concerne le produit d'autoxydation des lipides secondaires, la valeur MDA de l'huile de Chia Chilienne (17,46 mg MDA/kg) était plus élevée que celles rapportées par **Martysiak-Zurowska et Stołyhwo. (2006)** dans l'huile de soja (9,17 mg MDA/kg). (9,17 mg MDA/kg) et dans l'huile de colza (11,12 mg MDA/kg). En outre, la valeur de MDA (9,58 mg MDA/kg) ou l'absorbance moyenne (0,052) trouvée dans les graines de Chia Chiliennes sont plus faibles que celles mentionnées ci-dessus. Bien que le test TBA soit l'une des analyses chimiques les plus couramment utilisées pour déterminer les produits d'oxydation secondaire, cette méthode présente des limites, comme le manque de spécificité et de sensibilité. Outre le MDA, certaines autres substances peuvent réagir avec le réactif TBA et contribuer à l'absorption, entraînant une sur estimation de l'intensité du complexe coloré (**Pignitter et Somoza, 2012**).

Concernant l'analyse des polyphénols on peut observer le tableau 14 qui montre les principaux composés phénoliques identifiés dans la graine et l'huile de Chia.

L'extrait de graines de Chia a démontré la présence d'acide chlorogénique, de la quercétine, de la myricétine et de l'acide décarboxyméthylrique élénolique lié à l'hydroxytyrosol (3,4-DHPEA-EDA) par EASI-MS (**Capitani et al., 2012 ; Reyes-Caudillo et al., 2008**), malgré la présence

de la 3,4-DHPEA-EDA et l'absence de l'acide caféique et du kaempférol dans nos échantillons. Ces différences ont été justifiées par les techniques d'extraction et d'identification différentes, des pertes de traitement, en plus de la variation de l'emplacement des graines, ce qui, à leur tour, pourraient avoir un impact significatif sur la concentration en composés bioactifs (**Ayerza et Coates, 2011**). **Reyes-Caudillo et al. (2008)** ont découvert dernièrement que les principaux composants phénoliques du Chia mexicain étaient des glycosides de quercétine et de kaempférol.

En ce qui concerne le potentiel antioxydant des graines de chia, toutes les méthodes évaluées dans cette étude ont fourni des résultats assez équivalents à ceux rapportés par **Capitani et al. (2012)** pour le Chia originaire d'Argentine (557,2 TEAC, mmol/g) et des fractions fibreuses (446,4 TEAC, mmol/g) acquises par extraction par pressage ; et par **Vázquez-Ovando et al. (2009)** pour une fraction fibreuse de Chia Mexicain (488,8 TEAC, mmol/g). Les échantillons ont également montré une activité antioxydante plus élevée que celle trouvée dans la farine de blé, l'orge et les céréales complètes de sorgho (8,3, 14,9 et 51,7 TEAC, mmol/g) (**Ragaee et al., 2006**) et étaient similaires à celle du son de sorgho à haute teneur en tanin (512,0 TEAC, mmol/g) (**Awika et al., 2003**). Les graines de Chia pourraient donc avoir les mêmes effets bénéfiques pour la santé que ceux attribués aux autres céréales et légumes. Et le tableau 15 montre les résultats concernant l'inhibition de la peroxydation lipidique dans l'extrait brut des graines de Chia de **Sinaloa et de Jalisco, 2009** qui suggèrent que les phénols dans les deux extraits ont une activité importante en tant qu'oxygène singlet, qui pourraient expliquer le potentiel antioxydant de l'extrait de graines de Chia

Reyes-Caudillo et al. (2008) ; **Wu et al. (2004)** ont étudié la capacité antioxydante en outre, Le test ORAC a été utilisé pour différentes graines oxydantes lipophiles et hydrophiles. Le test ORAC a été utilisé pour étudier la capacité antioxydante lipophile et hydrophile de différentes graines. Les résultats actuels montrent que les graines et l'huile de Chia Chiliennes ont une capacité antioxydante plus élevée que les études précédentes utilisant la même méthode *in vitro* (tableau 15). Cela pourrait être dû à une teneur élevée en composés polyphénoliques (**Reyes-Caudillo et al., 2008**) et des composés lipophiles, tels que les tocophérols, les polyphénols, les caroténoïdes et les phospholipides qui sont déjà présents dans l'huile de graines de Chia en Argentine et au Guatemala (**Ixtaina et al., 2011**). La capacité antioxydante totale, telle que mesurée par ORAC ou toute autre méthode *in vitro*, ne peut fournir aucune information sur l'effet antioxydant dans le corps.

Enfin, Les graines et l'huile de Chia du Chili sont des sources importantes de protéines, de fibres alimentaires, d'AGPI oméga-3 et de composés bioactifs avec un potentiel nutritif et technologique. Ainsi, il vaut consommer des graines et de l'huile de Chia Chiliennes peut être bénéfique pour améliorer la santé.

