



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة البشير الإبراهيمي برج بوعريش

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

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

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention de diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

Intitulé

Les propriétés de *Salvia hispanica* L.

Présenté par :

TAIBA Chafa & ZERIA Chourouk

Président : Mr TOUATI Nouredine

MCB (Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A).

Encadrant : Mme MZITI Asma

MCA (Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A).

Examineur : Mme NASRI Meriem

MCA (Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A).

Année Universitaire : 2020 / 2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Au Nom de Dieu, Le Clément, Le Miséricordieux

Remerciements

*Avant toute chose, on tient à remercier **DIEU** le tout puissant, de nous avoir donné la force, la patience et le courage pour réaliser ce travail.*

*Merci aux membres du jury, Mr **N.TOUATI** et Mme **M.NASRI** d'avoir accepté de juger ce travail.*

*On exprime nos profonds remerciements à notre encadreur Mme **MEZITI Asma**, pour l'honneur qu'elle nous a fait de nous encadrer, pour son soutien, son attention, ses bons conseils et pour ses qualités humaines. Pour tout cela on tient à lui exprimer toute notre gratitude.*

*Nous tenons également à remercier tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'**Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.**, spécialement les enseignants qui ont contribué à notre formation en **BIOCHIMIE**.*

*Puis un très grand merci aux étudiants de notre section du **Master 2 en BIOCHIMIE** (2020-2021).*

Enfin nos remerciements s'adressent plus particulièrement à nos familles, amis et toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Chourouk et chafa

Merci 

Dédicace

Afin de prouver ma gratitude envers ceux qui m'ont appuyé et m'ont encouragé à réaliser ce travail de recherche, je dédie ce mémoire :

-Aux vrais soldats de ma réussite, qui ont sacrifié du temps, de l'énergie et du confort pour que je devienne la personne accomplie que je suis aujourd'hui. Les seuls que je cherche à rendre fière en travaillant durement, mes chers parents, Vos prières et vos bénédictions m'ont été d'une grande aide pour mener à bien mes études.

*- A mon cher frère **Moncef** pour son soutien et son encouragement tout le long de mon parcours.*

*-A ma famille surtout ma grand-mère maternelle **Haroun Zineb**, qui m'a adopté, éduqué et couverte de beaucoup d'amour et encouragé à aller si loin dans mes études.*

-A mes amis et mes proches qui m'ont toujours encouragé, qui m'ont donné de l'amour et de la vivacité.

*-A mon binôme : **Chafa**, avec qui j'ai partagé ce modeste travail qui n'a pas toujours été facile ; on a partagé tellement de choses.*

Et à tous ceux dont ma réussite tient à cœur.



Dédicace

♥ Aux vrais soldats de ma réussite, qui ont sacrifié du temps, de l'énergie et du confort pour que je devienne la personne bien faite que je suis aujourd'hui. Aux seuls pour qui je travaille dur pour les rendre fiers ; à vous mes chers parents, **FOUDIL Malika** et **TAIBA Tahar** Vos prières et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

♥ A mon cher frère **AKRAM** et son fils Anas & A ma chère sœur **AMIRA** et ses enfants Adam et Youcef.

♥ A mon fiancé **ISLAM** qui m'a donné toute sa positivité quand j'en avais vraiment besoin, tes sacrifices, ton soutien moral m'ont été d'une grande aide.

♥ A ma grande famille ; mes tantes, mes oncles et mes cousins et cousines qui n'ont cessé de croire en moi et de m'octroyer leur soutien et leur encouragement et à l'âme de mes grands-parents.

♥ Un grand merci à ma chère amie, ma binôme dans ce mémoire de recherche, **Chourouk** et je souhaite que nous arrivions à réaliser nos rêves...



Tables de matières

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	

Généralités

Introduction	1
1. Généralité sur <i>Salvia hispanica</i> L.....	2
2. Caractéristiques morphologiques de <i>Salvia hispanica</i> L.....	2
3. Habitat et répartition géographique	3
4. Classification botanique	4
5. Usage traditionnel.....	5
6. Intérêt nutritionnel	5

Phytochimie de Salvia hispanica L.

Phytochimie de <i>Salvia hispanica</i> L.	7
1. Les glucides	7
2. Les protéines.....	8
3. Les lipides.....	8
4. Les minéraux	9
5. Les vitamines.....	10
6. Les composés phénoliques	11

Activités biologiques de Salvia hispanica L.

1. Activité antioxydante.....	13
2. Activité antimicrobienne	14
3. Activité antidiabétique.....	15
4. Activité hypotensive	16
5. Activité anti inflammatoire.....	17
6. Activité cytotoxique	18
7. Activités sur l'hydratation de la peau	18
8. Activité hypocholestérolémiant	19

Conclusion	21
------------------	----

Références Bibliographiques	
-----------------------------	--

Résumé

Salvia hispanica L. est une plante herbacée annuelle largement répandue et utilisée à travers le monde pour ses propriétés culinaire et médicinales. La présente étude vise à étudier et rassembler rigoureusement les connaissances acquises et publiées sur la phytochimie et les propriétés biologiques de graine de chia.

L'étude phytochimique a permis de mettre en évidence la présence des métabolites primaires, notamment les fibres qui forment le mucilage et les acides gras oméga-3 (acides alpha-linoléniques) ainsi que la présence des métabolites secondaires comme les flavonoïdes (principalement des Isoflavones et des flavanols). Les acides phénoliques ont été également identifiés, avec la dominance de l'acide rosmarinique.

Les travaux menés *in vitro* et *in vivo* montrent que les graines de chia possèdent des activités biologiques puissantes : antioxydante, antimicrobienne, antidiabétique, anti inflammatoire, anticancéreuse, hypotensive et hypocholestérolémiante. En conclusion, cette étude a permis de dévoiler des propriétés pharmacologiques et thérapeutiques très prometteuses de *Salvia hispanica*.

Mots clés : *Salvia hispanica* L., graines, phytochimie, activités biologiques.

ملخص

سالفيا هيسبانيكا ل. هو نبات عشبي سنوي يتم توزيعه على نطاق واسع ويستخدم في جميع أنحاء العالم لخصائصه المطبخية والطبية. تهدف الدراسة الحالية إلى الدراسة الدقيقة والجمع المكتسبة والمنشورة حول الكيمياء النباتية والخصائص البيولوجية لبذور الشيا .

أتاحت الدراسة الكيميائية النباتية إثبات وجود المستقلبات الأولية ، ولا سيما ثرائه بالألياف التي تشكل الصمغ وأحماض أوميغا 3 الدهنية (أحماض ألفا لينولينيك) بالإضافة إلى وجود المستقلبات الثانوية مثل الفلافونويد (بشكل رئيسي الايسوفلافون والفلافانول). تم التعرف أيضًا على الأحماض الفينولية ، مع هيمنة حمض روزمارنيك

كما أظهرت العديد من الدراسات التي أجريت في المختبر وفي الجسم الحي أن بذور الشيا لها أ أنشطة بيولوجية قوية: مضادات الأكسدة ، ومضادات الميكروبات ومضادات السكر ، ومضادة للالتهابات ، ومضادة للسرطان ، وخفض ضغط الدم ، وخفض الكوليسترول. في الختام جعلت هذه الدراسة من الممكن الكشف عن الخصائص الدوائية والعلاجية المهمة للغاية لنبات سالفيا هيسبانيكا ل.

الكلمات المفتاحية: سالفيا هيسبانيكا ل ، البذور ، الكيمياء النباتية ، الأنشطة البيولوجية

Abstract

Salvia hispanica L. is an annual herbaceous plant widely distributed and used worldwide for its culinary and medicinal properties. The purpose of this study is to study and rigorously gather the acquired and published knowledge on the phytochemistry and biological properties of chia seed.

The phytochemical study identified the presence of primary metabolites, including mucilage fibres and omega-3 fatty acids (alpha-linolenic acids) and the presence of secondary metabolites such as flavonoids (mainly Isoflavones and Flavanols). Phenolic acids have also been identified, with the dominance of rosmarinic acid.

In vitro and in vivo studies show that chia seeds have powerful biological activities: antioxidant, antimicrobial, antidiabetic, anti-inflammatory, anticancer, hypotensive and hypocholesterolemic. In conclusion, this study revealed very promising pharmacological and therapeutic properties of *Salvia hispanica*.

Key words : *Salvia hispanica* L., seeds, phytochemistry, biological activities

Liste des abréviations

ABTS : 2,2'-Azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-Sulfonique)

AG : Acide gras

AGPI : Acide gras poly insaturé

ALA : Acide α -linoléique

ALT : Alanine aminotransférase

AST : Aspartate aminotransférase

CAT : Catalase

CPT : carnitine O-palmityltransférase

DPPH : 2,2-Diphényl-1- Picrylhydrazyl

ECA : Enzyme de conversion de l'angiotensine I

EEC : Extraits éthanoliques de graines de chia

GPx : Glutathion peroxydase

GRD : Glutathion réductase

GSH : glutathion

HDL-c : Cholestérol à Lipoprotéine de haute densité

HeLa : Lignées cellulaires cancéreuses du col utérin

HGC : Huile de graines de chia

IL-10 : Interleukine 10

LDL-c : Cholestérol à Lipoprotéine de basse densité

MTT : (3-(4,5 Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-Diphenyltetrazolium Bromide)

NF- κ B : Nuclear factor-kappa B

PA : pression artérielle

PP2A : La protéine phosphatase 2A

PPAR α : Récepteur activé par les proliférateurs de peroxyosomes

RGF : Régime riche en graisses et en fructose

TNF- α : Facteur de nécrose tumorale α

VLDL-c : Cholestérol à Lipoprotéine de très basse densité

Liste des tableaux

Titre	N° Page
Tableau I: Classification de <i>Salvia hispanica</i> L.	4
Tableau II: Composition de graine de chia	7
Tableau III: Acides gras contenu dans les graines de chia	9
Tableau IV: Minéraux contenu dans les graines de chia	9
Tableau V: Concentration de composés phénoliques dans les graines de chia.....	10

Liste des figures

Titre	N° Page
Figure 1: Différents organes de la plante de <i>Salvia hispanica</i> L.	3
Figure 2: Culture et dispersion du chia.....	4
Figure 3: Amas hydratés avec formation de mucilage	8
Figure 4: Structure chimique des oméga 6(LA) et oméga 3(ALA).....	9
Figure 5: Structure chimique des vitamines	10



Introduction



Introduction

Depuis fort longtemps, les plantes médicinales furent le principal recours de la médecine traditionnelle pour la fabrication des remèdes pharmaceutiques et la guérison des maladies. Les produits naturels sont une source essentielle dans l'élargissement pharmaceutique, et sont beaucoup plus triomphants que les composés artificiellement conçus. De nombreuses recherches ont été menées avec des essais biologiques avancés et un fractionnement guidé pour trouver les composés biologiquement actifs des plantes médicinales. Grâce aux efforts enthousiastes des chercheurs, de nombreux médicaments efficaces ont été produits à partir de plantes médicinales.

