

THÈSE

en vue de l'obtention du : **DOCTORAT**

Centre de Recherche : Centre des Sciences des Matériaux
Structure de Recherche : Laboratoire des Matériaux, Nanotechnologies et Environnement
Discipline : Chimie Organique et Analytique
Spécialité : Phytochimie

Présentée et Soutenue le : 20/07/2024

par :

Ihssan BOUJEMAA

**Contribution à la valorisation de *Cucurbita* comme aliment fonctionnel :
Études des activités antioxydantes et antimicrobiennes**

Devant le JURY :

Lhou MAJIDI	PES	Faculté des Sciences, Université Mohammed V Rabat	Président / Rapporteur
Amina IBNLFASSI	PES	Faculté des Sciences et Technique, Université Hassan 1 ^{er} , Settat	Examineur/Rapporteur
Abdellah FARAH	PES	Faculté des Sciences et Techniques, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès	Examineur/Rapporteur
Abdelhakim BOUYAHYA	PH	Faculté des Sciences, Université Mohammed V Rabat	Examineur
Hamza EL MOUDDEN	PA	Ecole supérieure de Technologie d'El Kelaa des Sraghna, Université Cadi Ayyad, Marrakech	Invité
Hicham HARHAR	PH	Faculté des Sciences, Université Mohammed V Rabat	Co-Directeur de thèse
Mohamed TABYAOU	PES	Faculté des Sciences, Université Mohammed V Rabat	Directeur de thèse

Année Universitaire : 2023 – 24

Résumé

Les aliments fonctionnels, riches en ingrédients bioactifs, sont de plus en plus prisés pour leurs bienfaits au-delà de la nutrition. La courge, avec ses composés phénoliques, minéraux et antioxydants, en fait partie. Chaque partie de la courge, y compris les graines, la pelure, la chair et les écorces, présente un fort potentiel. Le Maroc, 18^{ème} producteur mondial de courges, a une opportunité prometteuse dans ce domaine.

Notre étude a analysé la composition chimique des huiles de graines de différentes espèces de courges marocaines, ainsi que leur qualité et leurs propriétés antioxydantes. Les résultats montrent une stabilité des acides gras polyinsaturés malgré les variations géographiques, tandis que la torréfaction a augmenté les niveaux de phytostérols et de tocophérols, améliorant l'activité antioxydante.

Nous avons également étudié les quatre parties de la courge pour leurs paramètres physico-chimiques, minéraux et phénoliques, ainsi que leurs capacités antioxydantes et antimicrobiennes. La chair et la pelure ont révélé de fortes concentrations en polyphénols et flavonoïdes, tandis que les graines se sont distinguées par leur richesse en minéraux et leur activité antimicrobienne.

Ces résultats soulignent le potentiel de la courge comme aliment fonctionnel dans l'industrie alimentaire.

Mots-clés : Activités biologiques ; Aliment fonctionnel ; *Cucurbita* ; Métabolites primaires ; Métabolites secondaires.

Abstract

Functional foods, rich in biologically active ingredients, are increasingly sought after for their health benefits beyond basic nutrition. Pumpkin, with its phenolic compounds, essential minerals, and antioxidants, falls into this category. Every part of the pumpkin, including seeds, peel, flesh, and rinds, presents significant potential. Morocco, the 18th largest pumpkin producer globally, has promising opportunities in this field.

Our study analyzed the chemical composition of seed oils from various pumpkin varieties cultivated in Morocco, focusing on their quality and antioxidant properties. We examined the geographical impact and roasting effects on these properties. Results showed stable polyunsaturated fatty acid composition despite geographical variations, with increased phytosterols and tocopherols after roasting, enhancing antioxidant activity.

Additionally, we studied the four pumpkin parts for their physicochemical parameters, mineral content, and phenolic compounds, as well as their antioxidant and antimicrobial capacities. Tests revealed high levels of polyphenols and flavonoids in the flesh and peel, with strong antioxidant activity and inhibition against various bacteria. Seeds exhibited rich mineral content and notable inhibition against certain bacteria and fungi.

These findings encourage further exploration of pumpkin as a source of functional foods, highlighting its potential in the food industry to meet the growing demand for healthy and natural food products.

Keywords: Biological activities ; *Cucurbita* ; Functional food ; Primary metabolites ; Secondary metabolites.

THÈSE

en vue de l'obtention du : **DOCTORAT**

Centre de Recherche : Centre des Sciences des Matériaux
Structure de Recherche : Laboratoire des Matériaux, Nanotechnologies et Environnement
Discipline : Chimie Organique et Analytique
Spécialité : Phytochimie

Présentée et Soutenue le : 20/07/2024

par :

Ihssan BOUJEMAA

**Contribution à la valorisation de *Cucurbita* comme aliment fonctionnel :
Études des activités antioxydantes et antimicrobiennes**

Devant le JURY :

Lhou MAJIDI	PES	Faculté des Sciences, Université Mohammed V Rabat	Président / Rapporteur
Amina IBNLFASSI	PES	Faculté des Sciences et Technique, Université Hassan 1 ^{er} , Settat	Examineur/Rapporteur
Abdellah FARAH	PES	Faculté des Sciences et Techniques, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès	Examineur/Rapporteur
Abdelhakim BOUYAHYA	PH	Faculté des Sciences, Université Mohammed V Rabat	Examineur
Hamza EL MOUDDEN	PA	Ecole supérieure de Technologie d'El Kelaa des Sraghna, Université Cadi Ayyad, Marrakech	Invité
Hicham HARHAR	PH	Faculté des Sciences, Université Mohammed V Rabat	Co-Directeur de thèse
Mohamed TABYAOUI	PES	Faculté des Sciences, Université Mohammed V Rabat	Directeur de thèse

Année Universitaire : 2023 – 24

DÉDICACE

┌

C'est avec une profonde gratitude et des mots empreints d'émotion,

Que je dédie ce modeste travail de mémoire à mes chers parents, source de ma dévotion.

Leur dévouement sans limite et les sacrifices qu'ils ont consentis pour ma réussite,

Ont illuminé mon chemin et nourri mes aspirations avec une lumière si pure et parfaite.

Leurs conseils sages et leur amour indéfectible ont été ma boussole, ma direction,

Je nourris l'espoir qu'un jour, je pourrai leur rendre, ne serait-ce qu'une fraction.

Que Dieu leur accorde bonheur et longue vie, dans une douce harmonie.

Je dédie également ce travail à ma sœur, à mon mari, à mes précieux neveux,

À toute ma famille, à mes amis, à tous mes professeurs, à chacun d'entre eux.

Chaque instant partagé, chaque soutien reçu a contribué à la réalisation de ce projet,

Puissiez-vous tous trouver ici l'expression de ma reconnaissance et de mon amour parfait.

└

REMERCIEMENTS

Je tiens avant tout à adresser mes plus sincères remerciements à toute l'équipe du Laboratoire des Matériaux, Nanotechnologies et Environnement (LMNE) de la Faculté des Sciences de Rabat pour m'avoir accueillie durant les années de ma thèse.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude au directeur de la structure d'accueil (LMNE), Monsieur **BELLAOUCHOU Abdelkbir**, Professeur d'Enseignement Supérieur et chef de département de chimie à la Faculté des Sciences – Université Mohammed V de Rabat, pour les conditions de travail privilégiées dont j'ai bénéficié au cours de ces années de thèse.

Je souhaite exprimer mes sincères remerciements à mon directeur de thèse, Monsieur **TABYAOUI Mohamed**, Professeur d'Enseignement Supérieur et Vice-Doyen des affaires académiques et pédagogiques à la Faculté des Sciences – Université Mohammed V de Rabat, pour m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail. Je suis particulièrement reconnaissante pour la confiance et le soutien constant qu'il m'a témoignés tout au long de ces années, ainsi que pour l'importante autonomie qu'il m'a accordée. Grâce à lui, j'ai pu combiner harmonieusement la recherche théorique et appliquée durant cette thèse.

Je remercie également mon co-encadrant de thèse, Monsieur **HARHAR Hicham**, Professeur habilité au Laboratoire des Matériaux, Nanotechnologies et Environnement, Faculté des Sciences – Université Mohammed V de Rabat, pour ses conseils avisés, son écoute et sa disponibilité à tout moment durant ces années de thèse. Son expérience, ses connaissances et son appétence pour le domaine ont très fortement contribué à la réussite de ma thèse.

Je tiens à remercier Monsieur **MAJIDI Lhou**, Professeur d'Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences – Université Mohammed V de Rabat, pour l'honneur qu'il me fait en présidant ce jury et en évaluant ce travail en tant que rapporteur. Nous vous remercions sincèrement pour l'intérêt que vous portez à cette étude.

Mes remerciements vont également à Madame **IBNLFASSI Amina**, Professeure d'Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences et Techniques de Settat – Université Hassan 1^{er}, et à Monsieur **FARAH Abdellah**, Professeur d'Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès – Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, pour l'honneur qu'ils me font en évaluant ce travail en tant que examinateurs et rapporteurs. Je leur

suis particulièrement reconnaissante pour leur accompagnement tout au long de cette dernière étape de mon parcours.

Je remercie aussi Monsieur **BOUYAHYA Abdelhakim**, Professeur habilité au Laboratoire de Biologie des Pathologies Humaines, Faculté des Sciences – Université Mohammed V de Rabat, qui m’a fait l’honneur de juger ce travail en qualité d’examineur. Ses précieux conseils et son implication ont contribué grandement à l’aboutissement de ce travail.

Je désire grandement remercier Monsieur **EL MOUDDEN Hamza**, Professeur assistant à l’École Supérieure de Technologie d’El Kelaa des Sraghna – Université Cadi Ayyad de Marrakech, pour avoir accepté d’être membre du jury en tant qu’invité. Votre intérêt pour mon sujet d’étude a été d’une grande aide et a considérablement facilité l’avancement de mon travail.

J’associe à ces remerciements Monsieur **DAKIR Mohamed**, Professeur d’Enseignement Supérieur à la Faculté des Sciences Aïn Chock – Université Hassan II de Casablanca, d’avoir accepté de collaborer durant ces trois dernières années de thèse. Qu’il me soit permis de vous présenter à travers ce travail, l’expression de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier aussi Monsieur **EL YADINI Adil**, Professeur habilité au Laboratoire des Matériaux, Nanotechnologies et Environnement, Faculté des Sciences – Université Mohammed V de Rabat, pour ses remarques, son ouverture d’esprit et sa franchise.

Je présente mes remerciements les plus distingués à Mr **AMAKHMAKH Mohammed** pour les analyses de la composition chimique des huiles végétales au sein du Laboratoire Officiel d’Analyses et de Recherches Chimiques. Je remercie également Dr **KADIRI Fatima-Zahra** pour les tests antimicrobiens effectués au sein du Laboratoire d’Immunologie et Biodiversité, et Dr **ACHAGAR Redouane** pour l’analyse des composés phénolique par HPLC, effectuées au sein du Laboratoire de Synthèse Organique, Extraction et Valorisation - Faculté des Sciences de Aïn Chock.

Un grand merci à mes amis EL IDRISSEI Yousra, EL MOUDDEN Hamza, ALAOUI Yasmina, EL BERNOUSSI Sara, BELHOUSSEINE Oumayma, EDDAHHAOUI Fatima-Zahra, LAKHLIFI EL IDRISSEI Zineb et BOU-OUZOUKNI Youssef. Ce fut un plaisir de travail et de collaborer ensemble.

Je tiens à remercier spécialement mes chers parents, ma sœur, mon mari, mes neveux, ainsi que ma famille qui a toujours été derrière moi. Leur soutien inconditionnel, à la fois moral et économique, m'a permis de réaliser les études que je voulais et par conséquent ce mémoire.

RÉSUMÉ

Les aliments fonctionnels, riches en ingrédients bioactifs, sont de plus en plus prisés pour leurs bienfaits au-delà de la nutrition. La courge, avec ses composés phénoliques, minéraux et antioxydants, en fait partie. Chaque partie de la courge, y compris les graines, la pelure, la chair et les écorces, présente un fort potentiel. Le Maroc, 18^{ème} producteur mondial de courges, a une opportunité prometteuse dans ce domaine.

Notre étude a analysé la composition chimique des huiles de graines de différentes espèces de courges marocaines, ainsi que leur qualité et leurs propriétés antioxydantes. Les résultats montrent une stabilité des acides gras polyinsaturés malgré les variations géographiques, tandis que la torréfaction a augmenté les niveaux de phytostérols et de tocophérols, améliorant l'activité antioxydante.

Nous avons également étudié les quatre parties de la courge pour leurs paramètres physico-chimiques, minéraux et phénoliques, ainsi que leurs capacités antioxydantes et antimicrobiennes. La chair et la pelure ont révélé de fortes concentrations en polyphénols et flavonoïdes, tandis que les graines se sont distinguées par leur richesse en minéraux et leur activité antimicrobienne.

Ces résultats soulignent le potentiel de la courge comme aliment fonctionnel dans l'industrie alimentaire.

Mots-clés : Activités biologiques ; Aliment fonctionnel ; *Cucurbita* ; Métabolites primaires ; Métabolites secondaires.

ABSTRACT

Functional foods, rich in biologically active ingredients, are increasingly sought after for their health benefits beyond basic nutrition. Pumpkin, with its phenolic compounds, essential minerals, and antioxidants, falls into this category. Every part of the pumpkin, including seeds, peel, flesh, and rinds, presents significant potential. Morocco, the 18th largest pumpkin producer globally, has promising opportunities in this field.

Our study analyzed the chemical composition of seed oils from various pumpkin varieties cultivated in Morocco, focusing on their quality and antioxidant properties. We examined the geographical impact and roasting effects on these properties. Results showed stable polyunsaturated fatty acid composition despite geographical variations, with increased phytosterols and tocopherols after roasting, enhancing antioxidant activity.

Additionally, we studied the four pumpkin parts for their physicochemical parameters, mineral content, and phenolic compounds, as well as their antioxidant and antimicrobial capacities. Tests revealed high levels of polyphenols and flavonoids in the flesh and peel, with strong antioxidant activity and inhibition against various bacteria. Seeds exhibited rich mineral content and notable inhibition against certain bacteria and fungi.

These findings encourage further exploration of pumpkin as a source of functional foods, highlighting its potential in the food industry to meet the growing demand for healthy and natural food products.

Keywords : Biological activities ; Cucurbita ; Functional food ; Primary metabolites ; Secondary metabolites.

AVANT PROPOS

Ce travail de thèse a été réalisé au sein du Laboratoire des Matériaux, Nanotechnologies et Environnement, à la Faculté des Sciences de Rabat – Université Mohamed V et a donné lieu aux publications suivantes :

| PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

‡ **Ihssan Boujema**, Sara El Bernoussi, Harhar Hicham, Mohamed Tabyaoui, 2020. The influence of the species on the quality, chemical composition and antioxidant activity of pumpkin seed oil, *OCL*, 27, p7, DOI:10.1051/ocl/2020031.

‡ **Ihssan Boujema**, Sara El Bernoussi, Chakir El Guezzane, Filippo Maggi, Giovanni Caprioli, Abdelhakim Bouyahya, Harhar Hicham, Mohamed Tabyaoui, 2024. Effect of roasting in electric oven on oil quality and residue from *Cucurbita maxima* (Marina di Chioggia) and *Cucurbita pepo* (Calabaza Mercado Verde) seeds from Morocco, *LWT*, 193, DOI:10.1016/j.lwt.2024.115788.

‡ **Ihssan Boujema**, Sara El Bernoussi, Zineb Lakhlifi El Idrissi, Yousra El Idrissi, Chakir El Guezzane, Learn-Han Lee, Riaz Ullah, Ahmed Bari, Abdelhakim Bouyahya, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, 2024. The impact of geographical location on the nutritional quality, chemical composition, and antioxidant activity of *Cucurbita maxima* (rouge vif d'Etampes) seed oil, *Biochemical Systematics and Ecology*, 115, 104835.

‡ Sara El Bernoussi, **Ihssan Boujema**, Harhar Hicham, Walid Belmaghraoui, Bertrand Matthäus, Mohamed Tabyaoui, 2020. Evaluation of oxidative stability of sweet and bitter almond oils under accelerated storage conditions, *Journal of Stored Products Research*, 88, DOI:10.1016/j.jspr.2020.101662.

‡ Sara El Bernoussi; **Ihssan Boujema**; Chakir El Guezzane; Zineb Lakhlifi El Idrissi; Agnese Santanatoglia; Abdelhakim Bouyahya; Lee Learn-Han; Hicham Harhar; Mohamed Tabyaoui, 2024. Effect of storage conditions on physico-chemical characteristics and antioxidants activity of sweet and bitter almond nuts and seeds of Aknoul, *Food Bioscience*, 104488, DOI: 10.1016/j.fbio.2024.104488.

‡ Sara El Bernoussi; **Ihssan Boujema**a; Chakir El Guezane; Youssef Bou-Ouzoukni; Issmail Nounah; Abdelhakim Bouyahya; Riaz Ullah, Zafar Iqbal, Filippo Maggi; Giovanni Caprioli, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, 2024. Comparative analysis of nutritional value and antioxidant activity in sweet and bitter almonds, *LWT*, 206 (2): 116587, DOI: 10.1016/j.lwt.2024.116587.

‡ Zineb Lakhlifi El Idrissi, Chakir El Guezane, **Ihssan Boujema**a, Sara El Bernoussi, Aicha Sifou, Hamza El Moudden, Riaz Ullah, Amal Alotaibi, Khang Wen Goh, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, 2024. Blending cold-pressed peanut oil with omega-3 fatty acids from walnut oil: analytical profiling and prediction of nutritive attributes and oxidative stability, *Food Chemistry: X*, 101453, DOI: doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101453.

| COMMUNICATIONS ORALES A DES CONGRES INTERNATIONAUX

‡ **Ihssan Boujema**a, Sara El Bernoussi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *VARENA 2019*, L'évaluation de l'activité antioxydante et l'influence de l'origine géographique sur la composition chimique de *Cucurbita maxima*.

‡ **Ihssan Boujema**a, Sara El Bernoussi, Youssef Bou-ouzoukni, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *Innovation & Recherche dans l'Agriculture (WEBINAIRE : IRA-2021)*, Le profil des métabolites secondaires de quatre parties de la plante (*cucurbita maxima* Duchesne).

‡ **Ihssan Boujema**a, Sara El Bernoussi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *VARENA 2021*, Étude expérimentale de l'effet de la torréfaction sur la composition chimique et l'activité antioxydante de l'huile issue des différentes variétés de pépins de courge.

| COMMUNICATIONS PAR AFFICHE A DES CONGRES INTERNATIONAUX

‡ **Ihssan Boujema**a, Sara El Bernoussi, Yousra El Idrissi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *SIPAM 2019*, L'effet de la région sur la composition chimique de l'huile de courge.

‡ **Ihssan Boujema**a, Sara El Bernoussi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *VARENA 2019*, Chemical composition and antioxidant activity of pumpkin seeds species : *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo* and *Cucurbita moschata*.

‡ **Ihssan Boujema**, Yousra El Idrissi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *CIA 2021*, Etude comparative entre les différentes parties de deux plantes végétales : *Argania spinosa* (L.) et *Cucurbita maxima* Duchesne.

‡ **Ihssan Boujema**, Sara El Bernoussi, Chakir El Guezzane, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *VARENA 2024*, The impact of geographical location on the nutritional quality, chemical composition, and antioxidant activity of *Cucurbita maxima* (rouge vif d'Etampes) seed oil.

| COMMUNICATIONS AUX JOURNEES DOCTORIALES

‡ **Ihssan Boujema**, Sara El Bernoussi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *DOCTORIALES 2021*, Étude expérimentale de l'effet de la torréfaction sur les composés phénoliques et l'activité antioxydante des graines de courge.

‡ **Ihssan Boujema**, Sara El Bernoussi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *DOCTORIALES 2023*, Effet de la torréfaction sur la qualité et l'activité antioxydante de l'huile issue des graines de *Cucurbita maxima* et *Cucurbita pepo* (L.).

Ihssan Boujema, Sara El Bernoussi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, *DOCTORIALES 2024*, Analysis of phenolic, flavonoid, and mineral contents in the peel, flesh, seeds, and rind of pumpkin (*cucurbita maxima*), and evaluation of their antioxidant activity.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Bilan mondial de la production de courges pour l'année 2024.	6
Figure 2. Procédure artisanale d'extraction de l'huile de courge.	8
Figure 3. Classification des différentes espèces comestibles de la famille des cucurbitacées.	17
Figure 4. Illustration des cinq espèces domestiquées du genre <i>Cucurbita</i>	23
Figure 5. Composition d'une huile et importance des principales classes de composés.	33
Figure 6. Structure d'un triglycéride d'acides gras.	33
Figure 7. Réaction de saponification des corps gras.	37
Figure 8. Structures des phytostérols principaux de l'huile de courge.	39
Figure 9. Structure des tocophérols et des tocotriénols.	40
Figure 10. Squelette de la cucurbitane.	48
Figure 11. Photos des espèces étudiées.	55
Figure 12. Photo de graines des espèces étudiées.	57
Figure 13. Réaction d'oxydo-réduction du Folin-Ciocalteu.	69
Figure 14. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (0-200 µg/mL).	69
Figure 15. Réaction de complexation des flavonoïdes par AlCl ₃	70
Figure 16. Courbe d'étalonnage de la quercétine (0-200 µg/mL).	71
Figure 17. Réaction de réduction du DPPH• par l'antioxydant.	72
Figure 18. Réaction d'oxydation de l'ABTS par le persulfate de potassium K ₂ S ₂ O ₈	73
Figure 19. ACP des différents paramètres analysés.	92
Figure 20. Projection des individus sur le plan d'essai (F1×F2).	93
Figure 21. ACP des différents paramètres analysés.	112
Figure 22. Projection des individus sur le plan d'essai (F1×F2).	113
Figure 23. Chromatogramme des composés phénoliques des parties de <i>C. maxima</i>	138

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Évolution de la production mondiale de courges.-----	6
Tableau 2. Évolution de la production marocaine de courges.-----	7
Tableau 3. Comparaison des procédés d'extraction.-----	9
Tableau 4. Applications industrielles de la courge.-----	14
Tableau 5. Classification taxonomique du genre <i>Cucurbita</i> .-----	20
Tableau 6. Caractères morphologiques distinctifs des espèces de <i>Cucurbita</i> domestiquées.-----	24
Tableau 7. Composition nutritionnelle des différentes parties de la courge.-----	25
Tableau 8. Composition en acides aminés des différentes parties de la courge.-----	28
Tableau 9. Composition en minéraux des différentes parties de la courge.-----	31
Tableau 10. Propriétés physico-chimiques de l'huile des graines de courge.-----	32
Tableau 11. Composition chimique en acides gras de l'huile de courge.-----	35
Tableau 12. Composition chimique en acides gras de différentes huiles végétales.-----	36
Tableau 13. Composition chimique en phytostérols de l'huile de courge.-----	38
Tableau 14. Composition chimique en tocophérols de l'huile de courge.-----	41
Tableau 15. Composition chimique en caroténoïdes de l'huile de courge.-----	42
Tableau 16. Composition en métabolites secondaires des différentes parties de la courge.-----	43
Tableau 17. Profil des composés phénoliques des différentes parties de la courge.-----	44
Tableau 18. Répartition des symptômes gastro-intestinaux chez différents patients.-----	49
Tableau 19. Description et pouvoir pathogène des souches de bactéries testées.-----	74
Tableau 20. Description et pouvoir pathogène des souches fongiques testées.-----	75
Tableau 21. Propriétés physico-chimiques des huiles de <i>C. pepo</i> , <i>C. maxima</i> et <i>C. moschata</i> .-----	79
Tableau 22. Rendement en huile des espèces <i>C. pepo</i> , <i>C. maxima</i> et <i>C. moschata</i> .-----	82
Tableau 23. Profil des acides gras des espèces <i>C. pepo</i> , <i>C. maxima</i> et <i>C. moschata</i> .-----	84
Tableau 24. Profil des phytostérols des espèces <i>C. pepo</i> , <i>C. maxima</i> et <i>C. moschata</i> .-----	86
Tableau 25. Profil des tocophérols des espèces <i>C. pepo</i> , <i>C. maxima</i> et <i>C. moschata</i> .-----	87
Tableau 26. TPC et IC ₅₀ des extraits de <i>C. pepo</i> , <i>C. maxima</i> et <i>C. moschata</i> .-----	88
Tableau 27. Coefficient de corrélation de Pearson entre différentes variables étudiées.-----	90
Tableau 28. p-valeurs du coefficient de la matrice de corrélation.-----	91
Tableau 29. Propriétés physico-chimiques des huiles de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.-----	99
Tableau 30. Rendement en huile de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.-----	100
Tableau 31. Profil des acides gras des huiles de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.-----	102
Tableau 32. Profil des phytostérols des huiles de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.-----	104
Tableau 33. Profil des tocophérols des huiles de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.-----	106
Tableau 34. TPC et IC ₅₀ des extraits de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.-----	108

Tableau 35. Coefficient de corrélation de Pearson entre différentes variables étudiées. -----	110
Tableau 36. p-valeurs du coefficient de la matrice de corrélation. -----	111
Tableau 37. Propriétés physico-chimiques des huiles lors de la torréfaction. -----	118
Tableau 38. Rendement en huile lors de la torréfaction.-----	121
Tableau 39. Profil des acides gras des huiles lors de la torréfaction. -----	122
Tableau 40. Profil des phytostérols des huiles lors de la torréfaction.-----	124
Tableau 41. Profil des tocophérols des huiles lors de la torréfaction. -----	126
Tableau 42. TPC des extraits lors de la torréfaction. -----	128
Tableau 43. IC ₅₀ des extraits lors de la torréfaction. -----	129
Tableau 44. Paramètres physico-chimiques des parties de <i>C. maxima</i> . -----	133
Tableau 45. Composition en éléments minéraux des parties de <i>C. maxima</i> . -----	134
Tableau 46. TPC et TFC des parties de <i>C. maxima</i> .-----	136
Tableau 47. Identification des composés phénoliques présents dans les parties de <i>C. maxima</i> .-----	139
Tableau 48. Temps de rétention des standards analysés. -----	140
Tableau 49. IC ₅₀ des parties de <i>C. maxima</i> .-----	141
Tableau 50. Activité antibactérienne des parties de <i>C. maxima</i> . -----	143
Tableau 51. Activité antifongique des parties de <i>C. maxima</i> .-----	143

LISTE DES ABRÉVIATIONS

<i>C. maxima</i> : <i>Cucurbita maxima</i>	EQ : Equivalent de quercétine
<i>C. pepo</i> : <i>Cucurbita pepo</i>	Tm : Teneur en matière minéral
<i>C. moschata</i> : <i>Cucurbita moschata</i>	H% : Teneur en eau
<i>C. argyrosperma</i> : <i>Cucurbita argyrosperma</i>	R% : Rendement
<i>C. ficifolia</i> : <i>Cucurbita ficifolia</i>	Ia : Indice d'acide
<i>C. maxima</i> : <i>Cucurbita maxima</i>	Ii : Indice d'iode
<i>C. pepo</i> : <i>Cucurbita pepo</i>	Ip : Indice de peroxyde
<i>C. moschata</i> : <i>Cucurbita moschata</i>	E ₂₃₂ : Extinction spécifique à 232 nm
<i>C. argyrosperma</i> : <i>Cucurbita argyrosperma</i>	E ₂₇₀ : Extinction spécifique à 270 nm
<i>C. ficifolia</i> : <i>Cucurbita ficifolia</i>	Tcar : Teneur en caroténoïdes
Mt : Millions de tonnes	Tchl : Teneur en chlorophylles
UV : Ultraviolet	<i>E. coli</i> : <i>Escherichia coli</i>
AGS : Acides gras saturés	<i>S. aureus</i> : <i>Staphylococcus aureus</i>
AGMI : Acides gras monoinsaturés	<i>A. brasiliensis</i> : <i>Aspergillus brasiliensis</i>
AGPI : Acides gras polyinsaturés	<i>P. aeruginosa</i> : <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
ST : Stérols totaux	<i>S. enterica</i> : <i>Salmonella enterica</i>
TT : Tocophérols totaux	<i>C. albicans</i> : <i>Candida albicans</i>
EAG : Equivalent d'acide gallique	<i>S. cerevisiae</i> : <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
TPC : Total phenolic contents	TFC : Total flavonoid contents
(Teneur total en Polyphénols)	(Teneur total en flavonoïdes)
LDL : Low-density lipoprotein (Lipoprotéines à faible densité)	HDL : High-density lipoprotein (Lipoprotéines à haute densité)
DPPH : 2,2-DiPhenyl-PicrylHydrazyl.	CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse
ABTS: 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid	IC ₅₀ : Concentration d'extrait nécessaire pour obtenir 50 % d'inhibition
FAO : Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)	HPLC : High Performance Liquid Chromatography (Chromatographie en phase liquide à haute performance)
ACP : Principal Components Analysis (Analyse en composantes principales)	ANOVA : Analysis of variance (Analyse de la variance)
ISO : International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)	

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vi
AVANT PROPOS	vii
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES ABRÉVIATIONS	xiii
Introduction générale	1
Chapitre I. État des connaissances	5
Introduction	5
1. Production des courges	6
1.1. Contexte agricole mondial	6
1.2. Transformation des graines de courges en huile	7
1.2.1. Huile vierge.....	7
1.2.2. Huile raffinée.....	8
1.3. Évolution des débouchés alimentaires	10
1.3.1. Composés majeurs.....	10
1.3.2. Composés mineurs.....	10
1.4. Valorisation des coproduits	11
1.4.1. Tourteau des graines de courge.....	12
1.4.2. Écorces et pelure.....	12
1.5. Applications industrielles de la courge	13
1.5.1. Application dans l'industrie de la viande.....	13
1.5.2. Application dans l'industrie de la boulangerie.....	15
1.5.3. Application dans l'industrie des boissons.....	15
1.5.4. Application dans l'industrie laitière.....	16
2. La courge, la plante et sa culture	16
2.1. La famille des cucurbitacées	16
2.2. Le genre <i>cucurbita</i>	19
2.2.1. Préférences pédoclimatiques, semis et récolte.....	19
2.2.2. Espèces domestiquées.....	20
2.2.3. Composition chimique.....	23

2.2.4.	Propriétés biologiques	44
2.3.	Toxicologie	47
2.4.	Stockage et conservation	50
2.4.1.	Le légume	50
2.4.2.	Les graines.....	51
2.4.3.	L'huile	51
Chapitre II.	Matériel et Méthodes	54
Introduction		54
1.	Huile issue des graines de courge	55
1.1.	Matériel végétal	55
1.2.	Processus de torréfaction.....	56
1.3.	Extraction de l'huile	56
1.4.	Évaluation de la qualité de l'huile	57
1.4.1.	Indice d'acide	57
1.4.2.	Indice d'iode.....	58
1.4.3.	Indice de peroxyde.....	59
1.4.4.	Extinctions spécifiques	60
1.4.5.	Teneur en chlorophylles	61
1.4.6.	Teneur en caroténoïdes	62
1.5.	Évaluation de la composition chimique de l'huile.....	63
1.5.1.	Analyse des acides gras	63
1.5.2.	Analyse des phytostérols	64
1.5.3.	Analyse des tocophérols	65
2.	Plante <i>cucurbita</i>	65
2.1.	Séchage du matériel végétal	65
2.2.	Préparation de la poudre.....	65
2.3.	Détermination des propriétés chimiques	65
2.3.1.	Détermination de la teneur en eau	65
2.3.2.	Détermination de la teneur en matière minérale.....	66
2.4.	Extraction des métabolites secondaires.....	67
2.5.	Rendement des extractions.....	68
2.6.	Dosage des métabolites secondaires.....	68
2.6.1.	Dosage des polyphénols totaux	68
2.6.2.	Dosage des flavonoïdes	70
2.7.	Identification des composés phénoliques	71
2.8.	Évaluation des activités biologiques	71

2.8.1.	Activité antioxydante.....	71
2.8.2.	Activité antimicrobienne	74
2.9.	Analyse statistique	75
Chapitre III. Résultats et discussion.....		78
Partie 1 : Influence de l'espèce sur la qualité, la composition chimique et l'activité antioxydante de l'huile de graines de courge		78
1.	Introduction	78
2.	Paramètres physico-chimiques des huiles	79
2.1.	Indice d'acide	79
2.2.	Indice d'iode	80
2.3.	Indice de peroxyde	80
2.4.	Extinctions spécifiques.....	81
2.5.	Teneur en pigments.....	81
2.5.1.	Caroténoïdes	81
2.5.2.	Chlorophylles.....	82
3.	Rendement en huile et composition chimique.....	82
3.1.	Rendement	82
3.2.	Composition en acides gras	83
4.	Composition en phytostérols	85
5.	Composition en tocophérols.....	86
6.	Composés phénoliques et activité antioxydante.....	87
7.	Étude statistique	89
7.1.	MATRICE DE CORRÉLATION.....	89
7.2.	Analyse des principaux composants	92
8.	Conclusion.....	94
Partie 2 : Impact de la localisation géographique sur la qualité nutritionnelle, la composition chimique et l'activité antioxydante de l'huile de graines de <i>cucurbita maxima</i>		95
1.	Introduction	95
2.	Paramètres physico-chimiques des huiles	96
2.1.	Indice d'acide	96
2.2.	Indice d'iode	97
2.3.	Indice de peroxyde	97
2.4.	Extinctions spécifiques.....	98
2.5.	Pigments.....	98
3.	Rendement en huile et composition chimique.....	100
3.1.	Rendement	100

3.2.	Composition en acides gras	101
4.	Composition en phytostérols	103
5.	Composition en tocophérols.....	105
6.	Composés phénoliques et activité antioxydante.....	107
7.	Étude statistique	108
7.1.	Matrice de corrélation	108
7.2.	Analyse des principaux composants.....	112
8.	Conclusion.....	114
Partie 3 : Impact de la torréfaction sur la qualité nutritionnelle, la composition chimique et l'activité antioxydante des huiles de <i>cucurbita maxima</i> (marina di chioggia) et <i>cucurbita pepo</i> (calabaza mercado verde).....		
1.	Introduction	115
2.	Paramètres physico-chimiques des huiles	116
2.1.	Indice d'acide	116
2.2.	Indice d'iode	117
2.3.	Indice de peroxyde	119
2.4.	Extinctions spécifiques.....	119
2.5.	Pigments.....	120
3.	Rendement en huile composition chimique.....	120
3.1.	Rendement	121
3.2.	Composition en acides gras	121
4.	Composition en phytostérols	123
5.	Composition en tocophérols.....	125
6.	Composés phénoliques et activité antioxydante.....	127
6.1.	Teneur en composés phénoliques.....	127
6.2.	Évaluation de l'activité antioxydante.....	128
7.	Conclusion.....	129
Partie 4 : Analyse de la composition proximale, des composés phénoliques et de l'activité biologique des différentes parties de la courge (<i>C. maxima</i>).....		
1.	Introduction	131
2.	Paramètres physico-chimiques des extraits	132
3.	Composition en minéraux essentiels	134
4.	Analyse du contenu en composés phénoliques	135
4.1.	Analyse qualitative des composés phénoliques.....	136
5.	Évaluation de l'activité antioxydante	141
6.	Évaluation de l'activité antimicrobienne	142
6.1.	Activité bactérienne	142

6.2. Activité antifongique	144
7. Conclusion	146
Conclusion générale	148
Perspectives	150
Annexe I.	151
Annexe II.	152
Références	153

Introduction générale

Dans un contexte mondial marqué par la malnutrition, exacerbée par la transition alimentaire dans certains pays en développement, la demande croissante des consommateurs pour des aliments favorisant la santé a rendu indispensable le développement d'aliments fonctionnels. Ces derniers sont reconnus pour leur capacité à réduire les risques pour la santé et à offrir des bienfaits physiques et mentaux, en particulier en prévention des maladies liées au syndrome métabolique, telles que les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2 (Alissa and Ferns 2012; Arnoldi 2004). Dotés de propriétés anti-inflammatoires, antidiabétiques, antioxydantes, antibactériennes, antifongiques, antiparasitaires et antivirales, ces aliments contiennent des composés bioactifs qui apportent divers bienfaits à l'organisme (Aljumayi et al. 2022).

À cette époque, les préconisations en matière de santé ont joué un rôle prépondérant dans cette évolution, incitant les chercheurs à mener des programmes de recherche visant à identifier les fonctions physiologiques des aliments afin d'améliorer la qualité de vie, sans pour autant influencer les coûts des soins de santé. L'adjonction de substances riches en composés bioactifs à des produits alimentaires permet d'enrichir leur contenu nutritionnel, apportant ainsi des éléments biologiquement actifs supplémentaires tels que les fibres alimentaires, les minéraux, les vitamines, les oligo-éléments, les protéines, les peptides, les acides aminés, les acides gras spécifiques, les substances phytochimiques, les antioxydants et les probiotiques.

Ces dernières années ont également vu un regain d'intérêt pour l'exploitation des coproduits agricoles, motivé par des considérations économiques et environnementales. En effet, ces coproduits, abondants et peu coûteux, représentent une source importante de nutriments. Ainsi, les produits fonctionnels dérivés de ces coproduits pourraient constituer une alternative intéressante pour enrichir notre alimentation quotidienne à faible coût. La courge, en particulier, émerge comme une source potentielle d'aliments fonctionnels, compte tenu de sa richesse substances phytochimiques, ainsi que de sa capacité à générer des tonnes de coproduits tels que les pelures, les graines et les écorces, tous présentant des avantages nutritionnels pour la consommation humaine (Hussain, Kausar, Sehar, Sarwar, Ashraf, et al. 2022).

Appartenant à la grande famille des Cucurbitacées, la courge est cultivée à travers le monde. Sa chair est une véritable mine de vitamines, de protéines, de minéraux et d'antioxydants tels que le β -carotène et les tocophérols. De plus, elle renferme divers composés biologiquement actifs comme des polysaccharides, des protéines, des peptides, des phytostérols et des acides para-aminobenzoïques (Malkanthi 2020). Par ailleurs, la pelure de la courge s'est révélée être une source importante d'antioxydants et pourrait même avoir des propriétés inhibitrices sur la croissance de certaines bactéries pathogènes et de champignons (Leichtweis et al. 2023). Quant aux graines de courge, elles constituent une source majeure de lipides, riches en acides gras polyinsaturés, en phytostérols et en tocophérols (Ahsan et al. 2015).

L'objectif principal de ce travail de thèse a été l'étude des éléments nutritifs de l'ensemble des parties de la courge afin d'évaluer leur potentiel pour être incorporées dans notre alimentation quotidienne en tant qu'aliments fonctionnels. À cette fin, les travaux de thèse ont été structurés autour de deux volets complémentaires :

Le premier volet a consisté à étudier la composition chimique des huiles issues de différentes espèces de courge provenant de diverses régions du Maroc, ainsi que l'impact du traitement thermique sur la qualité, la composition chimique et l'activité antioxydante de ces huiles.