Discussion générale

De nos jours les graines de Chia sont considérées comme un nouvel aliment et leur utilisation a énormément augmenté grâce à leur haute valeur nutritionnelle. En effet, elles sont riches en protéines (15 à 25%), lipides (30 à 33%), glucides (26 à 41%), fibres (18 à 30%), minéraux et vitamines et en composés phénoliques. Plus, leurs propriétés bénéfiques pour la santé comme l'amélioration du profil lipidique sanguin grâce à leur effet hypotenseur, hypolycémiant, antimicrobien et immunostimulant (**Ixtaina et al., 2008**).

Dans les études précédentes, les chercheurs montrent que les caractéristiques nutritionnelles des graines de Chia dépendent du climat, de la région de culture et du stade de développement de la plante. La qualité nutritionnelle diminue considérablement à mesure que la plante vieillit, avec une augmentation des fractions fibreuses et une forte diminution de la teneur en protéines (**Mohd Ali et al., 2012**).

Les résultats de la première étude montrent que les graines de Chia ont une teneur moins élevée en fibres et en humidité par rapport à celle de **Sargi et al. (2013)** et elles diffèrent d'une région à l'autre. Selon **Scapin et al. (2016)** la teneur en fibre des graines de Chia Mexicaines est plus élevée que celle des graines Brésiliennes (450 et 374.4g/kg) respectivement.

Ainsi, il a été constaté lors de la deuxième recherche que les teneurs en ces composés diffèrent aussi entre les deux génotypes des graines Tazotzol et Iztac qui sont des graines de couleurs différentes. D'après **Tuncil et Celik. (2019)** les graines de Chia noires ont une teneur plus élevée en protéines, cendres et humidité que les graines blanches. De plus, d'autres travaux n'ont trouvé aucune différence significative dans la teneur en eau et en protéines entre les génotypes de chia blanches et noires, à l'exception de la teneur en huile, cependant, les résultats actuels ne concordent pas avec les résultats de **Ayerza. (2013)**.

Ayerza. (2010) et **(2013)** a justifié ces écarts dans les résultats qu'ils pourraient être attribués à des différences dans les lieux de culture des plantes, et a démontré que les compositions des graines de Chia dépendent fortement du lieu de récolte ainsi qu'elle a démontré que les plus grandes différences trouvées dans la teneur en huile et la composition en acides gras sont dues à l'endroit (en raison des différences environnementales). Les échantillons moulus ont donné de meilleurs résultats que les graines entières pour les minéraux analysés, à l'exception du fer. Ceci est probablement dû à la plus grande surface de contact plutôt qu'à la couleur du tégument de la graine de Chia (**Melo et al., 2016**).

D'après **Ayerza & Coates. (2004)** et **Coates & Ayerza. (1998)** la graine et l'huile de Chia Chilienne est homologuée par rapport à d'autres origines et à propos de la composition de l'huile,

elle est riche en acides gras qui contient principalement des acides α -linoléique, linoléique, oléique, palmitique et stéarique, ainsi qu'en triglycérides. En fait, la connaissance du profil TAG de l'huile est importante pour orienter son utilisation correcte par les industries chimiques, alimentaires et pharmaceutiques (**Haddad et al., 2006**). **Khatab et Zeitoun. (2013)** ont prouvé que la teneur en acides gras de l'huile de Chia d'origine Chilienne est comparable aux autres huiles comme l'huile d'olive, de soja, de lin, de maïs et de colza. Cette huile a un effet sur l'autoxydation des lipides. D'autre part, l'huile de Chia contient des composants bioactifs, tels que des tocophérols, les polyphénols et les caroténoïdes (**Ixtaina et al., 2011**), qui peuvent être responsables du maintien d'un faible indice de peroxyde et par conséquent, peuvent présenter une bonne stabilité oxydative. Aussi, les principaux composés phénoliques identifiés dans la graine et l'huile de Chia sont l'acide chlorogénique, la quercétine, la myricétine et l'acide décarboxyméthylélinolique.

On peut déduire que les graines de Chia ont plusieurs bienfaits sur la santé humaine car elles contiennent des composés antioxydants qui réduisent le risque de maladies chroniques (cancer et infarctus.....) et offrent une protection contre certains troubles comme le diabète, la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson. De plus, la quantité élevée de fibres alimentaires diminue le risque de maladie coronarienne, le risque de diabète de type 2 et plusieurs types de cancer. Par la suite, elles ont plusieurs utilisations : dans le domaine pharmaceutique et l'industrie alimentaire ou elles peuvent être utilisées sous différentes formes

Graines entières, moulues, sous forme de farine, d'huile et gel. L'huile de Chia est aujourd'hui l'une des huiles les plus précieuses du marché, elle peut être utilisée pour encapsuler des composants bioactifs lipophile dans des applications alimentaires ou encore dans l'industrie des boissons et des aliments fonctionnels.