La chia est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Lamiacée. Différentes parties de cette plante sont désormais disponibles dans le commerce pour la consommation humaine dans le monde entier, sous forme de compléments alimentaires. Les graines de chia sont généralement consommées moulues ou sous forme de grains entiers. Plus récemment, la farine de chia a commencé à être consommée comme ingrédient dans les produits de boulangerie et dans les industries des boissons en raison de ses propriétés nutritionnelles et fonctionnelles. L'intérêt croissant pour l'étude des graines de chia est dû à leurs propriétés nutritionnelles et bénéfiques pour la santé qui ont été reconnues dans certains de leurs composants (Capitani et al., 2012, Porrás-Loaiza et al., 2014).

Dans ce contexte s'inscrit le présent travail dont l'objectif essentiel est de fournir une synthèse complète sur la phytochimie et les principales activités biologiques de la graine de chia ainsi que les mécanismes d'actions possibles.

1. Généralité sur *Salvia hispanica* L.

La chia est une plante herbacée annuelle indigène du centre du Mexique et du nord du Guatemala qui appartient à la famille des Lamiaceae (Abdelhalim et Hanrahan, 2021).

La chia a été classé par le botaniste suédois Carl Von Linneo en 1753, qui l'a nommé *Salvia* (sauver ou guérir) *hispanica* (espagnol) qui signifie en latin plante espagnole à guérir ou à sauver (Sosa, 2016). Cette espèce n'est pas originaire d'Espagne, mais elle a été transportée par Cristobal Colón du Mexique vers ce pays.

En langue nahua, le mot Chian (aujourd'hui appelé chia) signifie huileux, donc les Aztèques ont utilisé le mot chia pour désigner toutes les épices du genre *Salvia*, dont la principale caractéristique est leur haute teneur en huile (Sosa, 2016).

2. Caractéristiques morphologiques de *Salvia hispanica* L.

Salvia hispanica L. est caractérisée par :

- Des tiges ramifiées de section quadrangulaire et creuse (**figure 1**) (López et *al.*, 2017).
- Des feuilles vert citron ovales sont disposées de manière opposée (**figure 1**) de 80 à 100 mm de longueur et 40 à 60 mm de largeur, portées par un pétiole de 40 mm de long et ont des bords dentelés (López et *al.*, 2017).
- Les fleurs de *S. hispanica* L. sont hermaphrodites, de couleur violette, bleue ou blanche (**figure 1**) (Capitani et *al.*, 2013) de 3–4 mm de diamètre, poussant en verticilles à l'extrémité des pousses.
- Fruits indéhiscent ronds, en groupes de quatre grappes ovales monospermiques (**figure 1**) de 1,5 à 2 mm de longueur et de 1 à 1,2 mm de diamètre (López et *al.*, 2017).
- Les graines sont molles et brillantes, de couleur gris-brun avec des taches brun foncé (**figure 1**) qui peuvent parfois être blanches (Di Sapio et *al.*, 2012), elles sont petites et légères ainsi le poids des 1000 graines peut varier de 0,94 et 1,29 g (Busilacchi et *al.*, 2013), *S. hispanica* L. est une plante autogame, les insectes sont responsables de la pollinisation croisée, mais la reproduction la plus couramment rencontrée est accomplie grâce aux semences (López et *al.*, 2017).



Figure 1: Différents organes de la plante de *Salvia hispanica* L. A: *exo* morphologie des fruits ; B: aspect général d'un individu adulte (Di Sapia et al., 2012) ; C: graines de chia foncées (côté gauche), graines de chia blanches (côté droit) (Valdivia-López et Tecante, 2015) ; D: graines entières (image approximative) (Grancieri et al., 2019) ; E: plante ; F et G: fleurs (Orona-Tamayo et al., 2017).

3. Habitat et répartition géographique

Le *Salvia* est répartie dans plusieurs régions du monde, notamment en Afrique australe, en Amérique centrale, en Amérique du Nord, en Amérique du Sud et en Asie du Sud-Est (Sosa, 2016).

La chia est originaire du nord du Guatemala et du sud du Mexique et elle est aujourd'hui cultivé en Australie, en Bolivie, en Colombie, en Guatemala, en Pérou, en Argentine et en Mexique (**figure 2**), ce dernier étant le plus grand producteur au monde, il exporte actuellement des semences au Japon, aux États-Unis et en Europe.

Elle pousse naturellement dans les zones de forêts de chênes ou de pins, où les températures sont généralement basses, elle est répartie dans les milieux semi-chauds et tempérés de l'axe néo volcanique transversal de la Sierra Madre Occidental et du Chiapas méridional, des altitudes allant de 1400 à 2200 m (Di Sapio et *al.*, 2012).

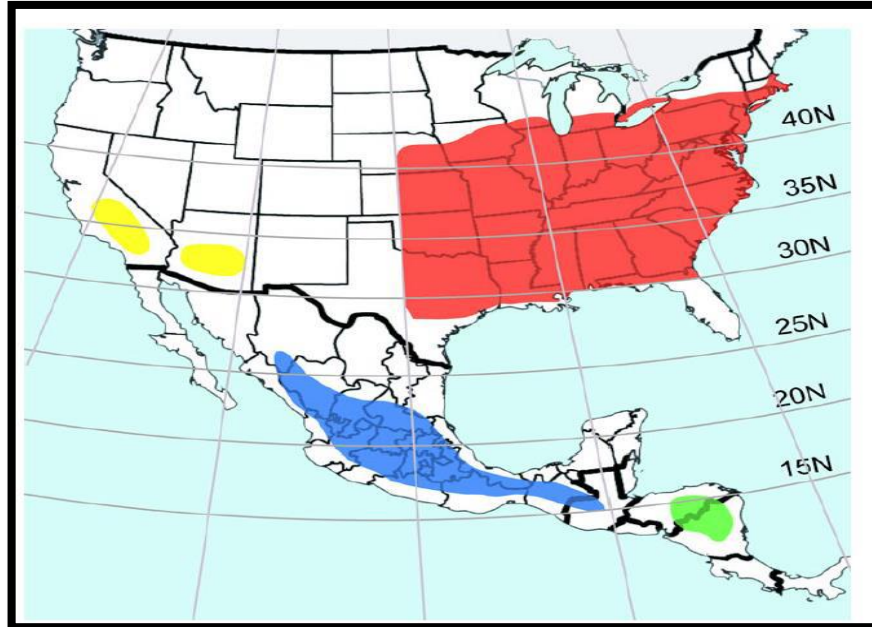


Figure 3: Culture et dispersion du chia (Jamboonsri et *al.*, 2012).

4. Classification botanique

La plante de chia appartient à la famille des Lamiacées. Sa classification est la suivante (**Tableau I**) (Hernández, 2012) :

Tableau I. Classification de *Salvia hispanica* L (Hernández, 2012).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacée
Genre	<i>Salvia</i>
Espèce	<i>Salvia hispanica</i> L.

5. Usage traditionnel

Au 15^{ème} siècle en Mexique les nations de l'Alliance aztèque ont utilisé les graines de chia comme aliment à haute teneur énergétique, comme médicament pour le traitement des maladies et comme offrande aux dieux aztèques lors de rites religieux (Akinfenwa et *al.*, 2020).

- La chia était utilisée par les Aztèques comme nourriture, mélangé à l'eau et consommé comme boisson, moulu en farine, incluse dans les médicaments, donnée aux oiseaux, et pressée pour l'huile à utiliser comme base pour le visage et le corps peintures et pour protéger les statues et les peintures religieuses des éléments, servi de revitalisant pour les combattants qui sont partis à la guerre, et pour les femmes qui se préparent à l'accouchement (López et *al.*, 2017), les graines et la farine de chia pouvait être stocké pendant de nombreuses années et était considéré comme une graine hautement énergétique, par conséquent, c'était un aliment essentiel lors de la conduite d'exercices militaires (Coates, 2011).
- L'importance de l'utilisation de la chia comme ingrédient dans les boissons et les aliments au Mexique précolombien a été soulignée par plusieurs auteurs. La pratique courante de torréfaction et de broyage des graines pour produire de la farine, connue comme Chianpinolli, qui a été incorporé à tortillas, tamales et plusieurs boissons aztèques connues sous le nom de Chianatoles. Pour les Aztèques, la récolte de chia était aussi importante que le maïs, et avec amarante ces cultures étaient très appréciées (Valdivia-López et Tecante, 2015).
- La chia était également très appréciée pour son usage médicinal, l'utilisation de la chia pour le traitement de différentes maladies, soit consommé seul ou avec d'autres herbes. Dans la Nueva Farmacopea de Mexico, publié en 1874, la chia est répertorié comme ayant des utilisations pharmaceutiques et comme émollient qui, une fois introduit dans l'œil, a été utilisé pour extraire les corps étrangers.

6. Intérêt nutritionnel

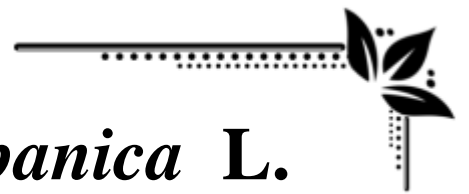
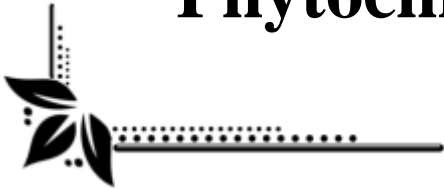
La chia est une culture oléagineuse avec une forte production d'acides gras, particulièrement d'oméga-3, d'oméga-6 et de fibres.