Le second volet s'est concentré sur l'étude phytochimique des quatre parties de la plante *Cucurbita maxima*, à savoir la pelure, la chair, les graines et les écorces. Cette analyse a inclus l'évaluation de leurs propriétés physico-chimiques ainsi que leur composition en minéraux. De plus, nous avons procédé à la quantification des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes, et avons réalisé une analyse qualitative par HPLC des composés phénoliques. Enfin, nous avons mené une étude sur le pouvoir antioxydant et antimicrobien de ces extraits.

Pour présenter ces deux volets, le manuscrit est organisé en trois parties :

La première partie, intitulée « **Etat des connaissances** » expose le contexte agricole de la culture des courges, les procédés de transformation des graines en huile oléagineuse, l'évolution des débouchés alimentaires, ses applications industrielles, ainsi que la composition chimique de la courge et de son huile.

La deuxième partie « **Matériels et Méthodes** » détaille les méthodologies utilisées pour les différentes analyses réalisées.

La troisième partie « **Résultats et Discussion** » présente les résultats obtenus ainsi qu'une discussion vis-à-vis des résultats scientifiques obtenus par les autres chercheurs.

La conclusion générale offre une synthèse des principaux résultats et contributions de la recherche, tout en répondant clairement à la problématique. Elle met également en lumière l'impact potentiel des résultats dans le domaine de l'alimentation saine.

Les perspectives proposent des pistes de réflexion et de recherche pour l'avenir, en tenant compte des résultats obtenus.

CHAPITRE I.

État des connaissances.

Chapitre I. État des connaissances

Introduction

Au cours des dernières décennies, la demande croissante d'aliments à la fois nutritifs, sains et durables a incité à porter une attention particulière à l'utilisation des coproduits alimentaires. Ces matières premières offrent une valeur ajoutée à la production économique, contribuent à l'innovation dans la formulation de nouveaux produits alimentaires et participent à la réduction des déchets alimentaires.

Les aliments fonctionnels ont été définis comme une nouvelle gamme de différents aliments contenant des ingrédients biologiquement actifs tels que des phytostérols, des antioxydants, des acides gras et d'autres composés présents dans les graines ainsi que dans les coproduits. Lorsque les aliments fonctionnels sont inclus dans l'alimentation, d'importants bénéfices pour la santé des consommateurs sont obtenus.

La courge est moyennement commercialisée au Maroc, mais elle génère des tonnes de pelures, de graines et d'écorces comme coproduits. Sans oublier le fait que ces éléments contiennent de nombreux nutriments bénéfiques et de la matière sèche qui peuvent être utilisés de nombreuses façons.

Le développement d'un coproduit à partir des graines de courge pourrait apporter une grande valeur ajoutée à différents produits alimentaires tout en réduisant les déchets et les pertes pour les fabricants. Cela peut être abordé en traitant la denrée alimentaire pour soutenir les petits producteurs et ajouter des activités pour les petites et moyennes entreprises.

Ainsi, la composition, les avantages nutritionnels de la consommation, les coproduits et la faisabilité technique de ceux-ci sont étudiés dans ce chapitre. Le but de ce travail est de diffuser les caractéristiques nutritionnelles et fonctionnelles de la courge ainsi que ses coproduits et les propriétés médicinales qui leur sont associées.

1. Production des courges

1.1. Contexte agricole mondial

Les Cucurbitacées occupent la deuxième place en termes d'importance économique dans le domaine de l'horticulture mondiale, juste après les *Solanaceae* (Renner and Schaefer 2016). La production mondiale de courges a connu une augmentation significative durant ces dernières années. En 2017, elle a atteint 26 Mt. D'après le **Tableau 1**, cette hausse de production peut être attribuée à l'expansion de la surface cultivée de courges à l'échelle mondiale, passant de 1 086 253 ha en 1994 à 2 021 758 ha en 2017. Cependant, cette superficie a diminué l'année suivante, atteignant 1 481 175 ha pour 21 Mt (FAO 2024).

Tableau 1. Évolution de la production mondiale de courges.

Année	1994	1998	2002	2006	2010	2014	2018	2022
Surface (10 ³ ha)	1 086	1 288	1 477	1 583	1 792	1 940	1 481	1 521
Production (10 ³ t)	13	15	19	20	22	25	21	22
	123	682	068	633	757	159	824	806

Le continent asiatique représentant 59,5 % de la production mondiale de courge, suivie par l'Europe à 17 %, l'Amérique à 12,4 %, l'Afrique à 9,8 % et enfin l'Océanie à 1,3 %. En effet, la République populaire de Chine est le principal producteur mondial de courges, avec une production annuelle de 5 681 169 t, suivie par l'Inde avec 3 394 742 t, la Fédération de Russie avec 981 972 t, l'Ukraine avec 921 119 t et les Etats-Unis d'Amérique avec 644 685 t (**Figure 1**) (FAO 2024).

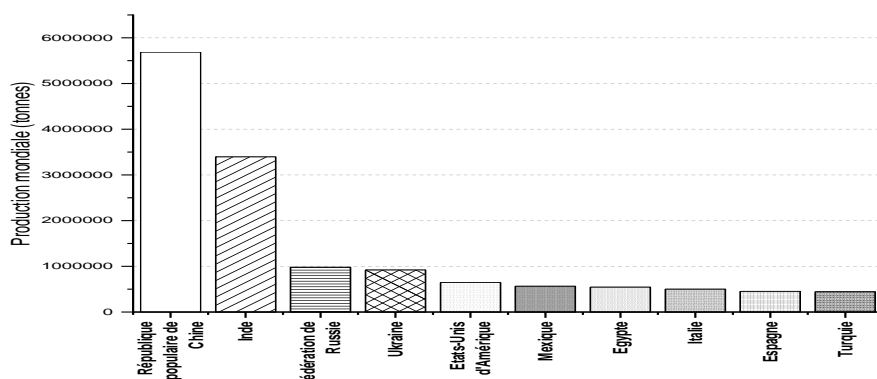


Figure 1. Bilan mondial de la production de courges pour l'année 2024.

Tableau 2. Évolution de la production marocaine de courges.

Année	1994	1998	2002	2006	2010	2014	2018	2022
Surface (10 ³ ha)	6,8	7	6	7	7	8	6	11
Production (10 ³ t)	88,7	122	114	169	207	215	180	329

La production de courges au Maroc a connu des variations au fil des années. En 1994, la superficie cultivée était de 6 800 ha, produisant 88 700 t. Quinze ans plus tard, cette superficie avait augmenté pour atteindre 9 599 ha, avec une production de 237 632 t (FAO 2024). D'après le **Tableau 2**, la superficie cultivée a encore augmenté en 2022 pour atteindre 11 569 ha, avec une production de 329 110 t (Atlasbig 2021).

À l'échelle mondiale, le Maroc se classe actuellement au 18^{ème} rang en termes de production de courges, juste derrière la Corée du Sud, avec 329 177 t et un rendement moyen de 28 453, 4 Kg/ha. Les principales régions de production sont les Doukkala, Saïs et El Gharb (Khelifaoui 2002).

1.2. Transformation des graines de courges en huile

L'extraction de l'huile de courge peut être réalisée de différentes manières, que ce soit à petite échelle, avec des méthodes artisanales telles que le pressage à froid des graines, ou à grande échelle, en utilisant des techniques industrielles plus sophistiquées.

À petite échelle, le processus de pressage à froid produit une huile de première pression, caractérisée par sa couleur variant du vert foncé à l'ocre rouge et son arôme de noisette. En laboratoire, l'extraction peut se faire à l'aide de l'hexane, suivie d'une évaporation pour obtenir une huile d'extraction. Les sous-produits de ces extractions, tels que la pâte de courge, les coques et la farine, peuvent être récupérés et réutilisés (**Figure 2**). A grande échelle, deux types d'huiles peuvent être obtenus à partir du processus de transformation des graines :

1.2.1. Huile vierge

L'huile vierge est obtenue à partir de graines de courge nettoyées, torréfiées et décortiquées. Ces graines sont ensuite pressées à l'aide d'une presse à vis, libérant une

huile épaisse de couleur verte, qui est par la suite décantée et filtrée. Cette méthode d'extraction permet de maintenir une basse température, mais offre des rendements relativement modestes (Brededan, Carelli, and Crapiste 2000).

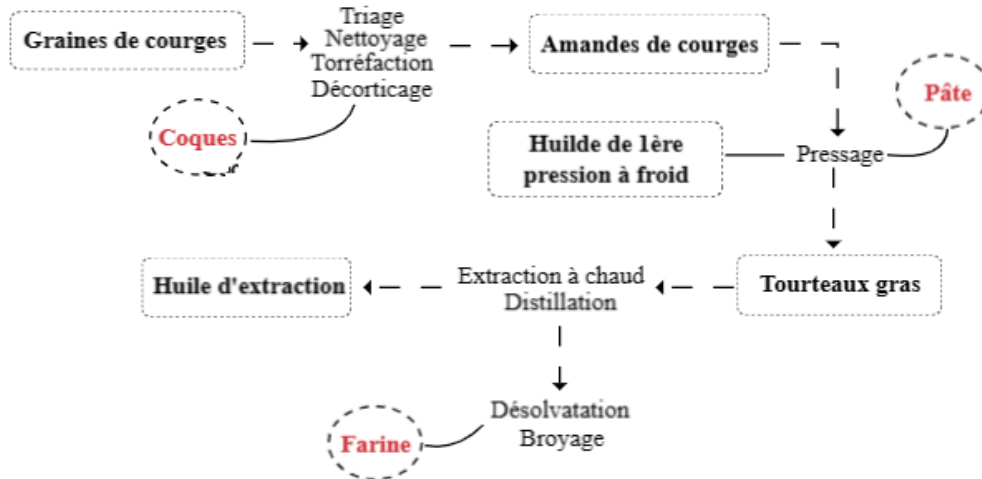


Figure 2. Procédure artisanale d'extraction de l'huile de courge.
(Ayerdi Gotor 2008)

1.2.2. Huile raffinée

L'huile de courge raffinée est obtenue par extraction à l'aide de solvants. A des températures élevées, les graines libèrent les lipides qui dissolvent dans le solvant. Le produit résultant est un extrait hexanique contenant plusieurs éléments indésirables pouvant altérer les propriétés organoleptiques de l'huile. Ainsi, l'huile subit plusieurs étapes de raffinage. La première étape consiste à éliminer les résidus solides, les stérols et les lécithines, responsables du goût amer. Ensuite, l'extrait est neutralisé à l'aide d'une base, décoloré à l'aide du charbon actif et désodorisé à des températures élevées. Ces étapes permettent d'éliminer les traces d'éléments indésirables tels que les métaux, les stérols, les hydroperoxydes et les pigments, ainsi que d'autres composés volatiles responsables de l'odeur caractéristique de l'huile de courge (Brededan et al. 2000). Le **Tableau 3** met en évidence les deux procédés d'extraction et compare les différentes techniques d'extraction en termes d'efficacité et de rendement (Fine et al. 2013). Cependant, malgré l'expansion de la production de courges dans notre pays, l'exploitation de ses graines reste moins développée que dans d'autres régions.

Tableau 3. Comparaison des procédés d'extraction.

Procédés d'extraction	Matière première	Technique d'extraction	Efficacité	Produits
Extraction par pression	Graines décortiquées subissant un traitement thermique de 90 à 100°C entraînant la rupture des structures cellulaires.	Presse hydraulique	Procédé démodé Faible rendement	Huiles dites « vierges » ou de « première pression à froid »
		Presse à vis	Rendement Jusqu'à 89 %	
Extraction par solvant	Graines broyées ou partiellement déshuilées.	Mode continu Mode discontinu, technique de filtration- extraction.	Très bon rendement Jusqu'à 97 %	Tourteau (Farine déshuilée) et miscella (Mélange huile/solvant)

Souvent utilisées comme collations ou pour l'alimentation du bétail, les graines de courge sont moins couramment transformées en huile, contrairement à des pays comme l'Autriche où cette huile est consommée quotidiennement (Fruhworth and Hermetter 2008).

1.3. Évolution des débouchés alimentaires

1.3.1. Composés majeurs

Face aux nombreuses exigences du secteur alimentaire, l'huile de graines de courge répond à de nombreuses exigences. Dans certains pays, elle est principalement utilisée comme huile de table pure ou mélangée, ainsi que dans l'industrie alimentaire pour la fabrication de margarines (Jafari, Goli, and Rahimmalek 2012; Rezig, Harzalli, et al. 2022).

Cette huile est une source naturelle de phytostérols et d'antioxydants telles que les tocophérols et les caroténoïdes (Ryan et al. 2007), mais aussi une source importante d'acide linoléique, un précurseur des $\omega 6$ (Andjelkovic et al. 2018). Elle peut être associée à d'autres huiles, comme l'huile de colza, qui est riche en acide α -linoléique, un précurseur des $\omega 3$, tout en offrant une bonne stabilité à la cuisson et en optimisant le ratio $\omega 6/\omega 3$ (Choe and Min 2006, 2007). Ainsi, la diversité des acides gras dans l'alimentation humaine, associée à des apports appropriés, est nécessaire pour la prévention des maladies cardiovasculaires (Delplanque 2000).

1.3.2. Composés mineurs

La richesse en composés mineurs tels que les phytostérols et les tocophérols de l'huile de courge apporte à l'huile de table ou à la margarine un intérêt nutritionnel supplémentaire (Ghedira and Goetz 2013).

a. Effets des tocophérols et phytostérols sur la santé humaine

Les tocophérols, également connus sous le nom de vitamine E, sont des compléments alimentaires synthétisés uniquement par les organismes photosynthétiques. Ils sont donc essentiels pour le bien-être humain. Plusieurs études physiologiques ont récemment exploré le rôle de la vitamine E dans le traitement du cancer et des maladies cardiovasculaires (Garg and Lee 2022; Jiang 2017). Selon les Instituts américains de la santé, l'apport alimentaire recommandé est de 15 mg de α -tocophérol naturel pour tous les adultes et de 19 mg pour les mères allaitantes. La carence en vitamine E est rare, mais elle peut survenir chez les bébés prématurés de faible poids à la naissance (Gomez-pomar et al. 2017).

Les tocophérols jouent également un rôle crucial dans la prévention de l'oxydation des acides gras polyinsaturés dans le réseau sanguin. Ils protègent les lipoprotéines de basse densité (LDL) de l'oxydation causée par les radicaux libres, réduisant ainsi le risque de développement de lésions artériosclérotiques (Azzi 2007; Niki and Noguchi 2004; Tucker and Townsend 2005).

Le γ -tocophérol, en particulier, agit comme un nucléophile, piégeant les mutagènes électrophiles dans des compartiments lipophiles. Cette action lui permet de protéger les lipides, l'ADN et les protéines des dommages induits par les peroxy-nitrites (Brigelius-Flohé and Traber 1999). La vitamine E est également reconnue pour ses propriétés anti-inflammatoires. Des études ont montré que des doses supplémentaires de 200 mg par jour chez les personnes âgées entraînaient une amélioration des réponses immunitaires (Rizvi et al. 2014).

Concernant les recherches sur les effets des phytostérols sur la santé, celles-ci se sont intensifiées ces dernières années, principalement en raison de leur capacité à réduire le cholestérol sanguin, un effet connu sous le nom d'hypocholestérolémie (Caili, Huan, and Quanhong 2006). De plus, il a été suggéré que les phytostérols peuvent inhiber la biosynthèse du cholestérol et, en particulier, le β -sitostérol qui peut interférer avec l'absorption du cholestérol micellaire (Field, Kam, and Mathur 1990). L'agence fédérale américaine des produits alimentaires et médicamenteux a officiellement reconnu que les produits contenant des phytostérols réduisent les risques de maladies cardiovasculaires lorsqu'ils sont associés à une alimentation faible en graisses saturées et en cholestérol (Helena and Tatu 2005).

Outre leur effet sur la réduction du taux de cholestérol, les phytostérols font l'objet d'études pour leur potentiel anticancéreux (Awad and Fink 2000; Blanco-vaca, Cedó, and Julve 2019; Shahzad et al. 2017), leur action immunomodulatrice (Angenberg et al. 2004) et leur propriété anti-inflammatoire (Hu et al. 2017; Prieto and Recio 2006). Cependant, l'autorité européenne de sécurité des aliments a établi une dose maximale journalière de 3 g de stérols et/ou stanols (European Parliament 2011), suite à des recherches montrant qu'une surconsommation de phytostérols entraînait une diminution de la teneur en α - et β -carotène dans le sang (Law 2000).

1.4. Valorisation des coproduits

La valorisation des coproduits de la courge présente un potentiel important pour enrichir divers produits alimentaires, tout en contribuant à la réduction des déchets et à la création de nouvelles opportunités commerciales. Selon une étude récente, la chair de courge représenterait

environ 79 % du poids total de ce légume, tandis que les filaments et la pelure constitueraient 15 %, et les graines 6 % (Yok et al. 2016). Le tourteau fait partie des sous-produits résultant du processus d'extraction de l'huile de courge et se distingue par sa teneur élevée en protéines (Sert, Rohm, and Struck 2022). Par ailleurs, les écorces de graines de courge sont souvent considérées comme des déchets lors du processus de décorticage, mais elles offrent également des possibilités intéressantes d'utilisation.

1.4.1. Tourteau des graines de courge

En raison de sa teneur élevée en protéines, le tourteau de graines de courge résiduel contient entre 45 et 60,24 g/100 g de protéines. De plus, il présente environ 13 g/100 g d'huile résiduelle ainsi qu'une quantité importante de minéraux tels que le potassium (1078,55 mg/100 g), le calcium (152,50 mg/100 g) et le phosphore (66,90 mg/100 g) (Hamed et al. 2008; Mohammed et al. 2021; Sert et al. 2022). Et en vue de l'augmentation de la demande mondiale en protéines végétales il est crucial d'identifier de nouvelles sources de protéines facilement exploitées. En raison de sa riche teneur en tryptophane, un précurseur de la sérotonine généralement présent à des niveaux faibles dans d'autres aliments, le tourteau de graines de courge présente un fort potentiel pour être intégré dans les systèmes alimentaires (Pereira et al. 2012). De plus, sa teneur élevée en lysine et en acides aminés soufrés suggère qu'il peut être incorporées dans la production des produits de boulangerie (El-Soukkary, 2000).

1.4.2. Écorces et pelure

a. Écorces

L'une des façons les plus courantes de réutiliser les résidus de courge est la farine, qui peut être obtenue à partir des écorces. En effet, ils renferment une concentration élevée en protéines, en fibres, ainsi qu'en acide ascorbique et en calcium (Lemus-Mondaca et al. 2019). Elles contiennent aussi 3,5 mg/g d'huile résiduelle, 5,49 mg/g de protéines et 284,29 mg/g de glucides (Massironi et al. 2023).

Une étude a exploré l'utilisation de cette farine dans la fabrication de pain, en remplaçant partiellement la farine de blé. Les résultats ont montré que l'incorporation de 2,5 % à 5 % de farine d'écorce de courge a permis d'augmenter la teneur totale en protéines du pain, ce qui constitue un avantage nutritionnel indéniable (Staichok et al. 2016). Ainsi, l'intégration de l'écorce de courge dans la production de farine offre une opportunité intéressante pour exploiter au mieux les nutriments présents dans ce déchet.

b. Pelure

La pelure de courge renferme une abondance de composés bioactifs, notamment des glucides et des minéraux, ainsi que des antioxydants tels que les tocophérols, les composés phénoliques et les caroténoïdes (Bahramsoltani et al. 2017; Kim et al. 2012). Cette richesse en nutriments encourage l'utilisation de la farine de pelure comme additif alimentaire, offrant ainsi une nouvelle alternative alimentaire bénéfique pour la santé et dotée de propriétés fonctionnelles (Staichok et al. 2016). De plus, cette farine peut être utilisée à des fins médicinales domestiques, contribuant ainsi à réduire le gaspillage alimentaire en valorisant la pelure des courges communément jetée.

1.5. Applications industrielles de la courge

Dans notre quotidien, nous consommons des aliments sous forme crue et transformée. Actuellement, la majorité de notre alimentation se compose d'aliments artificiels, souvent associés à divers effets secondaires. Face à ces préoccupations, les industriels et technologues alimentaires s'efforcent de développer des aliments fonctionnels. La courge, avec ses multiples bienfaits, trouve de nombreuses applications dans l'industrie alimentaire. Les diverses utilisations industrielles de la courge sont présentées dans le **Tableau 4**.

1.5.1. Application dans l'industrie de la viande

La viande d'origine animale est consommée dans de nombreux plats populaires tels que les boulettes de viande et les hamburgers. Cependant, ces produits présentent également certaines caractéristiques indésirables, notamment la présence de graisses contenant du mauvais cholestérol. L'élimination de ces graisses peut cependant entraîner une perte de texture et de saveur dans le plat (Aziz et al. 2023). Pour remédier à ces problèmes, des recherches ont été menées pour trouver des alternatives bénéfiques. Une étude a ainsi montré que l'ajout de graines de courge aux galettes de poulet améliorait leur texture tout en préservant leur teneur en lipides (Longato et al. 2017).

De manière similaire, substituer la viande rouge dans les galettes de bœuf par un mélange de graines de courge séchées et de farine s'est avéré une alternative prometteuse, améliorant même la rétention d'eau et préservant les qualités de cuisson (Öztürk and Turhan 2020). Ces substitutions offrent également des avantages nutritionnels. En utilisant des alternatives végétales comme la farine de graines de courge, les boulettes de viande deviennent plus riches en nutriments, tout en maintenant leur qualité sensorielle (Unal et al. 2022).

Tableau 4. Applications industrielles de la courge.

INDUSTRIE	PLAT	ADDITIF	FONCTION
Viande	Boulettes de viande	Poudre de graines de courge	Remplacement des graisses animales.
	Galettes de poulet	Graines de courge	Amélioration de la stabilité pendant le stockage.
	Bœuf	Poudre de graines et de chair de courge	Amélioration de la rétention d'eau.
Boulangerie	Pain	Poudre de chair de courge	Amélioration de la valeur nutritionnelle en minéraux, en fibres et en β -carotène.
	Gâteau	Huile de graines de courge	Amélioration de la digestion gastro-intestinale et réduction du taux de cholestérol.
	Biscuits	Poudre de graines de courge	Réduction du taux de glucose sanguin sérique. Prévenir la constipation, le diabète.
Jus	Jus d'ananas	Jus de chair de courge	Réduire la constipation.
	Mélange de jus de mangue et de fraises	Jus de chair de courge	Amélioration de la qualité sensorielle des produits.
	Smoothies	Pâte de chair de courge	Fournir des nutriments au corps humain.
Laitière	Lait végétal	Poudre de graines de courge	Agir en tant qu'aliment fonctionnel.
	Crème glacée	Chair de courge	Augmentation de la teneur en protéines. Amélioration du degré de satiété. Renforcement des caractéristiques sensorielles.
	Yaourt	Chair de courge	Amélioration des bienfaits pour la santé.

Cette approche reflète une tendance croissante vers des choix alimentaires plus sains et durables, répondant aux préoccupations contemporaines en matière de santé et d'environnement.

1.5.2. Application dans l'industrie de la boulangerie

La chair de courge offre une grande polyvalence culinaire, étant consommée sous différentes formes telles que crue, cuite à la vapeur ou intégrée dans des soupes. Par ailleurs, elle est largement utilisée dans l'industrie de la boulangerie, ajoutant une touche de saveur et de nutrition aux pains et à la pâtisserie. Pour diversifier ses options, la farine issue de la chair de courge est devenue un ingrédient phare, remplaçant parfois la farine traditionnelle (Malkanthi 2020; Wongsagonsup et al. 2015).

Les réactions des consommateurs face aux produits à base de courge ont été positives dans l'ensemble, démontrant une acceptabilité générale et une intention d'achat. Cette réception favorable souligne l'attrait croissant pour les alternatives alimentaires saines et l'intérêt accru pour les ingrédients naturels et nutritifs comme la courge dans l'industrie alimentaire (Čakarević et al. 2021; Hha and Professor 2018; Malkanthi HHA, Umadevi SH, and Jamuna KV 2018).

1.5.3. Application dans l'industrie des boissons

Pour répondre à la demande croissante de boissons fonctionnelles, des jus combinant différents fruits et légumes ont été récemment développés. Ces mélanges offrent une qualité supérieure ainsi que des propriétés nutritionnelles et phytochimiques meilleures, suscitant un intérêt croissant pour la recherche et la production de jus diversifiés.

Ainsi une étude a porté sur la production d'un jus enrichi en chair de courge, en vitamines, en antioxydants et en minéraux. Les résultats ont montré que l'ajout de jus de mangue et de fraise au jus de courge améliorerait considérablement sa qualité sensorielle (Adubofuor, Amoah, and Agyekum 2016; Eid et al. 2020; Kidoń and Uwineza 2022). Par ailleurs, ce jus a obtenu une meilleure acceptation auprès des enfants et des personnes âgées.

Ces recherches mettent en lumière la capacité de la courge à jouer un rôle important dans le domaine des jus fonctionnels et à répondre aux exigences croissantes des consommateurs en matière de boissons saines et savoureuses.

1.5.4. Application dans l'industrie laitière

Les scientifiques se sont penchés sur la modification des propriétés physicochimiques de différents produits laitiers tels que le lait, le yaourt et les glaces (Barakat and Y. Hassan 2017). A travers quelques études qui s'intéressent l'incorporation d'une quantité significative de chair de courge dans les glaces, les résultats ont montré une amélioration de la teneur en matières grasses et des propriétés texturales et d'émulsification dans ces crèmes glacées (Hassan and Barakat 2018).

Parallèlement, d'autres études ont exploré l'ajout de la poudre de graines de courge dans du lait végétal fermenté avec des cultures de Lactobacilles et de Bifidobactéries. Le but étant de développer des produits probiotiques sans produits laitiers. Les résultats ont révélé que l'enrichissement en poudre de graines de courge améliorerait considérablement les propriétés sensorielles et physicochimiques du lait végétal (Sn and Sr 2020). De plus, la durée de conservation de ce lait a été prolongée jusqu'à 9 jours lorsqu'il était conservé au réfrigérateur.

Ainsi, les résultats de ces nombreuses études ont donc montré une potentielle efficacité dans l'utilisation des coproduits de la courge dans l'industrie alimentaire (Soleimanian et al. 2022).

2. La courge, la plante et sa culture

2.1. La famille des cucurbitacées

Les cucurbitacées constituent un groupe important de cultures maraîchères largement répandues dans les pays subtropicaux et tropicaux, dont 90 % des espèces présentes dans trois principales régions : l'Afrique et Madagascar, l'Amérique centrale et du Sud, et l'Asie du Sud-Est (Shanthi Avinash, Ravishankar Rai, and Vittal Ravishankar Rai 2017). Cette famille compte environ 125 genres et 960 espèces (Mukherjee et al. 2022), parmi lesquels *Trichosanthes*, *Lagenaria*, *Luffa*, *Benincasa*, *Momordica*, *Cucumis*, *Citrullus*, *Cucurbita*, *Coccinia* et *Sechium* sont les espèces les plus courantes (Figure 3) (Saboo et al. 2013).

Ces plantes se présentent principalement sous la forme de vignes annuelles herbacées ou de lianes pérennes, souvent pourvues de vrilles, et peuvent être monoïques, dioïques ou parfois hermaphrodites (Yalew 2023). Traditionnellement, les membres de cette famille ont fait l'objet de plusieurs recherches en raison de leur richesse en protéines et de leurs diverses activités biologiques.

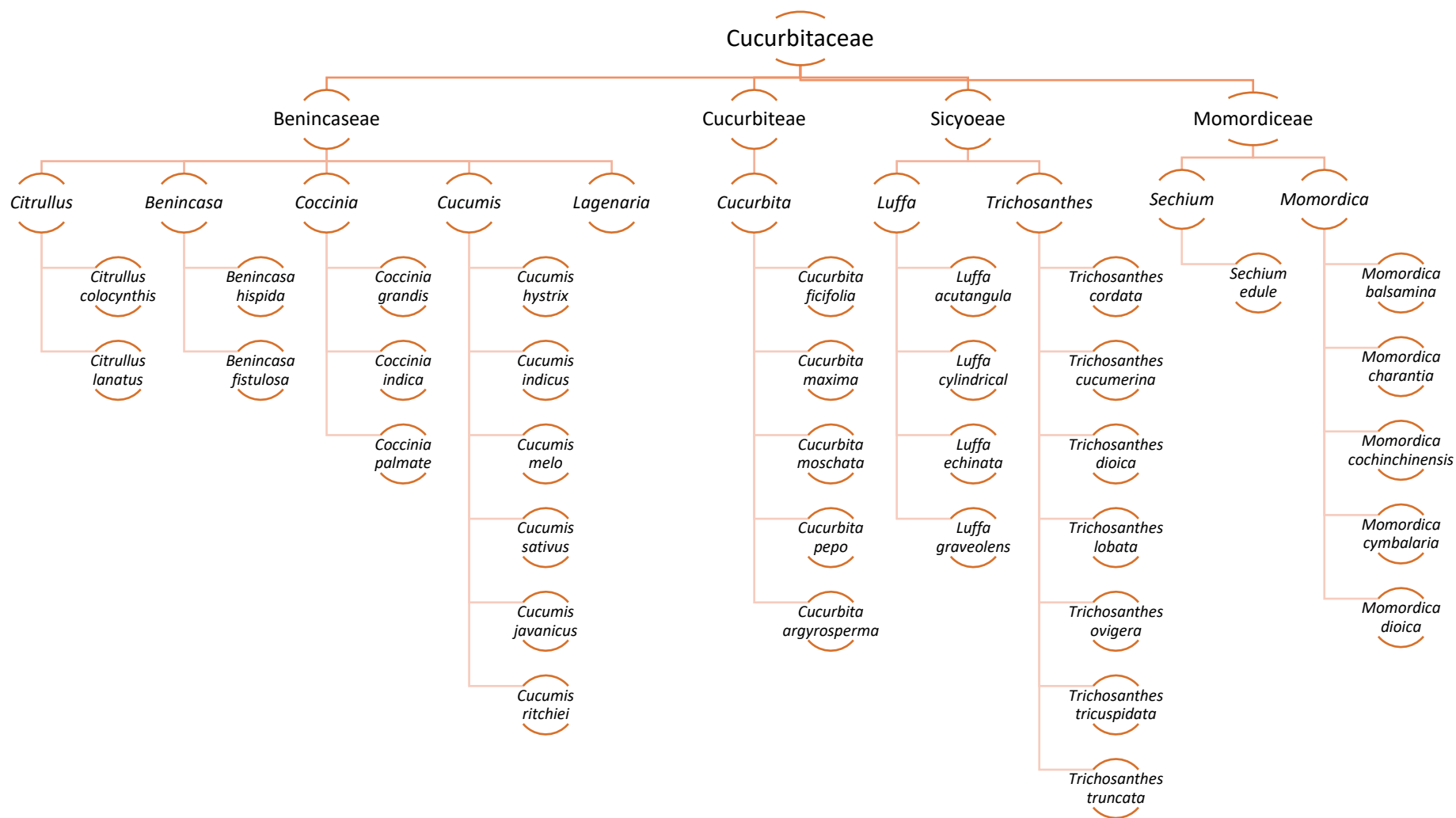


Figure 3. Classification des différentes espèces comestibles de la famille des cucurbitacées.

En effet, ils étaient largement utilisés comme remèdes traditionnels à base de plantes pour diverses affections.

Aujourd'hui, les plantes de la famille des cucurbitacées sont reconnues pour leurs activités antioxydantes (Mukherjee et al. 2022), anti-inflammatoires (Wahid, Alqahtani, and Alam Khan 2021), antitumorales (Soto-Hernández et al. 2015; Varela et al. 2022; Zieniuk and Pawełkiewicz 2023), antidiabétiques (Jia, Gaoz, and Tang 2003; Suwannapong, Talubmook, and Promprom 2023), cardiovasculaires (Rolnik and Olas 2022), immunorégulatrices (Dhiman et al. 2012; Geovana, Renally Pereira, and Harley 2022), antibactériennes (Muribeca et al. 2022), antivirales (Mukherjee et al. 2022; Perez Gutierrez 2016), antifongiques (Moumni et al. 2021) et anti-SIDA (Rajasree et al. 2016).

La composition chimique des cucurbitacées est constituée de nombreux composés phytochimiques, des composés non nutritifs naturellement présents dans les plantes (Rolnik and Olas 2020). Parmi ceux-ci, on retrouve les saponines, qui ont la capacité de coaguler les globules rouges, aidant ainsi à réduire les saignements. Les glycosides, généralement utilisés dans le traitement des maladies cardiaques (Nyam, Lau, and Tan 2013). Les triterpènes, les stérols et les alcaloïdes font partie des nombreuses substances bioactives présentes en concentrations élevées. La plupart des plantes de la famille des Cucurbitacées sont riches en caroténoïdes, des substances bioactives qui leur donnent leur couleur jaune-rouge caractéristique. Des caroténoïdes comme la lutéine et la zéaxanthine peuvent être trouvés dans les cucurbitacées (Yalew 2023). Elles renferment également d'autres composés bioactifs tels que les cucurbitacines (Dotto and Chacha 2020), les phytostérols (Lagarda, García-Llatas, and Farré 2006), les alcaloïdes (Abdelwahab et al. 2011), les tanins (Yalew 2023), les glucides et les résines, (Rajasree et al. 2016). En plus de leurs propriétés thérapeutiques, certains fruits de la famille des cucurbitacées présentent un potentiel d'application dans les industries cosmétiques (Ajuru and Nmom 2017).

Les principaux producteurs mondiaux des cucurbitacées sont la Chine, la Turquie, l'Inde et les États-Unis (Rolnik and Olas 2020). La Chine demeure le principal producteur mondial des cucurbitacées, exportant des fruits frais, des pastèques et des graines de courge (Maynard 2001). La culture de ces plantes à des fins alimentaires a débuté il y a plus de 3000 ans en Asie occidentale (Lebeda et al. 2006). Certains cultivars ont été développés à partir d'espèces indigènes, tandis que d'autres ont été importés d'Asie du Sud-Est. Au fil de l'histoire agricole récente, la production de ces cultures a connu une augmentation significative. Dans le Nouveau Monde, en Afrique, au Moyen-Orient, au Proche-Orient, en Asie et en Nouvelle-Guinée, 11

zones géographiques ont été reconnues comme les lieux d'origine de la culture des cucurbitacées (Nerson 2007).

2.2. Le genre *cucurbita*

Le genre botanique *Cucurbita*, appartenant à l'ordre des cucurbitales et au règne *Plantae*, englobe une diversité de plantes originaires de l'hémisphère occidental. Cette diversité génétique se manifeste à travers des variations morphologiques observables d'une variété à l'autre au sein d'une même espèce (Rajasree et al. 2016). Ces plantes herbacées, annuelles ou vivaces, présentent un port rampant ou grimpant, avec des tiges munies de vrilles, et parfois sous forme d'arbustes. Leur caractère unisexe, avec des fleurs portées parfois par la même plante (monoïques) et parfois par des plantes distinctes (dioïques), est une particularité notable (Mukherjee et al. 2022).

Les fruits du genre *Cucurbita*, appelés courges ou citrouilles, se déclinent en différentes formes et tailles, souvent caractérisés par une peau épaisse et côtelée. Leur couleur varie du vert au jaune, à l'orange ou au rouge, selon l'espèce et la variété. Parmi les espèces domestiquées les plus répandues figurent *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita argyrosperma* et *Cucurbita ficifolia* (Dotto and Chacha 2020), largement cultivées à travers le monde pour leur importance économique.

Sur le plan culinaire, ces fruits sont préparés et consommés de différentes manières selon les cultures. En Corée du sud, par exemple, la chair est utilisée pour préparer des soupes, des jus et divers plats tels que des gâteaux de riz, des friandises et des pains. Aux États-Unis et au Canada, les courges et citrouilles sont incontournables lors des célébrations d'Halloween et de Thanksgiving (Kim et al. 2012).

2.2.1. Préférences pédoclimatiques, semis et récolte

En général, les cucurbitacées sont cultivées dans un sol chaud, fertile et bien irrigué. Un sol trop froid peut entraîner la pourriture des jeunes plantules. Pour une production commerciale à grande échelle, un climat tropical ou subtropical est préférable. Le sol doit être bien aéré et éviter d'être trop humide au printemps. Il est important que le sol permette aux racines de pénétrer profondément et offre suffisamment d'espace pour le développement des plantes. Il est recommandé d'éviter les sols pauvres, lourds ou compacts, avec un pH optimal de 5,5 à 6,8. Pour démarrer la culture, les graines sont généralement semées directement en plein champ, en poquets de 3 à 5 graines, à partir du mois de mars à avril. Les besoins en eau de la culture sont

d'environ 300 mm, ce qui rend le système d'irrigation goutte-à-goutte le plus efficace pour fournir une irrigation adéquate et uniforme aux plantes (Khelfaoui 2002).

Les cultures de courge sont confrontées à plusieurs ennemis, parmi lesquels on compte la nuile, l'oïdium, l'araignée rouge, les pucerons, les thrips, les taupins et le vers gris. Il est recommandé de mettre en place des mesures préventives pour lutter contre ces ravageurs. Une vigilance particulière doit être portée aux virus, et tout plant infecté doit être rapidement éliminé du champ pour éviter la propagation de la maladie. De plus, les plantes de courge sont sensibles au gel et nécessitent une protection adéquate en cas de températures basses (Khelfaoui 2002).

Pour ce qui est de la récolte, il est optimal d'attendre que les fruits soient pleinement mûrs. Par la suite, ils doivent être entreposés dans un endroit bien ventilé, à une température de 10 à 12°C et à une humidité relative de 90 à 95%. Les potirons et les citrouilles peuvent ainsi être conservés à température ambiante pendant plus de 5 à 6 mois sans détérioration de la qualité (Khelfaoui 2002).

2.2.2. Espèces domestiquées

La famille des *Cucurbitaceae* compte environ 125 genres, dont le genre *Cucurbita*. Sa classification taxonomique est présentée dans le **Tableau 5**.

Tableau 5. Classification taxonomique du genre *Cucurbita*.