Conclusion

Notre environnement fait face à beaucoup de problèmes de santé à cause de la nouvelle alimentation qui est modifiée. Les chercheurs se sont multipliés en ce qui concerne les aliments fonctionnels et leurs bienfaits sur notre santé et afin de pouvoir les adopter dans notre alimentation quotidienne.

Dans ce modeste travail, nous avons traité trois articles portant sur l'étude des graines de Chia (*Salvia hispanica* L.), leur composition chimique (métabolite primaire) et le sous-produit l'huile de Chia par plusieurs méthodes.

Il a été démontré par la suite qu'elle a une teneur élevée en graisses, en glucides, en fibres alimentaires, en protéines et en vitamines ainsi qu'en minéraux et d'antioxydants. Par la suite, elle a une teneur plus ou moins faible en humidité et en cendre. Par ailleurs, il existe une différence marginale entre les graines de Chia noirs et blanches que la plupart considèrent comme égales car ses valeurs nutritionnelles sont similaires.

En ce qui concerne l'huile de Chia qui est considéré comme une source importante de fibres alimentaires.

AGPI oméga-3 et de composés bioactifs avec un potentiel nutritif et technologique. Ainsi que sa richesse en triacylglycérols, les polyphénols. D'un autre côté elle a une capacité antioxydante plus élevée cela pourrait être dû à une teneur élevée en composés phénoliques et des composés lipophiles. En outre, des chercheurs précisent que la plupart des composés phénoliques trouvés dans l'huile de Chia ne sont pas présents dans d'autres oléagineux et c'est ce qui la distingue des autres huiles.

Cette graine oléagineuse se caractérise par plusieurs bienfaits y compris une protection contre les maladies cardiaques et l'hypotension artérielle, anticancérigènes, protège de l'inflammation, aide au contrôle du poids...etc.

Donc vu les résultats, cette merveilleuse graine oléagineuse on peut la considérer comme un aliment fonctionnel car elle a des qualités nutritionnelles très importantes et des effets bénéfiques sur plusieurs fonctions de l'organisme et elle peut avoir la capacité de maintenir et d'améliorer l'état de santé humaines et le bien-être et par la suite elle réduit le risque d'apparition de plusieurs maladies.

Grace à ses multiples propriétés nutritionnelles et sa valeur médicinale cette précieuse graine est devenue l'un des aliments les plus reconnus au monde. Elle peut être consommée par

plusieurs personnes même les patients atteints de la maladie cœliaque. Ainsi, elle est utilisée dans de nombreux autres domaines comme dans les produits cosmétiques et pharmaceutiques.

Références bibliographiques

-A-

Adams JD, Wang R, Yang J, Lien EJ. (2006). Preclinical and clinical examinations of *Salvia miltiorrhiza* and its tanshinones in ischemic conditions, *Chin Med*, 1-3.

Adriana G, Chicco ME, D'Alessandro, Gustavo JH, Maria EO and Yolanda BL. (2008). Diatery chia seed (*Salvia hispanica* L.) rich in alpha linolenic acid improves adiposity and normalises hypertriacylglycerolaemia and insulin resistance, *Britich Journal of Nutrition*, 101: 41-50.

Alvarado R. (2011). Caracterización de la semilla de chan (*Salvia hispánica* L.) y diseño de un producto funcional que la contiene como ingredient, *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 23 : 43-49.

Association of Official Analytical Chemists. (2000). Official methods of analysis of AOAC International (19 ed), Washington, DC : AOAC International.

Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.18th edn. Gaithersburg: AOAC.

Arredondo MGI, Jimènez SZ, Garza FJG-dl, Solis PE, Lopez-Cabanillas LM, Gonzalez MBE, Campos-G E. (2020). Ethalonic Extract of *Salvia hispanica* L. Regulates Blood Pressure by Modulating the Expression of Genes Involved in Bp-Regulatory Pathways, *Molecules*, 25 :3875.

Ayerza, R. (1995). Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.), from five northeastern locations in northwestern Argentina, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72: 1079-1081.

Ayerza R, Coates W. (2005). Chia: Rediscovering an ancient crop of the Aztecs. University of Arizona, Tucson, AZ, USA.

Ayerza, R , Coates W. (2004). Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and sub-tropical ecosystems of South America, *Tropical Science*, 44: 131-135.

Ayerza R, Coates W (2006) Chía, Redescubriendo un olvidado alimento de los Aaztecas. Ed. Del nuevo extremo S.A. Buenos Aires, Argentina, 205.

Ayerza RJ, Coates W. (2007). Seed yield oil content and fatty acid composition of three botanical sources of & ohgr: 3 fatty acid planted in the Yugas ecosystem of tropical Argentina. *Trop Sci*, 47 (4) :183–187.

Ayerza R. (2010). Effects of Seed Color and Growing Locations on Fatty Acid Content and Composition of Two Chia (*Salvia hispanica* L.) Genotypes, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87: 1161-1165.

Ayerza R , Coates. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L), *Indust Crops Prod* 34: 1366-1371.