- Elle est surtout utilisée pour des intérêts culinaires comme pour la phytoremédiation. Les graines à leurs tours, peuvent être consommées entières, après extraction de l'huile, ou moulues comme additif à d'autres ingrédients alimentaires (Ayerza et Coates, 2004). Les graines de chia présentent une teneur élevée en protéines, et sont utilisées pour leurs

propriétés nutritionnelles et médicinales, surtout pour améliorer l'endurance des athlètes lors de leurs activités physiques, comme coupe-faim, comme agent amincissant, comme contrôle glycémique et comme régulateur intestinal (Bochicchio et *al.*, 2015). Également, lors de l'imbibition, les graines hydratées secrètent un mucilage, la production de ce mucilage suggère de nombreuses applications (Bochicchio et *al.*, 2015), comme dans les boissons appelées "aguafresca" ou "chia fresca" au Mexique. Elle est aussi utilisée couramment dans la préparation de l'eau douce, et comme enrichissant de produits de boulangerie (López et *al.*, 2017).

- Selon (Ayerza et Coates, 2011) un adulte ayant un apport de 2700 calories aurait besoin de 22,5 à 26,5 g/jour de graines ou de 6,9 à 7,9 g/jour d'huile pour atteindre les recommandations quotidiennes requises d'acides gras en ω -3.
- La chia peut être incorporée dans l'alimentation humaine pour sa teneur et sa composition en protéines. L'huile extraite de la chia peut être utilisée comme assaisonnement (Muñoz et *al.*, 2013), ou peut être ajoutée pour obtenir des aliments fonctionnels en association avec les graines. Les graines de chia ne contiennent pas de gluten ce qui les rend intéressants pour les régimes sans gluten qui sont de plus en plus adoptés. En effet, l'addition de chia aux farines sans gluten améliore leurs qualités nutritionnelles et n'affecte pas négativement leurs caractéristiques organoleptiques (Steffolani et *al.*, 2014).
- Aux États-Unis, en Amérique latine et en Australie, les graines de chia sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire pour la production de pain, de barres, de biscuits et de produits de petit déjeuner.
- En plus de sa consommation culinaire, la chia peut être utilisée comme agent épaississant et stabilisant dans des produits alimentaires comme les conserves, yaourts, mayonnaises et sauces ou pour remplacer les œufs ou l'huile dans les produits de boulangerie (Bochicchio et *al.*, 2015). Les directives alimentaires américaines recommandent la consommation de chia comme source principale d'aliments, les germes de chia sont utilisés dans les salades, les graines de chia sont utilisées dans les boissons et les aliments à base de céréales et peuvent être consommées sous forme brute (Ullah et *al.*, 2016).

Phytochimie de *Salvia hispanica* L.



Phytochimie de *Salvia hispanica L.*

La composition chimique des graines de chia a été analysée par de nombreux chercheurs. Les graines de chia contiennent une teneur élevée en graisses (30 à 33%), en glucides (26 à 41%), en fibres alimentaires (18 à 30%), en protéines (15 à 25%), en vitamines, en minéraux et en antioxydants (**Tableau II**) (Knez Hrnčič et al., 2019).

Tableau II. Composition de graine de chia dans 100 grammes de graines (Ixtania et al., (2010) ; Segura et al., (2013) ; Ullah et al., (2016)).

Nutriments	unité	valeur	nutriments	unité	valeur
Protéine	(%)	15 a 25	L'acide linoléique	(%)	19.8 a 20.3
Lipides totaux (graisses)	(%)	30 a 33	L'acide palmitique	(%)	6.2 a 6.7
Hydrates de carbone	(%)	26 a 41	L'acide oléique	(%)	5 a 5.5
Fibre diététique	(%)	18 a 30	Acide stéarique	(%)	2.7 a 3
Cendre	(%)	4 a 5	L'acide oléique	(%)	7.75
Calcium	mg	631	Acide margarique	(%)	0.1
Potassium	mg	407	acide nonadécanoïque	(%)	0.1
Magnésium	mg	335	Acide non adécnoïque	(%)	0.2
Correspondre	mg	860	Acide arachidique	(%)	0.3
Sélénium	µg	55.2	Acide gadoléique	(%)	0.2
Cuivre	µg	0.924	Acide vaccénique		0.5
Fer	µg	7.72	acide pentadécanoïque	-	-
Manganèse	µg	2.72	L'acide arachidonique	-	-
Molybdène	µg	0.2	acide docosahexaénoïque	-	-
Sodium	µg	16	les acides gras saturés	(%)	9.3
Zinc	µg	4.58	acides gras polyinsaturés	(%)	85.4
Niacine	mg	6.13	PUFA/SFA	(%)	8.7
Thiamine	mg	0.18	acide a-linolénique	(%)	64.9 a 65.6
Rivoflavine	mg	0.04			
Vitamine A	IU	44			

1. Les glucides

La teneur totale en glucides des graines de chia varie de 24,6 à 41,5%, la fraction glucidique est représentée majoritairement par 90% de fibres, dans cette quantité spécifique, la fraction insoluble (FIL) représente environ 85 à 93%, tandis que la fraction soluble (SDF) représente entre 7% et 15%. Parmi les fibres solubles, le mucilage de chia est formé par hydratation des graines de chia. Selon (Lin et al., 1994), la structure du mucilage de chia est un tétra saccharide dont la chaîne principale est constituée des unités de (1→ 4) -β-dxylopyranosyl- (1 → 4) -α-d-glucopyranosyl- (1→ 4) -β-d-xylopyranosyl avec 4-ométhyl-Ramifications de l'acide α-d-glucuronique en position O-2 du β-d-xylopyranosyle dans la chaîne principale (**Figure 3**) (Ixtaina et al., 2010).

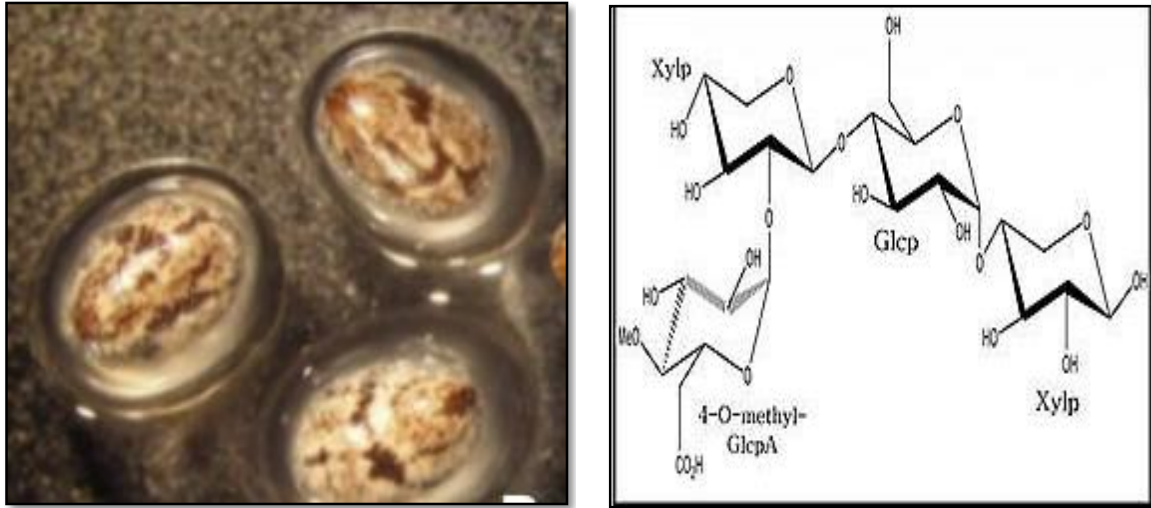


Figure 3: Amas hydratés avec formation de mucilage (Di Sapiro et *al.*, 2012).

2. Les protéines

Les graines de chia contiennent 19,6% de protéines, principalement de la globuline, constituant environ 52% des protéines totales (Ullah et *al.*, 2016). La chia contient la plus grande quantité d'acide glutamique (3,5 %), suivi de l'arginine (2,1 %), de l'acide aspartique (1,7 %) et de la leucine (1,4 %) tandis que la thréonine et la lysine existe en faible quantité (Olivos-Lugo et *al.*, 2010).

Comme il est sans gluten, l'utilisation de graines de chia présente un avantage supplémentaire à utiliser dans l'alimentation des patients atteints de la maladie cœliaque (Ixtaina et *al.*, 2010). Cet avantage a conduit des recherches récentes sur le développement de nouveaux produits sans gluten (Steffolani et *al.*, 2014).

3. Les lipides

De nombreuses recherches soulignent que les principaux constituants de l'huile de chia sont des acides gras polyinsaturés (AGPI : acides α -linoléique (ALA, acide gras ω -3) et linoléique (LA, acide gras ω -6)) (**Figure 4**) (KnezHrnčić et *al.*, 2019), ce sont des AG indispensables dont la chaîne hydrocarbonée comprend au moins 2 insaturations (ou double liaisons), la différence entre les 2 familles la série n-6 (ou oméga 6) et ceux de la série n-3 (ou oméga 3) vient de la position de la première double liaison à partir de l'extrémité méthyle terminale de l'acide gras qui se situe entre le 3ème et le 4ème carbone pour les AGPI n-3, et entre le 6ème et le 7ème carbone pour les AGPI n-6 (Monique et Sophie, 2010).

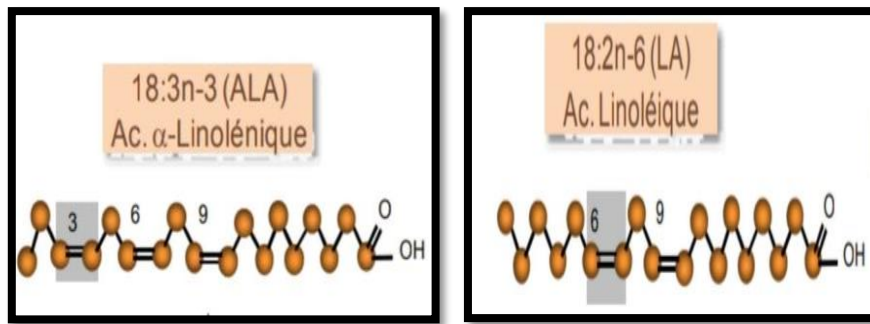


Figure 4: Structure chimique des oméga 6 (LA) et oméga 3 (ALA) (Muñoz et al., 2013).