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitaceae
Genre	<i>Cucurbita</i>

a. *Cucurbita maxima*

- **Nom botanique :** *Cucurbita maxima* Duchesne
- **Noms communs :** Potiron
- **Description botanique :**

Cucurbita maxima est reconnaissable à son pédoncule cylindrique et spongieux, ainsi que par ses feuilles de forme orbiculaire, non pointues et peu lobées, avec un sinus profond à la base. Les tiges de cette espèce sont plus souples, plus arrondies et plus évasées (**Figure 4**). Sa

peau est généralement lisse avec de légères nervures, bien que la couleur des fruits puisse varier du orange ou jaune habituel à des teintes comme le vert foncé, le vert pâle, le jaune-orange, le blanc, le rouge et le gris (Kirtikar and Basu 2001). Les courges de cette espèce sont généralement plus grosse, pesant entre 8 et 10 Kg et parfois jusqu'à 20 Kg (Dubey 2012). Ses graines sont de forme ovale et peuvent être blanches, crèmes ou brunes. Leur tailles et leur poids augmentent avec la taille du fruit, variant entre 1,6 et 2,9 cm de longueur, 0,7 à 1,6 cm de largeur, 0,28 à 0,69 cm d'épaisseur, et 14 à 60 g en poids (Lu and Jeffrey 2011).

b. *Cucurbita pepo*

- **Nom botanique :** *Cucurbita pepo* L.
- **Noms communs :** Citrouille
- **Description botanique :**

C. pepo est un fruit doté d'une longue tige vigoureuse et rampante, s'accrochant à tout support par des vrilles ramifiées. Cette plante se distingue par son pédoncule anguleux et ses feuilles largement ovales-cordées à triangulaires-cordées (Figure 4) (Cuevas 1994; Demiras, Tabourel, and Foxonet n.d.). Les fruits présentent une grande variété de formes et de tailles, pouvant être lisses à fortement nervurés, ovales, cylindriques, aplatis, globulaires, dentelés ou fusiformes (Ratnam et al. 2017). Ils arborent également une diversité de couleurs, allant du blanc au jaune, en passant par le vert clair à foncé, le noir presque total, le crème et l'orange. De même, la chair des fruits se décline en différentes teintes et textures, allant du blanc au jaune ou à l'orange, avec une texture pouvant être molle et non amère à fibreuse et amère (Yadav et al. 2010). Ses graines sont ovales à elliptiques, légèrement aplaties et mesurent de 3 à 20 x 4 à 12 mm (Cuevas 1994).

c. *Cucurbita moschata*

- **Nom botanique :** *Cucurbita moschata* Duchesne
- **Noms communs :** Courge musquée
- **Description botanique :**

C. moschata présente une forme allongée caractéristique, souvent avec une extrémité élargie en forme de massue ou de bouteille, parfois sphérique, plus aplatie ou côtelée, mesurant de 15 à 60 cm de diamètre et pouvant atteindre un poids maximal de 45 Kg (Figure 4) (Ulloa Ulloa et al. 2017). Sa couleur varie généralement du vert sombre à l'orangé ou au crème. Elle se distingue par ses feuilles souples, qui peuvent avoir une forme circulaire, en forme de rein, en forme de cœur ou triangulaire, ainsi que par ses tiges légèrement anguleuses et son pédoncule

très court, à base pentagonale (Demiras et al. n.d.). Sa chair du fruit varie du jaune à l'orange, passant par le vert pâle ou le blanc, et est très sucrée, molle et généralement peu fibreuse. Le centre creux renferme des fibres lâches et pulpeuses (Marie-Magdeleine, Mahieu, and Archimède 2011). Ses graines sont aplaties, ovales, de couleur gris-brun à coque mince, fortement marquées et ondulées, et une texture rugueuse (Marie-Magdeleine et al. 2011).

d. *Cucurbita argyrosperma*

- **Nom botanique :** *Cucurbita argyrosperma* Huber
- **Noms communs :** Courge du Mexique
- **Description botanique :**

C. argyrosperma est caractérisée par des tiges longues et robustes. Ses fruits ont une couleur verte ou blanche, une surface lisse et une forme piriforme avec une extrémité plus étroite (**Figure 4**). La pilosité de la plante peut varier de légèrement velue à hirsute. La chair, ferme en texture, peut-être de couleur blanchâtre, jaune ou verdâtre. Les feuilles sont grandes, ovales et cordées, avec un limbe tacheté de blanc, légèrement trilobé et des lobes elliptiques ou triangulaires.

e. *Cucurbita ficifolia*

- **Nom botanique :** *Cucurbita ficifolia* Bouché
- **Noms communs :** Courge de Siam
- **Description botanique :**

C. ficifolia se distingue par sa chair douce et filandreuse. Le fruit présente une forme globuleuse à ovoïde-elliptique. À pleine maturité, il arbore une couleur verte agrémentée de taches claires rappelant l'aspect de la pastèque (**Figure 4**) et mesure environ 18 cm de diamètre, 22 cm de longueur, pour un poids d'environ 3,2 Kg (Xavier 2009). Sa chair est de teinte blanchâtre et sucrée. Ses graines sont ovales-elliptiques, aplaties, mesurant de 15 à 25 x 7 à 12 mm, et peuvent être de couleur brun foncé à noir.

Le **Tableau 6** regroupe les principaux caractères morphologiques qui rentrent dans l'identification des espèces domestiquées de *Cucurbita* (Lira 1995).



Figure 4. Illustration des cinq espèces domestiquées du genre *Cucurbita*.

2.2.3. Composition chimique

Les fruits du genre *Cucurbita* gagnent en popularité dans divers domaines tels que l'agriculture, la médecine et l'industrie alimentaire en raison de leurs bienfaits nutritifs et de leurs propriétés bénéfiques pour la santé. Parmi les parties les plus consommées du fruit, on retrouve principalement la chair et les graines de courge, reconnues pour leur richesse en métabolites secondaires, en nutriments et en minéraux.

Tableau 6. Caractères morphologiques distinctifs des espèces de *Cucurbita* domestiquées.

Espèce	<i>C. argyrosperma</i>	<i>C. ficifolia</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. moschata</i>	<i>C. pepo</i>
Tiges	Longues, rigides, anguleuses et profondément sillonnées.	Rigides, anguleuses et légèrement sillonnées.	Souples, arrondies ou légèrement anguleuses et plus évasées.	Rigides, légèrement anguleuses et peu sillonnées.	Rigides, anguleuses et profondément sillonnées.
Feuilles	Ovales et profondément lobées.	Modérément lobées, arrondies.	Peu lobées, non pointues.	Circulaires avec des lobes arrondis.	Profondément lobées. Le lobe terminal arrondi ou aigu.
Pédoncule	Rigide, lisse, fréquemment très épaissi, devenant cylindrique.	Rigide, anguleux avec des côtes obtuses, modérément élargi.	Spongieux, cylindrique et non anguleux.	Rigide, anguleux et très court, à base pentagonale.	Rigide, anguleux, avec des côtes aiguës, élargie là où il rejoint le fruit.
Couleur des graines	Souvent blanc, parfois brun clair ; les marges peuvent être légèrement plus foncées ou de couleur jaune à dorée. Elles ne sont généralement pas fibreuses mais peuvent être légèrement teintées de vert, gris ou bleu.	Noir ou brun foncé ; les marges de la même couleur que le centre de la graine, parfois plus claires.	Blanc, crème ou brun ; les marges habituellement d'une couleur différente du centre de la graine.	Gris brun ; les marges sont généralement d'une couleur différente, généralement jaune à doré et fibrilleuses ou ciliées.	Blanc terne à brun ; les marges de la même couleur que le centre de la graine.

a. Composition nutritionnelle

L'insuffisance de l'apport en protéines animales pour répondre aux besoins croissants de la population dans de nombreux pays en développement a conduit à une recherche contemporaine axée sur l'étude des propriétés alimentaires et l'utilisation potentielle des protéines provenant de cultures alimentaires disponibles localement, notamment des graines oléagineuses riches en protéines mais aussi des coproduits relativement négligées ou sous-utilisées (Devi, Prasad, and Sagarika 2018).

Tableau 7. Composition nutritionnelle des différentes parties de la courge.

Composition nutritionnelle (g/Kg)	Chair	Pelure	Feuilles	Graines	Ecorces
Glucides	8 – 133	44 – 207	35 – 76	5 – 140	-
Protéines	2 – 13	8 – 24	12 – 16	12 – 46	5
Lipides	0,2 – 4,2	2 – 9	1 – 6	4 – 65	3
Fibres	1 – 11	10 – 34	7 – 11	4 – 161	-
Cendres	3 – 10	4 – 14	4 – 13	3 – 55	9
Humidité	7 – 17	6 – 10	1	5 – 8	3

Dans ce contexte, la composition nutritionnelle des *Cucurbita*, qui se réfère à la répartition des différents composants nutritionnels présents dans les différentes parties de la courge, revêt une importance particulière. Cela inclut généralement les macronutriments tels que les protéines, les lipides, les glucides, ainsi que les micronutriments tels que les vitamines et les minéraux.

Une répartition équilibrée des macronutriments est recommandée, avec environ 11 % à 15 % de protéines (Indrianingsih et al. 2019; Lemus-Mondaca et al. 2019; Oyeleke et al. 2019), 30 % à 35 % de lipides (Amin et al. 2019; Hashash Maher et al. 2017; Hussain, Kausar, Sehar, Sarwar, Ashraf, et al. 2022) et 50 % à 55 % de glucides (Massironi et al. 2023; Norfezah, Hardacre, and Brennan 2011; Oyeleke et al. 2019). Cette répartition des macronutriments vise à assurer un apport adéquat en micronutriments au quotidien. Le **Tableau 7** regroupe les teneurs en glucides, protéines, lipides, fibres, cendres et en humidité de la chair, de la pelure, des feuilles, des graines et des écorces des *Cucurbita*.

┌ **Protéines :**

Les protéines font partie des principaux composants de notre alimentation, aux côtés des glucides, des lipides, des vitamines, des minéraux, et de l'eau. Elles sont essentielles au bon fonctionnement de nos organes, étant constituées d'une séquence d'acides aminés. Les protéines, présentes sous différentes formes, jouent un rôle crucial dans la maintenance et le renouvellement des tissus, ainsi que dans de nombreuses fonctions cellulaires, telles que la construction, le fonctionnement et la défense (Oyarekua 2014).

Les protéines d'origine végétale sont facilement assimilées par l'organisme et offrent une excellente qualité nutritionnelle. Bien que la plupart des protéines végétales ne contiennent pas tous les acides aminés essentiels dans leur séquence, une alimentation variée en protéines végétales permet de combler ces lacunes et de fournir une source de protéines complète et équilibrée. Les graines de courge (0,2 – 397,0 g/Kg), tout comme la chair (0,1 – 127,7 g/Kg) et la pelure (0,1 – 239,07 g/Kg), constituent une importante source de protéines, contribuant ainsi à une alimentation équilibrée et nutritive.

┌ **Glucides :**

Les glucides jouent un rôle important dans les activités physiologiques des plantes en leur fournissant de l'énergie, principalement sous forme de glucose et de glycogène. Chez les humains, les glucides sont une source majeure de calories nécessaires à l'alimentation, favorisant l'utilisation des graisses tout en préservant les protéines. Ils fournissent une énergie rapidement disponible pour le corps et se retrouvent dans de nombreux aliments, notamment dans les graines de courge, qui sont une source significative de glucides (98,3 – 637,0 g/Kg). De même, la chair de courge est riche en glucides (26,2 – 786,4 g/Kg), ce qui lui confère ce goût sucré. Les pelures et les feuilles contiennent également une quantité importante, 43,8 – 750,1 g/Kg et 350,0 – 758,6 g/Kg, respectivement. Ainsi, les glucides sont importants pour maintenir un taux de sucre stable dans le sang et dans le bon fonctionnement du système digestif (Ahsan et al. 2015).

┌ **Fibres :**

Les fibres alimentaires englobent une gamme de composés divergents qui affectent différemment de nombreux processus importants du corps, tant au niveau gastro-intestinal que systémique (Brownlee 2011). Certaines fibres ralentissent la digestion, ce qui peut nous faire nous sentir rassasiés plus longtemps. Elles sont également importantes pour les bonnes bactéries

présentes dans le gros intestin, ce qui maintient le système digestif en bonne santé. Les fibres présentes dans les graines (0,5 – 315,0 g/Kg) et les pelures (50,1 – 296,0 g/Kg) de courge peuvent prévenir la constipation, réduire la glycémie et le taux de cholestérol, prolonger le temps de transit intestinal et procurer une sensation de satiété (Nyam et al. 2013), (Miketinas et al. 2019; Sawicki et al. 2017). Ainsi, une portion de 28 grammes de graines contiendra environ 1,8 gramme de fibres, qui représente 6 % de la valeur quotidienne recommandée (Miketinas et al. 2019; Sawicki et al. 2017; U.S. Department of Agriculture 2019). La chair fraîche de l'espèce *Cucurbita maxima* est également riche en fibres (1 – 115 g/Kg).

b. Composition en acides aminés

Les acides aminés jouent un rôle crucial dans la construction des protéines. Chacun de ces acides aminés se compose d'un groupe amine (NH₂), d'un groupe carboxyle (COOH), d'un atome d'hydrogène (H) et d'un groupe radical variable, connu sous le nom de groupe R. Parmi les vingt acides aminés standards, chacun possède un groupe R- unique qui détermine ses propriétés chimiques ainsi que son rôle dans la structure et la fonction des protéines. Il est donc essentiel de fournir au corps humain un apport alimentaire adéquat en acides aminés essentiels pour maintenir ses fonctions physiologiques (Dotto and Chacha 2020).

Les différentes parties de la courge, quant à elles, fournissent les huit acides aminés essentiels, à savoir l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine et la valine, ainsi que neuf acides aminés non essentiels (Glew et al. 2006). Le **Tableau 8** présente la composition en acides aminés des différentes parties de la courge. Globalement, on observe une prédominance de l'acide glutamique, un acide aminé non essentiel, dans la chair (8,54 mg/g), les graines (44,79 mg/g) et les feuilles (22,69 mg/g). En revanche, la pelure présente une concentration plus élevée en lysine (15,74 mg/g), un acide aminé essentiel. D'autres acides aminés essentiels, comme la leucine, sont également présents en quantité notable dans les autres parties de la courge, notamment les feuilles à 15,26 mg/g et les graines à 14,78. On constate que la valine est l'acide aminé essentiel le plus abondant dans la chair, avec une concentration de 5,44 mg/g (Jahan et al. 2023).

Les acides aminés agissent comme des intermédiaires dans le processus métabolique et sont essentiels aux fonctions physiologiques du corps humain. En effet, l'histidine, qui n'est pas synthétisée dans notre organisme, est essentielle pour la croissance et la réparation des cellules endommagées. Des études récentes ont mis en évidence que la structure des globulines de protéines de graines de courge est similaire à celle des graines des légumineuses, soulignant

ainsi une similitude nutritionnelle importante. Cette ressemblance pourrait permettre d'approuver la protéine de graines de courge comme ingrédient fiable dans la création de recettes alimentaires nutritives, contribuant ainsi à atténuer les effets néfastes de la malnutrition protéique dans les communautés vulnérables (Rezig et al. 2013; Yang et al. 2019).

Tableau 8. Composition en acides aminés des différentes parties de la courge.

Acides aminés (mg/g)	Chair	Pelure	Feuilles	Graines
Essentiel				
Histidine	2,53	5,65	6,43	7,96
Isoleucine	1,81	3,62	7,66	6,79
Leucine	3,66	6,99	15,26	14,78
Lysine	3,77	15,74	13,68	11,16
Méthionine	0,55	2,88	4,52	2,13
Phénylalanine	2,32	4,64	11,54	12,04
Thréonine	1,86	3,44	7,11	5,86
Valine	5,44	7,16	11,71	10,38
Non-essentielle				
Alanine	4,74	6,39	14,49	10,64
Arginine	2,94	4,65	10,26	30,87
Cystéine	1,16	1,77	1,83	1,54
Acide aspartique	4,79	8,49	17,77	21,81
Acide glutamique	8,54	11,48	22,69	44,79
Sérine	2,58	4,73	7,74	11,69
Proline	2,29	3,64	7,48	8,80
Tyrosine	1,87	3,95	9,44	16,50
Glycine	2,70	4,85	9,53	19,64

c. Composition minérale

Les minéraux sont des éléments inorganiques nécessaires au bon fonctionnement du corps humain, participant à de nombreux processus physiologiques cruciaux. Les fruits et les feuilles du genre *Cucurbita* regorgent de sels minéraux, ce qui en fait une source importante de ces nutriments. Les graines de courge, en particulier, se distinguent par leur teneur élevée en minéraux, comme le témoigne leur teneur élevée en cendres (2,9 – 55,0 g/Kg) (Aliyu et al.

2012), ce qui les positionne comme des alliées précieuses dans la prévention de maladies telles que l'arthrite, l'inflammation et le cancer de la prostate (Yadav et al. 2010). Le **Tableau 9** présente les différentes concentrations en minéraux présentes dans les parties de la courge.

「 Fer :

Le fer est présent en quantités importantes dans la chair et les graines de courge, avec des concentrations qui varient entre 0,2 et 42,1 mg/100g et 0,1 et 12,4 mg/100g, respectivement. Il joue un rôle essentiel dans divers processus biologiques, étant un composant crucial de l'hémoglobine, de la myoglobine, des enzymes et des cytochromes. Il est indispensable pour le transport de l'oxygène dans l'organisme et la respiration cellulaire, contribuant ainsi à une croissance optimale et à des fonctions cognitives saines (Bailey, West, and Black 2015). La carence en fer est particulièrement préoccupante, étant la principale cause d'anémie nutritionnelle chez les nourrissons et largement répandue chez les femmes enceintes (Bamuwanye, Ogwok, and Tumuhairwe 2015). Cette carence est associée à une santé altérée, une immunité affaiblie et des retards dans le développement mental et moteur (Dijkhuizen et al. 2001). Ainsi, les graines de courge peuvent constituer une source importante de fer, fournissant l'apport nutritionnel recommandé nécessaire pour répondre aux besoins quotidiens, notamment 8 mg/jour pour les hommes et les femmes de plus de 50 ans, 18 mg/jour pour les filles et les femmes âgées d'environ 11 à 50 ans et 20 à 50 mg/jour pour les femmes enceintes (Karanja et al. 2016).

「 Zinc :

Le zinc joue un rôle critique dans le métabolisme des protéines et des glucides. Il est essentiel pour la croissance, la cicatrisation, l'immunité cellulaire et le fonctionnement hormonal, ainsi que pour la mobilisation de la vitamine A à partir de ses sites de stockage dans le foie (Aliyu et al. 2012). Les carences en fer et en zinc sont les carences en micronutriments les plus courantes dans le monde, touchant plus de 30 % de la population mondiale (Bailey et al. 2015). Les personnes âgées sont particulièrement touchées par un déficit en zinc, qui peut entraîner une baisse de l'immunité, une perte du goût, des troubles de la vision nocturne et un retard de cicatrisation. Chez l'enfant, une carence sévère en zinc peut provoquer des problèmes cutanés et un retard de croissance. De plus, chez la femme enceinte, le déficit en zinc peut perturber le déroulement de la grossesse (Reymond 1993). Ainsi, il est souvent recommandé de prescrire une supplémentation en zinc de 20 à 40 mg/jour (Mori et al. 2012). Dans ce sens, les

graines de courges peuvent être considérées comme des alliés de la santé en vue de leur concentration en zinc, variant de 5,2 à 18,8 mg/100g.

┌ **Calcium :**

Le calcium aide à soulager l'insomnie, à réguler le passage des nutriments à travers les parois cellulaires, à assurer la contraction correcte des muscles et la coagulation du sang. Il joue aussi un rôle majeur dans la constitution du squelette (Achilonu et al. 2018). Le capital osseux est déterminé essentiellement par l'apport calcique dès les premiers mois de la vie jusqu'à l'âge de 30 ans. Un bon capital osseux établi lors de cette période diminue les risques d'ostéoporose chez les personnes âgées. Par conséquent, l'apport en calcium doit donc être particulièrement surveillé chez les enfants, les adolescents et les personnes âgées. Chez la femme enceinte, un régime riche en calcium est nécessaire pour assurer une bonne croissance du fœtus (Reymond 1993). En effet, une carence en calcium amène le corps à puiser automatiquement du calcium dans les os, ce qui les rend faibles et fragiles, susceptibles de se casser facilement. Dans ce contexte, la courge se révèle être riche en calcium, avec une teneur variant de 0,8 à 21 mg/100g dans sa chair et 4 et 31 mg/100g dans ses graines.

┌ **Phosphore :**

Une grande proportion du phosphore est présent dans le squelette, mais il joue également un rôle essentiel dans les phénomènes énergétiques cellulaires. Il agit comme tampons, stabilisant l'acidité des fluides corporels (Achilonu et al. 2018). De plus, le phosphore intervient dans de nombreux systèmes enzymatiques. On le trouve en quantité notable dans la plupart des aliments tels que les produits laitiers, les légumes, les fruits et légumes secs, le chocolat, et les viandes. Notamment, la pelure de la courge en contient une concentration élevée, soit 687 mg/100g (Ratnam et al. 2017). Aussi, la chair et les graines présentent des quantités notables, variant de 1 à 44 mg/100g et de 1 à 48 mg/100g, respectivement (Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019a). Ainsi, l'apport total du phosphore dépasse souvent les apports quotidiens recommandés.

┌ **Magnésium :**

Le magnésium agit comme un catalyseur dans les échanges ioniques, les réactions d'oxydo-réduction et la conversion de la vitamine D en sa forme active. Il intervient ainsi dans toutes les chaînes métaboliques, ce qui en fait l'un des minéraux les plus utilisés en thérapeutique humaine. Lorsqu'il y a un déficit d'apport en magnésium, les systèmes de

régulation et de compensation ne permettent pas une adaptation suffisante, pouvant entraîner des contractions musculaires incontrôlables et des convulsions (Achilonu et al. 2018). Un déficit chronique en magnésium est donc généralement mal toléré. Le corps d'un adulte contient environ 25 g de magnésium, mais plus de 10 à 20 % de la population présente un déficit magnésique (Reymond 1993). La courge offre des quantités intéressantes de ce minéral. En effet, la teneur de sa chair varie de 5,6 à 32,6 mg/100g, celle de ses graines de 4,3 à 60,4 mg/100g, et ses feuilles sont particulièrement riches en magnésium avec plus de 67,1 mg/100g.

▮ Le cuivre :

Le cuivre est un cofacteur essentiel pour les enzymes d'oxydation, jouant un rôle crucial dans le métabolisme oxydatif du glucose et le fonctionnement du système nerveux. Des sources alimentaires importantes de cuivre incluent le foie, les légumes secs, ainsi que les fruits et légumes. La chair de la courge contient des quantités notables de cuivre, variant de 0,1 à 2,5 (Batool et al. 2022; Hashash Maher et al. 2017; Singh and Kumar 2022) mg/100g, tandis que les graines en contiennent de 0,3 à 0,9 mg/100g (Amin et al. 2019; Hussain, Kausar, Din, et al. 2021; Okon et al. 2014).

Tableau 9. Composition en minéraux des différentes parties de la courge.

Composition minérales (mg/100g)	Chair	Pelure	Feuilles	Graines
K	340 – 1616	378 – 687	421 – 999	138 – 435
P	1 – 44	687	85	1 – 48
Fe	0,2 – 42,1	0,2 – 4,0	0,4	0,1 – 12,4
Na	3,7 – 20,8	9,0 – 33,9	34,0	1,3 – 10,5
Ca	0,8 – 21,0	1,4 – 6,9	19,4	4 – 31
Mg	5,6 – 32,6	3,3	67,1	4,3 – 60,4
Cu	0,1 – 2,5	0,0 – 0,6	-	0,3 – 0,9
Zn	0,2 – 1,3	0,1 – 1,3	-	5,2 – 18,8
Mn	0,4 – 1,2	0,4 – 0,9	-	0,6 – 1,3

Bien que l'apport recommandé en cuivre ne soit pas précisément quantifié par les différents auteurs, les carences en cuivre sont très rares chez l'homme (Reymond 1993). Néanmoins, il convient de noter que la diversité de la composition nutritionnelle varie en fonction de plusieurs facteurs, tels que l'origine géographique, les conditions de culture, les

différentes espèces et variétés, ainsi que d'autres paramètres influençant la nature de chaque nutriment.

d. Composition lipidique

L'huile de graines de courge est considérée comme faisant partie des huiles à haute valeur nutritive en raison de sa richesse en acides gras insaturés et en composants mineurs bénéfiques pour la santé humaine (Ahsan et al. 2015; Singh and Kumar 2023). En plus de ses propriétés nutritives et pharmacologiques positives, cette huile se distingue par ses caractéristiques sensorielles uniques, notamment sa couleur, son odeur, son goût et son arôme. Sa couleur varie généralement du jaune clair au brun foncé, tandis que son odeur typique évoque celle des graines de courge (Lisa, Kabir, and Khan 2022; Stevenson et al. 2007). A 30 °C, la densité de cette huile varie entre 0,903 et 0,918 g/ml. Elle possède un indice de réfraction qui varie entre 1,463 et 1,472 et une viscosité qui varie entre 35 et 72 cSt (Bariwere Samuel 2017). De plus, l'huile de graines de courge présente un indice d'iode élevé (> 100g de KOH/100 g), ce qui témoigne de sa teneur élevée en acides gras insaturés (Tableau 10) (Bariwere Samuel 2017).

Tableau 10. Propriétés physico-chimiques de l'huile des graines de courge.

Paramètres	Teneur
Densité (g/ml)	0,903 – 0,918
Indice de réfraction	1,463 – 1,472
Viscosité (cSt)	35 – 72
Indice d'acide (mg KOH/g)	0,5 – 1,9
Indice de peroxyde (mEq O ₂ /Kg)	1,2 – 4,6
Indice d'iode (g I ₂ /100g)	105,3 – 155,2
Indice de saponification (mg KOH/g)	174 – 219,1
Indice d'ester (mg KOH/g)	177,6 – 222,6
E ₂₃₂	3,17 – 6,32
E ₂₇₀	3,51 – 3,93
Chlorophylle (mg/Kg)	2,5 – 8,5

Une huile oléagineuse est principalement composée de triglycérides (TAG), représentant entre 95 et 99 % de sa composition lipidique, ainsi que de 3 à 5 % de glycérol. Les autres constituants, qualifiés de "mineurs" en raison de leur faible proportion (1 à 5 %) incluent des lipides polaires tels que les phospholipides, des alcools aliphatiques tels que les cires et les

hydrocarbures ainsi que des alcools terpéniques comme les phytostérols, les tocophérols et les carotènes. De plus, on peut également trouver d'autres éléments indésirables ou contaminants à l'état de trace (**Figure 5**) (Morin and Pagès-Xatart-Parès 2012).

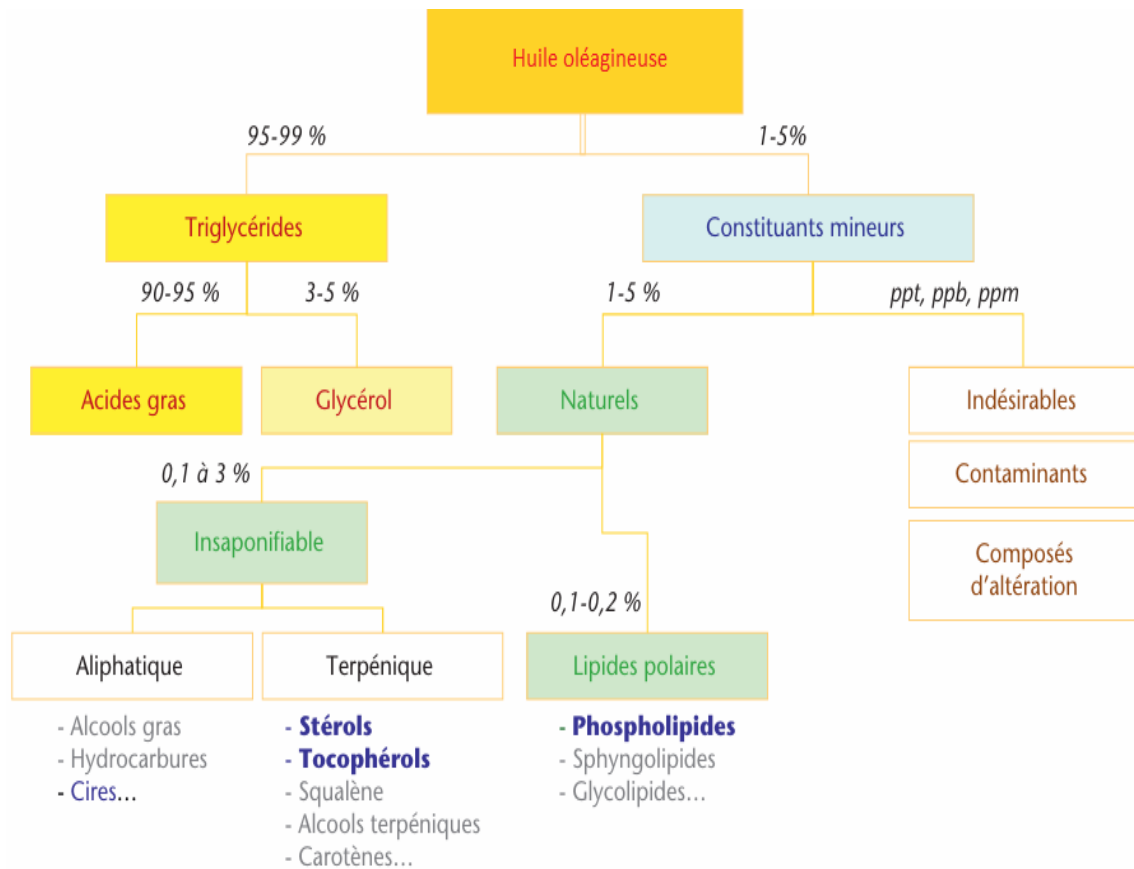


Figure 5. Composition d'une huile et importance des principales classes de composés.

Les TAG sont formés d'un glycérol estérifié par trois acides gras (**Figure 6**). Ils se retrouvent généralement dans tous les tissus en tant que constituants des membranes, mais s'accumulent principalement dans les tissus de stockage des graines oléagineuses. Chimiquement inertes et non toxiques, les TAG offrent un potentiel énergétique élevé pour les cellules et constituent ainsi une réserve précieuse pour la germination des graines.

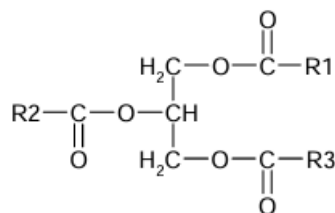


Figure 6. Structure d'un triglycéride d'acides gras.

(R₁, R₂, R₃ désignent les chaînes carbonées d'acides gras)

┆ Fraction saponifiable

Acides gras

Les acides gras sont des molécules caractérisées par une chaîne aliphatique portant une fonction acide carboxylique à l'une de ses extrémités. Dans les huiles végétales, ces chaînes aliphatiques comprennent généralement un nombre pair de carbones, allant de 6 à 24 atomes et peuvent inclure une ou plusieurs insaturations, souvent en position cis aux carbones 6, 9, 12 ou 15 par rapport à la fonction carboxylique.

Les acides gras sont classés en trois groupes : les acides gras saturés (AGS), les acides gras mono-insaturés (AGMI) et les acides gras polyinsaturés (AGPI). Les AGS possèdent des chaînes hydrocarbonées, principalement de 16 (acide palmitique) ou 18 atomes de carbone (acide stéarique). Les AGMI ont une seule double liaison dans leur chaîne hydrocarbonée, le principal représentant étant l'acide oléique (C18:1, n-9 ou ω 9). Les AGPI, quant à eux, comportent plusieurs doubles liaisons, les deux principaux étant l'acide linoléique (C18:2, n-6 ou ω 6) et l'acide α -linoléique (C18:3, n-3 ou ω 3).

Les acides gras ω 3 jouent un rôle central dans des membranes cellulaires et interviennent dans de nombreux processus biochimiques de l'organisme, tels que la régulation de la tension artérielle, l'élasticité des vaisseaux, les réactions immunitaires et anti-inflammatoires, ainsi que l'agrégation des plaquettes sanguines. En revanche, les ω 6 sont essentiels pour le bon fonctionnement du système nerveux, l'équilibre cardiovasculaire, l'immunité, la guérison des blessures et les réactions allergiques et inflammatoires. Contrairement aux ω 3, les ω 6 sont largement présents dans l'alimentation moderne. Le rapport ω 6/ ω 3 des huiles varie en fonction de leur composition en acides linoléique et α -linoléique. Sur la base des recommandations nutritionnelles actuelles, l'optimum de ce ratio est d'environ 5 (Xavier 2008).

L'huile extraite à partir de graines de courge est principalement composée d'acides gras polyinsaturés, notamment l'acide linoléique (26,2 – 81,2 %), d'acides gras mono-insaturés dont l'acide oléique (9,0 – 47,3 %) et d'acides gras saturés dont l'acide palmitique (9,6 – 20,8 %) et l'acide stéarique (3,1 – 8,1 %) (Akin et al. 2018; Akwap 2019; Boujema, El Bernoussi, Lakhlifi El idrissi, et al. 2024; Goncharov et al. 2022; Prommaban et al. 2021; Rezig, Martine, et al. 2022; Türkmen et al. 2017). Le **Tableau 11** présente la composition en acides gras de l'huile des graines de courge.

Tableau 11. Composition chimique en acides gras de l'huile de courge.

Composition en acides gras (%)	Teneur
Acide myristique (C14 :0)	0,1 – 0,3
Acide palmitique (C16 :0)	9,6 – 20,8
Acide palmitoléique (C16 :1)	0,1 – 0,3
Acide stéarique (C18 :0)	3,1 – 8,1
Acide oléique (C18 :1)	9,0 – 47,3
Acide linoléique (C18 :2)	26,2 – 81,2
Acide linoléique (C18 :3)	0,1 – 0,3
Acide arachidique (C20 :0)	0,4 – 0,5
Acide gondoïque (C20 :1)	0,1 – 0,2
Acide béhénique (C22 :0)	0,1 – 0,2

La composition chimique en acide gras varie d'une huile à l'autre. En effet, certaines huiles sont riches en ω_6 , comme l'huile de pépins de pastèque (67,4 %), l'huile de tournesol (59,0 %) et l'huile de noix (57,8 %). En revanche, d'autres huiles sont plus riches en acides gras mono-insaturés, telles que l'huile d'olive (80,3 %), l'huile d'avocat (71,5 %), l'huile d'amande douce (68,2 %), l'huile de noix de cajou (61,8 %), l'huile de cacahuète (57,0 %), l'huile de colza (53,9 %), l'huile de dattier (52,6 %), l'huile d'argan (49,1 %), l'huile de sésame (41,7 %) et l'huile de palmier nain (37 %). Quant à l'huile de lin, celle-ci est riche en ω_3 (**Tableau 12**). Les huiles végétales peuvent ainsi être classées en fonction de la nature de leurs acides gras majoritaires (ou spécifiques) : huiles oléiques, linoléiques ou linoléiques.

┌ **Fraction insaponifiable :**

La fraction insaponifiable d'un corps gras donné comprend l'ensemble de ses constituants mineurs qui, après une hydrolyse basique (saponification), restent hydrophobes et solubles dans les solvants apolaires (Ayerdi Gotor 2008). La **figure 7** présente la réaction de saponification d'un corps gras.

Tableau 12. Composition chimique en acides gras de différentes huiles végétales.

Huile végétale	Acides gras saturés		Acides gras insaturés			Références
	C16 :0	C18 :0	C18 :1 (ω 9)	C18 :2 (ω 6)	C18 :3 (ω 3)	
Amande douce	7,1	2,5	68,2	21,2	0,01	(El Bernoussi et al. 2020, 2024)
Argan	14,9	6,8	49,1	35,4	-	(El Idrissi et al. 2022)
Avocat	22,4	0,8	71,5	19,8	1,5	(Nasri et al. 2023)
Cacahuète	12,0	4,4	57,0	42,9	0,1	(Lakhlifi et al. 2022)
Colza	6,0	2,2	53,9	25,0	9,0	(Beyzi et al. 2019)
Dattier	10,9	4,2	52,6	9,3	0,1	(Halabi et al. 2023)
Graines de courge	17,3	6,6	31,1	57,6	0,1	(Boujemaa, El Bernoussi, Lakhlifi El idrissi, et al. 2024)
Lin	4,7	4,6	19,6	15,0	55,4	(Oumayma et al. 2024)
Noix	7,9	2,9	16,8	57,8	15,1	(Elouafy, El Yadini, et al. 2022)
Noix de cajou	10,3	8,8	61,8	17,3	0,1	(Griffin and Dean 2017)
Olive	10,8	3,0	80,3	25,4	3,0	(El Moudden et al. 2020)
Palmier nain	9,0	3,0	37,0	16,2	0,1	(Eddahhaoui et al. 2022)
Pépins de grenade	2,6	1,7	3,6	4,1	-	(Hajib et al. 2021)
Pépins de pastèque	10,3	8,6	19,1	67,4	0,5	(Ouassor et al. 2020)
Ricin	2,5	2,7	7,7	9,7	1,0	(Harhar et al. 2016)
Sésame	13,0	5,8	41,7	38,3	0,5	(Chema et al. 2011)
Tournesol	4,7	0,4	27,7	59,2	0,01	(Sabudak 2007)

La fraction insaponifiable peut contenir divers composés, notamment des hydrocarbures tels que le squalène et le β -carotène, des stérols, des pigments liposolubles tels que les chlorophylles et les caroténoïdes, des alcools gras tels que les cires, des vitamines liposolubles tels que les vitamines A, D et E. Toutefois, la composition de l'insaponifiable contenue dans un corps gras dépend de son origine biologique, des traitements qu'il a subis (raffinage), ainsi que du solvant d'extraction utilisé. Cette fraction représente généralement environ 0,2 à 2 % d'une huile.

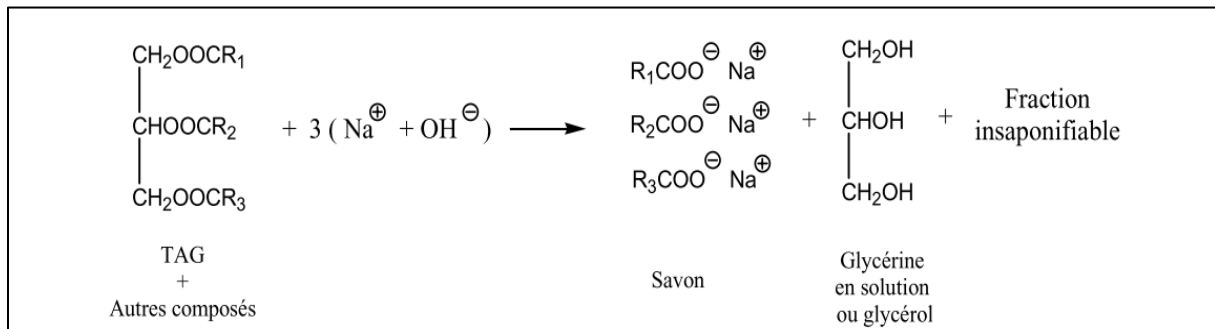


Figure 7. Réaction de saponification des corps gras.