Ayerza, R. (2013). Seed composition of two chia genotypes which differ in seed color. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25 (7): 495-500

Awika J , Rooney L , Wu X , Prior R et Cisneros L. (2003). Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6657-6662.

-B-

Balakrishnan A. (2015). Therapeutic use of peppermint-a review, *J Pharm Sci Res*, 7: 474-476.

Benzie IFF , Strain JJ. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay, *Analytical Biochemistry*, 239 :70-76.

Borneo R , Aguirre A , León AE. (2010). Chia (*Salvia hispanica* L.) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations, *J. Am. Diet. Assoc*, 110: 946–949.

Brand-Willians W, Cuvelier ME, Berset C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Food Science and Technology* 28 (1): 25-30.

Bushway AA , Belyea PR , Bushway, RJ. (1981). Chia seed as a source of oil, polysaccharide, and protein. *Journal of Food Science*, 46(5): 1349.

-C-

Cahill JP. (2003). Ethnobotany of Chia (*Salvia hispanica* L.) (Lamiaceae), *Econ. Bot* , 57: 604–618.

Capitani MI , Spotorno V , Nolasco SM , Tomás MC. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina, *LWT - Food Science and Technology*, 45: 94-102.

Chicco AG, D'Alessandro ME , Hein GJ , Oliva ME , YB. (2008). Lombardo, Dietary chia seed (*Salvia hispanica* L.) rich in α -linolenic acid improves adiposity and normalises hypertriacylglycerolaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats, *Br. J. Nutr*, 101: 41–50.

Coates W , Ayerza R. (1996). Production potential of Chia in northwestern Argentina, *Industrial Crops and Products*, 5 : 229-233.

Codex Alimentarius Commission. (1999). Codex Stan 19. Edible fats and oils not covered by individual standards. http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en) consultè le 10/06/2021.

Coates W , Ayerza R. (1998). Commercial production of Chia in northwestern Argentina, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75:1417-1420.

Caudillo ER , Tecante A , Valdivia MA , Lopez L. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry* 107(2): 656-663.

Coelho MS , Salas MM. (2015). Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread, *LWT Food Sci. Technol*, 60 :729–736.

Campos BE , Ruivo TD , Scapin , Madrona GS , Bergamasco RC. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier, *LWT Food Sci. Technol*, 65 : 874–883.

Creus A , Benmelej A , Villafa N , Lombardo YB .(2017). Diatary Salba (*Salvia hispanica* L.) improves the altered metabolic fate of glucose and reduces increased collagen deposition in the heart of insulin-resistant rats. *Prostaglandins, Leukotrienes and essential fatty acids*, 121: 30-39.

Craig R , Sons M. (2004). Application for approval of whole chia (*Salvia hispanica* L.) seed and ground whole chia as novel food ingredients, *Advisory committee for novel foods and processes*, Ireland: Company David Armstrong, 29.

-D-

Da Silva MR , Moraes ÉA , Lenquiste SA , Godoy AT, Eberlin MN, et al. (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 59 (2): 1304-1310.

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.

Di Marco AE , Ixtaina VY , Tomas MC. (2020), Inclusion complexes of high amylose corn starch with essential fatty acids from chia seed oil as potential delivery systems in food .*Food Hydrocolloids* 106030.

Ding Y , Lin HW, Lin YL , Yang DJ , Yu YS , Chen JW, Wang SY, Chen, YC. (2018). Nutritional composition in the chia seed and its processing properties on restructured ham-like products. *J. Food Drug Anal*, 26 :124–134.

Di.Sapio ,BO,Busilacchi MH,QuirogaM,Severin C.(2012).Caracterización, morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de (*Salvia hispanica* L.), *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*,11(3):249-268.

Doyon M , Tamin LT. (2006). Le Secteur Des Aliments Fonctionnel, Revue Des Principales Tendances, *ResearchGate*, (2-922378-55-1):14-15.

-F-

Fernández I , Ayerza R , Coates W, Vidueiros SM , Slobodianik , Pallaro AN.(2006). Nutritional characteristics of chia. Actualización en Nutrición. Tucson, Arizona 85706, USA, Office of Arid Lands Studies, *The University of Arizona*. 7: 23–25.

Fernandez I , Vidueiros SM , Ayerza R , Coates W, Pallaro A. (2008). Impact of chia (*Salvia hispanica* L.) on the immune system: preliminary study Proceedings of the Nutrition Society, 67(OCE), E12 doi: 10.1017/S0029665108006216.

Fernandes, SS , Salas-Mellado , MM. (2017) Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes, *Food Chem*, 227: 237–244.

Ferreira C , de souza , dd Sousa , Fomes Lde F , da Silva GE , Rosa G. (2015). Effect of chia seed (*Salvia Hispanica* L.), consumption on cardiovascular risk factors in humans a systematic review, *Nutr. Hosp.*, 32: 1909–1918.