Les graines de chia contiennent le plus haut pourcentage connu d'acide α -linoléique de toute source végétale. Ce type d'acide gras est le précurseur alimentaire de l'acide eicosapentaénoïque et acide docosahexaénoïque (**Tableau III**) (Muñoz et al., 2013).

Les acides gras ω -3 et ω -6 possèdent des nombreux bienfaits pour la santé humaine.

Tableau III. Acides gras contenu dans 100 grammes de graines de chia (KnezHrnčič et al., 2019).

Acide gras	Valeur (%)
Acide linoléique (C18 : 3, ω -3)	63.79
Acide linoléique (C18 : 2, ω -6)	18.89
Acide oléique (C18 : 1, ω -9)	7,3
Acide palmitoléique (C16 : 1)	0,03
Acide eicosanoïque (20 : 1)	n.d
Acide palmitique (C16 : 0)	7,04

4. Les minéraux

Les graines de chia sont très riche en minéraux, elles contiennent 6 fois plus de calcium, 11 fois plus de phosphore et 4 fois plus de potassium par rapport au lait, elles contiennent également le magnésium ,fer, zinc et cuivre (Orona-Tamayo et al., 2017) (**tableau IV**).

La teneur des graines de chia en calcium, magnésium, potassium et le phosphore est plus élevée que dans d'autres céréales le riz, l'orge, le maïs et l'avoine (KnezHrnčič et al., 2019).

La différence significative entre la chia et les autres sources d'acides gras oméga-3 est qu'elle a une faible teneur en sodium dans les graines, ce qui en fait une excellente option

alimentaire pour les personnes souffrant d'hypertension et celles qui ont besoin d'un régime avec de faibles taux de sodium (Busilacchi et *al.*, 2013).

Tableau IV. Minéraux contenu dans 100 grammes de graines de chia (KnezHrnčić et *al.*, 2019).

Minéraux	Valeur(mg)
Magnésium	335
Phosphore	860
Calcium	631
Potassium	407
Natrium	16

5. Les vitamines

La graine de chia est une bonne source de vitamines du complexe B, telles que pyridoxine avec 0,1 %, thiamine avec 0,7 %, riboflavine avec 0,2 % et niacine avec 7,2 % de graines. acide ascorbique est également présente avec 5,4 % de graines (Craig et Sons, 2004).

Silva et coll (2017) ont rapporté une teneur moyenne en vitamine E dans la chia de 8,1 %, avec une quantité appréciables de γ -tocophérol (**Figure 5**).

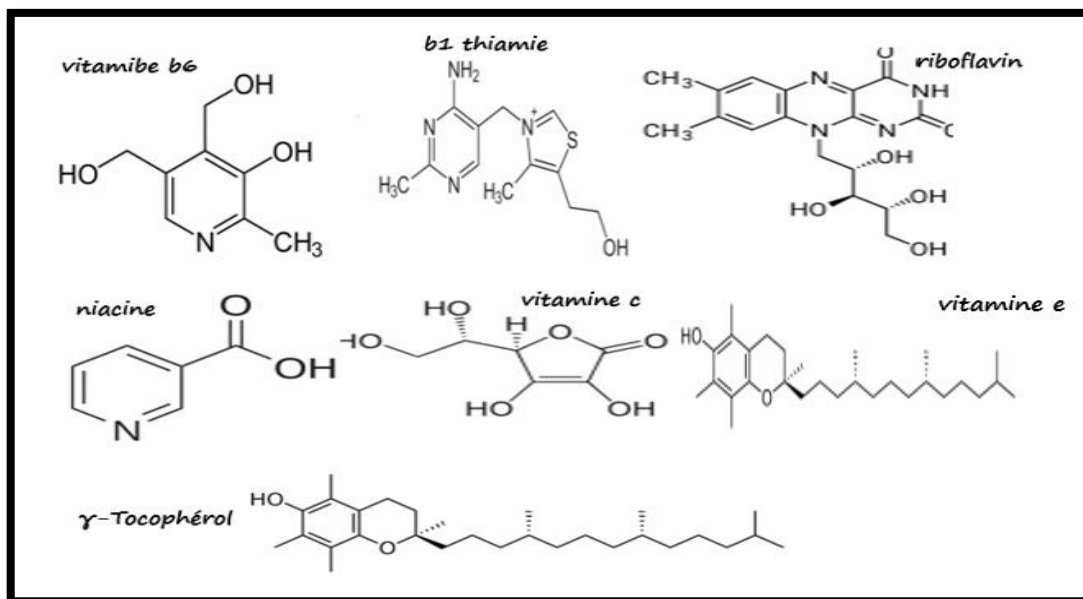
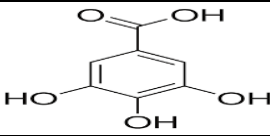
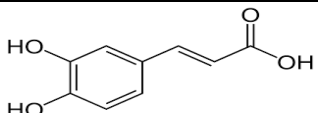
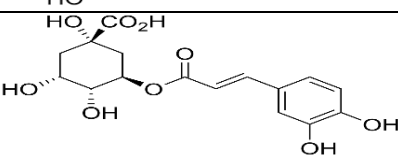
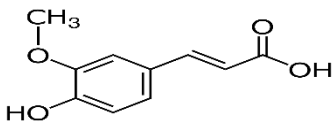
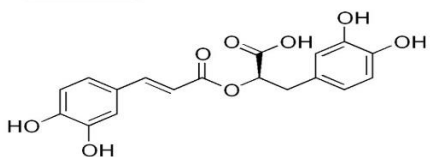
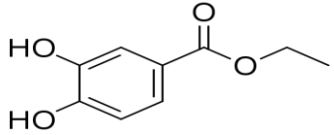


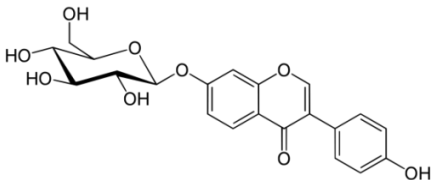
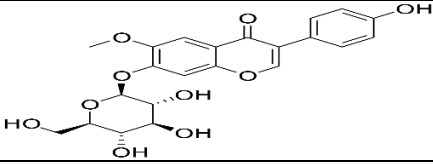
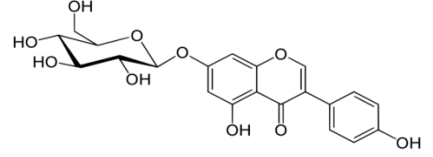
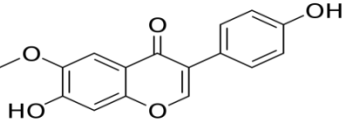
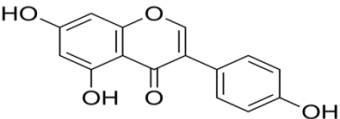
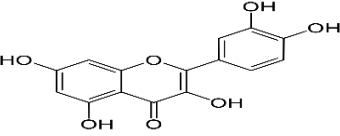
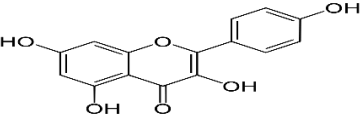
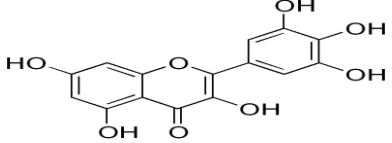
Figure 5: Structure chimique des vitamines (Craig et Sons, 2004)

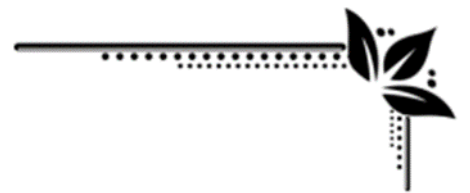
6. Les composés phénoliques

Les graines de chia sont riches en composés phénoliques (**tableau V**), elles contiennent des concentrations importantes d'acides phénoliques tels que l'acide gallique, caféique, chlorogénique, férulique et rosmarinique. De plus, les graines contiennent des isoflavones telles que la daidzine, glycitine, génistine, glycitéine et génistéine (Orona-Tamayo et al., 2017), et des flavanols tels que myricétine, quercétine et kaempférol.

Tableau V. Concentration de composés phénoliques contenu dans 100 grammes graines de chia (Orona-Tamayo et al., 2017).

Composés	Mg/g graine	Structure
Acide phénolique		
Gaélique	0,0115	
Caféique	0,0270086	
Chlorogénique	0,0130074	
Férulique	Trace	
Rosmarinique	0,9267	
Les esters		
Protocatéchuate d'éthyle	0,7471	
Isoflavones		

Daidzin	0,0066	
Glycitin	0,0014	
Genistin	0,0034	
Glycitéine	0,0005	
Génistéine	0,0051	
Flavanols		
Quercétine	0,01810209	
Kaempférol	0,005700435	
Myricetine	0,0095	



Activités biologiques de *Salvia hispanica* L.



Activités biologiques de *Salvia hispanica* L.

1. Activité antioxydante

Plusieurs études effectuées *in vitro* révèlent une activité antioxydante considérable de graines de chia, Silveira Coelho et ses collaborateurs (2014) ont montré que les extraits phénoliques de chia sont capables de neutraliser les radicaux DPPH jusqu'à 70%. Oliveira et ses collègues (2017) ont évalués l'activité antioxydante des extraits éthanoliques vis à vis du radical (ABTS +), dans le modèle β -carotène d'acide linoléique. Les résultats montrent que les extraits testés ont une activité antioxydante intéressante similaire à celle de l'antioxydant standard Trolox®.

Orona-Tamayo et ses collègues (2015) ont étudiés les fractions protéiques de graines de chia et ont montré que la globuline était la fraction protéique principale suivie de l'albumine, de la prolamine et de la glutéline. Les fractions peptidiques de globuline et d'albumine ont montré sélectivement les activités de piégeage, et de chélation des ions ferreux les plus fortes.

Kulczyński et son équipe (2019) ont étudié l'effet antioxydant de graines et l'huile de chia dans deux systèmes hydrophile et hydrophobe en utilisant deux tests antioxydant (L-ORAC) et (H-ORAC). Les résultats montrent une activité antioxydante importante, qui pourrait être due à la présence des composés polys phénoliques et des composés lipophiles, tels que les tocophérols, les caroténoïdes et les phospholipides.