Les phytostérols

Les phytostérols, appartiennent à la famille des terpènes. Synthétisés dans le cytosol, ils sont transportés vers les membranes cellulaires où ils contribuent à leur structure. La partie lipophile de la molécule s'intègre dans la couche lipidique. Grâce à leur position dans la membrane, les phytostérols jouent un rôle important dans le contrôle des processus métaboliques associés aux membranes (Du et al. 2022). Ils aident également à rigidifier et à contrôler la fluidité des membranes cellulaires en limitant la mobilité des chaînes acyles des graisses (Hartmann 1998).

D'après le **Tableau 13**, les principaux phytostérols identifiés dans l'huile de graines de courge incluent l' α -spinastérol (618,0 – 1609,5 mg/Kg), le Δ 5,24-Stigmastadiénol (731,4 – 1509,6 mg/Kg), le Δ 7,22,25-Stigmastatriénol (263,9 – 912,0 mg/Kg), le Δ 7,25-Stigmastadiénol (257,3 – 784,0 mg/Kg), le Δ 7-avénastérol (328,0 – 695,5 mg/Kg), le Δ 7-stigmastérol (217,3 – 523,3 mg/Kg), le β -sitostérol (235,2 – 383,9 mg/Kg), le Δ 5-avénastérol (174,5 – 175,2 mg/Kg), le Δ 7-campestérol (88,0 – 175,5 mg/Kg), le stigmastérol (88,9 – 139,7 mg/Kg) et le campestérol (53,3 – 84,9 mg/Kg) (Kim et al. 2012; Montesano et al. 2018; Rezig et al. 2019; Rezig, Martine, et al. 2022; Singh and Kumar 2022).

Tableau 13. Composition chimique en phytostérols de l'huile de courge.

Composition en phytostérols (mg/Kg)	Teneur
Cholestérol	6,9 – 15,8
Brassicastérol	10,7 – 53,2
24-méthylènecholestérol	2,4 – 3,6
Campestérol	53,3 – 84,9
Campestanol	2,9 – 8,0
Stigmastérol	88,9 – 139,7
Δ 7-Campestérol	88,0 – 175,5
α -spinastérol	618,0 – 1609,5
β -sitostérol	235,2 – 383,9
Δ 5-Avenastérol	174,5 – 175,2
Δ 7,22,25-Stigmastatrienol	263,9 – 912,0
Δ 5,24-Stigmastadiénol	731,4 – 1509,6
Δ 7,25-Stigmastadienol	257,3 – 784,0
Δ 7-Stigmastérol	217,3 – 523,3
Δ 7-Avenastérol	328,0 – 695,5

Toutes les huiles végétales contiennent en moyenne de 0,1 à 0,5 % de phytostérols, qui présentent une structure similaire à celle du cholestérol (Vergès 2009). Cette propriété leur confère un rôle hypocholestérolémiant lorsqu'ils sont consommés en quantité suffisante dans la l'alimentation (2 à 3 g/j). En entrant en compétition avec le cholestérol alimentaire au niveau de l'absorption intestinale, ils réduisent l'absorption de ce dernier. Contrairement à d'autres huiles végétales dont les principaux composants sont les Δ 5-stérols, l'huile de graines de courge contient des Δ 7-phytostérols spécifiques, dont les structures sont illustrées dans la **Figure 8** (Hrabovski et al. 2012; Mandl, Reich, and Lindner 1999).

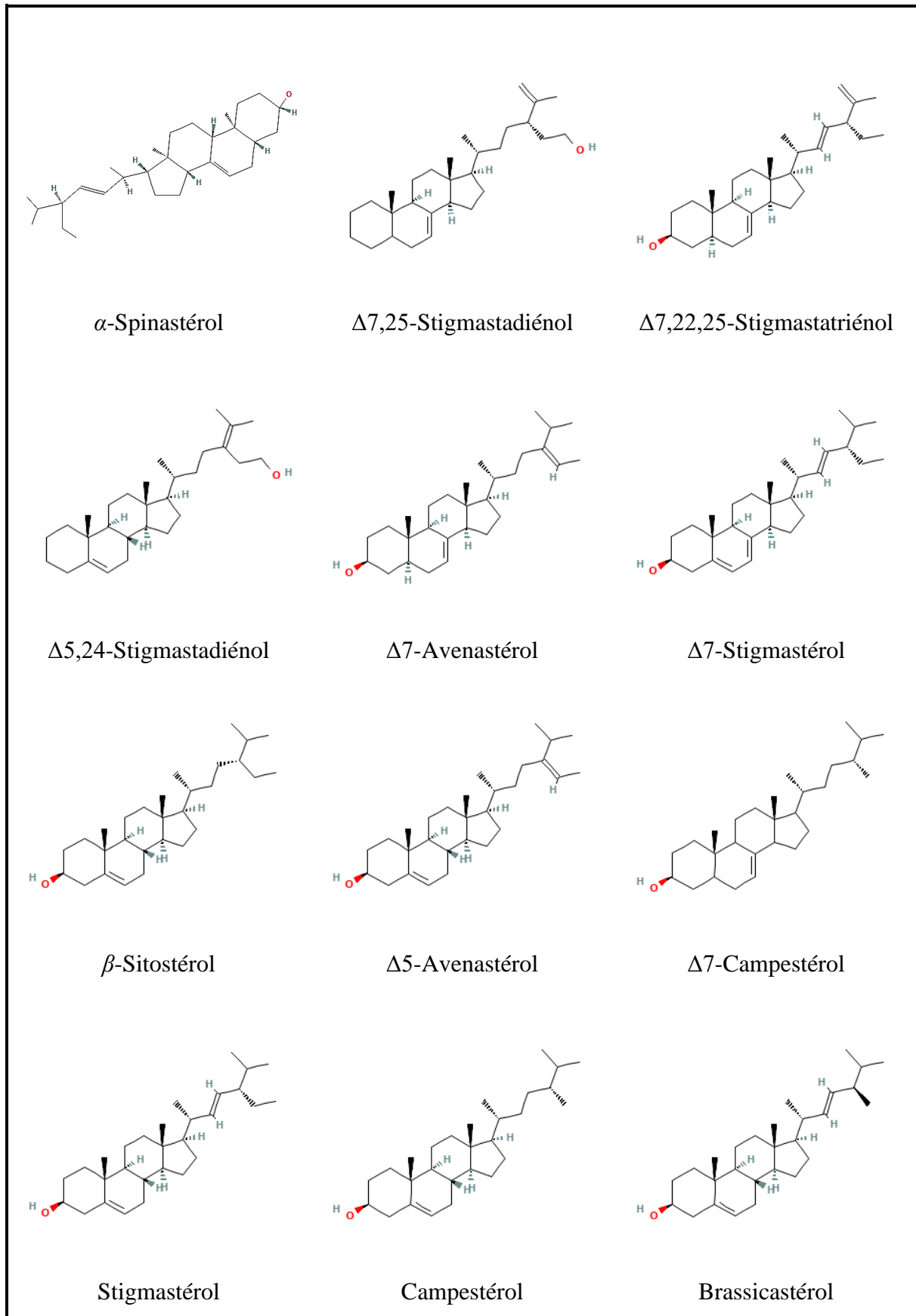


Figure 8. Structures des phytostérols principaux de l'huile de courge.

Les tocophérols :

La vitamine E ou tocophérols désignent un ensemble de molécules composées d'un noyau de 2-méthyl-6-chromanol et d'une chaîne latérale de 16 atomes de carbone saturée. La chaîne carbonée existe sous deux formes : une forme comprenant trois insaturations qui caractérise les tocotriénols et une forme totalement saturée caractérisant les tocophérols. Les quatre formes de tocophérols (α , β , γ et δ) diffèrent par la position des substitutions en C5, C7 et C8 de l'anneau aromatique (**Figure 9**). L' α -tocophérol est la forme la plus fréquente dans la nature et la plus active biologiquement. Les formes β - et γ -tocophérols présentent une activité vitaminique réduite par rapport à la forme α . Tandis que le δ -tocophérol est pratiquement inactif. À température ambiante, les tocophérols purs se présentent sous la forme d'une huile jaune pâle et visqueuse, soluble dans les solvants apolaires. Ils s'oxydent facilement au contact de l'air, des ions métalliques et de la lumière, mais sont résistants à la chaleur sous conditions inertes (Netscher 2007).

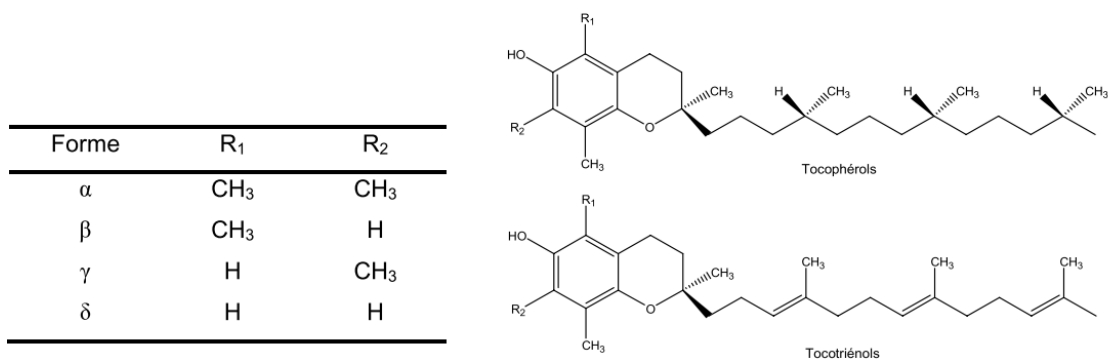
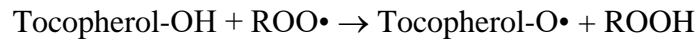


Figure 9. Structure des tocophérols et des tocotriénols.

La distribution des tocophérols varie selon les espèces végétales. Ils sont présents dans les fruits, graines, feuilles et autres parties vertes des plantes, se localisant principalement dans les plastides, en particulier les amyloplastides des graines et des tubercules. L' α -tocophérol se trouve uniquement à l'intérieur des plastides, tandis que le γ -tocophérol est principalement à l'extérieur (Booth 1963; Goffman and Becker 2002). Les tocophérols jouent ainsi un rôle protecteur lors de l'assimilation photochimique de la lumière (Dörmann 2007).

La principale fonction des tocophérols est de stabiliser, rigidifier et réguler la perméabilité des membranes. Leur activité antioxydante bloque la propagation de la peroxydation des lipides dans la membrane, notamment lors de stress hydriques, contribuant ainsi à la photo-protection des chloroplastes (Munné-Bosch and Alegre 2002). Dans les graines, les tocophérols préservent les lipides de réserve de l'oxydation, assurant leur viabilité (Sattler et al. 2004). Ainsi, durant

le stockage, la teneur des différents tocophérols diminue progressivement (Daood et al. 1996; Lampart-Szczapa et al. 2003). Au sein de l'organisme, l' α -tocophérol joue le rôle d'un puissant antioxydant qui s'oppose aux phénomènes oxydatifs, notamment à l'oxydation des acides gras. Il est capable de neutraliser les radicaux libres en donnant un hydrogène de son groupement phénolique, stoppant ainsi la propagation en chaîne de l'oxydation suivant la réaction :



Avec :

ROO \cdot est le radical peroxyde ;

ROOH est l'hydroperoxyde.

L'apport journalier recommandé en vitamine E est de 12 mg. Selon le règlement (CE) 1924/2006 et la directive 90/496/CE, toutes les huiles végétales peuvent être qualifiées de « source de vitamine E » car elles contiennent au moins 1,8 mg/100 g (soit 15 % de l'apport journalier) (Le conseil des Communautés Européennes 1990; Règlement UE n°1924 2006).

Parmi ses sources de tocophérols, l'huile de graines de courge en est un excellent exemple. D'après le **Tableau 14**, elle contient principalement du γ -tocophérol (28,7 – 332,9 mg/Kg), de l' α -tocophérol (10,1 – 43,9 mg/Kg), du δ -tocophérol (0 – 40,8 mg/Kg) et du β -tocophérol (0,6 – 1,7 mg/Kg) (Achilonu et al. 2018; Akin et al. 2018; Broznić, Jurešić, and Milin 2016; Kim et al. 2012; Rabrenović et al. 2014; Singh and Kumar 2024).

Tableau 14. Composition chimique en tocophérols de l'huile de courge.

Composition en tocophérols (mg/Kg)	Teneur
α -Tocophérol	10,1 – 43,9
β -Tocophérol	0,6 – 1,7
γ -Tocophérol	28,7 – 332,9
δ -Tocophérol	0 – 40,8

Les caroténoïdes :

Les caroténoïdes, appartenant à la famille des terpénoïdes, sont des pigments lipophiles sensibles aux rayons ultraviolets et à la chaleur. On distingue deux principaux types de caroténoïdes : les caroténoïdes provitamines A, tels que l' α -carotène, le β -carotène et la β -cryptoxanthine, et les xanthophylles, comme la lutéine et la zéaxanthine (Azevedo-Meleiro and Rodriguez-Amaya 2007). Chez les plantes, les caroténoïdes contribuent à la photosynthèse en

transmettant l'énergie lumineuse qu'ils absorbent à la chlorophylle. Chez l'être humain, l' α -carotène a pour effet de ralentir le processus de vieillissement, réduire le risque de développer des cataractes et prévenir la croissance des tumeurs. Quant au β -carotène, celui-ci aide à réduire les dommages cutanés causés par le soleil et agit comme un agent anti-inflammatoire (Murkovic, Mülleder, and Neunteufl 2002). Ces deux formes de caroténoïdes sont liposolubles et doivent être consommé avec des graisses pour être absorbé. Bien que l' α -carotène soit important, il est beaucoup moins courant que le β -carotène. Les xanthophylles, similaires aux carotènes, se distinguent par la présence de molécules d'oxygène (O) supplémentaires. Certaines xanthophylles sont utilisées comme colorants alimentaires.

Les huiles végétales non raffinées contiennent généralement de faibles quantités de caroténoïdes (≈ 10 mg/100 g), qui sont en grande partie éliminés lors du processus de raffinage (Morin and Pagès-Xatart-Parès 2012). D'après le **Tableau 15**, les concentrations dans l'huile de graines de courge varient entre 0,3 et 75 mg/Kg pour l' α -carotène, 5,4 à 115,3 mg/Kg pour le β -carotène, 0,1 et 0,2 pour la β -cryptoxanthine et 68,7 à 388,8 mg/Kg pour la lutéine (Azevedo-Meleiro and Rodriguez-Amaya 2007; Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019b, 2019a; Murkovic et al. 2002).

Tableau 15. Composition chimique en caroténoïdes de l'huile de courge.

Composition en caroténoïdes (mg/Kg)	Teneur
α -Carotène	0,3 – 75,0
β -Carotène	5,4 – 115,3
β -Cryptoxanthine	0,1 – 0,2
Lutéine	68,7 – 388,8

e. Composés mineurs

Les métabolites secondaires sont des composés phytochimiques non directement impliqués dans les processus vitaux de bases tels que la croissance, la division cellulaire, la respiration, la photosynthèse, et la reproduction). Leur rôle est plutôt lié à la survie de l'espèce végétale, en jouant des fonctions spécifiques en réponse à l'adaptation à l'environnement, comme la protection contre les ravageurs et les pathogènes ou la symbiose plante-microbe. Ces métabolites secondaires possèdent souvent des structures chimiques complexes et varient d'une

espèce à l'autre. On estime qu'il existe plus de 200 000 métabolites secondaires, classés selon leur appartenance chimique (Mithöfer and Boland 2012; Wu and Baldwin 2010).

On peut identifier trois principaux types de métabolites secondaires : les composés phénoliques, les alcaloïdes et les terpènes. Les polyphénols se trouvent en grande quantité dans la chair et la pelure de la courge, avec des concentrations qui varient entre 50 et 369 mg/100g et entre 39 et 385 mg/100g respectivement. Les flavonoïdes sont également présents, avec des concentrations allant de 1 à 118 mg/100g dans la chair et de 130 à 153 mg/100g dans la pelure. Les tannins, en revanche, sont présents en faibles quantités dans ces parties (Dar et al. 2017; El-Sayed et al. 2017; Hagos, Chandravanshi, et al. 2023; Mindjou et al. 2022; Oyeleke et al. 2019; Sabarudin et al. 2021; Sha'a 2021). Les feuilles et les graines de courge contiennent des concentrations moyennes de polyphénols, variant de 4 à 40 mg/100g et de 4 à 63 mg/100g respectivement. Les flavonoïdes se trouvent également en quantités moyennes dans ces parties, variant de 2 à 51 mg/100g pour les feuilles et de 0 à 26 mg/100g pour les graines (Nyam et al. 2013; Sabarudin et al. 2021; Wafa 2024). Tandis que les tannins sont faiblement présents dans des parties (Tableau 16).

Tableau 16. Composition en métabolites secondaires des différentes parties de la courge.

Métabolites secondaire (mg/100g)	Chair	Pelure	Feuilles	Graines
Polyphénols	50 – 369	39 – 385	4 – 40	4 – 63
Flavonoïdes	1 – 118	130 – 153	2 – 51	0 – 26
Tannins	0 – 0,2	-	2 – 3	0 – 0,4

L'analyse qualitative du profil des composés phénoliques permet d'identifier les différents composés phénoliques présents dans les différentes parties de la courge. D'après le **Tableau 17**, la chair contient principalement de l'acide caféique, de la rutine, de l'acide gallique, de la quercétine, de l'acide férulique, de l'acide *p*-hydroxybenzoïque, du kaempférol et de l'astragaline (Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019a, 2019b; Stryjecka et al. 2023). La pelure, quant à elle, est riche en catéchine, en épicatechine, en acide gallique et en kaempférol (Leichtweis et al. 2023; Mansour et al. 2023). Les feuilles sont principalement composées d'acide protocatéchique, d'acide ellagique et d'acide vanillique (Mashitoo et al. 2021). Enfin, les graines contiennent majoritairement de l'acide *p*-hydroxybenzoïque, de l'acide syringique et de l'acide caféique (Akin et al. 2018; Krimer-Malešević 2020; Peng et al. 2021).

Tableau 17. Profil des composés phénoliques des différentes parties de la courge.

Composés phénoliques	Chair	Pelure	Feuilles	Graines
Acides phénoliques				
Acide protocatéchique	++	N.D.	++++	+
Acide gallique	++++	++++	++	++
Acide caféique	++++	+	N.D.	+++
Acide syringique	N.D.	N.D.	++	+++
Acide vanillique	++	++	+++	++
Acide <i>p</i> -coumarique	+	+	+	++
Acide férulique	+++	+	+	+
Acide Sinapique	N.D.	++	N.D.	+
Acide <i>p</i> -hydroxybenzoïque	+++	N.D.	N.D.	++++
Acide chlorogénique	++	+++	N.D.	N.D.
Acide ellagique	N.D.	N.D.	++++	N.D.
Flavonoïdes				
Rutine	++++	++	N.D.	+
Kaempférol	+++	++++	N.D.	N.D.
Isoquercétine	++	N.D.	N.D.	N.D.
Astragaline	+++	N.D.	N.D.	N.D.
Myricétine	++	+	N.D.	N.D.
Quercétine	++++	+	N.D.	N.D.
Catéchine	N.D.	++++	N.D.	N.D.
Epicatéchine	N.D.	++++	N.D.	+

++++ : Forte présence ; +++ : Moyenne présence ; ++ : Faible présence ; + : À l'état de trace ; N.D : Non détectée.

2.2.4. Propriétés biologiques

a. Activité anticancéreuse

Une alimentation équilibrée, riche en antioxydants, est essentielle pour contrer le stress oxydatif associé au cancer. La recherche suggère que les choix alimentaires peuvent aggraver ou améliorer la condition cancéreuse. Cependant, une alimentation adéquate peut jouer un rôle important dans la prévention du cancer. Des études ont examiné les propriétés anticancéreuses

de la courge, mettant en lumière son potentiel dans la lutte contre la prolifération cellulaire incontrôlée. Dans ce sens, l'extrait méthanolique des parties aériennes de *C. maxima*, incluant la tige et les feuilles, a montré une activité anticancéreuse prometteuse en réduisant significativement le volume tumoral chez les souris traitées. De plus, ces souris ont présenté des niveaux réduits de globules rouges empaquetés et de cellules tumorales, suggérant un effet direct sur les cellules tumorales ou une activation des mécanismes immunitaires (Saha et al. 2011).

Par ailleurs, des recherches ont également examiné les effets bénéfiques de l'huile de graines de courge sur l'hyperplasie de la prostate, une condition souvent associée au cancer de la prostate (Leibbrand et al. 2019). Une prise orale régulière d'huile de graines de courge a été associée à une réduction de l'hyperplasie induite par la testostérone dans la prostate, offrant ainsi un potentiel thérapeutique dans la gestion de cette condition (Gossell-Williams, Davis, and O'Connor 2006).

De plus, certains composés présents dans la courge, comme la cucurbitacine E, ont été étudiés pour leurs propriétés anticancéreuses et antitumorales, soulignant le potentiel de la courge dans la prévention et le traitement du cancer (Oi et al. 2016).

b. Activité antidiabétique et antihyperlipidémique

Avec la prévalence croissante du diabète et son impact économique élevé dans la population mondiale, les chercheurs ont été incités à développer de nouveaux traitements à base de plantes, plus sûrs et abordables. Parmi les solutions étudiées, la courge a émergé comme un candidat prometteur dans la lutte contre le diabète. En effet, des études ont démontré que l'extrait éthanolique de graines de *C. maxima* présente un effet antidiabétique significatif dans la régulation du taux de glucose sanguin chez les rats diabétiques. De plus, il a été observé qu'il possède également des propriétés antihyperlipidémiques, contribuant ainsi à la réduction du cholestérol total et des triglycérides, tout en augmentant le taux de HDL-cholestérol. Ces effets combinés contribuent à réduire les complications associées au diabète (Sharma et al. 2013).

Parallèlement, des essais cliniques ont été menés pour évaluer l'efficacité de la consommation de la chair de *C. ficifolia* dans le traitement et la gestion du diabète de type 2. Les résultats ont montré une réduction de la glycémie à jeun chez les patients diabétiques qui ont incorporé du jus de courge dans leur régime alimentaire. Ainsi, il semble que la courge agisse en régulant le taux de glucose sanguin par le biais de la libération d'insuline, tout en aidant à prévenir diverses complications liées au diabète (Bayat et al. 2016).

c. Activité antibactérienne

Face à la menace croissante posée par l'émergence de pathogènes résistants aux médicaments, l'intérêt s'est porté sur l'activité antimicrobienne des plantes et de leurs métabolites. Les parties souvent négligées de la courge, telles que la pelure et les feuilles, ont été identifiées comme ayant une activité antibactérienne significative. En effet, l'extrait de feuille de *C. maxima* a démontré une forte activité antibactérienne contre des pathogènes humains tels que *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* (Okon et al. 2014). De même, l'extrait de pelure a révélé une importante activité antibactérienne, présentant une large zone d'inhibition contre des micro-organismes pathogènes tels que *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholera* et *Escherichia coli* (Geetha, D, and K 2014).

d. Activité antioxydante

Le stress oxydatif, un élément clé dans le développement de nombreuses maladies chroniques et de leurs complications, résulte d'un déséquilibre dommageable entre les niveaux de pro-oxydants et d'antioxydants (Yadav et al. 2010). Les graines et la pelure de courge se distinguent par leur richesse en vitamine E, ce qui en fait une source significative d'antioxydants bénéfiques pour la santé (Imaeda et al. 1999; Mala and Kurian 2016; Office of Dietary Supplements 2021). Une étude récente s'est penchée sur l'activité antioxydante des extraits de pelure de *C. maxima*, révélant une synergie entre différents composés tels que les stéroïdes/terpénoïdes, les flavonoïdes, les glycosides, les tanins, les alcaloïdes et les polyphénols, pour lutter contre le stress oxydatif et ses effets sur la santé (Attarde et al. 2010). De plus, une autre étude a mis en évidence une activité antioxydante significative des feuilles de *C. maxima*, attribuée à la présence de tannins, de flavonoïdes et de polyphénols (Sha'a 2021).

e. Activité diurétique

Traditionnellement utilisée comme diurétique et anthelminthique, les graines de courges ont été employées depuis longtemps pour soulager les troubles de la prostate et les problèmes urinaires. Une récente étude a comparé le volume d'urine ainsi que la concentration de Na^+ et de K^+ entre un groupe test et un groupe témoin, après l'administration de l'extrait aqueux des graines de *C. maxima*. Les résultats ont démontré une augmentation significative du volume d'urine dans le groupe traité par rapport au groupe témoin. Cependant, l'excrétion de Na^+ et de K^+ dans l'urine n'a pas montré de différence significative entre le groupe traité et le groupe

témoin. Ces résultats indiquent une activité diurétique notable de l'extrait aqueux de *C. maxima* (Singh et al. 2022).

f. Activité anthelminthique

La résistance aux médicaments chez les vers est de plus en plus préoccupante, ce qui suscite un intérêt croissant pour des alternatives naturelles de plantes médicinales aux propriétés anthelminthiques. Les membres de la famille des cucurbitacées, fréquemment utilisés dans la médecine traditionnelle, sont particulièrement scrutés dans ce contexte (Grzybek et al. 2016).

Les graines de courge sont connues depuis longtemps pour leurs effets vermifuges, soulageant les crampes abdominales et la distension causées par les vers intestinaux. Des études ont montré que les extraits aqueux de graines de courge sont prometteurs dans le traitement de l'hétérophiose chez les chiots. De plus, des recherches précliniques ont révélé un effet anthelminthique des graines de courge, avec une concentration inhibitrice minimale de 23 g de graines dans 100 ml d'eau distillée (MacGibbon and Mann 1986).

g. Activité cardiovasculaire

Des études ont montré que les graisses insaturées sont bénéfiques pour le cœur, tandis que les graisses saturées peuvent être néfastes. Une recherche a observé une augmentation des lipoprotéines de haute densité (HDL : bon cholestérol) et une diminution des lipoprotéines de basse densité (LDL : mauvais cholestérol) chez les personnes suivant un régime riche en acides gras mono-insaturés et poly-insaturés. Des études sur des rats hypercholestérolémiques ont également montré que les graines de courge réduisent le LDL et augmentent le HDL, ce qui aide à réduire le cholestérol.

2.3. Toxicologie

Les plantes de la famille des cucurbitacées contiennent des cucurbitacines, des composés qui suscitent l'intérêt en raison de leur cytotoxicité et leurs propriétés antitumorales, liées à un mécanisme d'action particulier (Cai et al. 2015; Dai et al. 2023; Hussain et al. 2018). Elles sont des dérivés de l'hydrocarbure triterpénique hypothétique appelé cucurbitane (Figure 10).

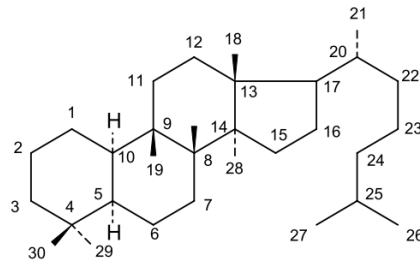


Figure 10. Squelette de la cucurbitane.

Ces cucurbitacines, dont huit (B, D, E, I, IIa, le glucoside L, Q et R) ont démontré leur efficacité contre le cancer. Elles peuvent être toxiques en cas d'exposition à des courges non comestibles, provoquant des réactions indésirables chez les humains et les animaux. En effet, elles sont utilisées principalement comme répulsif contre les insectes et les herbivores (Yiblet 2023). Ce sont actuellement des triterpénoïdes tétracycliques divisées en 12 classes de A à T avec plus de 200 dérivés. Les fruits des cucurbitacées amères contiennent de petites quantités de cucurbitacine C mais de grandes quantités de cucurbitacine E (CucE), qui est responsable du goût amer (Hutt and Herrington 1985).

La confusion survient lorsqu'il y a une erreur d'étiquetage, ou si un cultivar toxique est planté dans un potager familial, ou encore si des graines issues de la pollinisation de formes comestibles par des formes amères sont cultivées à proximité. Les plantes de l'espèce *C. pepo*, étant monoïques, allogames et auto-pollinisatrices, peuvent contribuer à cette confusion. De plus, la récolte de fruits sauvages toxiques peut également être en cause, faisant du jardin domestique une source majeure de courges amères (Bruneton 2020).

Sans une identification correcte, l'utilisation de certaines espèces comme aliment ou médicament peut être dangereuse, car elles peuvent ressembler à la fois à des espèces sauvages comestibles et toxiques. Dans certains cas, les espèces sont si similaires sur le plan morphologique végétatif que seules les caractéristiques des fleurs et des fruits permettent de les différencier. Dans d'autres cas, il est impossible de distinguer une courge amère d'une courge comestible en raison de l'hybridation incontrôlée des courges de type coloquinte dans le jardin, ce qui peut conduire à des plantes "filles" riches en cucurbitacine.

La coloquinte (*Citrullus colocynthis*), également appelée « Hadja » au Maroc, faisant partie de l'espèce *C. pepo*, est une plante originaire des régions désertiques sablonneuses d'Afrique (Hammiche, V., Merad, R., Azzouz, M., & GOETZ 2013). Elle est largement cultivée, notamment en Afrique du Nord et en Inde, où elle est utilisée pour ses propriétés

diurétiques, antiépileptiques et comme cataplasme pour les morsures d'animaux et d'insectes venimeux (Fejjal et al. 2011). Cependant, la coloquinte est particulièrement connue pour sa toxicité digestive. La pulpe du fruit séché provoquerait des symptômes tels des vomissements, des douleurs coliques, des diarrhées sanglantes et dysentériques, ainsi qu'une congestion et une hyperémie des muqueuses chez les humains (Jeffrey K. 2016). De plus, l'ingestion des graines de coloquinte pourrait entraîner une nécrose des hépatocytes et une fibrose du foie (Dehghani and Panjehshahin 2006; Tahraoui et al. 2007). Un cas de brûlure grave du pied avec nécrose musculaire a été rapporté au Maroc, attribué à un bain de pied dans de l'eau chaude contenant de la coloquinte pour soulager une sciatalgie (Fejjal et al. 2011).

Une récente étude menée sur 337 patients exposés à la coloquinte a révélé que l'exposition s'est principalement produite à domicile (93,2 %, 314 cas). Mais également dans des installations communautaires telles que des établissements de soins résidentiels (2 cas), des maisons de retraite (6 cas), des centres de garde (5 cas) et des établissements de santé (1 cas).

Tableau 18. Répartition des symptômes gastro-intestinaux chez différents patients.

Symptômes gastro-intestinaux	Cas (n)	%
Diarrhée	111	54,4
Vomissement	97	47,5
Douleur abdominale basse	41	20,1
Douleur digestive générale	32	15,7
Nausée	29	14,2
Douleur épigastrique	6	2,9
Hémorragie intestinale	5	2,5
Hyper salivation	3	1,5
Changement anormal de la couleur des selles	1	0,5
Constipation	1	0,5
Hématémèse	1	0,5
Langue douloureuse	1	0,5
Autres problèmes hépato-digestifs	1	0,5

D'après le **Tableau 18**, 57,8 % des patients étaient symptomatiques, soit 204 patients, et tous présentaient au moins un problème digestif (Le Roux et al. 2018). Le niveau de cucurbitacines varie souvent entre les tissus. Elles peuvent être concentrées dans les fruits et les

racines des plantes matures, mais ne produisent que des feuilles et des tiges légèrement amères. Dans de nombreuses espèces végétales, les racines sont les seuls tissus amers (Rymal et al. 1984). Parallèlement, les cucurbitacines présentent une toxicité variable selon les doses. En effet, la cucurbitacine E devient amère à des concentrations de 2 ppm (Hutt and Herrington 1985). Par voie orale, la dose létale pour la CucE est de 340 mg/kg chez la souris. Chez les lapins, une dose de 2 g/kg de courge peut être mortelle. Par ailleurs, des cas d'empoisonnement accidentel par des cucurbitacées amères ont été signalés, avec des concentrations élevées de CucE allant jusqu'à 7,2 g/kg de légume frais (Gry, Soborg, and Andersson 2006). Cependant, la présence de cucurbitacines dans le sang des patients ne peut pas être directement liée à un empoisonnement sans signes cliniques ou biologiques associés.

2.4. Stockage et conservation

2.4.1. Le légume

Une bonne conservation des courges commence dès la récolte du fruit. De ce fait, il est important d'éliminer les mauvaises herbes, afin que les feuilles soient aérées. Ainsi la limitation des adventices permet de lutter efficacement contre le risque de maladies fongiques telles que le mildiou ou l'oïdium. Pendant la récolte, il est important que cette étape se fait avec soin car un fruit endommagé aura tendance à pourrir rapidement et peuvent affecter la qualité des autres fruits à proximité (Dominique 2011). Aussi, le pédoncule est la partie sensible d'une courge et ne doit surtout pas être arraché. Ainsi, il est recommandé d'utiliser un sécateur propre et désinfecté pour récolter les courges, de couper le pédoncule le plus long possible et de les ranger dans des caisses. Le stade optimal de récolte est celui où le fruit est pleinement mûr, de ce fait, il pourra être conservé tout l'hiver.

Pour préparer les courges à une conservation prolongée, il est recommandé de les entreposer préalablement dans un endroit frais et aéré, tel qu'une serre, une véranda ou un lieu ventilé, à une température comprise entre 25 et 29 °C et à forte humidité relative (80 %), Cette période de 10 à 15 jours favorise le séchage des courges, permettant ainsi de cicatriser et de durcir leur peau (Nicolas and Alain 2017). Elles seront par la suite conservées à 10 à 15 °C avec une humidité relative de 50 à 75 % dans un local bien aéré Les courges peuvent ainsi être conservées pendant plus de 6 mois sans que leur qualité ne se détériore (Khelfaoui 2002). Cela préservera leurs propriétés gustatives. Néanmoins, d'autres techniques de conservation permettent de profiter de ses récoltes toute l'année.

2.4.2. Les graines

La conservation des graines de courge débute par un traitement adéquat après la récolte, comprenant le nettoyage et les traitements appropriés pour minimiser leur détérioration (Prakash and K.E. 2013). La qualité sanitaire des graines joue un rôle crucial dans le succès de la production de légumes, car la présence de pathogènes peut entraîner des effets néfastes sur la vigueur, l'établissement des plantules et les rendements dans le champ (Nascimento, Dias, and Silva 2011).

A température ambiante, les graines de courge peuvent être conservées pendant 2 à 3 mois, mais pour prolonger leur durée de conservation, un environnement réfrigéré à 15 °C et 77 % d'humidité relative, dans des sacs de congélation résistants, peut être utilisé, permettant une conservation jusqu'à 6 mois (Carolina, Higinio, and Felipe 2017).

Le stockage des graines dans des emballages en polyéthylène téréphtalate (PET) s'est révélé efficace pour réduire la contamination fongique des genres *Aspergillus* et *Penicillium* pendant six mois. Pour une conservation plus longue, la congélation à -18 °C avec une teneur en humidité de 6 % est recommandée. Cette méthode permet de préserver la qualité physiologique et sanitaire des graines, assurant ainsi une conservation optimale sur le long terme.

2.4.3. L'huile

La durée de conservation de l'huile de graines de courge est un aspect essentiel à considérer pour maintenir sa qualité, son goût et sa sécurité. Des études récentes ont visé à analyser la durée de stockage de l'huile extraite des graines de courge. En effet, une étude a été réalisée sur une période de 8 semaines à différentes températures (2, 20 et 40 °C). Les résultats ont révélé que l'huile de courge maintenait une qualité élevée tout au long de la période d'étude, indépendamment des conditions de température (Banaś et al. 2020).

De plus, une seconde étude s'est penchée sur des bouteilles hermétiques stockées pendant 15 semaines à température ambiante (environ 26°C). Cette étude a suggéré que l'huile conserve bien sa qualité nutritionnelle dans ces conditions, soulignant ainsi l'efficacité des emballages hermétiques pour prolonger la durée de conservation à température ambiante (Lyimo, Shayo, and Kasanga 2012). Ces résultats complètent ceux de la première étude en montrant l'importance du type de contenant utilisé pour le stockage.

En outre, une autre étude a suivi l'évolution de la qualité sensorielle et chimique de l'huile extraite à partir de graines non torréfiées sur une durée de deux ans. Les résultats ont montré que la qualité sensorielle de l'huile restait stable pendant les 12 premiers mois de stockage. Cependant, après cette période, la saveur devenait moisie. Ainsi, pour garantir l'utilisation d'une huile de la plus haute qualité, une durée de conservation de 12 mois est recommandée (Vujasinovic et al. 2010). En résumé, pour assurer la meilleure qualité de l'huile de graines de courge, il est conseillé de la consommer dans les 12 mois suivant son extraction et de la conserver dans des conditions adéquates, telles que des bouteilles hermétiques et à l'abri des variations de température. Ces recommandations sont basées sur des études rigoureuses qui ont examiné la stabilité de l'huile à différentes températures et dans différents types de contenants.

CHAPITRE II.

Matériel et Méthodes.

Chapitre II. Matériel et Méthodes

Introduction

L'étude de la valorisation de la plante de courge du Maroc a été conduite à travers trois volets successifs. Le premier volet a été consacré à l'évaluation de l'impact des facteurs environnementaux sur la variation de la qualité, la composition chimique et l'activité antioxydante de l'huile issue de graines de courge ainsi que le tourteau. Dans ce cadre, les facteurs étudiés incluaient l'impact de l'espèce et de la localisation géographique, permettant ainsi de comprendre comment ces éléments influencent les propriétés de l'huile et du tourteau. Les espèces étudiées dans cette première étude étaient *C. maxima*, *C. pepo* et *C. moschata*. Les régions analysées dans la deuxième étude étaient Guercif, Khemisset, Shoul, El Jadida et Agadir.

Le deuxième volet a examiné l'effet de la torréfaction sur la variation de la qualité, la composition chimique et l'activité antioxydante de l'huile et du tourteau issus des deux espèces les plus consommées sur le territoire, à savoir *C. maxima* et *C. pepo*. Cette partie de l'étude visait à déterminer l'influence du traitement thermique sur la valeur nutritionnelle des graines de courge et l'évolution de leur activité antioxydante tout au long du processus.

Enfin, le troisième volet a été consacré à la composition en minéraux, aux composés phénoliques, à l'activité antioxydante et à l'activité antimicrobienne de quatre parties de la plante *C. maxima*. Cette analyse a permis d'évaluer les différentes propriétés nutritives et thérapeutiques des diverses parties de la plante, offrant une vision globale de son potentiel de valorisation.

Dans ce cadre, cette étude a fourni une compréhension approfondie des multiples aspects de la valorisation de la plante de courge au Maroc, en tenant compte des variations environnementales, des processus de transformation et des propriétés des différentes parties de la plante.