-G-

Ganesan B , Brothersen C , McMahon DJ. (2014). Fortification of foods with omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54: 98-114.

GILL C , Rowland I. (2003). « The Health Benefits of Functional Dairy Products », In *Functional Dairy Products*. Edited by Mattila-Sandholm T and M Saarela. *Woodhead Publishing Limited*, Cambridge, England. 416: 19-28.

Gutiérrez TR , Ramírez VLM , Vega LS , Fontecha J , Rodríguez ML , Escobar MA. (2014). Contenido de ácidos grasos en semillas de chía cultivada en cuatro estados de México, *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19 :199-204.

-H-

Haddad R , Sparrapan R , Eberlin , MN. (2006). Desorption sonic spray ionization for (high) voltage-free ambient mass spectrometry, *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 20: 2901-2905.

-I-

Illian GT, Jason CC, Bishop PA (2011). Omega 3 chia seed loading as a means of carbohydrate loading. *J Strength Cond Res* 26: 61-65.

Ingeborg AB, Katan MB, Zock PL. (2004). *The journal of Nutrition*. Downloaded from Jnnutritionorg at Pakistan, ASNA Sponsored on June 15, 2015.

Irma S. (2018). Chia ,comment la cultiver et comment en faire utilisation ?,comment faire pousser la chia?, Super plantes, Hagry pot fleur.1

Ixtaina VY , Nolasco SM , Tomás MC. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Ind. Crops Prod*, 28 :286–293.

Ixtaina VY, Martínez ML , Sportono V, Mateo CM, Maestri DM , Diehl BW , Nolasco SM ,Tomas MC (2011), Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction , *Journal of FoodComposition and Analysis* 24 (2) :166-174.

Ixtaina YY , Nolasco SM , Tomás MC. (2012). Oxidative stability of chia (*Salvia hispanica* L.) seed oil: effect of antioxidants and storage conditions, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 89: 1077-1090.

-J-

Jamboonsri W , Phillips , TD , Geneve RL , Cahill , JP , Hildebrand , DF. (2012). Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L. A new ω 3 source, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59: 171-178.

- K-

Khattab RY, Zeitoun MA. (2013). Quality evaluation of flaxseed oil obtained by different extraction techniques, *Food Science and Technology*, 53 :338-345.

Kramer JKG , Fellner V, Dugan MER , Sauer FDS , Mossoba MM , et Yurawecz MP. (1997). Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumer fatty acids with special emphasis on conjugated diens and total trans fatty acids .*lipids* ,32 : 1219-1228.

-L-

Lattimer JM, Haub MD. (2010). Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients*, 2: 1266-1289.

Lejeune MP, Kovacs EM, Westerterp PMS .(2005). Additional protein intake limits weight regain after weight loss in humans. *Br J Nutr*, 93 : 281–289.

LAJOLO FM. (2002). FUNCTIONAL FOODS, LATIN AMERICAN PERSPECTIVES, *BRITISH JOURNAL OF NUTRITION* , 88 (2), 145-150

Ligeon B. (2018). comment consommer les graines de chia ?, L'île aux épices quels sont les bienfaits des graines de chia ?. (écrit le 4 janvier 2018).disponible sur (<https://ileauxepices.com/blog/2018/01/04/quels-sont-les-bienfaits-des-graines-de-chia/wp/15659/>) (consulté le 20/04/2021).

LOIC. (2012). THE EUROPEAN MARKET POTENTIAL FOR CHIA SEEDS , *CBI*, MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS.DISPONIBLE.SUR.[HTTP://WWW.CBI.EU/MARKET-INFORMATION/GRAINS-PULSES-OILSEEDS/CHIA-SEEDS/MARKET-POTENTIAL](http://www.cbi.eu/market-information/grains-pulses-oilseeds/chia-seeds/market-potential).

Lopez JN. (2007). Las plantas vasculares de la comunidad de Madrid. Catalogo florístico, claves dicotómicas y estudio detallado de la familia Compositae Giseke. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense. Madrid España. 409.

Lopez AR. (2010). Crafting Mexico, Intellectuals, Artisans, and the state after the revolution. Duke University Press. London, England. 436.

-M-

Maia EL , Rodriguez ADB. (1993). Evaluation of a simple and inexpensive method for the methylation of fatty acid with lipids of various fish species. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 53, 27-35.

Menga V, Amato M , Phillips TD , Angelino D , Morreale F, Fares C (2017). Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) As thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. *Food Chem* , 221 : 1954–1961.

Marcinek K , Krejpcio Z. (2017). Graines de chia (*Salvia hispanica*): propriétés favorisant la santé et applications thérapeutiques, un examen. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 68 (2).

Marineli RD , Moraes SA , Lenquiste AT , Godoy MN , Eberlin MR , Marostica JR. (2014). Chemical characterization and antioxydant potentiel of chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.).*Food science and technology*.dx.doi.org/10.1016/j. lwt , 1304-13010.