Dans une expérience menée par Marineli et ses collaborateurs (2015), des rats obèses ont été nourris avec des graines de chia ou de l'huile de graines de chia à raison de 133 et 40 g / kg de régime, respectivement, pendant 6 ou 12 semaines. Le traitement avec les graines et l'huile de chia provoque une augmentation statistiquement significative de l'activité des enzymes antioxydantes dans le sang, à savoir celle de la CAT, de la GPx, de la GRd, et du GSH par rapport au groupe des animaux non traités nourris avec un régime riche en fructose sans supplémentation en chia. Une autre étude similaire réalisé par Grancieri et ses collègues (2019) les rats qui ont reçu un régime alimentaire riche en saccharose à long terme et qui ont été nourris avec des graines de chia sont revenus aux mêmes activités des enzymes antioxydantes catalase, superoxyde dismutase et glutathion réductase que les valeurs de contrôle.

De même Toscano et ses collaborateurs (2014) ont testé cette activité chez les humains sains et hypertendus, ayant consommés 35 g/j de farine de chia pendant 12 semaines, une meilleure activité antioxydante plasmatique a été observée par rapport aux patients hypertendus.

2. Activité antimicrobienne

Kobus-Cisowska et ses collègues (2019) indiquent que les graines de chia entières et moulues présentaient un potentiel antimicrobien contre les agents pathogènes des genres *Salmonella* et *Clostridium* ainsi que *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* et *Proteus mirabilis*. Les graines broyées (non incubées) ont présenté la plus forte activité antimicrobienne contre les espèces de *Clostridioides difficile* (25 mm). Les mêmes valeurs ont été notées pour *Listeria monocytogenes*, où une zone claire de 25 mm a été observée pour les graines entières incubées. Les graines moulues (non incubées) ont présenté l'activité antimicrobienne la plus élevée contre *Listeria monocytogenes* (28 mm) et *Pseudomonas aeruginosa* (27 mm). Toutes les espèces de microorganismes contre lesquelles les graines de chia ont montré leur activité inhibitrice sont classées comme agents pathogènes nocifs pour les humains et les animaux. Leur présence dans les aliments provoquent des intoxications graves, généralement mortelles.

Güzel et ses collaborateurs (2020) ont montré que l'extrait éthanolique de graines de chia présente une activité antibactérienne contre les souches bactériennes gramme négatives et gram-positives. Les bactéries gram-négatives sont plus résistantes aux composants naturels que les bactéries gram-positives. Par rapport l'ampicilline, les graines ont montré une plus grande activité contre le pathogène nosocomial gram-négatif (*Acinetobacter baumannii*), en raison de leur structure de paroi cellulaire hydrophile qui contient des lipopolysaccharides inhibant l'accumulation d'huiles et d'extraits hydrophobes, et la pénétration de ces substances à travers la membrane cellulaire cible. Alors l'extrait éthanolique s'est avéré plus efficace contre *Acinetobacter baumannii* (CMI : 62,5 µg/ml) que le médicament de référence Ampicilline (CMI : 125 µg/ml). *Acinetobacter baumannii* représente en effet un problème de santé majeur dans le monde en raison de sa capacité à acquérir une résistance à toutes les classes d'agents antimicrobiens utilisés contre elle. Selon les résultats de cette étude, Güzel et ses collègues indiquent que les graines de chia pourraient être des sources prometteuses dans le développement de nouvelles thérapies contre les infections causées par *A. baumannii*.

3. Activité antidiabétique

Alamri (2019) a étudié l'effet des deux types de graines de chia (noir et blanche) sur 40 rats mâles albinos adultes pesant entre 180 et 200 g et âgés de six mois ont été divisés également en quatre groupes de 10 rats, le groupe 1 était le groupe témoin normal (non diabétique) et a reçu le régime standard ; Le groupe 2 était le diabétique groupe témoin, et a reçu le régime standard; Le groupe 3 était un groupe diabétique qui a reçu le régime standard plus 20 % de graines de chia noires ; et le groupe 4 était un groupe diabétique qui a reçu le régime standard plus de 20% de graines de chia blanches. Les rats ont été nourris pendant six semaines. Le diabète a été induit par une dose unique de streptozotocine (60 mg/kg de poids corporel). Les résultats ont montré que, par rapport aux groupes témoins, les groupes nourris avec des graines de chia blanches ou noires présentaient des taux significativement plus faibles de glycémie à jeun, de cholestérol total, de triglycérides, de lipoprotéines de basse densité et d'enzymes hépatiques aspartate aminotransférase (AST) et alanine aminotransférase (ALT) chez les rats.

Rahman et ses collaborateurs (2017) ont testé l'effet des extraits phénoliques de la farine de chia sur l'inhibition de l' α -glucosidase, une enzyme lié à la membrane des cellules épithéliales de l'intestin grêle, elle décompose les glucides alimentaires en glucose conduisant à l'accumulation du glucose dans le sang. Les résultats obtenus montrent que les composés phénoliques libres de l'extrait de chia exercent un effet inhibiteur significativement plus élevé ($18,93 \pm 3,01\%$) par rapport aux extraits phénoliques estérifiés et liés insolubles.

Dans une étude aiguë, des adultes en bonne santé qui ont consommé 25 g de chia moulu, avec une provocation au glucose, ont présenté une aire de glucose sous la courbe (AUC) réduite pendant 120 minutes et une réduction du pic de glucose et un temps d'obtention du pic plus long par rapport au contrôle (Vuksan et *al.*, 2017). De plus, du chia moulu et entier a été incorporé dans les produits de boulangerie (7, 15 et 24 g) et consommé par des individus en bonne santé après 10 à 12 heures de jeûne, et il y avait des zones incrémentielles de glycémie réduites sous la courbe (iAUC) par rapport au contrôle (Ho et *al.*, 2013) et à la glycémie postprandiale (Vuksan et *al.*, 2010). Cependant, les personnes atteintes de diabète de type 2 qui ont consommé 30 g/100 kcal de chia pendant 6 mois n'ont subi aucune modification de l'hémoglobine glyquée ou de la glycémie à jeun (Vuksan et *al.*, 2017). Des résultats similaires ont été observés chez des individus en surpoids ou obèses ayant ingéré, pendant 12 semaines, 35 g/jour de farine de chia (Silva 2015) ou 25 g/jour de graines de chia (Nieman et *al.*, 2009). De plus, la consommation de 25 g/jour de graines de chia par

des femmes ménopausées pendant 10 semaines n'a montré aucun effet sur la glycémie (Nieman et *al.*, 2012).

Enes et son équipe (2020) ont évalué l'influence de la farine et de l'huile de chia sur le métabolisme du glucose chez les rats Wistar résistants à l'insuline répartie sur quatre groupes : groupe nourris avec un (régime standard), régime riche en graisses et en fructose (RGF), régime riche en graisses et en fructose (RGF) avec farine de chia (14,7%) ou huile de chia (4%).

Les tests intrapéritonéaux de tolérance au glucose et à l'insuline ont montré que seule l'huile de chia était capable de réparer le métabolisme du glucose. Cette constatation est appuyée par marineli et ses collaborateurs (2015) qui ont trouvé que l'huile et la farine de chia amélioraient la tolérance au glucose et à l'insuline chez les rats nourris avec un régime RGF. Ces résultats suggèrent que l'ALA dans l'huile de chia pourrait contribuer à améliorer la résistance au glucose et à l'insuline.

En effet, Il existe une régulation réciproque entre les acides gras et le métabolisme du glucose (flexibilité métabolique). Bien que pendant de nombreuses années, l'étude de l'insulino-résistance se soit concentrée sur le métabolisme des glucides, au cours des dernières décennies, il y a eu une évolution vers l'étude du métabolisme des lipides en tant que principal promoteur de ce trouble.

Ferreira et ses collaborateurs (2020) ont évalué l'influence de la graine de chia (*Salvia hispanica* L.) sur des rats dyslipémiques insulino-résistance nourris de manière chronique par une alimentation riche en saccharose, Ils ont trouvé une augmentation des activités CPT et d'expression des GLUT-4 à cause des AGPI n-3 qui sont des puissants ligands de PPAR. Cela exprime les effets bénéfiques de la graine de chia pour améliorer le métabolisme lipidique altéré et la sensibilité à l'insuline présente dans le muscle squelettique.

4. Activité hypotensive

Certaines études ont montré un potentiel prometteur de graines de chia pour réduire la pression artérielle. Toscano et ses collègues (2014) ont étudié l'effet de la consommation de 35 g/jour de farine de chia pendant trois mois chez les adultes hypertendus, les résultats obtenus montrent une réduction de la pression artérielle (PA), la peroxydation lipidique et les concentrations plasmatiques de nitrite. Dans une étude similaire réalisée sur des patients diabétiques de type 2. Nieman et ses collaborateurs (2009b) ont montré que la consommation de (35 g/jour) de graines de chia pendant 12 semaines provoque une réduction de la pression

systolique et diastolique. Ces effets ont été attribués à la richesse de graines de chia en acides gras n-3.

Segura-Campos et ses collaborateurs (2013) ont montré un effet hypotenseur des graines de chia par analyse enzymatique. L'hydrolysate de protéine de chia inhibe fortement l'enzyme de conversion de l'angiotensine I (ECA-I), les auteurs de cette étude ont observé que les résidus hydrophobes de la protéine de chia avaient une action similaire à celle des inhibiteurs synthétiques de (ECA-I), les acides aminés C-terminaux seraient responsables de l'activité inhibitrice plus élevée de l'ECA.

De même Hernández-Pérez et ses collaborateurs (2020) ont étudié le potentiel antihypertenseur de trois variétés de la farine chia commercial : noir de Puebla, blanc et Pinta Jalisco. Les résultats indiquent que les peptides obtenus à partir de la fraction de globulines possède l'effet inhibiteur le plus élevé contre l'ECA avec des CI50 de 203,61, 148,23 et 110,11 µg/ml pour les lignées de chia blanc, noir, et Pinta Jalisco respectivement.