1. Huile issue des graines de courge

1.1. Matériel végétal

L'étude des espèces de *Cucurbita* a été réalisée sur les trois espèces marocaines les plus cultivées. *C. maxima* a été récolté en janvier 2019 dans la région de Khemisset. La deuxième espèce, *C. pepo*, a été également récoltée dans la région de Khemisset, au mois d'avril 2019, selon sa saison de récolte. Et la troisième espèce, *C. moschata*, a été récoltée en janvier 2019 dans la région de Guercif (**Figure 11**).

Pour étudier l'impact de la localisation géographique, une seule variété, « Rouge Vif d'Etampes » issue de l'espèce *C. maxima*, a été analysée. Ces courges ont été achetées tout au long de l'année 2022, selon la disponibilité de la variété, auprès d'agriculteurs locaux des villes de Guercif, Khemisset, Shoul, Agadir et El Jadida. Cinq à six courges de chaque région ont été sélectionnées pour cette étude, puis elles ont été lavées et ouvertes pour récupérer leurs graines.

L'étude de la torréfaction a été réalisée sur les graines provenant des deux espèces les plus couramment utilisées au Maroc : la variété Marina di Chioggia, issue de l'espèce *C. maxima*, et la variété Calabaza Mercado Verde, issue de *C. pepo*. La récolte a eu lieu en juin 2022 dans la région de Khemisset.

Les graines utilisées dans les différentes études ont suivi le même processus de préparation. Elles ont été minutieusement lavées à l'eau claire, séchées à l'air libre pendant 48 heures, puis stockées dans des emballages en PET et conservées dans un réfrigérateur à 4 °C jusqu'à l'extraction.



C. maxima



C. pepo



C. moschata

Figure 11. Photos des espèces étudiées.

1.2. Processus de torréfaction

La torréfaction a été effectuée dans un four à convection de type A6-S3 MT 2000 W (LUXELL, Turquie) pour homogénéiser la température du four. Cinq expériences ont été réalisées avec 100 g de graines chacune, en présence d'une solution de chlorure de sodium (1 %), afin de reproduire le processus de production. Les graines ont été transférées sur une plaque de cuisson et torréfiées à différentes températures, soit 150, 120, 90 et 60 °C pendant 45 minutes. Un échantillon de graines non torréfiées a été gardé comme contrôle en guise de comparaison. Trois expériences indépendantes ont été menées dans les mêmes conditions pour obtenir des échantillons homogènes.

Après la torréfaction, les graines ont été refroidies, d'abord dans un dessiccateur, puis ramenées à température ambiante dans un récipient en verre. Elles ont ensuite été stockées dans des emballages en PET et conservées dans un réfrigérateur à 4 °C.

1.3. Extraction de l'huile

L'huile extraite à partir des graines de courge a été obtenue à travers deux différentes techniques, selon les volets de l'étude.

Dans le premier volet, l'huile a été extraite par la méthode Soxhlet. 50 grammes de graines décortiquées ont été broyées en une fine poudre à l'aide d'un mixeur électrique, du modèle LM422125 (Moulinex, France), puis tamisés à travers un tamis de 60 mailles (**Figure 12**). Cette poudre a été par la suite placée dans un cône en papier de cellulose et transférée dans un extracteur Soxhlet. L'extraction a été réalisée avec du n-hexane (250 mL) pendant 8 heures à 60 °C. La fraction lipidique est collectée dans le solvant chaud tandis que le solvant d'extraction circulait continuellement à travers la matrice par ébullition et condensation. Une fois l'extraction terminée, le solvant a été éliminé à l'aide d'un évaporateur rotatif (modèle VV2000, Allemagne) sous vide à 50 °C. L'extrait lipidique obtenu a été déshydraté en passant à travers un entonnoir contenant du papier filtre Whatman n° 2 et du sulfate de sodium anhydre.

Dans le deuxième volet, l'huile étudiée a été extraite par pressage à froid. Les graines torréfiées et non torréfiées ont été décortiquées et placées dans une presse à froid (1500 W, CGOLDENWALL, CHINE) préchauffée à 115 °C. L'huile obtenue a été soigneusement séparée de la pâte à travers plusieurs filtrations.

Enfin, les huiles extraites au cours de ces études ont été transférées dans des bouteilles en verre brun et stockées à 4 °C pendant un maximum de 2 jours.



C. maxima



C. pepo



C. moschata

Figure 12. Photo de graines des espèces étudiées.

1.4. Évaluation de la qualité de l'huile

L'évaluation de la qualité de l'huile de graines de courge passe par la détermination des paramètres physico-chimiques qui nous fournissent des informations sur l'état des huiles au cours d'une étude. Il est essentiel de connaître la qualité des huiles pour effectuer une comparaison complète dans les mêmes conditions.

1.4.1. Indice d'acide

a. Définition

Nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides gras libres présents dans 1 g d'huile. L'indice d'acide (Ia) est exprimé en milligramme de KOH par gramme d'huile (ISO660 2020).

b. Principe

Mise en solution d'un échantillon dans un mélange adapté de solvants, puis titrage des acides présents avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium.

c. Mode opératoire

- ▮ Peser 5 g d'huile dans une fiole conique de 250 mL ;
- ▮ Rajouter 50 mL d'éthanol et dissoudre la prise d'essai si nécessaire en chauffant légèrement ;
- ▮ Neutraliser en présence de quelques gouttes de phénophtaléine à 1% ;

⌈ Agiter énergiquement et titrer avec une solution éthanolique d'hydroxyde potassium (0,1 N).

Le point final du titrage est atteint lorsque l'ajout d'une seule goutte d'alcali provoque un changement de couleur net même s'il est léger, persistant durant au moins 15 secondes.

d. Expression des résultats

I_a est calculé d'après la formule (1) :

$$I_a = \frac{56,1 \times C \times V}{m} \quad (1)$$

Où :

C est la concentration, en moles par litre, de la solution titrée d'hydroxyde potassium ;

V est le volume, en millilitres, de la solution titrée d'hydroxyde de potassium ;

m est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

1.4.2. Indice d'iode

a. Définition

Masse d'halogène, exprimée sous forme d'iode, absorbée par la prise d'essai et divisée par la masse de la prise d'essai. L'indice d'iode (I_i) est exprimé en mg de I_2 par 100 grammes d'huile (ISO3961 2018).

b. Principe

Dissolution d'une prise d'essai dans du solvant et addition de réactif de Wijs. Après un temps donné, addition d'iodure de potassium et d'eau, et titrage de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium.

c. Mode opératoire

- ⌈ Peser 0,2 à 0,5 g d'huile dans une fiole conique de 500 mL ;
- ⌈ Ajouter un volume de 20 mL de tétrachlorure de carbone ;
- ⌈ À l'aide d'une pipette, ajouter 25 mL de réactif de Wijs ;
- ⌈ Après avoir bouché et agiter, couvrir et laisser au repos pendant 1 heure ;
- ⌈ Ajouter 20 mL de solution d'iodure de potassium (10%) et 150 mL d'eau distillée ;
- ⌈ Titrer avec une solution étalon de thiosulfate de sodium (0,1 N) jusqu'à la disparition de la couleur jaune due à l'iode ;

- ┆ Ajouter quelques gouttes de la solution d'empois d'amidon (0,5%) et poursuivre le titrage jusqu'à la disparition de la couleur bleue ;
- ┆ Effectuer de la même façon un essai à blanc.

d. Expression des résultats

Il est calculé d'après la formule (2) :

$$I_i = \frac{12,69 \times C \times (V_1 - V_2)}{m} \quad (2)$$

Où :

C est la concentration, en moles par litre, de la solution de thiosulfate de sodium ;

V_1 est le volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'essai à blanc ;

V_2 est le volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium ;

m est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

1.4.3. Indice de peroxyde

a. Définition

Quantité de substances de l'échantillon, exprimée en termes d'oxygène actif, qui oxydent l'iodure de potassium. L'indice de peroxyde (I_p) est exprimé en milligramme équivalent d'oxygène par kilogramme d'huile (ISO3960 2017).

b. Principe

Dissoudre l'échantillon d'essai dans de l'isooctane et de l'acide acétique glacial, puis ajouter l'iodure de potassium. Déterminer visuellement l'iode libéré par les peroxydes, à l'aide d'un indicateur à l'amidon et d'une solution étalon de thiosulfate de sodium. Déterminer visuellement la fin du titrage.

c. Mode opératoire

- ┆ Peser 5 g d'huile dans un ballon de 250 mL ;
- ┆ Dissoudre la prise d'essai dans 40 mL d'isooctane tout en agitant ;
- ┆ Ajouter 60 mL d'acide acétique puis 1 mL de la solution d'iodure de potassium saturée ;

- ┌ Boucher le flacon, l'agiter durant 1 minute et le laisser se reposer pendant 5 minutes à l'abri de la lumière à température ambiante ;
- ┌ Ajouter 100 mL d'eau distillée ;
- ┌ En présence d'empois d'amidon, titrer l'iode libéré avec la solution de thiosulfate (0,01N) en agitant vigoureusement ;
- ┌ Effectuer de la même façon un essai à blanc.
- ┌ La solution d'iodure de potassium saturée est préparée par la dissolution de 14 g d'iodure de potassium dans environ 8 g d'eau récemment portée à ébullition et revenue à température ambiante. Maintenir la solution à l'état saturé (cristaux non dissous) et la conserver à l'abri de la lumière et en préparer une nouvelle chaque jour.
- ┌ La solution d'amidon est préparée par la dissolution de 0,5 g d'amidon dans une petite quantité d'eau froide. 50 ml d'eau bouillante est ajouté au mélange, tout en remuant puis laisser refroidir.

d. Expression des résultats

I_p est calculé d'après la formule (3) :

$$I_p = \frac{(V_2 - V_1) \times 1000 \times C}{m} \quad (3)$$

Où :

C est la concentration, en moles par litre, de la solution de thiosulfate de sodium ;

V_1 est le volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'essai à blanc ;

V_2 est le volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium ;

m est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

1.4.4. Extinctions spécifiques

a. Définition

Absorbance de 1 g d'échantillon, dissous dans 100 ml d'isooctane ou de cyclohexane, mesurée dans une cuve de 10 mm aux longueurs d'onde spécifiques de 232 nm et 270 nm (ISO3656 2011).

b. Principe

Un échantillon est dissous dans du cyclohexane et l'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre dans une plage de longueurs d'onde ultraviolettes spécifiée. L'absorbance spécifique à 232 nm (E_{232}) et 270 nm (E_{270}) dans le cyclohexane, pour une concentration de 1 g pour 100 ml dans une cuve de 10 mm, est calculée.

c. Mode opératoire

- ┌ Peser 0,1 g d'huile dans une fiole jaugée de 10 mL ;
- ┌ Dissoudre la prise d'essai dans le cyclohexane et remplir jusqu'au trait de jauge ;
- ┌ S'assurer que les solutions préparées sont parfaitement limpides ; En cas d'opalescence ou de turbidité, filtré rapidement sur du papier ;
- ┌ Rincer trois fois la cuve en quartz avec la solution pour essai, puis remplir la cuve avec la solution ;
- ┌ Lire les absorbances à 232 et 270 nm sur un spectrophotomètre.

d. Expression des résultats

Rapporter les extinctions spécifiques aux longueurs d'onde et calculer d'après la formule (4) :

$$K(\lambda) = \frac{E(\lambda)}{C \times \xi} \quad (4)$$

Où :

$E(\lambda)$ est l'extinction mesurée à la longueur d'onde λ ;

C est la concentration de la solution, en grammes pour 100 ml ;

ξ est l'épaisseur de la cuve, en centimètres.

1.4.5. Teneur en chlorophylles

a. Définition

Fraction en masse des substances dans l'échantillon participant à l'absorption dans la bande voisine de 670 nm et mesurée comme chlorophylle A. La teneur en chlorophylles (Tchl) est exprimée en milligrammes par kilogramme (ISO 10519 2015).

b. Principe

La teneur en chlorophylles dans les huiles est basée sur une quantification par spectrophotométrie.

c. Mode opératoire

- ┌ Peser 0,1 g d'huile dans une fiole jaugée de 10 mL ;
- ┌ Dissoudre la prise d'essai dans le cyclohexane et remplir jusqu'au trait de jauge ;
- ┌ S'assurer que les solutions préparées sont parfaitement limpides. En cas d'opalescence ou de turbidité, filtré rapidement sur du papier ;
- ┌ Rincer trois fois la cuve en quartz avec la solution pour essai, remplir avec la solution ;
- ┌ Lire l'absorbance à 670 nm sur un spectrophotomètre.

d. Expression des résultats

Tchl est calculée d'après la formule (5) :

$$Tchl = \frac{A \times 10^6}{613 \times 100 \times d} \quad (5)$$

Où :

A est l'absorbance à 670 nm ;

d est l'épaisseur de la cuve (1 cm).

1.4.6. Teneur en caroténoïdes

a. Définition

Fraction en masse des substances dans l'échantillon participant à l'absorption dans la bande voisine de 470 nm et mesurée comme β -carotène. La teneur en caroténoïdes (Tcar) est exprimée en milligrammes par kilogramme (ISO 17932 2011).

b. Principe

La teneur en caroténoïdes dans les huiles est basée sur une quantification par spectrophotométrie.

c. Mode opératoire

- ┌ Peser 0,1 g d'huile dans une fiole jaugée de 10 mL ;

- ┌ Dissoudre la prise d'essai dans le cyclohexane et remplir jusqu'au trait de jauge ;
- ┌ S'assurer que les solutions préparées sont parfaitement limpides. En cas d'opalescence ou de turbidité, filtré rapidement sur du papier ;
- ┌ Rincer trois fois la cuve en quartz avec la solution pour essai, remplir avec la solution ;
- ┌ Lire l'absorbance à 470 nm sur un spectrophotomètre.

d. Expression des résultats

T_{car} est calculée d'après la formule (5) :

$$T_{car} = \frac{A \times 10^6}{2000 \times 100 \times d} \quad (6)$$

Où :

A est l'absorbance à 470 nm ;

d est l'épaisseur de la cuve (1 cm).

1.5. Évaluation de la composition chimique de l'huile

L'évaluation de la composition chimique de l'huile de graines de courge passe par la détermination du profil des composés majeurs (acides gras) et mineurs (phytostérols et tocophérols) contenus dans les huiles lors d'une étude.

1.5.1. Analyse des acides gras

L'analyse des acides gras commence par la préparation des esters méthyliques d'acides gras. Dans un tube à essai, on pèse 60 mg d'huile et on ajoute 2 mL d'hexane, suivis de 3 mL d'une solution de KOH méthanolique (2N). Le mélange est agité pour homogénéisation, puis le tube est rempli d'eau distillée et laissé à décanter pendant quelques minutes. La phase hexanique contenant les esters méthyliques est transvasée dans un tube à essai, où une solution de carbonate de sodium Na_2CO_3 est ajoutée. Cette solution neutralise les acides libres en formant des sels de sodium et en libérant du dioxyde de carbone. Les esters méthyliques, présents dans la phase organique, sont prélevés à l'aide d'une pipette de 2 mL et placés dans un tube à essai. Ces esters méthyliques subissent ensuite une série de lavages. On prélève 20 μL des esters et on les place dans un tube de capacité nominale de 2 mL, puis on le remplit d'heptane (ISO 12966-2 2017).

Les esters méthyliques d'acides gras sont alors analysés par chromatographie en phase gazeuse, équipée d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et d'une colonne capillaire (Varian CP-3800, Pays-Bas) avec les dimensions suivantes : 30 m de longueur, 0,25 mm de diamètre et 0,25 μm d'épaisseur. Le gaz porteur utilisé est l'hélium, avec un débit de 1 mL/min. Les températures initiale et finale sont respectivement de 170 °C et 230 °C, avec une augmentation de 4 °C/min. Les données sont traitées à l'aide de la Varian Star Workstation v 6.30. L'identification du profil des acides gras est effectuée en comparant leurs temps de rétention avec ceux de standards authentiques. Les résultats sont exprimés en pourcentage du total des acides gras.

1.5.2. Analyse des phytostérols

L'analyse des phytostérols commence par la préparation des échantillons, impliquant la saponification des huiles. Pour cela, 2,5 g d'huile de graines de courge sont pesés dans un ballon de 250 mL, puis 25 mL d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (1N) sont ajoutés. Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffage à reflux pendant 30 minutes, jusqu'à ce que la solution devienne limpide. Ensuite, 25 mL d'eau distillée sont ajoutés pour stopper la réaction.

L'extraction de l'insaponifiable est effectuée avec 75 mL d'hexane ou éther de pétrole. Par la suite, la phase organique subit une série de lavage avec 15 mL d'un mélange eau/ éthanol (90/10) dans une ampoule à décanter. La phase hexanique est transvasée par le haut de l'ampoule dans un ballon de 100 mL. Après évaporation du solvant, l'insaponifiable est récupéré, dilué par 300 μL d'hexane ou éther de pétrole puis filtré. Il est ensuite séparé par chromatographie sur couche mince (C.C.M) avec une phase mobile composée de 80 mL d'hexane et 20 mL d'acétate d'éthyle.

La révélation de la C.C.M est réalisée avec un mélange de fluorescéine et d'alcool (0,5 g de fluorescéine dans 1 L d'éthanol). La bande contenant les stérols est grattée et placée dans un ballon contenant 10 mL de chloroforme. Le ballon est chauffé sur une plaque pendant quelques secondes, puis filtré dans un tube pour éliminer la silice. Après évaporation du solvant, les stérols sont transformés en dérivés silylés à l'aide d'un mélange de pyridine, d'hexaméthylidisilazane et de triméthylchlorosilane dans un rapport (9/1/1, v/v/v). La pyridine est ensuite évaporée à sec et les dérivés silylés sont dilués dans 60 μL d'heptane ou d'hexane (ISO 12228-2 2014).

Les stérols TMS sont analysés par chromatographie en phase gazeuse utilisant une colonne capillaire (Varian CP-3800, Pays-Bas) avec les dimensions suivantes : 30 m de longueur, 0,25 mm de diamètre et 0,25 μm d'épaisseur. Le gaz porteur utilisé est l'hélium, avec un débit de 1 mL/min. L'injecteur et le détecteur étaient tous deux maintenus à 300 °C. Les données ont été représentées en milligrammes de stérols par 100 g d'huile (mg/100 g d'huile).

1.5.3. Analyse des tocophérols

L'analyse des tocophérols commence par la dilution des échantillons. Pour cela, 25 mL d'huile de graines de courge sont pesés dans une fiole jaugée de 25 mL et dilué dans 25 mL de 2,2,4-triméthylpentane (ISO 9936 2016). Les tocophérols sont ensuite analysés par chromatographie liquide à haute performance (HPLC), en utilisant une colonne de silice C18-Varian aux dimensions de 25 cm \times 4 mm. L'appareil de marque SHIMADZU est équipé d'un détecteur fluorimétrique, réglé aux longueurs d'onde d'excitation et d'émission de 290 nm et 330 nm, respectivement. L'élution est réalisée avec un mélange isooctane/isopropanol (99:1, v/v) à un débit de 1,2 mL/min pendant 20 minutes. Les tocophérols ont été identifiés et quantifiés à l'aide de solutions standards et de courbes d'étalonnage. Les résultats sont exprimés en milligrammes de tocophérol par kilogramme d'huile (mg/kg d'huile).

2. Plante *cucurbita*

2.1. Séchage du matériel végétal

Les différentes parties de *C. maxima*, à savoir la chair, la pelure, les graines et les écorces, impliqués dans le troisième volet de ce travail, ont été lavés à l'eau claire puis séchés à l'étuve pendant 4 jours à une température de 40 °C. Ce procédé permet d'optimiser le temps de séchage de la plante tout en préservant au maximum l'intégrité de sa composition chimique.

2.2. Préparation de la poudre

Après avoir été séchées, les différentes parties de *C. maxima* ont été broyées en une fine poudre à l'aide d'un mixeur électrique, du modèle LM422125 (Moulinex, France), puis tamisés à travers un tamis de 60 mailles. Les poudres des différentes parties ont été stockées dans des emballages en PET et conservées dans un réfrigérateur à 4 °C jusqu'à l'extraction.

2.3. Détermination des propriétés chimiques

2.3.1. Détermination de la teneur en eau

a. Définition

Perte de masse subie par le produit après chauffage à $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, dans les conditions spécifiées. La teneur en eau (H%) est exprimée en pourcentage en masse (ISO/FDIS 662 2016).

b. Principe

Chauffage d'une prise d'essai à $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ jusqu'à l'élimination complète de l'eau et des matières volatiles, et détermination de la perte de masse.

c. Mode opératoire

- ▮ Peser 5 g de l'échantillon pour essai dans le vase préalablement séché puis taré ;
- ▮ Maintenir le vase durant 1 heure dans l'étuve, réglée à 103 °C .
- ▮ Laisser refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante, puis peser ;
- ▮ Répéter les opérations de chauffage, de refroidissement et de pesée, mais avec des séjours successifs dans l'étuve de 30 min chacun, jusqu'à ce que la perte de masse entre deux pesées successives ne dépasse pas 2 mg ou 4 mg, selon la masse de la prise d'essai ;
- ▮ Effectuer deux déterminations sur des prises d'essai provenant du même échantillon pour essai.

d. Expression des résultats

H% est calculée d'après la formule (6) :

$$H\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100\% \quad (7)$$

Où :

m_0 est la masse, en grammes, du vase ;

m_1 est la masse, en grammes, du vase et de la prise d'essai avant chauffage ;

m_2 est la masse, en grammes, du vase et du résidu après chauffage.

2.3.2. Détermination de la teneur en matière minérale

La détermination de la teneur en minéraux (T_m) nécessite la minéralisation de la matière végétale. A cet effet, les quatre parties de la courge ont été calciné à 600 °C pendant 8 heures dans un four à moufle (ISO 18122 2022). Les cendres obtenues ont ensuite été dissous à l'aide d'acide nitrique concentré HNO_3 et d'eau oxygénée, puis chauffée à 1200 W . Par la suite, les échantillons ont été vaporisés dans un plasma d'argon et chauffés à des températures élevées

(190 °C). Ces excitations thermiques entraînent l'ionisation et la séparation des éléments, permettant ainsi de caractériser et de détecter chaque élément (Rehan et al. 2021).

La teneur en minéraux a été ensuite déterminée à l'aide d'un spectromètre d'émission optique à plasma à couplage inductif (ICP-AES), comprenant un spectromètre d'émission atomique contrôlé par ordinateur, avec correction de fond et un générateur haute fréquence. (Gagour et al. 2024).

T_m est calculée en utilisant la formule (7) :

$$T_m = \frac{(C_s - C_0) \times V \times Fd}{m} \quad (8)$$

Où :

T_m est la concentration de l'élément minéral dans l'échantillon, exprimée en mg/Kg ;

C_s est la concentration de l'élément minéral dans la solution de l'échantillon, exprimée en mg/L ;

C_0 est la concentration moyenne de l'élément dans les blancs de réactif, exprimée en mg/L ;

V est le volume de dilution de la solution dissoute, exprimé en mL ;

Fd est le facteur de dilution ;

m est le poids de l'échantillon sec, exprimé en g.

2.4. Extraction des métabolites secondaires

L'extraction des métabolites secondaires a été réalisée par trois méthodes différentes, selon le volet de l'étude.

Dans le premier volet, les métabolites secondaires issus des graines de courge ont été extraits par la méthode de Soxhlet. Après la première extraction par hexane, le tourteau a été séché à l'étuve à une température de 45 °C pour éliminer les traces du solvant. Ensuite, 40 g de farine ont été pesés et placés dans un cône en papier de cellulose, puis transférés dans l'extracteur Soxhlet. L'extraction a été réalisée avec du méthanol (200 mL) pendant 6 heures. Une fois terminée, la solution contenant le solvant et l'extrait a été déshydratée afin d'éliminer les traces d'eau. Le solvant a ensuite été éliminé à l'aide d'un évaporateur rotatif sous vide à 50 °C.

Dans le deuxième volet de l'étude, les métabolites secondaires issus des graines de courge ont été extraits par la méthode de Twisselmann. Après l'extraction de l'huile par presse à froid, le tourteau a été broyé à l'aide d'un mixeur électrique afin d'obtenir une fine poudre, puis tamisé.

40 g de farine ont été pesés et préparés de la même manière que pour l'extraction par soxhlet, sauf que cette fois, l'extraction a été réalisée avec un extracteur Twisselmann. L'extraction a été effectuée avec de l'éthanol (250 mL) pendant 3 heures.

Dans le troisième volet, les métabolites secondaires issus des quatre parties de *C. maxima* ont été extraits par macération.

Dans un premier temps, 50 g de poudre de chair, de pelure, de graines et d'écorces ont été placés dans des erlenmeyers individuels contenant 250 mL d'hexane. Les quatre mélanges ont été agités continuellement durant 72 heures à l'abri de la lumière, puis filtrés plusieurs fois sur du papier filtre. Le solvant a ensuite été éliminé à l'aide d'un évaporateur rotatif.

Cette première étape a permis d'extraire les métabolites primaires des quatre parties de la plante. Les tourteaux résultants de cette première extraction ont été séchés à l'étuve à une température de 45 °C pour éliminer les traces du solvant. Ensuite, 40 g de farine ont été pesés pour chaque tourteau et placés dans des erlenmeyers en présence d'éthanol (200 mL) pendant 72 heures à l'abri de la lumière. Les extraits résultants ont été récupérés de la même manière que les extraits précédents. Les extraits ont été récupérés dans des tubes Eppendorf et conservés dans un congélateur à -18 °C jusqu'à leur étude.

2.5. Rendement des extractions

Le rendement d'extraction (R%) a été calculé pour chaque extraction. Il est obtenu en divisant la quantité d'extrait final par la quantité initiale de farine utilisée lors de l'extraction. Le résultat est multiplié par 100. Une balance analytique de 0,0001 g a été utilisée pour un équilibrage précis. Le calcul a été effectué à partir de la formule suivante (8) :

$$R\% = \frac{m_f}{m_i} \times 100 \quad (9)$$

Où :

m_f est la masse finale de l'extrait ;

m_i est la masse initiale de la matière végétale.

2.6. Dosage des métabolites secondaires

2.6.1. Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux des différents extraits de *Cucurbita* a été mesurée par la méthode du Folin-Ciocalteu.

a. Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide jaune composé d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation des substances phénoliques, ce réactif est réduit, formant un nouveau complexe tungstène-molybdène de couleur bleue (**Figure 13**). Cette coloration est proportionnelle à la concentration de polyphénols totaux présents dans les extraits étudiés et absorbe à 765 nm, une mesure effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre.

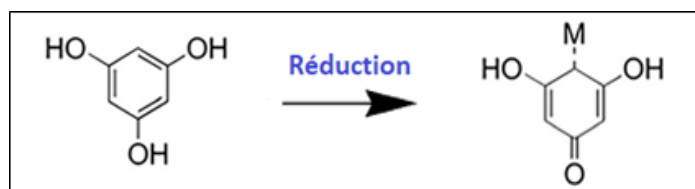


Figure 13. Réaction d'oxydo-réduction du Folin-Ciocalteu.

b. Mode opératoire

Une prise de 500 μ L d'extrait convenablement dilué est mise dans un tube en présence de 2,5 mL de réactif de Folin (10%) et 4 mL d'une solution de carbonate de sodium Na_2CO_3 (7,5 %). Après 30 min d'incubation au bain marie à 45 °C, l'absorbance est mesurée à 765 nm contre un blanc sans extrait (Eddahhaoui et al. 2022).

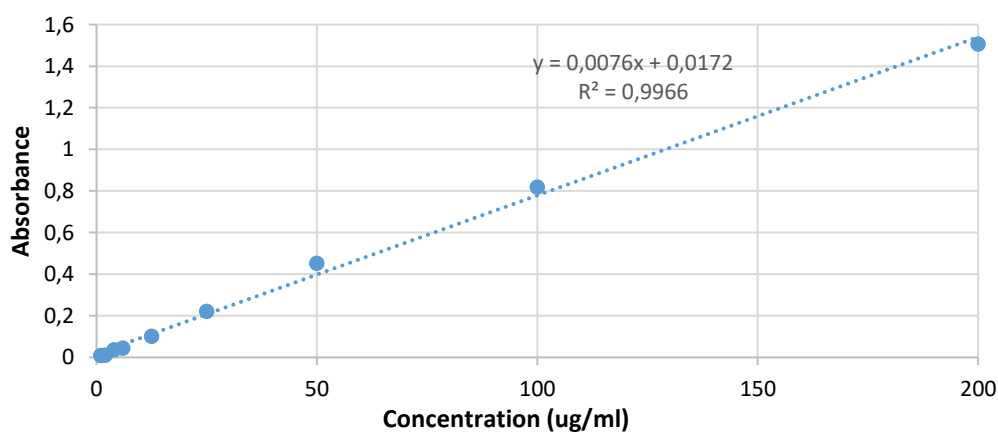


Figure 14. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (0-200 μ g/mL).

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires, en utilisant l'acide gallique à des concentrations allant de 0 à 200 µg/mL (**Figure 14**).

Les teneurs en polyphénols totaux sont calculées à partir de cette courbe dont la droite est $y=0,0076x+0,0172$ et exprimées en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme de matière végétale sèche (mg EAG/g d'extrait).

2.6.2. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes des différents extraits de *Cucurbita* a été mesurée par la méthode colorimétrique de chlorure d'aluminium.

a. Principe

Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des flavonoïdes par le mélange de nitrite de sodium (NaNO_2) et de chlorure d'aluminium (AlCl_3) qui entraîne la formation d'un complexe rose (**Figure 15**). Cette coloration est proportionnelle à la concentration de flavonoïdes présents dans les extraits étudiés et absorbe à 510 nm, une mesure effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre.

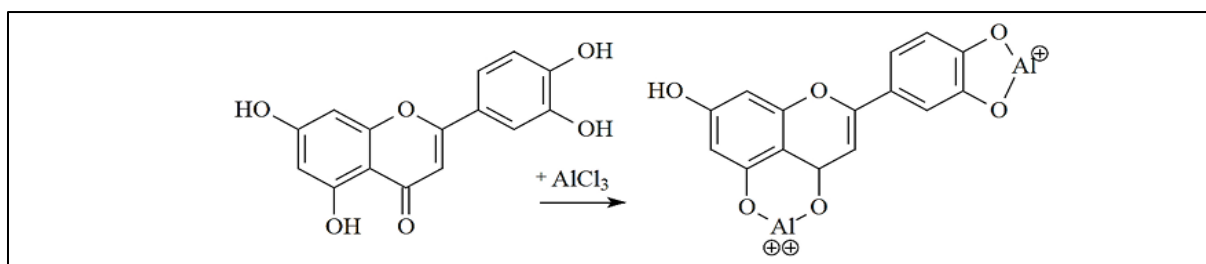


Figure 15. Réaction de complexation des flavonoïdes par AlCl_3 .

b. Mode opératoire

Une prise de 1 mL d'extrait convenablement dilué a été placée dans un tube en présence de 6,4 mL d'eau distillée et de 300 µL d'une solution nitrite de sodium NaNO_2 (5 %). Après 5 min, 300 µL de chlorure d'aluminium AlCl_3 (10 %) ont été ajoutés au mélange, qui a été laissé reposer pendant 6 minutes à température ambiante. Ensuite, 500 µL de soude NaOH (1M) ont été ajoutés. Le mélange a été laissé reposer pendant 30 minutes à température ambiante. L'absorbance a été mesurée à 510 nm contre un blanc sans extrait ([Idrissi et al. 2021](#)).

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires, en utilisant la quercétine à des concentrations de 0 à 200 µg/mL (**Figure 16**).

Les teneurs en flavonoïdes sont calculées à partir de cette courbe dont la droite est $y=0,0077x+0,0028$ et exprimées en milligrammes équivalent de quercétine par gramme de matière végétale sèche (mg EQ/g d'extrait).

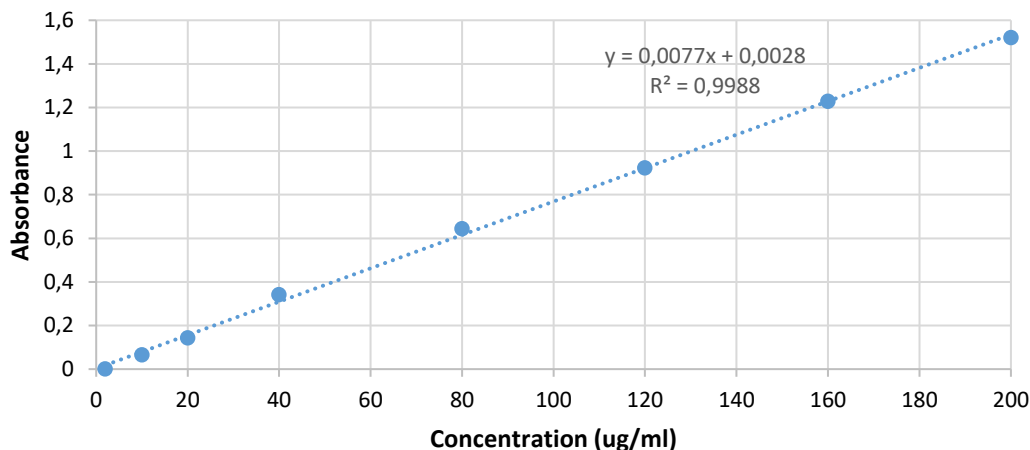


Figure 16. Courbe d'étalonnage de la quercétine (0-200 µg/mL).

2.7. Identification des composés phénoliques

L'analyse qualitative des composés phénoliques individuels présents dans les différentes parties des extraits de courge a été réalisée par HPLC (Shimadzu, Japon), équipé d'un four à colonne CTO-10 AS VP et d'une colonne C18 (250 mm×4,6 mm×5 µm). La phase mobile consistait en une solution d'acide acétique à 1 % dans de l'eau et du méthanol (80:20, v/v), avec un débit de 1 mL/min. Le détecteur UV était réglé à une longueur d'onde de 280 nm. Un gradient de concentration isocratique a été appliqué dans le système (Pawar and Dasgupta 2018).

Les acides phénoliques de chaque échantillon ont été identifiés en comparant leur temps de rétention relatif avec ceux des standards disponibles à savoir l'acide gallique, l'acide caféique, l'acide vanillique, la rutine, l'acide p-coumarique, l'acide férulique, la quercétine et l'acide protocatéchique, obtenus de Sigma-Aldrich, Poznań, Pologne. Tous les produits chimiques et solvants utilisés pour l'analyse étaient de qualité HPLC.

2.8. Évaluation des activités biologiques

2.8.1. Activité antioxydante

Les antioxydants sont des molécules capables de retarder ou stopper le processus d'oxydation. Leur capacité antioxydante peut être évaluée soit de façon *in vivo*, sur des

organismes vivants, soit de façon *in vitro*, en utilisant des tests qui simulent les conditions physiologiques.

Pour évaluer l'activité antioxydante *in vitro* des extraits naturels, différentes méthodes sont utilisées. Ces méthodes consistent à mélanger des espèces oxydantes, telles que des radicaux libres ou des complexes métalliques oxydés, avec des échantillons contenant des antioxydants. Ces derniers peuvent agir selon deux mécanismes majeurs, soit par transfert d'atome d'hydrogène ou par transfert d'électron. Ainsi, compte tenu de la diversité des propriétés physico-chimiques des molécules, il est recommandé d'utiliser plusieurs tests pour confirmer l'activité antioxydante (Prior, Wu, and Schaich 2005).

Pour évaluer l'activité antioxydante de nos différents extraits, notre choix s'est porté sur le test du piégeage du radical 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH) et celui de l'acide 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique (ABTS).

a. Test du DPPH

La méthode du DPPH est basée sur la réduction d'une solution alcoolique de l'espèce radicalaire stable DPPH• de couleur violette en présence d'un antioxydant donneur d'hydrogène (AH), qui aboutit à la formation d'une forme non-radicalaire, le DPPH-H de couleur jaune (Figure 17) (Masahiko, Manami, and Yoshifumi 2015). L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu.

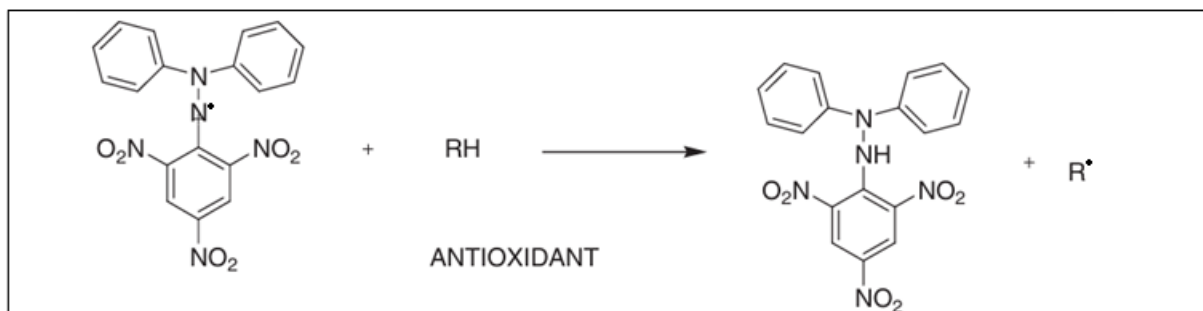


Figure 17. Réaction de réduction du DPPH• par l'antioxydant.

0,5 mL d'une solution éthanolique de DPPH (0,2 mM) ont été ajoutés à 2,5 mL d'échantillon préparé à différentes concentrations (0,1-1 mg/mL), mélangés vigoureusement puis laissés reposer pendant 30 minutes à l'obscurité. La mesure a ensuite été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à 517 nm contre un témoin négatif (Elouafy et al. 2023).

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires, en utilisant l'acide ascorbique à des concentrations de 0,5 à 20 µg/mL. Cela permet de déterminer l'IC₅₀, concentration pour laquelle l'absorbance à 517 nm a diminué de 50 %.

Le pourcentage d'inhibition (% Inhibition) a été calculé à partir de la formule (10) :

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\text{Abs (CN)} - \text{Abs (Ech)}}{\text{Abs (CN)}} \times 100 \quad (10)$$

Où :

Abs (CN) est la valeur de l'absorbance du contrôle négatif à 517 nm ;

Abs (Ech) est la valeur de l'absorbance de l'échantillon à 517 nm.

b. Test de l'ABTS

Dans ce test, l'ABTS est oxydé par le persulfate de potassium, pour former son cation radical, ABTS•+. Cette formation se traduit par l'apparition d'une coloration bleu verte intense. En présence d'un donneur d'hydrogène qui est l'agent antioxydant, le passage du radical ABTS•+ à la forme non radicalaire s'accompagne de la disparition de cette coloration mesurée à une longueur d'onde de 734 nm (**Figure 18**) (Edirisingha Dewage Nalaka, Kichang, and Dong 2021).