Martysiak Z , Urowska D , Sto1yhwo A. (2006). Content of malondialdehyde (MDA) in infant formulae and follow-on formulae. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 15 : 323-328.

Melo RV , Schettino B , Rodriguez DB , Diaz GR. Calvo-CC Gazga UC .(2016), chia seeds (*salvia hispanica* L.) plante sauvage riche en nutriments .*Revue des sciences de la vie*, 10. P 221-227.

Mourey A. (2004). Les besoins nutritionnel de l’etre humain , *Manuel de nutrition* . Genève suisse : comité international de croix rouge division assistance, 33-85.

Mulry MC. (2002). “Functional foods past, present and future”, *Natural Foods Merchandiser*, 23, (3): 62.

Munoz LA , Cobos A , Diaz O , Aguilera JM. (2013). Chia seed (*Salvia hispanica*), *An ancient grain and new functional food*. *Food Res. Int*, 29, 394–408.

Mohd Ali N , Yeap SK , WY Ho , B K. Beh SW , Tan et SG. (2012). Tan, The promising future of chia, *Salvia hispanica* L, *J. Biomed. Biotechnol.*171956.

-O-

Oliveira MR , Novack ME , Santos , CP Kubota, E.; Rosa, C.S. (2015). Evaluation of replacing wheat flour with chia flour (*Salvia hispanica* L.) in pasta. *Semin. Ciênc. Agrár*,36: 25-45.

Oliveira-Alves SC, Vendramini CDB, Cazarin CBB, Cazarin CBB , Junior MRM, Ferreira JPB, Silva AB, Prado MA, Bronze MR (2017). Characterization of phenolic compounds in chia (*Salvia hispanica* L) seeds , refibre flour and oil , *Food chemistry* 232 (33): 295-305.

-P-

Pawlosky R , HibbelnJ LY , Salem N (2003). N-3 fattyacid metabolism in women. *Br J Nutr* 90, 993-994.

Pignitter M , Somoza V. (2012). Critical evaluation of methods for the measurement of oxidative rancidity in vegetable oils. *Journal of Food and Drug Analysis* 20, 772-777.

Pintado T , Herrero AM , Jimenez CJ , Ruiz CC. (2016). Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient. *Meat Sci.* 114 : 75–84.

-R-

Ragae S , Abdel AE , Noaman M. (2006). Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*, 98: 32-38.

Reyes CE , Tecante A , Valdivia LMA .(2008).Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chem* 107:656-663.

Rodrigues MI , Iemma AF.(2005). Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos. Campinas: Casa do Pão Editora.

Rossignol C , ITERG. (2001). Aliments Fonctionnels et lipides, rue Monge, Parc Industriel, 33600, Juillet-Aout 2001 8, (4) : 308-9.

Rufino M SM , Alves RE , Brito ES , Morais SM , Sampaio CG , Pérez J, et al. (2007). Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. *Comunicado Técnico Embrapa*, 127 : 1-4.

-S-

Saher M , Arvola A , Lindeman M et Lahteenmaki L. (2004), “Impressions of functional foodconsumers. *Appetite*, 42: 78-97

Sargi SC , Silva BC , Santos HM , Montanher PF , Boeing JS , Santos O , Souza NE et Visentainer JV. (2013). Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. *Food Science and Technology* 33(3): 144-158 .

Sandoval OMR , Paredes LO. (2013). Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *J Agric Food Chem* ,61:193–201.

Santos ME , Kubota CPE , Rosa CS (2015). Evaluation of replacing wheat flour with chia flour (*Salvia hispanica* L.) in pasta. *Semin. Ciênc. Agrár.* 36 :25-45

Sargi SC , Silva BC , Santos H M , Montanher PF , Boeing J S , Santos O , Souza NE et Visentainer JV.(2013) . Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. *Food Science and Technology* 33(3) :144-158.

Scapin G , Schmidt MM , Prestes R et Rosan CS. (2016). Phenolics compounds, flavonoids and antioxidant activity of chia seed. *International Food Research Journal*, 2341-2346.

Segura CMR , Salazar VI.M , Chel GLA , et Betancur A DA. (2013). Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods, *LWT e Food Science and Technology*, 50:723-731.

Singleton, VL , Orthofer R et Lamuela RRM. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent, *Methods in Enzymology* 299(1): 152-178.

Sinnhuber R O , et Yu, TC (1958). 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. II. The quantitative determination of malonaldehyde, *Food Technology*, 12 :9-12

Skov AR , Toubro S , Ronn B , Holm L, Astrup A. (1999). Randomizedtrial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 23: 528–536.

Simopoulos AP. (2004). Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases, *Food Reviews International*, 20: 77-90.

Sosa BA , Ruiz IG. (2016). Será Diabrotica speciosa germen, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) una plaga de importancia económica para la producción de chía (*Salvia hispanica* L.) en México, *Entomología Agrícola*, 3: 269-274.