5. Activité anti inflammatoire

Plusieurs études ont montré que l'ingestion de chia exerce un effet bénéfique sur les voies d'inflammation chez les animaux nourris ou non avec un régime riche en graisses (Marineli et *al.*, 2015).

Silva et son équipe (2019) ont évalué l'influence de la consommation de chia sur l'inflammation chez des jeunes rats Wistar nourris avec un régime standard et riche en graisses. Ils ont trouvé que la consommation de chia, réduit l'expression des cytokines pro inflammatoire, TNF- α , Il-10 et l'expression de NF-kb, elle augmente aussi l'expression de PPAR- α , qui entraînent une amélioration de la capacité anti-inflammatoire du corps.

Gazem et ses collaborateurs (2016) ont examiné la propriété anti-inflammatoire de l'huile de graines de chia en soi et en synergie avec d'autres huiles végétales en utilisant des systèmes *in vitro*, à savoir le test de stabilisation de la membrane cellulaire des globules rouges et le test de dénaturation des protéines. Les résultats de cette étude révèlent clairement la puissante propriété de stabilisation de la membrane de l'huile de graines de chia (63 %) et de l'huile d'olive (82 %). Des résultats similaires ont été observés dans le test de dénaturation des protéines. L'inhibition de la dénaturation des protéines était évidente avec l'huile de graines de chia (65 %).

6. Activité cytotoxique

Mutar et ses collaborateurs (2019) a testé l'effet de l'extrait méthanolique de graines de chia sur la viabilité cellulaire des cellules MCF-7 (lignée cellulaire de cancer du sein) en utilisant le test MTT, le résultat obtenu montre une diminution de la viabilité d'une façon dose dépendante.

Gazem et ses collaborateurs (2017) ont étudié le potentiel cytotoxique de l'huile de graines de chia (HGC) et de ses mélanges avec (l'huile de tournesol, l'huile d'olive, l'huile de palmoline et l'huile de soja) sur deux lignées cellulaires, les cellules CM (la leucémie myéloïde chronique) et les cellules HeLa (Lignées cellulaires cancéreuses du col utérin), en utilisant deux tests, le test MTT et l'exclusion au bleu de trypan.

Parmi tous les échantillons d'huiles testés, l'huile de chia a démontré l'efficacité cytotoxique la plus élevée (jusqu'à 90%) contre la lignée cellulaire myéloïde chronique humaines. L'CI50 de l'HGC était de 5,32. Bien que comparativement, les effets cytotoxiques de l'huile de palmoline été légèrement moindre par rapport à d'autres échantillons d'huile, mais en combinaison avec l'HGC améliore la propriété cytotoxique.

De plus, la propriété cytotoxique de l'huile de graines de chia seul et en combinaison a été évalué dans les cellules HeLa également par l'utilisation du test MTT, le HGC en soi a inhibé de manière significative la prolifération des cellules HeLa. Les effets cytotoxiques étaient tout aussi significatifs dans les groupes combinés avec l'huile d'olive, cependant, n'étaient pas à la hauteur de l'HGC seul. De plus, bien qu'individuellement, la palmoline et l'huile de soja n'ont pas démontré une activité anticancéreuse, mais en combinaison avec l'HGC, ils ont montré une inhibition significative de la prolifération des cellules cancéreuses.

7. Activités sur l'hydratation de la peau

Huber et ses collaborateurs (2020) ont étudié l'effet de l'extrait éthanolique de graines de chia (EEC) enrichi en acide linoléique et en acide linolénique (vitamine F) sur l'hydratation de la peau. Cette étude a été réalisée sur la culture cellulaire des kératinocytes épidermiques humains normaux (NHEK).

Un test de déméthylation de PP2A (La protéine phosphatase 2A) a été utilisé pour évaluer l'activité de PP2A et l'expression génique des marqueurs d'hydratation AQP3 (aquaporine-3) et HAS2 (l'acide hyaluronique synthase 2) ont été mesurées par PCR quantitative.

Les résultats obtenus montrent que l'incubation des kératinocytes avec l'EEC inhibe la déméthylation de PP2A, augmente les facteurs d'hydratation des kératinocytes aquaporine-3 et acide hyaluronique synthase-2.

Cette étude *in vitro* est complétée *in vivo* par un essai clinique effectué sur 16 sujets, les résultats obtenus montrent que l'application locale de 0,1% EEC formulé dans une crème améliore le potentiel d'hydratation cutanée.

8. activité hypocholestérolémiant

La consommation de graines de chia s'est révélée prometteuse pour réduire les niveaux de cholestérol sérique, car elle contiennent des concentrations élevées de fibres alimentaires et d'acides gras oméga-3 insaturés (Silva et al., 2017). Plus récemment, il a été démontré que les protéines de chia et les peptides bioactifs de chia peuvent bloquer des marqueurs clés de la synthèse du cholestérol, tels que la 3-hydroxy-3-méthylglutaryl coenzyme A réductase (HMG-CoA réductase) (Coelho et al., 2018).

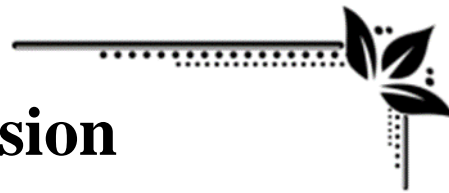
D'après Toscano et ses collaborateurs (2015) la consommation de 35 g de farine de chia/jour par des adultes en surpoids a entraîné une réduction du cholestérol total et du VLDL-c, et une augmentation du HDL-c.

Dans les études animales, la consommation de chia a entraîné une meilleure redistribution des lipides associée à la cardio protection et à l'hépatoprotection. Cela a été observé chez des rats recevant un régime hyper-lipidique et hyper-glycémique, qui présentaient également une inhibition de l'indice de l'enzyme stéaryle-CoA 9-désaturase dans le foie et le cœur (Poudyal et al., 2012). Une autre étude sur des rats a également révélé une amélioration de la dyslipidémie et de la résistance à l'insuline induites par la consommation d'un régime riche en saccharose (62,5%) après ingestion de graines de chia (Chicco et al., 2009). Les rats Wistar nourris à la fois avec du chia conventionnel et traité thermiquement, présentaient des concentrations de glucose, de triacylglycérides, de LDL-c, de VLDL-c plus faibles et des niveaux accrus de HDL-c, une hypertrophie des couches musculaires intestinales et une bonne digestibilité des protéines (Silva et al., 2016). Une autre étude a évalué l'effet de la graine de chia sur des rats nourris avec un régime riche en saccharose à long terme, avec pour conséquence un dysfonctionnement du tissu adipeux. Les auteurs ont observé que la chia réduisait la graisse épидidymaire et normalisait la dyslipidémie et la sensibilité à l'insuline induites par le saccharose (Rosa et al., 2015). Dans une étude distincte, un régime riche en saccharose et contenant des graines de chia données à des rats Wistar pendant 3 semaines a réduit la graisse épидidymaire, la dyslipidémie normalisée et la

sensibilité à l'insuline (Rossi et *al.*, 2013). Dans cette étude, la consommation de chia par les animaux a empêché la dyslipidémie, le TAG hépatique, l'acide gras synthase (AGS), acétyl-CoA carboxylase (ACC) et glucose-6-phosphate déshydrogénase (G-6-PDH) et les niveaux de protéines PPAR α (Récepteur activé par les proliférateurs de peroxyosomes) et SREBP-1 (protéine de liaison aux éléments régulateur des stérols-1). De plus, les graines de chia ont augmenté les activités de l'oxydase des acides gras (OAG) et du carnitine-palmitoyl-transférase-1 (CPT-1).

Dans une étude sur des rats gravides dans laquelle l'huile de maïs a été remplacée par des graines de chia dans un régime riche en saccharose, la progéniture a montré une stéatose hépatique, une hypertriglycéridémie et une hypercholestérolémie inférieures. De plus, les activités enzymatiques carnitine palmitoyl transférase I (CPT-1) et l'acétyl-coenzyme A (ACC) et les acides gras libres ont été réduits dans le plasma des descendants de progéniteurs nourris avec le régime contenant des graines de chia (Fortino et *al.*, 2017). De même, les rats mâles qui ont reçu des graines de chia au lieu de l'huile de maïs dans le régime riche en saccharose ont amélioré la lipotoxicité cardiaque, augmenté les niveaux de protéines FAT/CD36 (transporteur d'acides gras) et l'activité muscle-type carnitine palmitoyl transférase (M-CPT1). De plus, il y avait une réduction des taux de protéines PPAR α et d'acides gras (AG) plasmatiques. Les auteurs ont suggéré que la normalisation de la dyslipidémie par la chia était due à la prévention de la translocation de FAT/CD36 qui réduisait l'afflux d'acides gras (AG), diminuait l'élévation de l'activité M-CPT1 et le stockage des lipides, améliorant ainsi l'oxydation du glucose dans les muscles cardiaques (Creus et *al.*, 2016). De plus, la consommation de farine de graines de chia pendant 35 jours a réduit le Cholestérol total, le LDL-c et le VLDL-c, mais a augmenté les niveaux de protéines PPAR- α chez les rats Wistar nourris avec un régime riche en graisses (Silva et *al.*, 2019).

Conclusion



Conclusion

Ce travail est une recherche approfondie sur les différentes caractéristiques des graines de chia, son usage et ses propriétés pharmacologiques.

Après la présentation des caractéristiques morphologiques, la répartition géographique, l'utilisation traditionnelle et nutritionnelle, et la classification botanique de chia une phytochimie importante a révélé l'existence d'une bonne source des composés phénolique contre l'oxydation, la richesse en fibres solubles qui forment les mucilages relaxant dans l'estomac, ainsi l'oméga3 dans les lipides...

Ensuite dans une autre étape qui est le but principal de ce travail, c'est de déterminer les activités biologiques de chia, d'après des résultats importants menés par plusieurs auteurs. En effet, huit activités biologiques principales, en relation avec diverses pathologies, ont été retenues et leurs mécanismes d'action ont été mis en exergue. L'ensemble de ces résultats a permis de constater que la chia est une graine très intéressante sur le plan nutritionnel et médical.