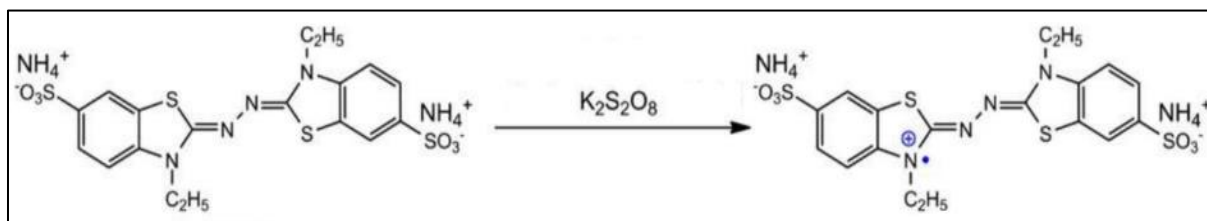


Figure 18. Réaction d'oxydation de l'ABTS par le persulfate de potassium K₂S₂O₈.

Une solution aqueuse d'ABTS (7 mM) est mélangée à une solution de persulfate de potassium K₂S₂O₈ (2,45 mM) (1/1, v/v). Le mélange est agité pendant 8 heures à l'obscurité puis dilué par de l'éthanol jusqu'à obtenir une absorbance de 0,70 ± 0,02 à 734 nm. Une prise de 0,9 mL de solution ABTS•+ est ensuite mélangée avec 0,1 mL d'extrait à différentes concentrations. Après 6 minutes d'incubation à température ambiante, l'absorbance du mélange est mesurée à 734 nm contre un témoin négatif (Boujemaa, El Bernoussi, ElGuezzane, et al. 2024).

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires, en utilisant l'acide ascorbique à des concentrations de 0,5 à 20 µg/mL. Cela permet de déterminer l'IC₅₀, concentration pour laquelle l'absorbance à 734 nm a diminué de 50 %.

Le pourcentage d'inhibition (% Inhibition) a été calculé à partir de la formule (11) :

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\text{Abs (CN)} - \text{Abs (Ech)}}{\text{Abs (CN)}} \times 100 \quad (11)$$

Où :

Abs (CN) est la valeur de l'absorbance du contrôle négatif à 734 nm ;

Abs (Ech) est la valeur de l'absorbance de l'échantillon à 734 nm.

2.8.2. Activité antimicrobienne

Les différents extraits de la plante ont été testés sur un panel de micro-organismes comprenant des bactéries pathogènes, une levure et des champignons.

a. Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne a été évaluée par la méthode du disque. Les bactéries pathogènes testées comprenaient *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella enterica*, comme indiqué dans le **Tableau 19**.

Tableau 19. Description et pouvoir pathogène des souches de bactéries testées.

Espèce	Références	Pouvoir pathogène
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	Intoxication alimentaire et infection urinaire.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853	Infection nosocomiale.
<i>Salmonella enterica</i>	ATCC 13076	Intoxication alimentaire, bactériémie et fièvre typhoïde.
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923	Intoxication alimentaire.

Après la préparation de la gélose Mueller-Hinton (HA ; Biokar®), qui est le milieu de référence pour les tests antibactériens (*Annexe I*), celle-ci a été stérilisée, puis les suspensions bactériennes ont été inoculées. Une plaque non inoculée a été gardée comme contrôle négatif.

Des disques stériles de 6 mm de diamètre, imprégnés de 15 uL d'extrait des quatre parties de la courge à l'aide d'une pince stérile, ont été placés à la surface de ce milieu. Ces disques ont été laissés à diffuser pendant 30 min, puis incubés à l'obscurité à 37°C pendant 24 heures. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés après l'incubation (Kadiri et al. 2022). Le chloramphénicol et la pénicilline ont été utilisés comme contrôles positifs. Toutes les expériences ont été réalisées en triplicata.

b. Activité antifongique

L'activité antifongique a été évaluée par la méthode de diffusion en milieu gélosé. Trois souches fongiques responsables de nombreuses infections ont été testées et qui sont *Candida albicans*, *Saccharomyces cerevisiae* et *Aspergillus brasiliensis* (Tableau 20).

Les souches fongiques à tester ont été cultivées dans des tubes à essai contenant 5 mL de bouillon de Sabouraud et incubées à 30 °C pendant 48 heures. Ensuite, 100 µL de la suspension microbienne ont été inoculés dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre contenant 20 mL de gélose de Sabouraud préparée et solidifiée (Annexe 2).

Des disques imbibés de 30 µL d'extrait provenant des quatre parties de la courge ont été placés dans les boîtes de Pétri. Celles-ci ont été incubées à 30 °C pendant 48 heures, et l'activité antifongique a été évaluée en mesurant les zones d'inhibition. La ciclopiroxolamine a été utilisée comme contrôle positif. Toutes les expériences ont été réalisées en triplicata.

Tableau 20. Description et pouvoir pathogène des souches fongiques testées.

Espèce	Références	Pouvoir pathogène
<i>Candida albicans</i>	ATCC 10231	Infections fongiques (digestive et gynécologique).
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	YMES2	Infection urinaire.
<i>Aspergillus brasiliensis</i>	ATCC 16404	Otomycose.

2.9. Analyse statistique

L'analyse statistique réalisée dans ce travail a permis d'évaluer la pertinence et la fiabilité des résultats obtenus. Elle a également facilité l'organisation et la structuration des données

pour une meilleure interprétation. Les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 21 (SPSS Inc., Chicago, USA).

Toutes les expériences analytiques ont été réalisées en triplicata, et les données ont été présentées sous forme de moyennes \pm erreur standard de la moyenne. Pour confirmer la signification statistique, le test de Pearson a été utilisé pour l'analyse des corrélations. Ce test permet de calculer le coefficient de corrélation de Pearson, qui mesure la force de la liaison (positive ou négative) entre deux variables quantitatives discrètes. La matrice visualise l'ensemble des coefficients, qui varient entre -1 et 1 : une valeur positive indique une corrélation positive, une valeur négative indique une corrélation négative, et une valeur proche de zéro indique l'absence de corrélation linéaire.

La significativité des corrélations a été testée par une p -value calculée à partir du test Tukey pour un coefficient de corrélation. Cette p -value permet de tester l'hypothèse nulle selon laquelle le coefficient de corrélation est égal à zéro. Le niveau de significativité par défaut a été fixé à 5 %. Tous les coefficients sont significatifs au seuil de 0,05 ($p < 0,05$). Ce qui signifie que le risque de rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie est inférieur à 5 %. Et finalement pour observer les différentes variables de l'étude, l'add-on XLSTAT a été utilisé. L'analyse en composantes principales (ACP) permet de vérifier si les échantillons forment des groupes distincts, et de déterminer si un échantillon est anormalement éloigné des autres, pouvant ainsi être considéré comme aberrant.

CHAPITRE III.

Résultats et discussion.

Chapitre III. Résultats et discussion

Partie 1 : Influence de l'espèce sur la qualité, la composition chimique et l'activité antioxydante de l'huile de graines de courge

1. Introduction

Les termes "courge" ou "citrouille" sont couramment utilisés dans le langage quotidien pour désigner une ou plusieurs espèces distinctes. Elles font partie du genre *Cucurbita*, qui comprend 27 espèces, dont 5 sont domestiquées à travers le monde (Yoo et al. 2023). Ces espèces comprennent *C. pepo*, *C. maxima*, *C. moschata*, *C. argyrosperma* et *C. ficifolia* (OECD 2016). Parmi elles, 50 variétés ont été identifiées et sont le résultat d'hybridation entre les variétés d'une même espèce.

Les différentes espèces de *Cucurbita* sont préparées et consommées de diverses manières, la plupart de leurs parties étant comestibles. Elles présentent une diversité de caractéristiques, que ce soit dans leur apparence (forme, taille, couleur) ou dans leur goût (amer, sucré, noisette), ainsi que dans leurs graines (plates ou bombées ; blanches, beiges, brunes ou noires) (Harry S. 2023). Les graines sont souvent consommées en en-cas et contiennent environ 50 % d'huile. Les propriétés de l'huile de graines de courge varient également en fonction de l'espèce étudiée. En effet, son apparence visuelle présente des différences de couleur et de texture des huiles (Tekin-Cakmak, Atik, and Karasu 2021).

Actuellement, le Maroc se classe au 6^{ème} rang des plus grands exportateurs mondiaux de courges, avec un total de 51 000 tonnes et le 23^{ème} producteur mondial produisant principalement les espèces *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata* (Atlasbig 2021; Cabinet d'études américain 2019). Cependant, il existe peu de recherches comparatives entre ces dernières. Étant donné que la composition en nutriments varie en fonction de plusieurs facteurs, il peut être important d'évaluer à la fois la stabilité et la qualité nutritionnelle des différentes espèces de courges cultivées au Maroc.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des espèces cultivées au Maroc, sur la morphologie des graines, le rendement en huiles, les propriétés physico-chimiques (indice d'acide, indice d'iode, indice de peroxyde, E₂₃₂ et E₂₇₀), la teneur en pigments (caroténoïdes et

chlorophylles), la composition chimiques (acides gras, phytostérols et tocophérols), la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante de l'huile extraite des graines de courge.

2. Paramètres physico-chimiques des huiles

Les paramètres physico-chimiques sont des indicateurs essentiels de la qualité des huiles étudiées dans ce travail. Ils fournissent des informations précieuses sur l'état des huiles, ce qui est crucial pour réaliser une comparaison complète dans des conditions similaires. Les paramètres examinés comprennent l'indice d'acide (Ia), l'indice d'iode (Ii), l'indice de peroxyde (Ip), les extinctions spécifiques à 232 (E₂₃₂) et 270 nm (E₂₇₀) ainsi que les teneurs en chlorophylles (Tchl) et en caroténoïdes (Tcar). Ces mesures permettent d'évaluer divers aspects des huiles, tels que leur degré d'oxydation, leur stabilité et leur qualité globale.

2.1. Indice d'acide

La détermination de l'indice d'acide permet d'évaluer l'hydrolyse des triglycérides et la production d'acides gras libres dans les huiles des graines de courge. Selon le **Tableau 21**, les valeurs de Ia varient de 1,14 à 1,72 mg KOH/g d'huile. Ces résultats indiquent une bonne qualité des huiles, car leurs indices d'acide restent en dessous de la limite maximale de 4,0 mg KOH/g d'huile, attestant ainsi de leur faible niveau d'hydrolyse et de leur bonne stabilité.

Tableau 21. Propriétés physico-chimiques des huiles de *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*.

Paramètres	<i>C. pepo</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. moschata</i>
Ia (mg KOH/g d'huile)	1,72 ± 0,10 ^b	1,14 ± 0,10 ^a	1,30 ± 0,10 ^a
Ii (g I ₂ /100g d'huile)	114,11 ± 1,43 ^b	122,13 ± 1,78 ^a	119,57 ± 1,02 ^a
Ip (mEq O ₂ /Kg d'huile)	6,25 ± 1,01 ^b	3,90 ± 0,21 ^a	4,56 ± 0,07 ^a
E ₂₃₂	1,53 ± 0,01 ^b	1,59 ± 0,01 ^a	1,43 ± 0,01 ^c
E ₂₇₀	0,88 ± 0,01 ^a	0,68 ± 0,01 ^b	0,37 ± 0,01 ^c
Tchl (mg/Kg d'huile)	0,85 ± 0,06 ^c	0,46 ± 0,06 ^a	1,37 ± 0,03 ^b
Tcar (mg/Kg d'huile)	0,34 ± 0,00 ^c	0,25 ± 0,05 ^a	0,66 ± 0,04 ^b

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05).

L'acidité, mesurée en pourcentage d'acide oléique, fournit des informations supplémentaires sur la qualité et la durée de conservation des huiles. Nos résultats montrent que

les valeurs d'acidité oscillent entre 0,57 % et 0,86 % d'acide oléique, avec une valeur plus élevée observée dans l'espèce *C. pepo* ($p < 0,05$). Ces valeurs confirment la qualité des huiles analysées.

Comparativement, les travaux de Hernández-Santos *et al.* ont révélé que l'acidité mesurée pour *C. pepo* variait entre 2,75 % et 4,93 % d'acide oléique (Hernández-Santos *et al.* 2016). Al-Khalifa a rapporté une valeur de 1,0 % pour *C. moschata* (Al-Khalifa 1996), tandis qu'Ahsan *et al.* ont signalé une valeur inférieure de 0,26 % pour *C. maxima* (Ahsan *et al.* 2015). Ces variations peuvent être attribuées à des différences dans les méthodes d'extraction, le mode opératoire employé, les conditions climatiques ou autres, soulignant ainsi l'importance de standardiser les conditions d'analyse pour obtenir des résultats comparables.

2.2. Indice d'iode

L'indice d'iode est un indicateur des niveaux d'insaturation des huiles de graines de courge. Selon le **Tableau 21**, les résultats varient de 114,11 à 122,13 g I₂/100g d'huile. Notamment, l'espèce *C. pepo* qui présente une valeur moins élevée par rapport aux deux autres espèces, ce qui indique une diminution des doubles liaisons et donc un degré d'insaturation plus faible (Alireza *et al.* 2010). Cette observation est confirmée par les résultats des AGPI, qui montrent des valeurs plus élevées pour *C. maxima* et *C. moschata*, bien que cette différence soit statistiquement non significative ($p > 0,05$).

Des études antérieures confirment ces tendances. Ahsan *et al.* ont rapporté un Ii de 114,33 g I₂/100g d'huile pour *C. maxima* (Ahsan *et al.* 2015), tandis qu'Al-Khalifa a observé des valeurs de 113,50 et 111,50 g I₂/100g d'huile pour *C. moschata* et *C. pepo*, respectivement (Al-Khalifa 1996). Ces valeurs plus faibles indiquent des huiles moins oxydées que celles étudiées.

2.3. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde permet de déterminer l'état d'oxydation primaire des huiles de graines de courge en quantifiant les hydroperoxydes, qui sont les principaux produits de l'oxydation primaire des lipides (Tonfack Djikeng *et al.* 2018). Selon les données du **Tableau 21**, Ip varie de 3,90 à 6,25 mEq O₂/Kg d'huile. Une différence significative est observée entre l'huile de *C. pepo* et les deux autres espèces ($p < 0,05$). Celle-ci présente une valeur plus élevée, suivie de *C. moschata* et de *C. maxima*. De plus, une corrélation positive entre Ia et Ip a été mise en évidence ($r^2 = 0,999$), ce qui suggère que les huiles de *C. pepo* ont subi une légère oxydation par rapport aux autres huiles.

Divers facteurs pourraient expliquer ces résultats, notamment des variations de température pendant l'extraction de l'huile ou l'exposition à l'air, ce qui favorise la formation d'hydroperoxydes. L'état de conservation des graines avant l'extraction peut également influencer ce paramètre et altérer la qualité des échantillons analysés. Cependant, il convient de noter que les valeurs obtenues restent inférieures à la limite maximale recommandée de 10 mEq O₂/Kg (FAO 2016).

2.4. Extinctions spécifiques

L'indice d'extinction à 232 nm mesure l'auto-oxydation de l'huile, tandis que l'extinction à 270 nm évalue la présence de diènes et de triènes conjugués. Selon les données du **Tableau 21**, les valeurs d'E₂₃₂ et E₂₇₀ des huiles de graines de courge varient respectivement de 1,43 à 1,53 et de 0,37 à 0,88. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Ardabili *et al.*, qui ont rapporté des valeurs de 4,80 pour E₂₃₂ et de 3,52 pour E₂₇₀ (Gohari Ardabili, Farhoosh, and Haddad Khodaparast 2011). Cette comparaison suggère que nos huiles présentent une faible oxydation.

2.5. Teneur en pigments

Les composés bioactifs, englobant une variété de nutriments qui sont connus pour leur impact positif sur le métabolisme et la santé humaine. Leur consommation offre une gamme étendue de bienfaits sans risques pour l'organisme (Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019a). Les caroténoïdes, qui se distinguent par leurs teintes jaune, orange ou rouge, agissent comme de puissants antioxydants, tandis que les chlorophylles, présentes dans certaines huiles et responsables de leur couleur verte, sont utilisées pour évaluer leur potentiel pro-oxydant (Tena et al. 2018).

2.5.1. Caroténoïdes

D'après le **Tableau 21**, les caroténoïdes, identifiées dans nos échantillons varient de 0,25 à 0,66 mg/Kg d'huile, avec une prédominance notable dans *C. moschata* ($p < 0.05$). Ces valeurs se situent dans une fourchette similaire à celles rapportées pour les huiles d'argan, qui affichent des teneurs comprises entre 0,25 et 0,63 mg/Kg d'huile (El Idrissi et al. 2022). Toutefois, elles demeurent inférieures à celles observées dans l'huile d'amande, où les teneurs atteignent 1,44 mg/Kg d'huile pour les amandes douces et 1,07 mg/Kg d'huile pour les amandes amères (El

Bernoussi et al. 2020). Des teneurs similaires sont également observées dans l'huile de tournesol, variant entre 1 et 1,5 mg/Kg d'huile (Alicia Ayerdi and Larbi 2016).

2.5.2. Chlorophylles

D'après le **Tableau 21**, les chlorophylles varient de 0,46 à 1,37 mg/Kg d'huile, avec une prédominance notable dans *C. moschata* ($p < 0.05$). Ces résultats demeurent inférieurs à la limite de 2 mg/Kg d'huile, leur assurant ainsi une bonne stabilité (Boulfane, Maata, and Hilali 2015). Ces valeurs se rapprochent de celles obtenues pour l'huile de tournesol qui varie entre 0,403 et 1,021 mg/Kg d'huile (Alicia Ayerdi and Larbi 2016).

3. Rendement en huile et composition chimique

Les huiles végétales sont des mélanges complexes de triacylglycérols (>95 %) avec des diacylglycérols (<5 %), ainsi que de composés minoritaires naturels comprenant des molécules de structures variées telles que les tocophérols/tocotriénols (<900 mg/kg) et les esters de phytostérol/phytostérols (<1 %) (Hammond 2003).

3.1. Rendement

L'extraction hexanique par soxhlet a abouti à l'obtention d'huiles végétales présentant différentes couleurs et textures en fonction de l'espèce de courge. L'huile de *C. pepo* se caractérise par sa couleur verte et sa texture peu visqueuse, avec un rendement moyen de 52,56 %. En revanche, l'huile de *C. maxima* présente une teinte jaune-verte et une viscosité modérée, avec un rendement moyen de 46,39 %. Quant à l'huile de *C. moschata*, elle se distingue par sa couleur jaune-orange et sa viscosité plus élevée, affichant un rendement moyen de 32,82 % (**Tableau 22**). La différence des rendements moyens de *C. pepo* et *C. maxima* n'est actuellement pas significative ($p > 0,05$).

Tableau 22. Rendement en huile des espèces *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*.

Paramètre	<i>C. pepo</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. moschata</i>
Rendement (%)	52,56 ± 1,80 ^a	46,39 ± 1,17 ^a	32,82 ± 1,33 ^b

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$).

Les travaux menés par Hernández-Santos *et al.* portant sur l'impact de l'extraction par ultrasons sur les graines de *C. pepo* ont rapporté des rendements variant entre 62,46 % et 51,00 % (Hernández-Santos *et al.* 2016), confirmant ainsi les résultats obtenus pour *C. pepo*. De même, selon Singh and Kumar, le rendement de *C. moschata* est influencé par différentes méthodes d'extraction. L'extraction par solvant a produit 38,03 % d'huile, l'extraction à froid a donné 33,25 % et l'extraction par agitation mécanique a donné 26,36 % (Singh and Kumar 2023). Cependant, l'intervalle de rendement obtenu confirme nos résultats. En revanche, dans l'étude menée par Applequist *et al.*, une variation du rendement en huile des graines de *C. maxima* a été observée en fonction des variétés étudiées. La variété « Hokkaido Pumpkin, Japan » a donné 24,20 %, la variété « Squash Indian Pumpkin » a donné 42,33 % et la variété « Butter Pumpkin, Australia » a produit 33,09 % (Applequist *et al.* 2006). Ces résultats divergent de ceux obtenus lors de notre étude, qui a démontré des rendements plus élevés pour cette espèce.

3.2. Composition en acides gras

Les lipides sont composés d'acides gras, classés principalement en acides gras saturés (AGS), mono-insaturés (AGMI) et polyinsaturés (AGPI) en fonction de la présence ou de l'absence de doubles liaisons (Orsavova *et al.* 2015). L'analyse du profil nutritionnel des huiles de graines de courge révèle des niveaux élevés d'AGPI, en particulier l'acide linoléique, qui joue un rôle essentiel dans la formation de membranes cellulaires et de certaines hormones. D'après le **Tableau 23**, l'acide linoléique représente 52,23 % dans *C. pepo*, 57,26 % dans *C. maxima* et 57,65 % dans *C. moschata*.

L'acide oléique, le deuxième acide gras majoritaire, est un AGMI reconnu pour ses bienfaits cardiovasculaires et anti-infectieux (Aktaş, Gerçekaslan, and Uzlaşır 2018). Il constitue respectivement 23,86 %, 18,12 % et 17,03 % de la composition totale des huiles de courge. L'acide palmitique, un AGS également présent dans le corps humain (Carta *et al.* 2017), joue un rôle essentiel dans divers processus biologiques et représente 15,83 %, 17,41 % et 17,39 % dans *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*, respectivement.

Une corrélation négative entre les acides linoléique et oléique ($r^2 = -0,997$) a été observée, suggérant que l'acide linoléique est formé par la désaturation directe de l'acide oléique (Murkovic and Pfannhauser 2000).

Les AGPI et AGMI jouent un rôle essentiel dans la régulation des fonctions biologiques et sont impliqués dans la prévention et le traitement d'un large éventail de maladies humaines,

notamment les maladies cardiaques et l'inflammation (Hulbert et al. 2005). Cependant, une augmentation de la quantité d'AGPI peut accroître le risque d'oxydation dans l'huile (Bonku and Yu 2020). Les trois espèces étudiées présentent une quantité notable d'AGPI, avec des taux compris entre 52,23 % et 57,65 % d'acides linoléique. Cependant, l'espèce *C. pepo* se distingue par son taux élevé d'AGMI, par rapport aux autres espèces, en grande partie en raison de sa teneur plus élevée en acide oléique. Cependant, ces valeurs ne présentent aucune différence significative ($p > 0,05$).

Tableau 23. Profil des acides gras des espèces *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*.

Acides gras (%)	<i>C. pepo</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. moschata</i>
Acide myristique (C14:0)	0,14 ± 0,04 ^a	0,10 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,03 ^a
Acide palmitique (C16:0)	15,83 ± 0,17 ^a	17,41 ± 0,20 ^a	17,39 ± 0,42 ^a
Acide palmitoléique (C16:1)	0,12 ± 0,03 ^a	0,08 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,01 ^a
Acide stéarique (C18:0)	7,33 ± 0,15 ^a	6,56 ± 0,16 ^a	7,26 ± 0,23 ^a
Acide oléique (C18:1)	23,86 ± 0,89 ^a	18,12 ± 1,80 ^a	17,03 ± 0,45 ^a
Acide linoléique (C18:2)	52,11 ± 0,71 ^a	56,98 ± 1,77 ^a	57,40 ± 0,67 ^a
Acide linoléique (C18 :3)	0,12 ± 0,01 ^a	0,28 ± 0,03 ^a	0,25 ± 0,04 ^a
Acide arachidique (20:0)	0,49 ± 0,06 ^a	0,47 ± 0,05 ^a	0,50 ± 0,02 ^a
ΣAGS	23,79 ± 0,43 ^a	24,54 ± 0,42 ^a	25,24 ± 0,72 ^a
ΣAGMI	23,98 ± 0,92 ^a	18,20 ± 1,81 ^a	17,11 ± 0,46 ^a
ΣAGPI	52,23 ± 0,072 ^a	57,26 ± 1,80 ^a	57,65 ± 0,71 ^a

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$).

Des résultats divergents ont été rapportés par Kim *et al.* Selon leur étude, les niveaux d'acide linoléique étaient de 36,40 % dans *C. pepo*, 56,60 % dans *C. maxima* et 35,72 % dans *C. moschata*, des valeurs relativement plus basses que celles obtenues dans notre étude (Kim et al. 2012). De même, les pourcentages d'acide oléique étaient de 32,40 % dans *C. pepo*, 14,83 % dans *C. maxima* et 31,34 % dans *C. moschata*, tandis que pour l'acide palmitique, les valeurs étaient de 12,97 % dans *C. pepo*, 10,84 % dans *C. maxima* et 12,78 % dans *C. moschata*. Ces différences pourraient être attribuables à divers facteurs tels que les conditions climatiques, le stade de récolte, le degré de maturité, ainsi que les conditions de séchage et de stockage.

4. Composition en phytostérols

Les sources alimentaires habituelles fournissent environ 200 à 300 mg de phytostérols par jour (Piironen et al. 2000). Ces phytostérols sont principalement des $\Delta 5$ stérols, mais les $\Delta 7$ stérols, caractéristiques de certaines familles de plantes telles que les Cucurbitacées, sont également présents et sont considérés comme bénéfiques pour la santé de la prostate et de la vessie (Nakić et al. 2006; Rabrenović et al. 2014).

Les huiles de graines de courge contiennent une variété de stérols, parmi lesquels le β -sitostérol, le $\Delta 5,24$ Stigmastadiénol, le $\Delta 7$ Avenastérol et le $\Delta 7$ stigmastérol sont les plus abondants. Les teneurs de ces stérols varient selon les espèces, avec des niveaux les plus élevés observés dans *C. maxima*, suivie de *C. pepo* et *C. moschata*. Selon le **Tableau 24**, le β -sitostérol est présent à des concentrations allant de 84,40 à 116,33 mg/100g d'huile. Le $\Delta 5,24$ Stigmastadiénol varie de 44,82 à 79,90 mg/100g d'huile, avec une différence significative entre les différentes espèces ($p < 0.05$). Le troisième stérol majoritaire présent dans nos huiles est le $\Delta 7$ Avenastérol et varie considérablement entre 31,88 et 74,68 mg/100g d'huile.

D'autres études ont également examiné la composition en stérols des graines de courge. Selon Singh and Kumar, le $\Delta 7,22,25$ Stigmastratriénol est le stérol principal, suivi du $\Delta 7,25$ Stigmastadiénol et du $\Delta 5$ Avenastérol (Singh and Kumar 2023). Cependant, les résultats de Bardaa et al. indiquent des niveaux élevés de β -sitostérol, de $\Delta 5,24$ Stigmastadiénol et de $\Delta 7$ Avenastérol (Bardaa et al. 2016).

Dans cette étude, les niveaux de stérols totaux (ST) varient entre 189,48 et 310,56 mg/100g d'huile, ce qui est comparable ou même supérieur à la teneur en stérols d'autres graines telles que les noix (126,04 mg/100g d'huile) (Elouafy, Lakhlifi, et al. 2022), les amandes douces (225,9 mg/100g d'huile) (El Bernoussi et al. 2020) et les cacahuètes à 227,22 (mg/100g d'huile) (Lakhlifi et al. 2022). Cette richesse en ST est bénéfique d'un point de vue nutritionnel et médicinal, car elle peut contribuer à réduire l'absorption intestinale du cholestérol et à abaisser les niveaux de cholestérol total et de LDL dans le plasma (Ryan et al. 2007). En particulier, l'espèce *C. maxima* qui se distingue par des niveaux de stérols significativement plus élevés par rapport aux autres espèces ($p < 0.05$), ce qui est encourageant du point de vue des bienfaits pour la santé.

Tableau 24. Profil des phytostérols des espèces *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*.

Phytostérols (mg/100g d'huile)	<i>C. pepo</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. moschata</i>
β -Sitostérol	90,87 \pm 3,62 ^b	116,33 \pm 0,15 ^a	84,40 \pm 1,10 ^b
Δ 5,24 Stigmastadiénol	44,82 \pm 0,88 ^c	79,90 \pm 2,66 ^a	56,24 \pm 2,37 ^b
Δ 7 Avenastérol	31,88 \pm 0,01 ^c	74,68 \pm 1,83 ^a	47,18 \pm 2,19 ^b
Δ 7 Stigmastérol	13,37 \pm 0,34 ^b	25,80 \pm 1,78 ^a	15,72 \pm 0,70 ^b
Δ 5 Avenastérol	3,42 \pm 0,02 ^c	1,58 \pm 0,06 ^a	0,71 \pm 0,01 ^b
Sitostanol	1,46 \pm 0,06 ^c	6,24 \pm 0,17 ^a	3,18 \pm 0,04 ^b
Δ 7 Campesterol	1,21 \pm 0,04 ^c	2,66 \pm 0,05 ^a	4,02 \pm 0,00 ^b
24-Méthylén-cholesterol	0,99 \pm 0,04 ^b	0,89 \pm 0,03 ^{ab}	0,79 \pm 0,03 ^a
Stigmastérol	0,82 \pm 0,00 ^c	1,80 \pm 0,07 ^a	2,97 \pm 0,01 ^b
Campesterol	0,54 \pm 0,02 ^a	0,53 \pm 0,05 ^a	0,89 \pm 0,01 ^b
Cholestérol	0,09 \pm 0,00 ^b	0,16 \pm 0,00 ^a	0,12 \pm 0,01 ^{ab}
Stérols totaux	189,48 \pm 2,41 ^c	310,56 \pm 2,40 ^a	216,20 \pm 4,92 ^b

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes \pm écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$).

5. Composition en tocophérols

Les régimes alimentaires riches en graines de courge ont été associés à une réduction du risque de cancers de l'estomac, du sein, du poumon et du côlon. Ces effets bénéfiques sont attribués aux antioxydants naturellement présents dans les graines de courge, qui protègent les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres et d'autres espèces réactives de l'oxygène. Dans cette étude, trois homologues de tocophérols (δ , γ et α) ont été distingués.

Les résultats présentés dans le **Tableau 25**, révèlent que l'espèce *C. maxima* se distingue par sa forte teneur en γ -tocophérol, dépassant de 1,2 à 1,8 fois celle des autres espèces. En effet, les niveaux de cet homologue varient de 334,54 à 626,67 mg/Kg d'huile, tandis que les teneurs d' α et de δ -tocophérol varient respectivement de 8,49 à 22,02 mg/Kg d'huile et de 7,02 à 19,98 mg/Kg d'huile.

Tableau 25. Profil des tocophérols des espèces *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*.

Tocophérols (mg/Kg d'huile)	<i>C. pepo</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. moschata</i>
γ -tocophérol	334,54 \pm 13,56 ^c	626,67 \pm 47,45 ^a	476,86 \pm 29,14 ^b
α -tocophérol	8,49 \pm 0,34 ^b	22,02 \pm 1,82 ^a	18,96 \pm 0,51 ^a
δ -tocophérol	7,02 \pm 1,14 ^c	19,98 \pm 0,45 ^a	11,06 \pm 0,29 ^b
Tocophérols totaux	350,05 \pm 15,04 ^c	668,67 \pm 49,72 ^a	506,88 \pm 29,94 ^b

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes \pm écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$).

Ces résultats rejoignent des recherches antérieures, notamment celles de Petkova and Antova, qui ont rapporté que 89,9 % des niveaux de tocophérols étaient constitués de γ -tocophérol, suivi par l' α - et le δ -tocophérol à 5,6 % et 2,1 % respectivement (Petkova and Antova 2019). Cependant, les résultats diffèrent de ceux de Ziaul *et al.*, où le δ -tocophérol était prédominant (Ziaul *et al.* 2019).

Plusieurs facteurs peuvent influencer la teneur en tocophérols, notamment le procédé d'extraction de l'huile, le degré de maturité du fruit, les conditions de stockage, le climat et les conditions d'analyse des tocophérols (Murkovic, Hillebrand, Winkler, and Pfannhauser 1996; Rabrenović *et al.* 2014). Néanmoins, il est important de souligner que la forme γ -tocophérol possède des propriétés antioxydantes supérieures, suggérant son importance potentielle dans la prévention des maladies liées à l'oxydation, telles que le prédiabète et les lésions vasculaires (Lampi *et al.* 1999; Yadav *et al.* 2010).

Les niveaux totaux de tocophérols (TT) varient de 350,05 à 668,67 mg/Kg d'huile, ce qui met en évidence l'importance nutritionnelle de l'huile de graines de courge, en particulier celle de l'espèce *C. maxima*. Comparativement, l'huile d'argan présente des teneurs en TT similaires (El Idrissi *et al.* 2022), tandis que celles de l'huile d'avocat sont généralement plus faibles (Nasri *et al.* 2021).

6. Composés phénoliques et activité antioxydante

Les composés phénoliques font partie des métabolites secondaires, représentant une proportion mineure de la composition chimique des plantes dans leur ensemble. Néanmoins,

leur importance réside dans leurs propriétés antioxydantes. Les données du **Tableau 26** montrent que la teneur en composés phénoliques varie selon les espèces de courge étudiées. En effet, *C. maxima* affiche la valeur la plus élevée, avec 27,52 mg EAG/g d'extrait, suivie de *C. moschata* et de *C. pepo*, qui présentent respectivement des teneurs de 16,64 et 13,70 mg EAG/g d'extrait, sans présenter de différence statistique significative ($p > 0,05$). En comparaison, Jahan *et al.* ont rapporté une valeur de 8,27 mg EAG/g d'extrait pour l'espèce *C. maxima* (Jahan *et al.* 2023), bien inférieure aux résultats obtenus dans cette étude. Kulaitiene *et al.* ont signalé des valeurs de variant de 0,37 à 0,61 mg EAG/g d'extrait pour l'espèce *C. pepo* (Kulaitiene *et al.* 2018), montrant des valeurs encore plus faibles. Tandis que pour l'espèce *C. moschata*, Singh et Kumar ont relevé des valeurs allant de 18,38 à 19,26 mg EAG/g d'extrait (Singh and Kumar 2023), comparables à celles obtenues dans cette étude pour cette espèce. Ces variations suggèrent que les teneurs en composés phénoliques peuvent différer significativement d'une espèce à une autre.

Tableau 26. TPC et IC₅₀ des extraits de *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*.

Paramètres	<i>C. pepo</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. moschata</i>
TPC (mg EAG/g d'extrait)	13,70 ± 1,39 ^b	27,52 ± 0,20 ^a	16,64 ± 3,03 ^b
IC ₅₀ (mg/mL)	0,59 ± 0,02 ^c	0,13 ± 0,02 ^a	0,40 ± 0,01 ^b

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$).

L'évaluation de l'activité antioxydante d'un extrait permet de mesurer son potentiel d'inhibition des radicaux libres, en calculant son IC₅₀, soit la concentration nécessaire pour éliminer 50 % des radicaux libres. Celle-ci a été effectuée par le test de DPPH.

Selon le **Tableau 26**, l'espèce *C. maxima* présente la plus faible valeur d'IC₅₀, soit une concentration de 0,13 mg/mL nécessaire pour réduire de moitié les radicaux libres DPPH• sous leur forme non radicalaire. Cette valeur indique une capacité antioxydante plus élevée par rapport aux deux autres espèces. En effet, *C. moschata* et *C. pepo* présentent des IC₅₀ plus élevés, respectivement de 0,40 mg/mL et 0,59 mg/mL, nécessitant ainsi des concentrations beaucoup plus élevées pour atteindre le même niveau d'inhibition.

Jane Monica *et al.* ont rapporté une valeur de 784 µg/mL pour l'extrait de graines de *C. maxima* (Jane Monica *et al.* 2022), tandis que Jahan *et al.* ont indiqué une valeur plus élevée,

soit 1090,7 µg/mL pour la même espèce (Jahan et al. 2023). Ces résultats contrastent avec ceux obtenus lors de notre étude, suggérant ainsi un pouvoir antioxydant moins élevé dans ces échantillons.

Des études antérieures ont établi un lien entre la composition chimique d'un extrait et son pouvoir antioxydant, suggérant que la teneur en AGPI, en TT et en composés phénoliques peut influencer cette activité (Latif and Anwar 2011; Zhang et al. 2010). Les composés phénoliques, en particulier, sont reconnus pour renforcer le mécanisme de défense antioxydant de la plante, offrant ainsi une protection contre les dommages causés par les radicaux libres (Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019a). Dans notre étude, l'espèce *C. maxima* s'est distinguée par des niveaux plus élevés d'AGPI ($57,26 \pm 1,80$ %), de TT ($633,51 \pm 49,69$ mg/Kg d'huile) et de TPC ($27,52 \pm 0,20$ mg EAG/g d'extrait), ce qui peut expliquer en grande partie son fort potentiel antioxydant.

7. Étude statistique

7.1. MATRICE DE CORRÉLATION

Le **Tableau 27** met en évidence les coefficients de corrélation entre divers paramètres, notamment R%, AGPI, Ia, Ii, Ip, E₂₃₂, E₂₇₀, Tcar, Tch1, ST, TT, TPC et IC₅₀. Parallèlement, le **Tableau 28** fournit les *p*-valeurs correspondantes pour chaque coefficient de corrélation. Nous avons relevé plusieurs corrélations positives (*p*-valeur < 0,05) et significativement élevées (*p*-valeur < 0,01). Notamment, une corrélation positive entre TPC, TT ($r^2 = 0,890$), et Ii ($r^2 = 0,778$), ainsi qu'une corrélation positive fortement significative avec ST ($r^2 = 0,963$). En revanche, des corrélations négatives ont également été observées (*p*-valeur < 0,05), telles que la corrélation entre TPC et Ip ($r^2 = -0,815$), ainsi qu'une corrélation négative significativement élevée avec l'IC₅₀ ($r^2 = -0,946$).

Le pouvoir antioxydant a présenté plusieurs corrélations positives avec Ia ($r^2 = 0,902$) et Ip ($r^2 = 0,941$), ainsi que des corrélations négatives significativement élevées (*p*-valeur < 0,01) avec ST ($r^2 = -0,963$), TT ($r^2 = -0,967$) et Ii ($r^2 = -0,889$). Quant au variable TT, celui-ci présente une corrélation positive avec AGPI ($r^2 = 0,700$).

Des corrélations négatives ont également été observées entre Tcar et E₂₃₂ ($r^2 = -0,974$) et E₂₇₀ ($r^2 = -0,974$). De plus, Tch1 présente une corrélation négative avec E₂₃₂ ($r^2 = -0,993$). En revanche, les deux pigments montrent une corrélation positive significativement élevée entre eux ($r^2 = 0,972$) et avec R ($r^2 = 0,966$).

Tableau 27. Coefficient de corrélation de Pearson entre différentes variables étudiées.