Sumit B , Geetika A. (2012). Therapeutic benefits of Holy basil (Tulsi) in general and oral medicine: a review. *IJRAP*, 3:761-764.

Suri S , Passi SJ et Goyat J. (2016). Chia seed (*Salvia hispanica* L.), A new age functional food. In 4th International Conference on Recent Innovations in Science Engineering and Management, 286-299.

Swain T , Hillis WE. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. d the quantitative analysis of phenolic constituents, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10 :63-68.

-T-

Tuberoso C , Kowalczyk A , Sarritzu E et Cabras P. (2007). Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chemistry*, 103, 1494-1501.

Tucker LA , Thomas KS. (2009) Increasing total fiber intake reduces risk of weight and fat gains in women. *J Nutr*, 139: 576-581.

Tuncil YE , Gelik OF. (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

-U-

Ullah R , Nadeem M , Ahmad S , Azeem MW, Tayyab M. (2015). Fractionation of Chia Oil to Enhance Omega 3 & 6 Fatty Acids: Oxidative Stability of Fractions, *Food Sci Biotech*, 24: 1227-1232.

Ullah R , Nadeem M , Khalique A . Imran M , Mehmood A , Javid et Hussain J .(2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review, *J. Food Sci. Technol*,53 :1750–1758.

Urbina M. (1887) La chía y sus aplicaciones, *La Naturaleza. Sociedad Mexicana de Historia Natural Tomo* , 1: 27-36

USDA (2011). National Nutrient Database for Standard Reference. Nutrient Data Laboratory Home Page. US. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

USDA (2018). National Nutrient Database for Standard Reference, (En ligne) (écrit le 12/11/2018 disponible : <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl> (consulté le 15/06/2021)

-V-

Valdivia LMÁ , Tecante A .(2015). Chia (*Salvia hispanica*): A review of native Mexican seed and its nutritional and functional properties. *Adv. Food Nutr. Res*, 75 : 53-75.

Victor R , Preedy RW , Vinood B. (2011). Nuts and seeds in health and disease prevention, *Acadimec Press*, 1226.

Vertommen J , Van de Sompel AM , Loenders M , Van der VC, De LeeuwI. (2005). Efficacy and Safety of 1 Month Supplementation of SALBA (*Salvia Hispanica Alba*) Grain to Diet of Normal Adults on Body Parameters, Blood Pressure, Serum Lipids, Minerals Status and Haematological Parameters. Results of a Pilot Study, *The 23th International Symposium on Diabetes and Nutrition of the European Association for the Study of Diabetes*.

Vavilov IN. (1931). México y Centroamérica como centro básico de origen de las plantas cultivadas del nuevo mundo. *Revista de Geografía Agrícola (1994 reprint)* ,20 : 15-34.

Valencia RC, Hellström , JK Pihlava JM , Mattila PH. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chem*, 120 : 113–128.

Vázquez-Ovando, A., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 42: 168-173.

Vuksan V , Whitham D , Sievenpiper JL , Jenkins AL , Rogovik AL , Bazinet RP, Vidgen E et Hanna A. (2007). Supplementation of conventional therapy with the novel grain Salba (*Salvia hispanica* L.) improves major and emerging cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: results of a randomized controlled trial, *Diabetes Care*, 30 : 2804–2810.

Vuksan V, Choleva L , Jovanovski E , Jenkins AL , Au-Yeun GF, Dias AG, Duvnjak L. (2017). comparaison of flax (*linum usitatissimum*) and Salba-chia (*Salvia hispanica L.*) seeds on postprandial glycemia and satiety in health individuals: A randomized, controlled, crossover study. *European journal of clinical Nutrition*, 71(2), 234-238.

-W-

WESTSTRATE JA , Van Poppel G et Verschuren PM. (2002). « Functional Foods, Trends and Future », *British Journal of Nutrition*, 88 (2):233-235.

Willem VK J , Jones J, Mac CB et Topping D. (2010). Dietary fiber: New frontiers for food and health. Wageningen, The Netherlands, *Wageningen Academic Publishers*, 1586.

Wu X , Beecher GR , Holden JM , Haytowitz, DB , Gebhardt SE et Prior RL. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 4026-4037.

-X-

Xavier. J. (2020), Les bienfaits des grains de chia et comment les cuisiner, *Doctissimo*.1

-Y-

Yurawecz MP. (1997). Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids*, 32 :1219-1228.

-Z-

Zhishen J , Mengcheng T et Jianming W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals, *Food Chemistry* 64(4): 555-559.

<https://www.ethnoplants.com/fr/plantes-graines-amerique-du-nord/56-salvia-hispanica-sauge-chia-graines-html/amp>

<http://www.lasantedanslassiette.com/au-menu/articles/graines-chia-bienfaits-html>

ANNEXES

Article 01

International Food Research Journal 23(6): 2341-2346 (December 2016)

Journal homepage: <http://www.ifrj.upm.edu.my>



Phenolics compounds, flavonoids and antioxidant activity of chia seed extracts (*Salvia hispanica*) obtained by different extraction conditions

¹Scapin, G., ¹Schmidt, M. M., ¹Prestes, R. C. and ¹Rosa, C. S.