Références Bibliographiques



A

- Abdelhalim, Abeer, et Jane Hanrahan. (2021).** Biologically Active Compounds from Lamiaceae Family: Central Nervous System Effects. In *Studies in Natural Products Chemistry*, **68**, 255-315. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819485-0.00017-7>.
- Akinfenwa, Akeem Omolaja, Ahmad Cheikhyoussef, Natascha Cheikhyoussef, et Ahmed A. Hussein. (2020).** Cold Pressed Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seed Oil. In *Cold Pressed Oils*, 181-190. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00015-3>.
- Alamri, Eman. (2019).** The Influence of Two Types of Chia Seed on Some Physiological Parameters in Diabetic Rats, **7**.
- Ayerza, R, et W Coates. (2004).** Composition of Chia (*Salvia Hispanica*) Grown in Six Tropical and Subtropical Ecosystems of South America. *Tropical Science*, **44**(3), 131-135. <https://doi.org/10.1002/ts.154>.
- Ayerza (h), Ricardo, et Wayne Coates. (2011).** Protein Content, Oil Content and Fatty Acid Profiles as Potential Criteria to Determine the Origin of Commercially Grown Chia (*Salvia Hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, **34**(2), 1366-1371. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.12.007>.

B

- Bohicchio, Rocco, Tim D. Philips, Stella Lovelli, Rosanna Labella, Fernanda Galgano, Antonio Di Marisco, Michele Perniola, et Mariana Amato. (2015).** Innovative Crop Productions for Healthy Food: The Case of Chia (*Salvia Hispanica* L.). In *The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin*, édité par Antonella Vastola, 29-45. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16357-4_3.
- Busilacchi, Héctor, Mirta Quiroga, Mirian Bueno, et Osvaldo Di Sapio. (2013).** EN EL SUR DE SANTA FE (REPÚBLICA ARGENTINA), **34**(4), 6.

C

- Capitani, M.I., V. Spotorno, S.M. Nolasco, et M.C. Tomás. (2012).** Physicochemical and Functional Characterization of By-Products from Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology*, **45**(1), 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.012>.
- Chicco, Adriana G., Maria E. D'Alessandro, Gustavo J. Hein, Maria E. Oliva, et Yolanda B. Lombardo. (2008).** Dietary Chia Seed (*Salvia Hispanica* L.) Rich in α -Linolenic Acid Improves Adiposity and Normalises Hypertriacylglycerolaemia and Insulin Resistance in Dyslipaemic Rats. *British Journal of Nutrition* **101** (1), 41-50. <https://doi.org/10.1017/S000711450899053X>.
- Coates, Wayne. (2011).** Whole and Ground Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds, Chia Oil – Effects on Plasma Lipids and Fatty Acids. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, 309-315. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10037-4>.
- Coelho, Michele Silveira, Rosana Aparecida Manólio Soares-Freitas, José Alfredo Gomes Arêas, Eliezer Avila Gandra, et Myriam de las Mercedes Salas-Mellado. (2018).** Peptides from Chia Present Antibacterial Activity and Inhibit Cholesterol Synthesis. *Plant Foods for Human Nutrition*, **73**(2), 101-107. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0668-z>.
- Craig, R. and Sons, M. (2004).** Application for approval of whole chia (*Salvia Hispania*. L) seed and ground whole chia as novel food ingredients. Advisory Committee for Novel Foods and Process. Company David Armstrong, Ireland, 1-29.
- Creus, Agustina, María Ferreira, María Oliva, et Yolanda Lombardo. (2016).** Mechanisms Involved in the Improvement of Lipotoxicity and Impaired Lipid Metabolism by Dietary α -Linolenic Acid Rich *Salvia Hispanica* L (Salba) Seed in the Heart of Dyslipemic Insulin-Resistant Rats. *Journal of Clinical Medicine*, **5** (2), 18. <https://doi.org/10.3390/jcm5020018>.

D

Di Sapio B. O., Busilacchi M. H., Quiroga M., 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.

E

Enes, Bárbara Nery, Luiza de Paula Dias Moreira, Renata Celi Lopes Toledo, Érica Aguiar Moraes, Maria Eliza de Castro Moreira, Helen Hermana Miranda Hermsdorff, Giuliana Noratto, Susanne Ursula Mertens-Talcott, Stephen Talcott, et Hércia Stampini Duarte Martino. (2020). Effect of Different Fractions of Chia (*Salvia Hispanica* L.) on Glucose Metabolism, in Vivo and in Vitro. *Journal of Functional Foods*, **71** (août), 1040126. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104026>.

F

Ferreira, María del Rosario, María Eugenia Oliva, Victoria Aiassa, et María Eugenia D'Alessandro. (2020). *Salvia Hispanica* L. (Chia) Seed Improves Skeletal Muscle Lipotoxicity and Insulin Sensitivity in Rats Fed a Sucrose-Rich Diet by Modulating Intramuscular Lipid Metabolism. *Journal of Functional Foods*, **66** (mars), 103775. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103775>.

Fortino, M.A., M.E. Oliva, S. Rodriguez, Y.B. Lombardo, et A. Chicco. (2017). Could Post-Weaning Dietary Chia Seed Mitigate the Development of Dyslipidemia, Liver Steatosis and Altered Glucose Homeostasis in Offspring Exposed to a Sucrose-Rich Diet from Utero to Adulthood *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, **116** (janvier), 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2016.11.003>.

G

Gazem, Ramzi Abdulrashed Abdulkhaleq, Honnalagere Ramesh Puneeth, Chakkere Shivmadhu Madhu, et Angatahally Chandrashekariah Sharada. (2016). Physicochemical Properties and in Vitro Anti-Inflammatory Effects of Indian Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seed Oil , 8.

Gazem, Ramzi Abdulrashed Abdulkhaleq, Honnalagere Ramesh Puneeth, Chakkere Shivmadhu Madhu, et Angatahalli Chandrashekariah Sharada. (2017). IN VITRO ANTICANCER AND ANTI-LIPOXYGENASE ACTIVITIES OF CHIA SEED OIL AND ITS BLENDS WITH SELECTED VEGETABLE OILS. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, **10**(10), 124. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i10.19450>.

Grancieri, Mariana, Hercia Stampini Duarte Martino, et Elvira Gonzalez de Mejia. (2019). Chia Seed (*Salvia Hispanica* L.) as a Source of Proteins and Bioactive Peptides with Health Benefits: A Review: Bioactive Peptides in Chia Seed. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **18** (2), 480-499. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12423>.

Güzel, Sevda, Mahmut Ülger, et Yusuf Özay. (2020). Antimicrobial and Antiproliferative Activities of Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds. *International Journal of Secondary Metabolite*, juin, 174-180. <https://doi.org/10.21448/ijsm.722574>.

H

Hernández-Pérez, Talía, María Elena Valverde, Domancar Orona-Tamayo, et Octavio Paredes-Lopez. (2020). Chia (*Salvia Hispanica*): Nutraceutical Properties and Therapeutic Applications. *Proceedings*, **53** (1), 17. <https://doi.org/10.3390/proceedings2020053017>.

Hernández, MUCILAGE FROM CHIA SEEDS (*Salvia hispanica*): MICROSTRUCTURE, PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION AND APPLICATIONS IN FOOD INDUSTRY, 2012.

Ho, H, A S Lee, E Jovanovski, A L Jenkins, R DeSouza, et V Vuksan. (2013). Effect of Whole and Ground Salba Seeds (*Salvia Hispanica* L.) on Postprandial Glycemia in Healthy Volunteers: A Randomized Controlled, Dose-Response Trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, **67**(7), 786-788. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.103>.

Huber, Kristen L., José R. Fernández, Corey Webb, Karl Rouzard, Jason Healy, Masanori Tamura, Michael Voronkov, Jeffrey B. Stock, Maxwell Stock, et Eduardo Pérez. (2020). HYVIA™: A Novel, Topical Chia Seed Extract That Improves Skin Hydration . *Journal of Cosmetic Dermatology*, **19** (9), 2386-2393. <https://doi.org/10.1111/jocd.13469>.

I

Ixtaina, Vanesa Y., Andrea Vega, Susana M. Nolasco, Mabel C. Tomás, Miquel Gimeno, Eduardo Bárzana, et Alberto Tecante. (2010). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Oil from Mexican Chia Seed (*Salvia Hispanica* L.): Characterization and Process Optimization . *The Journal of Supercritical Fluids*, **55** (1), 192-199. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.06.003>.

J

Jamboonsri, Watchareewan, Timothy D. Phillips, Robert L. Geneve, Joseph P. Cahill, et David F. Hildebrand. (2012). Extending the Range of an Ancient Crop, *Salvia Hispanica* L.—a New $\Omega 3$ Source . *Genetic Resources and Crop Evolution*, **59** (2), 171-178. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9673-x>.

K

Knez Hrnčič, Maša, Maja Ivanovski, Darija Cör, et Željko Knez. (2019). Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application . *Molecules* **25** (1), 11. <https://doi.org/10.3390/molecules25010011>.

Kobus-Cisowska, Joanna, Daria Szymanowska, Paulina Maciejewska, Dominik Kmiecik, Anna Gramza-Michalowska, Bartosz Kulczyński, et Judyta Cielecka-Piontek. (2019). In Vitro Screening for Acetylcholinesterase and Butyrylcholinesterase Inhibition and Antimicrobial Activity of Chia Seeds (*Salvia Hispanica*). *Electronic Journal of Biotechnology*, **37** (janvier), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.10.002>.

Kulczyński, Bartosz, Joanna Kobus-Cisowska, Maciej Taczanowski, Dominik Kmiecik, et Anna Gramza-Michalowska. (2019). The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds—Current State of Knowledge. *Nutrients*, **11** (6), 1242. <https://doi.org/10.3390/nu11061242>.

L

Lin, Kuei-Ying, James R. Daniel, et Roy L. Whistler. (1994). Structure of Chia Seed Polysaccharide Exudate. *Carbohydrate Polymers*, **23** (1), 13-18. [https://doi.org/10.1016/0144-8617\(94\)90085-X](https://doi.org/10.1016/0144-8617(94)90085-X).

López, Andrés Xingú, Andrés González Huerta, et Orozco de Rosas. (2017). Chía (*Salvia hispanica* L.) situación actual y tendencias futuras* Chia (*Salvia hispanica* L.) current situation and future trends , 14.

M

Marineli, Rafaela da Silva, Sabrina Alves Lenquiste, Érica Aguiar Moraes, et Mário Roberto Maróstica. (2015). Antioxidant Potential of Dietary Chia Seed and Oil (*Salvia Hispanica* L.) in Diet-Induced Obese Rats . *Food Research International*, **76** (octobre), 666-674. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.039>.