Variables	R%	AGPI	Ia	Ii	Ip	E ₂₃₂	E ₂₇₀	Tcar	Tchl	ST	TT	TPC	IC ₅₀
R%	1												
AGPI	-0,383	1											
Ia	0,513	-0,577	1										
Ii	-0,492	0,636	0,950	1									
Ip	0,514	-0,649	0,959	-0,942	1								
E₂₃₂	0,748	-0,049	-0,129	0,163	-0,132	1							
E₂₇₀	0,966	-0,500	0,577	-0,537	0,603	0,711	1						
Tcar	-0,850	0,126	-0,027	0,015	-0,022	-0,974	-0,800	1					
Tchl	-0,719	0,025	0,185	-0,204	0,185	-0,993	-0,667	0,972	1				
ST	0,040	0,485	-0,791	0,795	-0,826	0,666	-0,050	-0,537	-0,700	1			
TT	-0,285	0,700	-0,918	0,927	-0,953	0,370	-0,378	-0,226	-0,419	0,930	1		
TPC	-0,037	0,345	-0,784	0,778	-0,815	0,623	-0,077	-0,477	-0,657	0,963	0,890	1	
IC₅₀	0,212	-0,527	0,902	-0,889	0,941	-0,453	0,304	0,305	0,497	-0,963	-0,967	-0,946	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha = 0,05$.

Tableau 28. *p*-valeurs du coefficient de la matrice de corrélation.

Variables	R%	AGPI	Ia	Ii	Ip	E ₂₃₂	E ₂₇₀	Tcar	Tchl	ST	TT	TPC	IC ₅₀
R%	0												
AGPI	0,309	0											
Ia	0,158	0,104	0										
Ii	0,179	0,065	0,000	0									
Ip	0,157	0,059	0,000	0,000	0								
E₂₃₂	0,021	0,901	0,741	0,675	0,735	0							
E₂₇₀	0,000	0,171	0,104	0,136	0,085	0,032	0						
Tcar	0,004	0,746	0,944	0,970	0,955	0,000	0,010	0					
Tchl	0,029	0,949	0,634	0,598	0,633	0,000	0,049	0,000	0				
ST	0,918	0,186	0,011	0,010	0,006	0,050	0,898	0,136	0,036	0			
TT	0,457	0,036	0,000	0,000	0,000	0,326	0,316	0,559	0,262	0,000	0		
TPC	0,924	0,363	0,012	0,014	0,007	0,073	0,844	0,194	0,055	0,000	0,001	0	
IC₅₀	0,584	0,145	0,001	0,001	0,000	0,221	0,427	0,426	0,174	0,000	0,000	0,000	0

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha = 0,05$.

Singh and Kumar ont mis en lumière la relation entre TPC et IC₅₀, soulignant le rôle des polyphénols en tant qu'antioxydants et mettant en évidence leur corrélation positive (Singh and Kumar 2023). De manière similaire, Marfil et al. ont observé une corrélation significative entre l'activité antioxydante, TPC et TT dans les huiles d'*argania spinosa* (Marfil et al. 2011).

D'autres études ont également mis en évidence des corrélations négatives entre IC₅₀ et les indices de qualité Ia et Ip. Ces recherches ont montré que des niveaux élevés d'Ia et d'Ip sont associés à une activité antioxydante réduite. En effet, l'oxydation des huiles, mesurée par Ip et Ia, est indicative d'une dégradation de la qualité de l'huile, ce qui diminue son efficacité antioxydante.

7.2. Analyse des principaux composants

Les différents variables utilisés pendant cette étude ont été projetés par l'ACP sur le plan factoriel F1-F2. Le premier axe (F1) explique 56,69 % de la variance totale, tandis que le second axe (F2) en explique 36,89 %. Le pourcentage cumulé des deux premiers axes est de 93,58 %, ce qui est supérieur à 50 %. Cela indique que la combinaison linéaire de ces deux axes est représentative des variables étudiées. Par conséquent, les deux premiers axes sont appropriés pour représenter l'ensemble des informations.

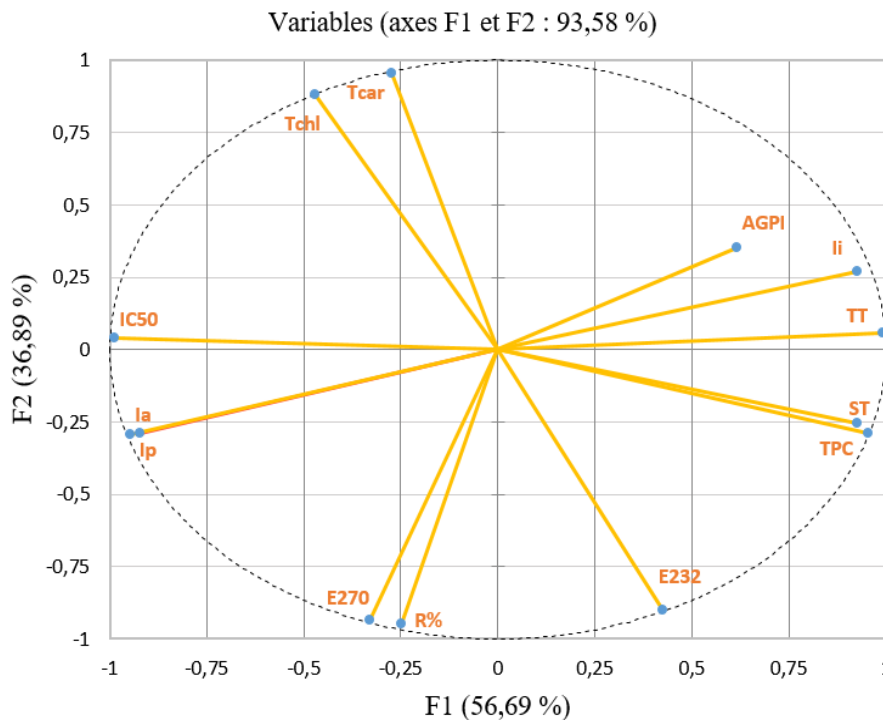


Figure 19. ACP des différents paramètres analysés.

La **Figure 19** montre le plan formé par les axes F1 et F2, illustrant la corrélation entre les différentes variables. L'axe F1 est principalement constitué par une corrélation positive entre AGPI, Ii, TT, ST et TPC. En revanche, l'axe F2 est formé par une corrélation négative entre IC₅₀ et les variables Ia et Ip.

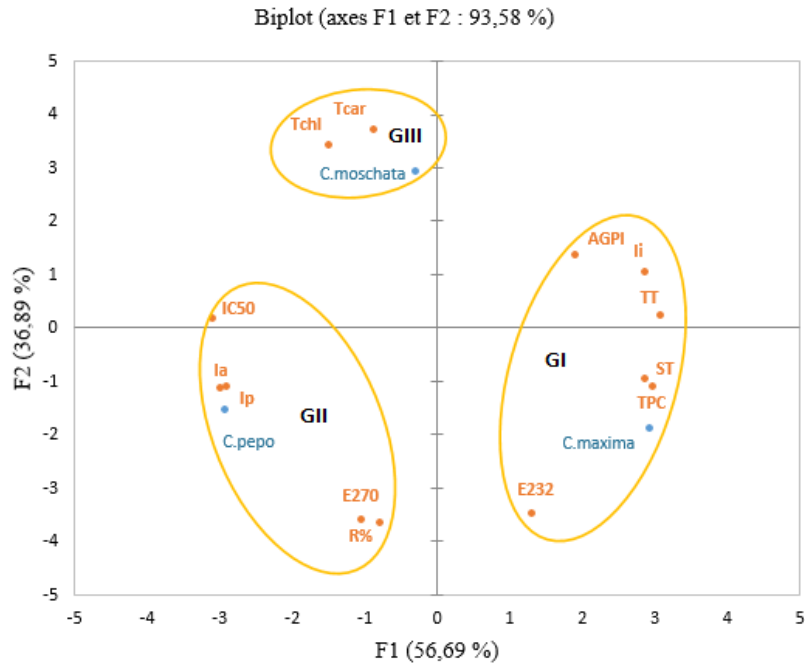


Figure 20. Projection des individus sur le plan d'essai (F1×F2).

GI : Groupe I, GII : Groupe II et GIII : Groupe III.

La **Figure 20** illustre la répartition des 13 variables en trois groupes distincts. Le groupe I comprend les échantillons de l'espèce *C. maxima*, caractérisés par des valeurs élevées d'Ii, E₂₃₂, AGPI, ST, TT et TPC. Ces échantillons montrent également un fort pouvoir antioxydant par rapport aux autres groupes, ainsi que des valeurs faibles pour Ia et Ip, et des valeurs intermédiaires pour R% et E₂₇₀.

Le groupe II est composé d'échantillons de *C. pepo*, caractérisés par des valeurs élevées de R%, Ia, Ip, et E₂₇₀, ainsi qu'un pouvoir antioxydant relativement plus faible que les autres groupes.

Le groupe III comprend les échantillons de *C. moschata*, caractérisés par des valeurs élevées en Tcar et Tchl. Ces échantillons présentent également des valeurs intermédiaires pour la plupart des autres variables, à l'exception de R% et E₂₇₀, qui présentent les valeurs les plus faibles dans ce groupe.

8. Conclusion

La présente étude s'est focalisée sur l'évaluation exhaustive des huiles extraites des graines de trois espèces de courge, à savoir *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*. Nous avons examiné divers aspects, notamment leurs rendements, leurs caractéristiques physico-chimiques, leur composition en acides gras, phytostérols et tocophérols, leur teneur en composés phénoliques, ainsi que leur activité antioxydante.

L'analyse des indices d'acide et de peroxyde a révélé des niveaux plus élevés chez *C. pepo*, suggérant une huile potentiellement plus oxydée, tandis que l'indice d'iode était plus prononcé chez *C. maxima*, suggérant une huile plus riche en doubles liaisons. Par ailleurs, la teneur en pigments a mis en évidence une prédominance de chlorophylles et de caroténoïdes dans les graines de *C. moschata* par rapport aux autres espèces.

En termes de rendement, les graines de *C. pepo* ont affiché un taux élevé, atteignant 53 % d'huile. De même, l'analyse de la composition chimique a révélé une abondance d'acides gras polyinsaturés, notamment en acide linoléique, bien qu'aucune différence significative n'ait été observée entre les différentes espèces. Par ailleurs, la composition en stérols a montré une prédominance de β -Sitostérol et de niveaux de stérols totaux plus élevés observés chez *C. maxima*. La composition en tocophérols a également révélé des variations, avec une prédominance de γ -tocophérol et des teneurs plus élevées de tocophérols totaux chez *C. maxima*.

De plus, les teneurs en composés phénoliques ont été plus élevées chez *C. maxima*, suivi de *C. moschata* et de *C. pepo*. L'évaluation de l'activité antioxydante a révélé une forte inhibition des radicaux libres DPPH chez *C. maxima*, avec un IC_{50} de 0,13 mg/ml.

Ces résultats mettent en lumière les multiples fonctionnalités des espèces de *Cucurbita* dans le contexte nutritionnel et médicinal, notamment les performances remarquables de *C. maxima*. Par conséquent, une exploration plus approfondie de cette espèce est recommandée, offrant ainsi des perspectives prometteuses pour son exploitation future.

Chapitre III.

Résultats et discussion

Partie 2 : Impact de la localisation géographique sur la qualité nutritionnelle, la composition chimique et l'activité antioxydante de l'huile de graines de *cucurbita maxima*

1. Introduction

Le genre *Cucurbita*, appartenant à la famille des *Cucurbitaceae*, provient des régions tropicales, avec 90 % de ses espèces principalement présentes en Afrique et à Madagascar, en Amérique centrale et du Sud, ainsi qu'en Asie du Sud-Est (Mukherjee et al. 2022). Ces plantes prospèrent dans des environnements chauds, typiquement entre 25 et 30°C, favorables à la germination des graines (Paris 2016), et dans des sols riches en nutriments et humides, fournissant des conditions idéales pour leur développement (McCreight 2016).

La croissance des plantes de *Cucurbita* est influencée par divers facteurs environnementaux tels que la localisation géographique, le climat, le type de sol et les niveaux d'irrigation, qui peuvent également affecter la qualité nutritionnelle, les métabolites secondaires et les activités biologiques (Xu et al. 2022). Ces éléments jouent un rôle crucial dans la production de courges, où un approvisionnement en eau adéquat et des températures modérées favorisent une croissance optimale, contribuant à des récoltes abondantes et de haute qualité. Bénéficiant d'un climat tempéré et de zones agricoles favorables, le Maroc est stratégiquement positionné pour la production de certaines espèces de *Cucurbita*, notamment la variété "rouge vif d'Etampes", issue l'espèce *C. maxima* et principalement cultivée dans les régions de Doukkala, Saïs et El Gharb (Khelfaoui 2002).

C. maxima est cultivée à l'échelle mondiale et revêt une importance en tant que légume et plante médicinale. Traditionnellement, ses graines étaient utilisées pour traiter les troubles hépatiques et digestifs (Rajasree et al. 2016), une pratique soutenue par des études récentes. En effet, ce traitement est administré par voie orale pour traiter les vers intestinaux, la constipation (Kujawska and Pieroni 2015; Menendez-Baceta et al. 2014; Perez Gutierrez 2016), et les vomissements sanglants ou bilieux (Vijayakumar et al. 2015). Actuellement, ces graines sont intégrées dans notre alimentation quotidienne en tant que collations, condiments pour salades ou ingrédients de boulangerie (Andjelkovic et al. 2018; Jafari et al. 2012; Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019b; Uba and Muhammad 2019).

La composition des graines de *C. maxima* est remarquablement riche et diversifiée. Elles contiennent de 12,3 à 39,2 % de protéines, de 23,4 à 52,1 % de lipides et de 16,8 à 46,3 % de fibres (Alfawaz 2004; Amin et al. 2019; Amoo et al. 2004; Fiaz et al. 2023; Indrianingsih et al. 2019; Ziaul et al. 2019). Elles présentent également des teneurs variées de polyphénols (0,1 – 8,3 mg EAG/g d'extrait), de flavonoïdes (6,14 – 71,06 mg EQ/g d'extrait) et de tanins (12,9 – 14,3 mg EC/g d'extrait) (Ethiraj and Balasundaram 2016; Fiaz et al. 2023; Jahan et al. 2023; Kar, Dutta, and Yasmin 2023; Rezig et al. 2018). De plus, elles sont une source significative de caroténoïdes (0,6 - 8,2 mg/100g), de β -carotène (9,9 – 31,4 mg/Kg), de γ -tocophérol (112,0 - 239,6 mg/Kg) et d' α -tocophérol (20,8 - 128 mg/100g) (Hussain, Kausar, Din, et al. 2021; Jahan et al. 2023; Rezig et al. 2018; Ziaul et al. 2019). Elles contiennent également des minéraux essentiels tels que le potassium (30,8 – 753,1 mg/100g), le fer (0,1 – 29,1 mg/100g), le sodium (1,3 – 68,6 mg/100g), le calcium (4,0 – 139,7 mg/100g), le magnésium (4,3 – 364,4 mg/100g), le cuivre (0,3 – 7,1 mg/100g), le zinc (1,1 – 18,8 mg/100g) et le manganèse (1,3 – 1,9 mg/100g) (Alfawaz 2004; Amoo et al. 2004; Fiaz et al. 2023).

L'huile extraite des graines présente une activité anthelminthique (Dubey 2012), avec une couleur variant du vert à l'orange et contenant un niveau élevé de vitamine E (Potočnik, Rak Cizej, and Košir 2018). Elle est également riche en acides gras polyinsaturés, notamment en acide linoléique variant entre 42,1 et 51,5 %, en acide oléique de 30,5 à 40,8 %, en acide palmitique de 10,3 à 11,7 %, et en acide stéarique de 4,1 à 5,4 %, avec une teneur moyenne en huile de 50 % (Murkovic, Hillebrand, Winkler, Leitner, et al. 1996).

Cependant, il existe peu d'études explorant l'effet de la localisation géographique sur la qualité nutritionnelle et l'activité antioxydante des huiles de *C. maxima*. Par conséquent, cette étude vise à examiner l'impact de différentes localisations géographiques, à savoir Guercif (Gu), Khémisset (Kh), Shoul (Sh), El Jadida (Ej) et Agadir (Ag), sur les huiles issues de *C. maxima* (Rouge vif d'Etampes). L'objectif est de comparer leurs rendements, leurs paramètres physico-chimiques (indice d'acide, indice d'iode, indice de peroxyde, E_{232} , E_{270} et teneur en caroténoïdes et chlorophylle), leurs teneurs totales en polyphénols, leurs compositions chimiques en acides gras, phytostérols et tocophérols, et leur activité antioxydante.

2. Paramètres physico-chimiques des huiles

2.1. Indice d'acide

Le **Tableau 29** présente des indices d'acide variant de 1,11 à 1,94 mg KOH/g d'huile. Notamment, Ej qui présente la valeur la plus élevée, suivi par Sh (1,69 mg KOH/g d'huile), Kh (1,38 mg KOH/g d'huile), Ag (1,20 mg KOH/g d'huile) et Gu (1,11 mg KOH/g d'huile), indiquant une concentration plus faible en acides libres.

Une étude menée par Hagos *et al.* a enregistré une valeur de 1,32 mg KOH/g d'huile dans les huiles provenant des graines de *C. maxima* récoltées en Éthiopie (Hagos, Yaya, *et al.* 2023). En comparaison, Lisa *et al.* ont rapporté une valeur plus élevée de 2,36 mg KOH/g d'huile dans les huiles provenant des graines de *C. maxima* collectées au Bangladesh (Lisa *et al.* 2022). Des niveaux plus élevés ont été relevé par Uba et Muhammad dans le nord-est du Nigéria, où l'Ia avait atteint 6,92 mg KOH/g d'huile (Uba and Muhammad 2019). De plus, Bwade *et al.* ont observé un Ia encore plus élevé de 12,6 mg KOH/g d'huile dans les huiles issues des graines de *C. maxima* récoltées au Niger, spécifiquement dans l'état d'Adamawa (Bwade, Aliyu, and Kwaji 2013).

2.2. Indice d'iode

D'après le **Tableau 29**, les indices d'iode ont varié de 107,44 à 124,15 g I₂/100g d'huile (p<0,05). Gu a montré la valeur la plus élevée, suivi par Kh, Ag, Sh, et Ej avec des valeurs de 115,84, 107,44, 110,74, et 107,44 g I₂/100g d'huile, respectivement.

Les résultats obtenus sont en accord avec une récente étude menée par Hagos *et al.* en Éthiopie, où l'Ii était de 114 g I₂/100g d'huile (Hagos, Yaya, *et al.* 2023). En revanche, une étude rapportée par Rezig *et al.* a montré une valeur plus élevée de 153,66 g I₂/100g d'huile dans les échantillons de Tunisie (Rezig *et al.* 2012), tandis que Yusuf *et al.* ont démontré un Ii encore plus élevé de 182,74 g I₂/100g d'huile dans les huiles provenant du Niger (Yusuf, Kantoma, and Mosunmola 2021).

2.3. Indice de peroxyde

Les indices de peroxyde ont varié de 3,30 à 6,32 mEq O₂/Kg d'huile. En effet, d'après le **Tableau 29**, Ej a présenté la valeur la plus élevée, suivi par Sh (5,30 mEq O₂/Kg d'huile), Kh (4,50 mEq O₂/Kg d'huile), Ag (4,48 mEq O₂/Kg d'huile), et Gu (3,30 mEq O₂/Kg d'huile). En comparaison, l'étude menée par Rezig *et al.* a rapporté une valeur plus faible de 2,33 mEq O₂/Kg d'huile dans les huiles de Tunisie (Rezig *et al.* 2012). De plus, Yusuf *et al.* ont identifié une valeur encore plus faible de 2,5 mEq O₂/Kg d'huile dans les échantillons du Niger (Yusuf

et al. 2021). Cependant, Lisa *et al.* ont trouvé une valeur similaire à notre étude (Lisa et al. 2022).

2.4. Extinctions spécifiques

D'après le **Tableau 29**, les valeurs d'E₂₃₂ et d'E₂₇₀ varient respectivement de 1,55 à 2,89 et de 0,64 à 0,98. Ej a présenté la valeur la plus élevée en E₂₃₂, suivi par Sh avec 2,51, Kh avec 1,68, et enfin Gu et Ag avec respectivement 1,58 et 1,55 (p>0,05). En termes d'E₂₇₀, Ej a encore montré une valeur plus élevée, suivi de Kh avec 0,98, Ag avec 0,82, Gu avec 0,68, et enfin Sh avec 0,64.

Ces résultats montrent des niveaux légèrement inférieurs comparés à ceux rapportés par Rezig *et al.* (Rezig et al. 2012). En revanche, l'étude rapportée par Tsaknis *et al.* a montré des résultats plus élevés, atteignant 6,32 pour E₂₃₂ et 3,93 pour E₂₇₀ dans les huiles de la région d'Evros en Grèce (Tsaknis, Lalas, and Lazos 1997). Cela suggère que nos huiles présentent de faibles niveaux d'oxydation comparées aux autres études.

2.5. Pigments

Le **Tableau 29** relève les variations de la teneur en pigments selon les régions étudiées, révélant des différences significatives. Les résultats ont indiqué des variations dans Tcar (0,25 - 0,54 mg/Kg d'huile) et Tchl (0,38 - 0,77 mg/Kg d'huile). Ej a présenté les valeurs les plus élevées, suivi de Sh, Kh, Ag, et Gu (p<0,05). Selon Muenmanee *et al.*, les teneurs en Tcar et Tchl étaient respectivement de 1,86 et 12,65 mg/100g dans les huiles de *C. maxima* cultivées en Thaïlande (Muenmanee et al. 2016).

Ainsi, la biosynthèse des caroténoïdes est fortement influencée par divers facteurs tels que le développement du fruit, la température, les conditions du sol, l'intensité lumineuse et le stade de maturation. Lors de la maturation de la courge, les caroténoïdes augmentent considérablement, contribuant au changement de couleur du jaune clair au jaune foncé à maturité (Provesi, Dias, and Amante 2011; Sharma and Ramana Rao 2013).

Tableau 29. Propriétés physico-chimiques des huiles de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.

Paramètres	Gu	Kh	Sh	Ej	Ag
Ia (mg KOH/g d'huile)	1,11 ± 0,01 ^a	1,38 ± 0,03 ^b	1,69 ± 0,01 ^c	1,94 ± 0,02 ^d	1,20 ± 0,02 ^a
Ii (g I ₂ /100g d'huile)	124,15 ± 2,06 ^a	115,84 ± 0,18 ^b	110,74 ± 0,81 ^{bc}	107,44 ± 1,23 ^c	114,19 ± 0,82 ^b
Ip (mEq O ₂ /Kg d'huile)	3,30 ± 0,24 ^a	4,50 ± 0,04 ^{ab}	5,30 ± 0,28 ^{bc}	6,32 ± 0,24 ^c	4,48 ± 0,16 ^{ab}
E ₂₃₂	1,58 ± 0,00 ^a	1,68 ± 0,03 ^b	2,51 ± 0,00 ^c	2,89 ± 0,00 ^d	1,55 ± 0,01 ^a
E ₂₇₀	0,68 ± 0,00 ^b	0,98 ± 0,01 ^d	0,64 ± 0,00 ^a	1,07 ± 0,00 ^e	0,82 ± 0,01 ^c
Tchl (mg/Kg d'huile)	0,25 ± 0,01 ^a	0,33 ± 0,02 ^b	0,39 ± 0,00 ^c	0,54 ± 0,01 ^d	0,27 ± 0,01 ^{ab}
Tcar (mg/Kg d'huile)	0,38 ± 0,10 ^a	0,68 ± 0,02 ^{ab}	0,59 ± 0,13 ^{ab}	0,77 ± 0,02 ^b	0,48 ± 0,01 ^{ab}

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05). Gu : Guercif ; Kh : Khemisset ; Sh : Shoul ; Ej : El Jadida ; Ag: Agadir.

Parallèlement, l'augmentation des chlorophylles est associée à la croissance et à la maturation, comme démontré par Muenmanee *et al.* Leurs observations ont révélés une accumulation prédominante de chlorophylles pendant la maturation (8,92 mg/100g), comparée à la phase de croissance (6,31 mg/100g) (Muenmanee *et al.* 2016).

3. Rendement en huile et composition chimique

3.1. Rendement

Les huiles végétales extraites par la méthode Soxhlet ont présenté des rendements variés. D'après le **Tableau 30**, la région Kh a révélé le rendement le plus élevé (53,59 %), suivie de près par Ej (51,72 %). Les régions de Gu, Ag et Sh ont montré des variations non significatives qui varient entre 47 % et 48 % ($p > 0,05$).

Selon Hagos *et al.*, la teneur en huile des graines de courge d'Éthiopie était de 44 % (Hagos, Yaya, *et al.* 2023). De même, Uba et Muhammad ont présenté un rendement de 45 % pour les graines du Niger (Uba and Muhammad 2019). En outre, une étude menée par Türkmen *et al.*, axée sur les propriétés physicochimiques et les compositions de certains génotypes de graines de courge issue de Selcuk, a révélé une teneur en lipides variant de 31,6 à 38,6 % (Türkmen *et al.* 2017). De plus, Montesano *et al.*, ont rapporté un rendement moyen de 29 % pour l'huile issue des graines d'Italie (Montesano *et al.* 2018). Une autre étude réalisée par Türkmen *et al.* avait révélé des rendements encore plus bas, variant de 22,7 à 35,9 % (Turkmen *et al.* 2015).

Tableau 30. Rendement en huile de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.

Paramètre	Gu	Kh	Sh	Ej	Ag
Rendement (%)	48,30±0,74 ^a	53,59±1,54 ^a	46,86±2,29 ^a	51,72±0,31 ^a	47,32±1,24 ^a

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques ($n=3\pm SEM$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p<0,05$). Gu : Guercif ; Kh : Khemisset ; Sh : Shoul ; Ej : El Jadida ; Ag: Agadir.

3.2. Composition en acides gras

Les données du **Tableau 31** révèlent une prédominance des AGPI, représentant environ 50 % du total des acides gras présents dans les huiles étudiées, suivis par les AGMI et les AGS, chacun représentant environ 25 %. Il est désormais bien établi qu'un régime riche en AGPI et faible en AGS soit bénéfique pour la santé (Hagos, Yaya, et al. 2023). Cependant, une quantité élevée d'AGPI peut entraîner une oxydation rapide des huiles (Arab et al. 2022).

La région Gu a présenté des valeurs élevées en acide linoléique, atteignant 57,65 %, suivi de près par Kh avec 52,24 % et Ag avec 50,18 % ($p < 0,05$). Les régions de Sh et Ej ont affiché les valeurs les moins élevées, à savoir 47,13 % et 44,08 %, respectivement. Ces valeurs indiquent également la proportion d'AGPI présents dans les huiles de *C. maxima*, soulignant leur dominance. Par ailleurs, l'acide oléique a été plus abondant dans Ej et Sh, avec des pourcentages respectifs de 31,11 % et 27,38 %, suivi de près par Ag à 24,92 % ($p < 0,05$). Kh et Gu ont enregistré des valeurs de 22,63 % et 16,99 %, respectivement. Quant aux acides palmitique et stéarique, ces derniers représentent environ 17 % et 7 %, respectivement dans toutes les régions étudiées.

Ces résultats ont été corroborés par les travaux de Hagos *et al.* qui ont montré que l'huile des graines de *C. maxima* cultivées en Éthiopie contenait principalement de l'acide linoléique à 50,7 %, suivie de l'acide oléique à 18,8 %, de l'acide palmitique à 17,9 % et de l'acide stéarique à 12,4 % (Hagos, Yaya, et al. 2023). De même, Rezig *et al.* ont rapporté des rendements moyens de 16,20 % pour l'acide palmitique et de 8,43 % pour l'acide stéarique, ainsi que des niveaux d'acide oléique plus élevés à 29,52 % et d'acide linoléique plus bas à 45 % dans les huiles de *C. maxima* cultivées en Tunisie (Rezig et al. 2018). D'autre part, Seymen *et al.* ont enregistré des valeurs variant de 31,7 % à 50,6 % pour l'acide linoléique, et de 28,9 % à 49,7 % pour l'acide oléique dans les huiles provenant de Turquie (Seymen et al. 2016). De plus, Karanja *et al.* ont examiné le profil en acides gras de neuf variétés de courges cultivées au Kenya, révélant des proportions allant de 43,4 % à 58,29 % pour l'acide linoléique, 20,27 % à 40,51 % pour l'acide oléique, 8,66 % à 18,2 % pour l'acide palmitique et 0,16 % à 5,55 % pour l'acide stéarique (Karanja et al. 2014).

Ainsi, la composition des acides gras varie considérablement, même au sein des échantillons de la même espèce, modifiant les proportions en AGPI, AGMI et AGS, ainsi que les niveaux d'acides gras essentiels dans les différentes régions étudiées.

Tableau 31. Profil des acides gras des huiles de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.

Acides gras (%)	Gu	Kh	Sh	Ej	Ag
Acide myristique (C14:0)	0,30 ± 0,00 ^a	0,29 ± 0,01 ^a	0,29 ± 0,00 ^a	0,30 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,01 ^a
Acide palmitique (C16:0)	17,29 ± 0,19 ^a	16,67 ± 0,10 ^a	16,97 ± 0,29 ^a	16,75 ± 0,11 ^a	17,32 ± 0,19 ^a
Acide palmitoléique (C16:1)	0,10 ± 0,03 ^a	0,08 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,03 ^a	0,07 ± 0,02 ^a
Acide stéarique (C18:0)	7,07 ± 0,63 ^a	7,49 ± 0,20 ^a	7,55 ± 0,21 ^a	7,08 ± 0,10 ^a	6,62 ± 0,27 ^a
Acide oléique (C18:1)	16,99 ± 0,66 ^a	22,63 ± 0,52 ^b	27,38 ± 0,51 ^c	31,11 ± 0,67 ^d	24,92 ± 0,06 ^{bc}
Acide linoléique (C18:2)	57,65 ± 1,10 ^a	52,24 ± 0,57 ^b	47,13 ± 0,43 ^c	44,08 ± 0,65 ^d	50,18 ± 0,15 ^{bc}
Acide linoléique (C18 :3)	0,13 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,01 ^a	0,13 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,01 ^a
Acide arachidique (20:0)	0,47 ± 0,01 ^a	0,47 ± 0,01 ^a	0,47 ± 0,01 ^a	0,45 ± 0,01 ^a	0,45 ± 0,01 ^a
ΣAGS	25,13 ± 0,83 ^a	24,92 ± 0,32 ^a	25,28 ± 0,51 ^a	24,58 ± 0,23 ^a	24,69 ± 0,48 ^a
ΣAGMI	17,09 ± 0,69 ^a	22,71 ± 0,53 ^b	27,46 ± 0,52 ^c	31,21 ± 0,70 ^d	24,99 ± 0,08 ^{bc}
ΣAGPI	57,78 ± 1,10 ^a	52,37 ± 0,57 ^b	47,26 ± 0,44 ^{cd}	44,21 ± 0,65 ^c	50,32 ± 0,16 ^{bd}

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05). Gu : Guercif ; Kh : Khemisset ; Sh : Shoul ; Ej : El Jadida ; Ag: Agadir

4. Composition en phytostérols

La distribution des phytostérols dans les huiles de *C. maxima* cultivée dans différentes régions est présentée dans le **Tableau 32**. Les données mettent en évidence la prédominance du β -Sitostérol dans les régions de Gu et Kh, avec des valeurs respectives de 107,98 et 96,74 mg/100g d'huile ($p > 0,05$). Elles sont suivies de près par les régions de Ag, Sh et Ej, qui ont enregistré des valeurs de 91,86, 89,05 et 84,26 mg/100g d'huile, respectivement.

Le deuxième stérol majoritaire identifié est le $\Delta 5,24$ Stigmastadiénol, avec une teneur plus élevée dans la région de Kh, atteignant 90,37 mg/100g d'huile, suivi de près par Ej avec 81,56 mg/100g d'huile, Sh avec 80,60 mg/100g d'huile, Gu avec 74,79 mg/100g d'huile et Ag avec 66,68 mg/100g d'huile. Les huiles de *C. maxima* sont composées aussi du 7 Avenastérol, qui été présent de manière constante dans toutes les régions et à des teneurs qui varient entre 67,73 et 77,73 mg/100g d'huile ($p > 0,05$). Le $\Delta 7$ Stigmastérol est significativement abondant dans les régions de Gu et Sh, avec des valeurs respectives de 27,52 et 27,21 mg/100g d'huile ($p > 0,05$), suivi de près par Kh avec 26,86 mg/100g d'huile, par Ej avec 25,43 mg/100g d'huile, et par Ag avec 24,77 mg/100g d'huile. En retrouve aussi le $\Delta 7$ Campestérol avec des teneurs notables dans la région de Gu, atteignant 14,01 mg/100g d'huile, suivi de Ag (12,41 mg/100g d'huile), Sh (11,52 mg/100g d'huile), Kh (11,49 mg/100g d'huile) et Ej (10,94 mg/100g d'huile).

Les travaux menés par Rezig *et al.* ont mis en évidence des similitudes dans la composition des phytostérols des graines de *C. maxima* cultivées en Tunisie. Ces résultats ont révélé une prédominance du $\Delta 5,24$ Stigmastadiénol à 140 mg/100g d'huile, suivi du $\Delta 7$ Avenastérol à 65 mg/100g d'huile et du $\Delta 7$ Stigmastérol à 45 mg/100g d'huile. Cependant, une particularité a été observée dans la composition, avec une abondance de spinastérol atteignant 150 mg/100g d'huile et l'absence du β -Sitostérol, présent en majorité dans nos échantillons d'huile (Rezig, Martine, *et al.* 2022).

Une autre étude menée par Montesano *et al.* sur les graines de *C. maxima* cultivées en Italie, a mis en évidence une composition différente. En effet, une abondance du $\Delta 7,22,25$ Stigmastatriénol a été signalé, suivi du $\Delta 7,25$ Stigmastadiénol. De manière remarquable, le spinastérol était également présent dans cette composition, avec une teneur de 61,8 mg/100g d'huile. Cette étude a également souligné la prédominance des $\Delta 7$ Stérols, avec une teneur totale de 279,3 mg/100g d'huile, comparé aux $\Delta 5$ Stérols présents à 15,7 mg/100g d'huile (Montesano *et al.* 2018).

Tableau 32. Profil des phytostérols des huiles de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.

Phytostérols (mg/100g d'huile)	Gu	Kh	Sh	Ej	Ag
Cholestérol	0,09 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,00 ^a
Campestérol	0,54 ± 0,02 ^a	0,53 ± 0,05 ^a	0,52 ± 0,01 ^a	0,53 ± 0,05 ^a	0,50 ± 0,05 ^a
Stigmastérol	0,82 ± 0,00 ^a	0,80 ± 0,07 ^a	0,90 ± 0,01 ^a	0,80 ± 0,07 ^a	0,87 ± 0,07 ^a
β -Sitostérol	107,98 ± 1,21 ^a	96,74 ± 3,17 ^a	89,05 ± 3,60 ^{ab}	84,26 ± 2,75 ^b	91,86 ± 0,84 ^{ab}
Δ 5,24 Stigmastadiénol	74,79 ± 3,23 ^{ab}	90,37 ± 0,72 ^a	80,60 ± 5,77 ^{ab}	81,56 ± 2,66 ^{ab}	66,68 ± 2,08 ^b
Δ 7 Avenastérol	71,58 ± 1,81 ^a	77,73 ± 0,29 ^a	68,36 ± 3,69 ^a	69,36 ± 1,95 ^a	67,73 ± 1,31 ^a
Δ 7 Campestérol	14,01 ± 0,05 ^a	11,49 ± 0,54 ^b	11,52 ± 0,49 ^b	10,94 ± 0,27 ^b	12,41 ± 0,57 ^{ab}
Δ 7 Stigmastérol	27,52 ± 0,47 ^a	26,86 ± 0,25 ^{ab}	27,21 ± 0,03 ^a	25,43 ± 0,60 ^{ab}	24,77 ± 0,49 ^b
Autres	5,80 ± 0,12 ^d	10,31 ± 0,24 ^a	9,78 ± 0,02 ^b	7,10 ± 0,09 ^c	7,35 ± 0,19 ^c
Stérols totaux	303,13 ± 6,91 ^{ab}	314,92 ± 5,33 ^a	288,02 ± 13,63 ^{bc}	280,07 ± 8,44 ^c	272,26 ± 5,60 ^{cd}

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes \pm écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$). Gu : Guercif ; Kh : Khemisset ; Sh : Shoul ; Ej : El Jadida ; Ag: Agadir.

Les teneurs totales en stérols ont varié de 272,26 à 314,92 mg/100g d'huile. La région de Kh a enregistré la valeur la plus élevée, suivie de près par Gu, Sh, Ej, et Ag ($p < 0,05$). En comparaison, des travaux rapportés par Rezig *et al.* indiquait une teneur moyenne plus faible, qui était de 127,88 mg/100g d'huile de stérols totaux (Rezig *et al.* 2012). Cependant, des résultats plus récents ont suggéré une valeur de 480 mg/100g d'huile, légèrement supérieure aux résultats obtenus dans nos travaux (Rezig, Harzalli, *et al.* 2022).

5. Composition en tocophérols

Les résultats présentés dans le **Tableau 33** ont révélés la présence de quatre homologues de tocophérols, à savoir le δ -, γ -, β - et α -tocophérol. Le γ -tocophérol était l'homologue prédominant, avec une teneur de 441,07 mg/Kg d'huile dans Gu, 393,09 mg/Kg d'huile dans Sh, 384,41 mg/Kg d'huile dans Ag et 380,98 mg/Kg d'huile dans Kh ($p > 0,05$). En revanche, Ej a affiché la valeur la plus basse, mesurant 239,73 mg/Kg d'huile. Le β -tocophérol a montré les valeurs de 70,98 mg/Kg d'huile dans Gu, 66,32 mg/Kg d'huile dans Kh, 58,56 mg/Kg d'huile dans Sh, 54,58 mg/Kg d'huile dans Ag et 43,50 mg/Kg d'huile dans Ej. Le δ -tocophérol était aussi majoritaire dans Gu, mesurant 36,95 mg/Kg d'huile, suivi de près par Kh et Sh à 32,46 et 31,46 mg/Kg d'huile, respectivement. La région Ag a montré une teneur de 28,22 mg/Kg d'huile, et Ej avec 18,87 mg/Kg d'huile ($p \leq 0,05$). Tandis que l' α -tocophérol a été le quatrième homologue présent dans les huiles étudiées, avec des teneurs variant de 17,18 à 19,51 mg/Kg d'huile dans Gu, Sh, et Kh ($p > 0,05$), suivi par Ag à 11,94 mg/Kg d'huile et Ej à 9,24 mg/Kg d'huile.