¹Department of Food Science and Technology, Center of Rural Sciences, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Article history

Received: 24 October 2015
Received in revised form:
30 January 2016
Accepted: 15 February 2016

Keywords

Chia
Chemical composition
Natural antioxidant
DPPH
FRAP

Abstract

This study aimed to chemically characterize the chia seed (*Salvia hispanica*), get chia seed extracts at different concentrations of ethanol and temperature using a factorial design 2² with triplicate at the central point and then analyze the extracts the content phenolics, flavonoids and antioxidant activity in vitro. The results showed that the chia seed has a high content of dietary fiber (374.4 g/kg), lipids (283.5 g/kg) and protein (231.7 g/kg). The same possess antioxidant activity, and the extract with a higher antioxidant activity was obtained by the method of stirring using temperatures of 60°C and 80% ethanol concentrations. The content of phenolic compounds was found to be 2,639 g of gallic acid equivalent/kg of dry sample. The flavonoid content was 0.162 g equivalent of quercetin/kg dry sample. The IC₅₀ found was of 3.841 mg/mL and FRAP 45.004 mmol trolox equivalent/ kg of dry sample.

© All Rights Reserved

Introduction

Materials and Methods

Article 02

Akademik Ziraat Dergisi 8(1): 113-120 (2019)

ISSN: 2147-6403 e-ISSN: 2618-5881 DOI: <http://dx.doi.org/10.29278/azd.593853>

**Research
(Araştırma)**

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

Yunus Emre TUNÇİL¹, Ömer Faruk ÇELİK¹

¹Food Engineering Department, Agricultural Faculty, Ordu University, Ordu

Alınış tarihi: 16 Şubat 2019, Kabul tarihi: 29 Mart 2019

Sorumlu yazar: Yunus Emre TUNÇİL, e-posta: yunustuncil@odu.edu.tr

Abstract

Due to its high nutritional value and health-promoting effects, there is an increasing interest in utilizing chia seed in the human diet. The aim of this study was to compare the compositional and functional characteristics of white and black chia seeds that are commercially available in Turkey. Compositional comparisons were done by quantifying protein, oil, ash and moisture contents. The total phenolic content and antioxidant activity were measured using defatted ground chia seeds.

the results of this study suggest that white chia seed has better functional properties than black seeds.

Key words: White chia seed, black chia seed, DPPH

Farklı kabuk renklerine sahip çiya tohumlarının (*Salvia hispanica* L.) toplam fenolik içerikleri, antioksidan ve antibakteriyel aktiviteleri

Öz

Yüksek besin değeri ve sağlığı destekleyici etkileri

Article 03

LWT - Food Science and Technology 59 (2014) 1304–1310



Contents lists available at ScienceDirect

LWT - Food Science and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/lwt

Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.)



Rafaela da Silva Marineli^a, Érica Aguiar Moraes^a, Sabrina Alves Lenquiste^a,
Adriana Teixeira Godoy^b, Marcos Nogueira Eberlin^b, Mário Roberto Maróstica Jr.^{a,*}

^aDepartment of Food and Nutrition, Faculty of Food Engineering, University of Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brazil

^bThoMSon Mass Spectrometry Laboratory, Institute of Chemistry, University of Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 January 2014

Received in revised form

4 April 2014

Accepted 6 April 2014

Available online 13 April 2014

Keywords:

Chia

Salvia hispanica

Omega-3 fatty acid

Phenolic compounds

Antioxidant activity

ABSTRACT

The objective of this study was to chemically and nutritionally characterize the commercial chia seeds and oil from Chile and investigate their antioxidant potential by different *in vitro* methods. The chia seed presented a good source of protein (25.32 g/100 g), oil (30.22 g/100 g) and total dietary fiber (37.50 g/100 g), with predominant insoluble fiber (35.07 g/100 g). The main fatty acids, ranked order of abundance, were α -linolenic acid > linoleic acid > palmitic acid ~ oleic acid > stearic acid. The triacylglycerols (TAG) in chia oil were identified by direct mass spectrometry using the easy ambient sonic-spray ionization (EASI-MS) technique and linolenic acid (Ln) was present in the most TAG found. The oil also presented a low peroxide index value (2.56 mEq peroxide/kg). The samples exhibited a high antioxidant activity by the various *in vitro* methods evaluated; it is due to the presence of phenolic compounds in the seed or oil, which were, mainly, myricetin, quercetin, kaempferol, chlorogenic acid and 3,4-dihydroxyphenylethanol-elenolic acid dialdehyde (3,4-DHPEA-EDA). Our results therefore suggest that Chilean chia seeds and oil should be considered as functional ingredients with high antioxidant potential in food products with commercial applications.