Monique, L., et Sophie, L. (2010). Acides gras poly-insaturés (omega 3, omega 6) et fonctionnement du système nerveux central. *Innovation Agronomiques*, **10**, 25-42.

Muñoz, Alberto, Eleonora Harries, Adriana Contreras-Valenzuela, Lourdes Carmona, Nick D. Read, et Jose F. Marcos. (2013). Two Functional Motifs Define the Interaction, Internalization and Toxicity of the Cell-Penetrating Antifungal Peptide PAF26 on Fungal Cells. Édité par Gustavo Henrique Goldman. *PLoS ONE*, **8** (1), 54813. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054813>.

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

Mutar, Hayder Ayyal, et Jaafar Faez Kadhim Alsadooni. (2019). ANTIOXIDANT AND ANTI-CANCER ACTIVITY OF CHIA SEED EXTRACT IN BREAST CANCER CELL LINE. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*, **22** (08), 173-181. <https://doi.org/10.36295/ASRO.2019.220818>.

N

- Nieman, David C., Erin J. Cayea, Melanie D. Austin, Dru A. Henson, Steven R. McAnulty, et Fuxia Jin. (2009). Chia Seed Does Not Promote Weight Loss or Alter Disease Risk Factors in Overweight Adults . *Nutrition Research*, **29**(6), 414-418. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.05.011>.
- Nieman, David C., Nicholas Gillitt, Fuxia Jin, Dru A. Henson, Krista Kennerly, R. Andrew Shanely, Brandon Ore, MingMing Su, et Sarah Schwartz. (2012). Chia Seed Supplementation and Disease Risk Factors in Overweight Women: A Metabolomics Investigation. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, **18** (7), 700-708. <https://doi.org/10.1089/acm.2011.0443>.

O

- Oliveira-Alves, Sheila Cristina, Débora Barbosa Vendramini-Costa, Cinthia Baú Betim Cazarin, Mário Roberto Maróstica Júnior, João Pedro Borges Ferreira, Andreia Bento Silva, Marcelo Alexandre Prado, et Maria Rosário Bronze. (2017). Characterization of Phenolic Compounds in Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds, Fiber Flour and Oil. *Food Chemistry*, **232** (octobre), 295-305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.002>.
- Olivos-Lugo, B.L., M.Á. Valdivia-López, et A. Tecante. (2010). Thermal and Physicochemical Properties and Nutritional Value of the Protein Fraction of Mexican Chia Seed (*Salvia Hispanica* L.). *Food Science and Technology International*, **16** (1), 89-96. <https://doi.org/10.1177/1082013209353087>.
- Orona-Tamayo, Domancar, María Elena Valverde, Blanca Nieto-Rendón, et Octavio Paredes-López. (2015). Inhibitory Activity of Chia (*Salvia Hispanica* L.) Protein Fractions against Angiotensin I-Converting Enzyme and Antioxidant Capacity. *LWT - Food Science and Technology*, **64**(1), 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.033>.
- Orona-Tamayo, D., M.E. Valverde, et O. Paredes-López. (2017). Chia—The New Golden Seed for the 21st Century. In *Sustainable Protein Sources*, 265-281. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00017-2>.

P

- Porras-Loaiza, Patricia, María T. Jiménez-Munguía, María Elena Sosa-Morales, Enrique Palou, et Aurelio López-Malo. (2014). Physical Properties, Chemical Characterization and Fatty Acid Composition of Mexican Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds. *International Journal of Food Science & Technology*, **49**(2), 571-577. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12339>.
- Poudyal, Hemant, Sunil K. Panchal, Jennifer Waanders, Leigh Ward, et Lindsay Brown. (2012). Lipid Redistribution by α -Linolenic Acid-Rich Chia Seed Inhibits Stearoyl-CoA Desaturase-1 and Induces Cardiac and Hepatic Protection in Diet-Induced Obese Rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, **23** (2), 153-162. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2010.11.011>.

R

- Rahman, Md. Jaur, Adriano Costa de Camargo, et Fereidoon Shahidi. (2017). Phenolic and Polyphenolic Profiles of Chia Seeds and Their in Vitro Biological Activities. *Journal of Functional Foods*, **35** (août), 622-634. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.044>.
- Rosa, Glorimar. (2015). EFECTOS DEL CONSUMO DE LA SEMILLA DE CHÍA (*SALVIA HISPANICA* L.) EN LOS. *NUTRICION HOSPITALARIA*, n° 5 (novembre), 1909-1918. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9394>.
- Rossi, Andrea S., Maria E. Oliva, Maria R. Ferreira, Adriana Chicco, et Yolanda B. Lombardo. (2013). Dietary Chia Seed Induced Changes in Hepatic Transcription Factors and Their Target Lipogenic and Oxidative Enzyme Activities in Dyslipidaemic Insulin-Resistant Rats . *British Journal of Nutrition*, **109** (9), 1617-1627. <https://doi.org/10.1017/S0007114512003558>.

S

- Segura Campos, Maira Rubi, Fanny Peralta González, Luis Chel Guerrero, et David Betancur Ancona. (2013).** Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides of Chia (*Salvia Hispanica*) Produced by Enzymatic Hydrolysis. *International Journal of Food Science* 2013, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/158482>.
- Silva, Alexandre Sérgio. 2015.** CHÍA PROMUEVE REDUCCIÓN DE LO PESO CORPORAL, PERO CLÍNICAMENTE. *NUTRICION HOSPITALARIA*, n° 3 (mars), 1176-1182. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.3.8242>.
- Silva, Bárbara Pereira da, Pamella Cristine Anunciação, Jessika Camila da Silva Matyelka, Ceres Mattos Della Lucia, Hércia Stampini Duarte Martino, et Helena Maria Pinheiro-Sant'Ana. (2017).** Chemical Composition of Brazilian Chia Seeds Grown in Different Places. *Food Chemistry*, **221** (avril), 1709-1716. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.115>.
- Silva, Bárbara Pereira da, Desirrê Morais Dias, Maria Eliza de Castro Moreira, Renata Celi Lopes Toledo, Sérgio Luis Pinto da Matta, Ceres Mattos Della Lucia, Hércia Stampini Duarte Martino, et Helena Maria Pinheiro-Sant'Ana. (2016).** Chia Seed Shows Good Protein Quality, Hypoglycemic Effect and Improves the Lipid Profile and Liver and Intestinal Morphology of Wistar Rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, **71**(3), 225-230. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0543-8>.
- Silva, Bárbara Pereira da, Renata Celi Lopes Toledo, Mariana Grancieri, Maria Eliza de Castro Moreira, Natália Ramirez Medina, Roberta Ribeiro Silva, Neuza Maria Brunoro Costa, et Hércia Stampini Duarte Martino. (2019).** Effects of Chia (*Salvia Hispanica* L.) on Calcium Bioavailability and Inflammation in Wistar Rats. *Food Research International*, **116** (février), 592-599. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.078>.
- Silveira Coelho, Michele, et Myriam de las Mercedes Salas-Mellado. (2014).** Chemical Characterization of CHIA (*Salvia Hispanica* L.) for Use in Food Products. *Journal of Food and Nutrition Research*, **2**(5), 263-269. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-5-9>.
- Sosa, Anacleto. (2016).** Chia Crop (*Salvia Hispanica* L.): Its History and Importance as a Source of Polyunsaturated Fatty Acids Omega-3 Around the World: A Review. *JCRF*, **1**(1), 1-4. <https://doi.org/10.17303/jcrf.2016.104>.
- Steffolani, Eugenia, Esther de la Hera, Gabriela Pérez, et Manuel Gómez. (2014).** Effect of Chia (*Salvia Hispanica* L) Addition on the Quality of Gluten-Free Bread: Effect of Chia on Gluten-Free Bread Quality. *Journal of Food Quality*, **37** (5), 309-317. <https://doi.org/10.1111/jfq.12098>.

T

- Toscano, Luciana Tavares, Cássia Surama Oliveira da Silva, Lydiane Tavares Toscano, Antônio Eduardo Monteiro de Almeida, Amilton da Cruz Santos, et Alexandre Sérgio Silva. (2014).** Chia Flour Supplementation Reduces Blood Pressure in Hypertensive Subjects. *Plant Foods for Human Nutrition*, **69**(4), 392-398. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0452-7>.

U

- Ullah, Rahman, Muhammad Nadeem, Muhammad Ayaz, Muhammad Imran, et Muhammad Tayyab. 2016.** Fractionation of Chia Oil for Enrichment of Omega 3 and 6 Fatty Acids and Oxidative Stability of Fractions. *Food Science and Biotechnology*, **25**(1), 41-47. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0006-x>.

V

- Valdivia-López, Ma. Ángeles, & Alberto Tecante. (2015).** Chia (*Salvia Hispanica*). In *Advances in Food and Nutrition Research*, **75**, 53-75. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2015.06.002>.
- Vuksan, V, A L Jenkins, A G Dias, A S Lee, E Jovanovski, A L Rogovik, et A Hanna. (2010).** Reduction in Postprandial Glucose Excursion and Prolongation of Satiety: Possible Explanation of the Long-Term

Références Bibliographiques

Effects of Whole Grain Salba (*Salvia Hispanica* L.). *European Journal of Clinical Nutrition*, **64**(4), 436-438. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.159>.

Vuksan, V., A.L. Jenkins, C. Brissette, L. Choleva, E. Jovanovski, A.L. Gibbs, R.P. Bazinet, et al. (2017). Salba-Chia (*Salvia Hispanica* L.) in the Treatment of Overweight and Obese Patients with Type 2 Diabetes: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, **27** (2), 138-146. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.11.124>.

Vuksan, V, L Choleva, E Jovanovski, A L Jenkins, F Au-Yeung, A G Dias, H V T Ho, A Zurbau, et L Duvnjak. (2017). Comparison of Flax (*Linum Usitatissimum*) and Salba-Chia (*Salvia Hispanica* L.) Seeds on Postprandial Glycemia and Satiety in Healthy Individuals: A Randomized, Controlled, Crossover Study. *European Journal of Clinical Nutrition*, **71**(2), 234-238. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.148>.