Les travaux rapportés par Rezig *et al.*, ont montré une teneur de 239,60 mg/Kg d'huile en γ -tocophérol dans les huiles de *C. maxima*, récoltées en Tunisie (Rezig *et al.* 2018). Aussi, une étude plus récente a indiqué des valeurs variant de 226,03 à 272,70 mg/Kg d'huile pour ce même homologue, ainsi que des teneurs qui varient de 67,77 et 91,00 mg/Kg d'huile de δ -tocophérol, sans détecté la présence de l' α -tocophérol dans ces échantillons (Rezig, Martine, *et al.* 2022). D'autres travaux menés par Stevenson *et al.* ont identifié trois homologues dans douze variétés de *C. maxima* cultivées en Iowa, dont la prédominance du γ -tocophérol dans la variété "Big Max" (492,8 mg/Kg d'huile), celle du δ -tocophérol et de l' α -tocophérol dans les autres variétés restantes, variant de 431,0 à 1109,7 mg/Kg d'huile et de 27,1 à 75,1 mg/Kg d'huile, respectivement (Stevenson *et al.* 2007). Tandis qu'en Slovénie, on a révélé une teneur en γ -tocophérol cinq à dix fois supérieure à celle de l' α -tocophérol dans la région de Gleisdorf (Potočnik *et al.* 2018).

Tableau 33. Profil des tocophérols des huiles de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.

Tocophérols (mg/Kg d'huile)	Gu	Kh	Sh	Ej	Ag
α -tocopherol	19,51 \pm 0,50 ^a	17,18 \pm 0,50 ^a	18,15 \pm 0,79 ^a	9,24 \pm 1,10 ^b	11,94 \pm 0,39 ^b
β -tocopherol	70,98 \pm 3,08 ^a	66,32 \pm 3,10 ^{ab}	58,56 \pm 0,68 ^{ab}	43,50 \pm 2,31 ^c	54,58 \pm 2,47 ^b
γ -tocopherol	441,07 \pm 3,05 ^a	380,98 \pm 4,77 ^b	393,09 \pm 6,08 ^b	239,73 \pm 4,93 ^c	384,41 \pm 7,13 ^b
δ -tocopherol	36,95 \pm 1,07 ^a	32,46 \pm 0,52 ^b	31,46 \pm 0,47 ^{bc}	18,87 \pm 0,34 ^d	28,22 \pm 1,00 ^c
Tocophérols totaux	568,51 \pm 1,60 ^a	496,94 \pm 6,85 ^b	501,27 \pm 6,44 ^b	311,35 \pm 8,69 ^c	479,16 \pm 4,05 ^b

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes \pm écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$). Gu : Guercif ; Kh : Khemisset ; Sh : Shoul ; Ej : El Jadida ; Ag: Agadir.

Selon le **Tableau 33**, la teneur totale en tocophérols a varié de 311,35 à 568,51 mg/Kg d'huile. En effet, Gu a affiché la valeur la plus élevée, suivie par Sh à 501,27 mg/Kg d'huile, Kh à 496,94 mg/Kg d'huile, Ag à 479,16 mg/Kg d'huile et Ej à 311,35 mg/Kg d'huile. D'après Ziaul *et al.*, la teneur totale en tocophérols était de 640 mg/Kg d'huile dans les d'huiles de courge cultivée dans le district de Jashore, au Bangladesh, surpassant nos résultats (Ziaul *et al.* 2019). Cependant, une étude rapportée par Lisa *et al.* a révélé une teneur plus faible de 361,9 mg/Kg d'huile dans le district de Dhaka (Lisa *et al.* 2022). En outre, les résultats obtenus par Rezig *et al.* ont indiqué une teneur moyenne de 418,66 mg/Kg d'huile dans les d'huiles de courge cultivée dans la région de Chebika en Tunisie (Rezig *et al.* 2012). Par conséquent, la teneur totale en tocophérols dans les huiles de graines de *C. maxima* varie d'une région à l'autre, influencée par divers facteurs.

6. Composés phénoliques et activité antioxydante

Les teneurs en composés phénoliques des huiles étudiées sont présentées sur le **Tableau 34**. Celles-ci ont varié de 7,73 à 27,54 mg GAE/g d'extrait. En effet, la région Gu a affiché la teneur la plus élevée, suivie par Ag avec 15,76 mg GAE/g d'extrait, Kh avec 11,55 mg GAE/g d'extrait, Sh avec 10,63 mg GAE/g d'extrait et enfin Ej avec 7,73 mg GAE/g d'extrait ($p \leq 0,05$). D'après Andjelkovic *et al.*, les TPC de cinq échantillons de graines de courge cultivée sur une même parcelle variaient de 24,71 à 50,93 mg GAE/Kg d'huile (Andjelkovic *et al.* 2018). Rezig *et al.* ont rapporté des valeurs allant de 23,27 à 54,41 mg GAE/Kg (Rezig *et al.* 2018). D'une autre part, Monica *et al.* ont relevé une valeur de 313,19 $\mu\text{g/g}$ GAE (Jane Monica *et al.* 2022), tandis que Hagos *et al.* ont signalé des valeurs plus élevées, variant de 956 à 1020 $\mu\text{g GAE/g}$ (Hagos, Chandravanshi, *et al.* 2023).

La disparité de ces valeurs peut être attribuée à différentes méthodes d'extraction des composés phénoliques. Dans certains cas, ces composés ont été extraits en utilisant une méthode d'extraction liquide-liquide impliquant des solvants polaires et non polaires. En effet, l'extraction a été réalisée sur l'huile extraite à partir des graines de courge, après plusieurs extractions successives, un surnageant a été récupéré pour analyse. Dans le cas de Hagos *et al.*, l'extraction a été effectuée sur la poudre de graines de courge par la méthode d'extraction solide-liquide en utilisant un solvant polaire. Par la suite, le surnageant résultant a été récupéré et analysé (Hagos, Chandravanshi, *et al.* 2023). Dans notre étude, les composés phénoliques ont été extraits des graines en utilisant un solvant polaire par la méthode Soxhlet, et une fois

l'extraction terminée, le solvant a été éliminé par évaporateur rotatif afin d'obtenir un extrait sec.

Tableau 34. TPC et IC₅₀ des extraits de Gu, Kh, Sh, Ej et Ag.

Paramètres	Gu	Kh	Sh	Ej	Ag
TPC (mg EAG/g d'extrait)	27,54±0,20 ^a	11,55±1,18 ^c	10,63±0,52 ^{cd}	7,73±0,26 ^d	15,76±0,26 ^b
IC ₅₀ (mg/mL)	0,49±0,03 ^b	0,17±0,00 ^a	0,55±0,00 ^b	1,15±0,17 ^c	0,56±0,01 ^b

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05).

L'évaluation de l'activité antioxydante par méthode du DPPH a été démontrée sur le **Tableau 34**. Ainsi, les valeurs de l'IC₅₀ ont varié de 0,17 à 1,15 mg/mL. La région de Kh a montré une activité anti-radicalaire plus prononcée, suivie de près par Gu, Sh et Ag, avec des concentrations respectives de 0,49, 0,55 et 0,56 mg/mL. En revanche, les huiles issues d'Ej ont affiché une activité antioxydante moins importante que les autres, avec une concentration de 1,15 mg/mL. En comparaison, une étude rapportée par Monica *et al.* a montré une valeur de 0,78 mg/mL, soit quatre fois plus élevée que celle de Kh (Jane Monica *et al.* 2022). D'autres travaux réalisés par Jahan *et al.* ont relevé une valeur encore plus élevée, avec une concentration de 1090,07 ppm (Jahan *et al.* 2023).

Il ressort de ces différents résultats que la méthode utilisée par chaque étude influence le résultat final, que ce soit pour la teneur en composés phénoliques ou pour l'activité antioxydante. Dans notre cas, la méthode utilisée a donné des concentrations de composés phénoliques huit fois plus élevées que celles obtenues par Hagos *et al* et une activité antioxydante six fois plus élevée que celles rapportée par Jahan *et al.*

7. Étude statistique

7.1. Matrice de corrélation

Le **Tableau 35** met en évidence les coefficients de corrélation entre divers paramètres, notamment TPC, Tcar, TchI, Ia, Ii, Ip, E₂₃₂, E₂₇₀, TT, ST, AGPI, IC₅₀ et R%. Parallèlement, le **Tableau 36** fournit les p-valeurs correspondantes pour chaque coefficient de corrélation.

Nous avons relevé plusieurs corrélations positives significatives (p-valeur<0,05) et significativement élevées (p-valeur<0,01). Notamment, une corrélation positive entre TPC et TT ($r^2 = 0,729$), ainsi que des corrélations fortement positives avec Ii ($r^2 = 0,914$) et AGPI ($r^2 = 0,889$). En revanche, des corrélations négatives ont également été observées (p-valeur <0,05), telles que la corrélation entre TPC, Tcar ($r^2 = -0,758$) et E₂₃₂ ($r^2 = -0,682$), ainsi que des corrélations négatives significativement élevées (p-valeur<0,01) avec Tch1 ($r^2 = -0,808$), Ip ($r^2 = -0,876$) et Ia ($r^2 = -0,812$).

D'autres corrélations positive ont été relevé entre IC₅₀, Tcar ($r^2 = 0,728$), Ia ($r^2 = 0,668$), Ip ($r^2 = 0,638$), E₂₃₂ ($r^2 = 0,743$) et ST ($r^2 = 0,654$). Tandis que l'IC₅₀ présente qu'une seule corrélation négative avec TT ($r^2 = -0,804$).

TT présente des corrélations positives fortement significatives avec Ii ($r^2 = 0,797$) et AGPI ($r^2 = 0,830$). Néanmoins, elle représente des corrélations négatives avec Tch1 ($r^2 = -0,711$) et E₂₃₂ ($r^2 = -0,759$), ainsi que des corrélations négatives fortement significatives (p-valeur<0,01) avec Tcar ($r^2 = -0,883$), Ia ($r^2 = -0,816$), Ip ($r^2 = -0,877$) et E₂₇₀ ($r^2 = -0,769$).

Nous avons retrouvé aussi une corrélation positive fortement significative (p-valeur<0,01) entre AGPI et Ii ($r^2 = 0,956$), mais aussi une corrélation négative avec Tch1 ($r^2 = -0,718$) et des corrélations négatives fortement significatives avec Tcar ($r^2 = -0,849$), Ia ($r^2 = -0,887$), Ip ($r^2 = -0,961$) et E₂₃₂ ($r^2 = -0,839$).

Les travaux Bariwere Samuel ont mis en évidence la relation entre Ii et AGPI. A savoir qu'un Ii élevé indiquerait une richesse en AGPI, ce qui améliorerait ainsi la valeur nutritionnelle des produits alimentaires (Bariwere Samuel 2017). De même, Aremu *et al.* ont démontré qu'un Ii plus bas serait associé à une réduction des liaisons insaturées (Aremu, Olaofe, and Akintayo 2006).

Tableau 35. Coefficient de corrélation de Pearson entre différentes variables étudiées.

Variables	TPC	Tcar	Tchl	Ia	Ii	Ip	E232	E270	TT	ST	AGPI	IC ₅₀	R%
TPC	1												
Tcar	-0,758	1											
Tchl	-0,808	0,781	1										
Ia	-0,812	0,964	0,765	1									
Ii	0,914	-0,805	-0,754	-0,860	1								
Ip	-0,876	0,925	0,724	0,930	-0,919	1							
E232	-0,682	0,942	0,646	0,971	-0,789	0,879	1						
E270	-0,571	0,569	0,695	0,447	-0,462	0,540	0,291	1					
TT	0,729	-0,883	-0,711	-0,816	0,797	-0,877	-0,759	-0,769	1				
ST	0,258	-0,297	-0,015	-0,293	0,504	-0,479	-0,357	-0,012	0,487	1			
AGPI	0,889	-0,849	-0,718	-0,887	0,956	-0,961	-0,839	-0,440	0,830	0,588	1		
IC₅₀	-0,330	0,728	0,337	0,668	-0,550	0,638	0,743	0,340	-0,804	0,654	-0,623	1	
R%	-0,365	0,304	0,400	0,267	-0,145	0,263	0,103	0,752	-0,382	0,465	-0,078	-0,046	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha = 0,05$.

Tableau 36. p -valeurs du coefficient de la matrice de corrélation.

Variables	TPC	Tcar	Tchl	Ia	Ii	Ip	E ₂₃₂	E ₂₇₀	TT	ST	AGPI	IC ₅₀	R%
TPC	0												
Tcar	0,011	0											
Tchl	0,005	0,008	0										
Ia	0,004	0,000	0,010	0									
Ii	0,000	0,005	0,012	0,001	0								
Ip	0,001	0,000	0,018	0,000	0,000	0							
E₂₃₂	0,030	0,000	0,043	0,000	0,007	0,001	0						
E₂₇₀	0,085	0,086	0,026	0,195	0,179	0,107	0,414	0					
TT	0,017	0,001	0,021	0,004	0,006	0,001	0,011	0,009	0				
ST	0,471	0,405	0,967	0,411	0,138	0,162	0,311	0,975	0,153	0			
AGPI	0,001	0,002	0,019	0,001	0,000	0,000	0,002	0,203	0,003	0,074	0		
IC₅₀	0,352	0,017	0,341	0,035	0,100	0,047	0,014	0,336	0,005	0,040	0,054	0	
R%	0,299	0,393	0,252	0,457	0,690	0,463	0,777	0,012	0,277	0,176	0,830	0,899	0

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha = 0,05$.

Arab et al. ont prouvé, à travers leurs études, la corrélation entre TPC, IC₅₀ et Ip. Cela suggère que les composés phénoliques jouent un rôle crucial dans la prévention de l'oxydation de l'huile (Arab et al. 2022).

Par ailleurs, une autre étude a démontré la relation entre AGPI et Ii. En effet, une valeur élevée en Ii indiquerait une forte présence de doubles liaisons dans la composition des acides gras, ce qui entraînerait une augmentation de l'instabilité oxydative de l'huile (Helwani et al. 2021).

7.2. Analyse des principaux composants

Les différents variables utilisés pendant cette étude ont été projetés par l'ACP sur le plan factoriel F1-F2. Le premier axe (F1) explique 67,47 % de la variance totale, tandis que le second axe (F2) en explique 16,40 %. Le pourcentage cumulé des deux premiers axes est de 83,87 %, ce qui est supérieur à 50 %. Cela indique que la combinaison linéaire de ces deux axes est représentative des variables étudiées. Par conséquent, les deux premiers axes sont appropriés pour représenter l'ensemble des informations.

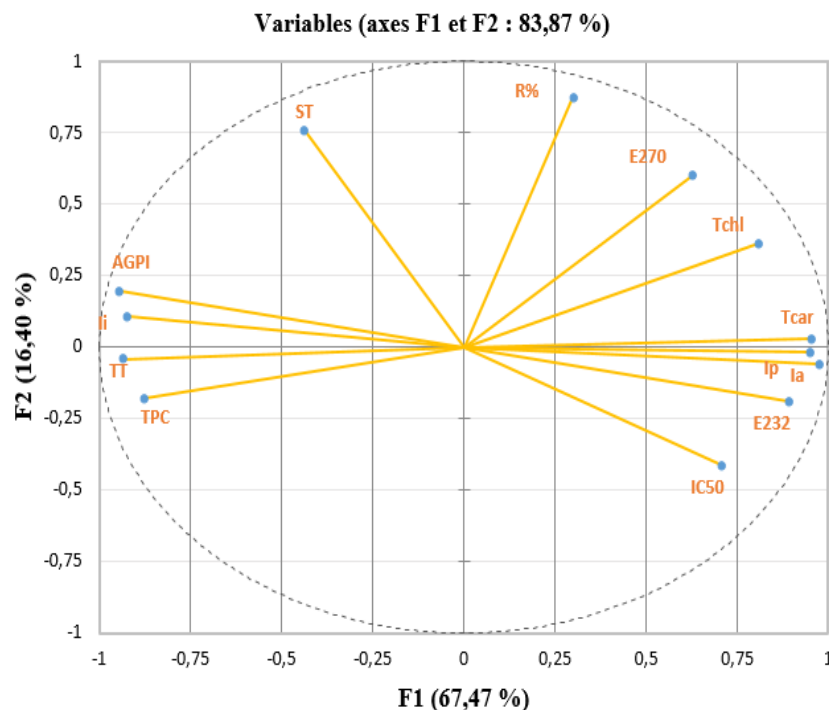


Figure 21. ACP des différents paramètres analysés.

La **Figure 21** montre le plan formé par les axes F1 et F2, illustrant la corrélation entre les différentes variables. L'axe F1 est principalement constitué par une corrélation positive entre R%, E₂₃₂, E₂₇₀, TchI, Tcar, Ip, Ia et IC₅₀. En revanche, l'axe F2 est formé par une corrélation négative entre AGPI, Ii, ST, TT et TPC.

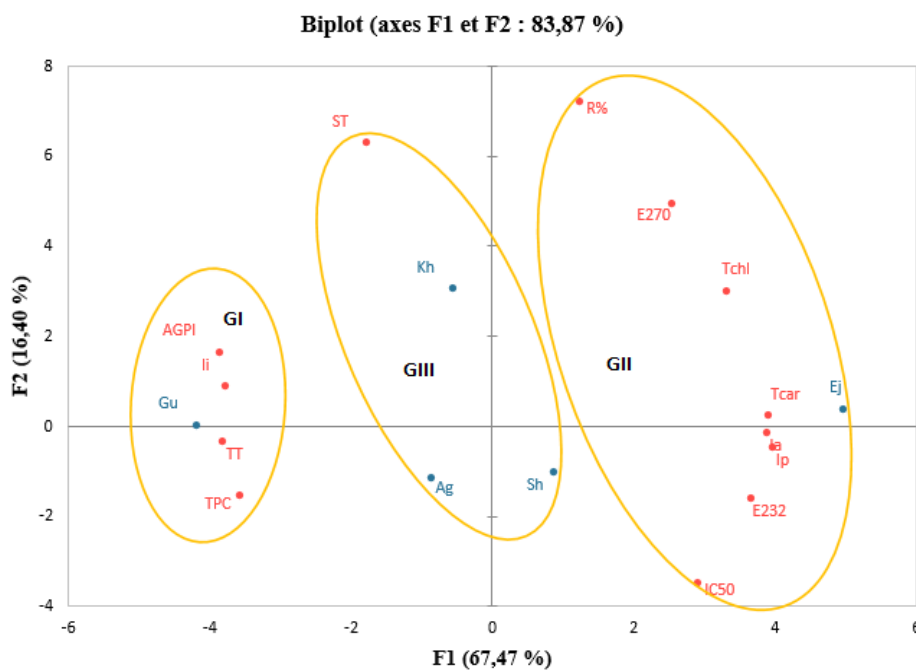


Figure 22. Projection des individus sur le plan d'essai (F1×F2).

GI : Groupe I, GII : Groupe II et GIII : Groupe III.

La **Figure 22** illustre la répartition des 13 variables en trois groupes distincts. Le groupe I comprend les échantillons de Gu, caractérisés par des valeurs élevées d'Ii, AGPI, TT et TPC. Ces échantillons montrent également un fort pouvoir anti radicalaire par rapport aux autres groupes, ainsi que des valeurs faibles des variables Ia, Ip, Tcar et E₂₃₂.

Le groupe II est composé d'échantillons d'Ej, caractérisés par des valeurs élevées d'Ia, Ip, E₂₃₂, E₂₇₀, TchI et Tcar, ainsi qu'un pouvoir antioxydant relativement plus faible que les autres groupes.

Le groupe III comprend les échantillons de Kh, Ag et Sh, caractérisés par des valeurs élevées de ST. Ces échantillons présentent également des valeurs intermédiaires pour la plupart des autres variables.

8. Conclusion

Cette étude s'est intéressée à l'évaluation exhaustive des huiles extraites des graines de *C. maxima* cultivée dans cinq régions du Maroc, à savoir Guercif, Khemisset, Shoul, Agadir et El Jadida. Divers paramètres ont été examinés, notamment les rendements en huile, les caractéristiques physico-chimiques, la composition en acides gras, phytostérols et tocophérols, la teneur en composés phénoliques, ainsi que leur activité antioxydante.

La teneur en huile a montré des rendements similaires dans les différentes régions, avoisinant les 50 %. Cette composition a conduit à une teneur élevée en acides linoléique, ainsi qu'à une abondance en β -sitostérol et en γ -tocophérol, particulièrement dans la région de Guercif, qui a également présenté une teneur élevée en tocophérols totaux.

En termes de pigments, les chlorophylles et caroténoïdes ont été détectés en grande quantité dans la région d'El Jadida, montrant des corrélations positives avec l'indice d'acide, l'indice de peroxyde et E₂₃₂. De plus, l'étude a révélé une teneur significativement élevée en composés phénoliques dans la région de Guercif, montrant des corrélations positives avec l'indice d'iode, les acides gras polyinsaturés et les tocophérols totaux. Parallèlement, la région de Khemisset a présenté un bon potentiel antioxydant avec un IC₅₀ de 0,17 mg/mL.

Ces résultats mettent en lumière les divers avantages nutritionnels des huiles de *C. maxima* dans les différentes régions du Maroc. Certaines régions se distinguent par leur qualité nutritionnelle remarquable, notamment en raison de leur teneur élevée en γ -tocophérol, un antioxydant naturel réputé pour son potentiel dans l'atténuation du diabète. La présence de ce composé souligne l'importance médicinale des huiles de graines de courge, en particulier dans la gestion du stress oxydatif et de l'inflammation. De plus, leur teneur en polyphénols contribue à leur stabilité oxydative. Il est notable que les graines de *C. maxima* ne sont pas seulement riches sur le plan nutritionnel, mais constituent également une excellente source d'énergie, grâce à leur teneur élevée en lipides. Cette combinaison de richesse nutritionnelle et de densité énergétique en fait un ajout précieux à divers régimes alimentaires.

La localisation géographique s'avère être un facteur significatif influençant la composition nutritionnelle et les propriétés bioactives des huiles de courge. Les variations observées dans les profils d'acides gras, les compositions en phytostérols et les teneurs en tocophérols soulignent l'importance d'une exploration approfondie de ces facteurs. Ces connaissances sont essentielles pour une intégration efficace de ces huiles dans l'alimentation humaine et pour maximiser leur valeur nutritionnelle.

Chapitre III.

Résultats et discussion

Partie 3 : Impact de la torréfaction sur la qualité nutritionnelle, la composition chimique et l'activité antioxydante des huiles de *cucurbita maxima* (marina di chioggia) et *cucurbita pepo* (calabaza mercado verde)

1. Introduction

Les graines de courge sont réputées pour leur richesse en composés bioactifs qui offrent de nombreux bienfaits physiologiques pour la santé humaine, les rendant ainsi précieuses dans le domaine de la santé (Peng et al. 2021). Elles renferment une variété de nutriments et de propriétés curatives, notamment des acides gras insaturés, des phytostérols, des tocophérols, des caroténoïdes, des composés phénoliques et des flavonoïdes (Broznić et al. 2016). De plus, elles constituent une source abondante de minéraux essentiels tels que le magnésium, le potassium, le phosphore, le zinc, le manganèse, le fer, le calcium, le sodium et le cuivre (Amin et al., 2019).

Ces composés bioactifs agissent de manière synergique sur différents sites cibles dans l'organisme, réduisant ainsi les risques de diverses affections, notamment les tumeurs (Chari, Polu, and Shenoy 2018; Jayaprakasam, Seeram, and Nair 2003), les infections microbiennes (Brogan and Mossialos 2016; Kabbashi et al. 2014), l'hyperglycémie et le diabète (Adams et al. 2011; Bharti et al. 2013), ainsi que les complications associées au stress oxydatif (Dotto and Chacha 2020). Par ailleurs, leur teneur élevée en $\Delta 7$ stérols confère des bienfaits urologiques en contrant l'hypertrophie bénigne de la prostate (Perez Gutierrez 2016) et en présentant des propriétés anti-inflammatoires pour lutter contre la prostatite et les infections des voies urinaires (Makni et al. 2008).

Les graines de courge sont souvent consommées sous forme torréfiée, et leur traitement thermique induit des modifications dans leurs propriétés physico-chimiques et leur structure cellulaire. Les traitements thermiques couramment utilisés incluent la torréfaction par micro-ondes, rayonnement infrarouge, ébullition et cuisson à la vapeur (Cai et al. 2021; Waszkowiak, Mikołajczak, and Kmiecik 2018). L'huile de graines de courge, obtenue par pressage des graines torréfiées, subit des altérations significatives de ses propriétés organoleptiques et physico-

chimiques, ainsi que de sa stabilité oxydative. Ce processus réduit la teneur en humidité des graines, augmentant le rendement en huile et améliorant la couleur, la saveur et la texture (Hu et al. 2019; Mohamed Ahmed et al. 2020). Le traitement thermique entraîne également une augmentation des composés bioactifs tels que les polyphénols et les tocophérols, et favorise la formation de nouveaux produits par la réaction de Maillard, contribuant ainsi à une activité antioxydante accrue (Ren et al. 2019; Yang et al. 2018).

Contrairement à l'huile de courge non torréfiées, qui conserve sa couleur verte et sa saveur caractéristique (Raczyk et al. 2018), l'huile de courge torréfiée, obtenue au-dessus de 100 °C, présente un arôme de noisette ou de torréfaction avec une légère note épicée et tend vers une couleur vert-brunâtre (Nakić et al. 2006; Siegmund and Murkovic 2004). Toutefois, un traitement thermique inapproprié peut entraîner la dégradation des nutriments, la formation de composés toxiques et l'oxydation de l'huile (Oracz, Nebesny, and Zyzelewicz 2014).

Bien que diverses études aient examiné l'effet de la torréfaction sur les graines de courge, aucune n'a comparé les propriétés de l'huile de deux espèces marocaines de courge, *C. maxima* et *C. pepo*. Par conséquent, cette étude vise à évaluer les effets de la torréfaction à différentes températures : 60, 90, 120 et 150 °C pendant 45 minutes, sur la composition chimique (acides gras, stérols, tocophérols), les caractéristiques physico-chimiques de l'huile (indice d'acide, indice de peroxyde, indice d'iode, extinction spécifique, caroténoïdes et chlorophylles), la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante (test DPPH et ABTS) des deux espèces. Les résultats obtenus peuvent fournir des informations sur la manière dont la torréfaction affecte la valeur nutritionnelle des graines de courge et l'évolution de leur activité antioxydante au cours du chauffage, permettant une utilisation plus efficace de ces graines dans les régimes alimentaires à base de plantes.

2. Paramètres physico-chimiques des huiles

2.1. Indice d'acide

La détermination de l'indice d'acide a pour objectif d'évaluer l'hydrolyse des triglycérides et la production d'acides gras libres dans les huiles. Cela permet de mesurer le degré de décomposition des triglycérides en acides gras libres lorsqu'ils sont exposés à des températures élevées. Cette évaluation s'avère précieuse pour classer certains types d'huiles vierges, telles

que les huiles d'argan et d'olive (Nounah et al. 2021; Suri, Singh, and Kaur 2022). Les valeurs obtenues sont présentées dans le **Tableau 37**.

Lors du processus de la torréfaction, les échantillons d'huile de *C. maxima* ont variés de 1,07 à 1,23 mg KOH/g d'huile, sans montrer de différence significative ($p > 0,05$). Cependant, une légère augmentation a été observée à partir de 90 °C dans le cas de *C. pepo*, dont les échantillons ont varié de 0,56 à 0,79 mg KOH/g d'huile ($p < 0,05$). Néanmoins, ces valeurs sont restées en dessous de 4 mg KOH/g d'huile, en conformité avec la limite maximale établie pour les huiles brutes par la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2016).

Cette variation peut être attribuée à l'hydrolyse thermique des triglycérides dans les échantillons d'huile, comme démontré par Tenyang *et al* pour la torréfaction de deux variétés de graines de sésame du Cameroun (Tenyang et al. 2017). Cependant, Nounah et al. ont montré que les graines de cactus ne subissaient aucune modification lors de la torréfaction et maintenaient la qualité de leur huile (Nounah et al. 2021).

2.2. Indice d'iode

L'indice d'iode est couramment utilisé comme indicateur approximatif de la stabilité des huiles lors du processus de torréfaction (Arab et al. 2022). Lors du chauffage, les doubles liaisons des acides gras sont susceptibles d'être attaquées par des radicaux libres, entraînant une réduction du nombre d'insaturations (Kinge et al. 2019). Les valeurs obtenues sont présentées dans le **Tableau 37**.

Les échantillons d'huile de *C. maxima* ont variés de 114,86 à 116,47 g I₂/100 g d'huile, tandis que les huiles de *C. pepo* ont variés de 114,93 à 115,41 g I₂/100 g d'huile. Lors de la torréfaction, les I_i n'ont montrés aucun changement significatif ($p > 0,05$). Ces résultats contrastent avec ceux rapportés par Djikeng *et al* qui ont démontré une légère augmentation d'I_i dans les huiles de fèves de cacao, passant de 30 à 35 g I₂/100 g d'huile (Djikeng et al. 2018). De plus, Kinge et al. ont observé une diminution de 104,83 à 98,11 g I₂/100g d'huile dans les échantillons de Djansang torréfié par méthode traditionnelle et de 105,87 à 102,96 g I₂/100g d'huile par processus d'ébullition (Kinge et al. 2019). Ces divergences pourraient être attribuées aux variations des méthodes de traitement thermique utilisées, ainsi qu'à des différences de températures de torréfaction. Ainsi, les températures sélectionnées pour cette étude, en combinaison avec la méthode choisie, n'ont pas eu d'impact significatif sur I_i.

Tableau 37. Propriétés physico-chimiques des huiles lors de la torrification.

Paramètres	<i>C. maxima</i>					<i>C. pepo</i>				
	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C
Ia	1,07±0,08 ^a	1,07±0,08 ^a	1,12±0,00 ^a	1,18±0,08 ^a	1,23±0,00 ^a	0,56±0,00 ^a	0,56±0,00 ^a	0,62±0,08 ^{ab}	0,73±0,08 ^{ab}	0,79±0,00 ^b
Ii	116,47±0,86 ^a	115,33±1,87 ^a	115,86±1,62 ^a	114,86±2,68 ^a	115,49±2,30 ^a	114,93±0,13 ^a	115,15±0,13 ^a	115,14±0,82 ^a	115,41±0,72 ^a	114,96±0,58 ^a
Ip	4,95±0,07 ^a	6,05±0,07 ^{ab}	7,20±0,14 ^{bc}	8,50±0,71 ^{cd}	9,50±0,71 ^d	3,50±0,71 ^a	4,05±0,78 ^{ab}	4,70±0,28 ^{ab}	7,00±1,41 ^{ab}	8,00±1,41 ^b
E ₂₃₂	2,25±0,01 ^a	2,55±0,04 ^b	2,62±0,06 ^{bc}	2,75±0,04 ^{cd}	2,83±0,04 ^d	2,23±0,04 ^a	2,31±0,03 ^{ab}	2,47±0,08 ^{abc}	2,55±0,07 ^{bc}	2,63±0,10 ^c
E ₂₇₀	1,14±0,00 ^a	1,53±0,00 ^b	2,06±0,03 ^c	2,11±0,01 ^c	2,64±0,01 ^d	0,98±0,00 ^a	1,11±0,00 ^b	1,41±0,00 ^c	1,51±0,00 ^c	2,02±0,00 ^d
Tchl	0,23±0,00 ^a	0,26±0,03 ^{ab}	0,32±0,01 ^{bc}	0,37±0,01 ^{cd}	0,40±0,01 ^d	0,29±0,01 ^a	0,31±0,01 ^{ab}	0,38±0,01 ^{bc}	0,42±0,01 ^{cd}	0,48±0,03 ^d
Tcar	0,35±0,01 ^a	0,38±0,00 ^a	0,46±0,01 ^b	0,58±0,00 ^c	0,71±0,00 ^d	0,65±0,03 ^a	0,69±0,06 ^{ab}	0,75±0,04 ^{abc}	0,83±0,01 ^{bc}	0,88±0,04 ^c

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05). Ia (mg KOH/g d'huile) ; Ii (g I₂/100g d'huile) ; Ip (mEq O₂/Kg d'huile) ; Tchl (mg/Kg d'huile) ; Tcar (mg/Kg d'huile).

2.3. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est un indicateur clé de l'état d'oxydation des huiles, en mesurant les hydroperoxydes, principaux produits de l'oxydation primaire des lipides (Tonfack Djikeng et al. 2018).

D'après le **Tableau 37**, le processus de torréfaction a affecté les huiles extraites des graines torréfiées des deux espèces. En effet, Ip a augmenté de manière significative ($p < 0,05$), passant de 4,95 à 9,50 mEq O₂/Kg d'huile pour *C. maxima* et de 3,50 à 8,00 mEq O₂/Kg d'huile pour *C. pepo*. Cette augmentation était particulièrement élevée à 150 °C.

Ceci peut être attribué à la formation d'hydroperoxydes durant le traitement thermique. Les variations de température de traitement peuvent expliquer ces résultats, car Les températures élevées facilitent l'initiation de l'oxydation des lipides, générant ainsi des radicaux libres qui réagissent avec l'oxygène moléculaire pour former des hydroperoxydes pendant la phase de propagation (Kinge et al. 2019). Cependant, il est notable que les valeurs d'Ip restent inférieures à la limite maximale de 10 mEq O₂/Kg d'huile recommandée par la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2016).

Ces résultats ont été démontrés également par Cai et al. D'après leurs différents travaux, l'Ip de différents d'huiles oléagineuses, à savoir l'huile de sésame, d'arachide, de colza, de graine de camélia, de graine de tournesol et de noix, augmentait pendant le traitement thermique tout en utilisant diverses méthodes de torréfaction, y compris le traitement par micro-ondes et la torréfaction au four (Cai et al. 2021).

2.4. Extinctions spécifiques

La qualité et la pureté des huiles étudiées ont été évaluées par leur taux d'oxydation, mesuré par le paramètre d'extinction spécifique à 232 nm pour les peroxydes et à 270 nm pour les produits d'oxydation secondaires (Gharby et al. 2011), comme présenté dans le **Tableau 37**.

Pendant le traitement thermique, le taux d'oxydation a montré une augmentation significative ($p < 0,05$). Les échantillons d'huile de *C. maxima* ont présenté une absorbance à 232 nm variant de 2,25 à 2,83, tandis que dans les échantillons de *C. pepo*, elle était comprise entre 2,23 et 2,63. Cette augmentation a favorisé la formation de diènes conjugués, comme le démontrent également les travaux de Nounah et al., qui ont observé une augmentation

significative des extinctions spécifiques des huiles de figue de Barbarie, après une torréfaction de 20 minutes à 110 °C, entraînant ainsi le développement de saveurs indésirables (Nounah et al. 2021).

De plus, l'absorbance à 270 nm a également augmenté de manière significative, variant de 1,14 à 2,64 dans les huiles de *C. maxima* et de 0,98 à 2,02 dans celles de *C. pepo* ($p < 0,05$), témoignant de la formation de triènes conjugués. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Petkova et Antova, qui ont constaté une augmentation similaire de l'absorption à 268 nm après un traitement thermique effectué par micro-ondes et par méthode conventionnelle sur les huiles de graines de courge (Petkova and Antova 2019).

2.5. Pigments

Les pigments présents dans les huiles peuvent causer une dégradation rapide de leur stabilité, en raison de leur capacité à transférer de l'énergie aux molécules d'acides gras (El Bernoussi et al. 2020). Les variations des chlorophylles et caroténoïdes sont présentés dans le **Tableau 37**.

Pendant le processus de torréfaction, les niveaux de Tcar ont significativement augmenté ($p < 0,05$), passant de 0,23 à 0,40 dans l'huile de *C. maxima* et de 0,29 à 0,48 dans celle de *C. pepo*. Parallèlement, la teneur en Tch1 a varié de 0,35 à 0,71 pour *C. maxima* et de 0,65 à 0,88 pour *C. pepo*. Cela peut s'expliquer par le fait que les pigments de chlorophylle et de caroténoïdes sont principalement présents sous une forme complexe avec des protéines, et pendant le traitement thermique, ce complexe se désintègre, entraînant la libération de pigments dans les huiles.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Suri *et al.*, qui ont démontré l'influence significative du traitement par micro-ondes et de la durée de torréfaction sur Tcar et Tch dans l'huile de *Nigella sativa* L. (Suri et al. 2022). De même, Rekas *et al.* ont suggérés que l'augmentation de Tcar pourrait résulter de la formation de complexes protéine-caroténoïde stables à l'intérieur de la graine lors du traitement thermique. Ainsi, la dénaturation protéique induite par la chaleur et la perturbation de la structure interne de la graine pourraient accroître l'accessibilité des caroténoïdes liposolubles dans l'huile (Rekas, Wroniak, and Rusinek 2015).

3. Rendement en huile composition chimique

3.1. Rendement

D'après le **Tableau 38**, les huiles obtenues par méthode de pressage à froid de *C. maxima* ont variés de 20,98 à 26,74 %, tandis que les échantillons de *C. pepo* ont variés de 29,09 à 35,60 %. Ces résultats n'ont présenté aucune variation significative ($p > 0,05$). Ces résultats contrastent avec ceux rapportés par Suri et al. qui ont démontré une légère augmentation du rendement dans les huiles de graines de cacahuètes torréfiées, extraites pas solvant (47,75 à 55,35 %) et par méthode mécanique (41,17 à 46,28 %) (Suri et al. 2019). Aussi, une étude plus récente rapportée par Suri et al. ont signalé une augmentation significative du rendement dans les huiles de *Nigella sativa* L., torréfiées par méthode du micro-onde (Suri et al. 2022).

Tableau 38. Rendement en huile lors de la torréfaction.

Rendement (%)	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C
<i>C. maxima</i>	20,98±0,19 ^a	23,87±1,83 ^a	23,93±1,66 ^a	26,01±2,58 ^a	26,74±2,38 ^a
<i>C. pepo</i>	29,09±2,84 ^a	30,38±2,99 ^a	33,79±2,28 ^a	34,70±2,11 ^a	35,60±0,99 ^a

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$).

Ces résultats mettent en évidence l'influence de la méthode de torréfaction, mais aussi la méthode d'extraction, sur le rendement moyen des huiles.

3.2. Composition en acides gras

Le **Tableau 39** présente les variations dans la composition en acides gras des huiles pendant le traitement thermique. Les résultats ont révélé une abondance en acide linoléique dans les deux espèces, variant de 47,81 à 49,71 % dans *C. maxima* et de 48,30 à 48,94 % dans *C. pepo*.

Tableau 39. Profil des acides gras des huiles lors de la torréfaction.

Acides gras (%)	<i>C. maxima</i>					<i>C. pepo</i>				
	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C
C16:0	14,89±1,48 ^a	14,42±0,82 ^a	14,10±0,42 ^a	15,05±1,51 ^a	15,43±2,13 ^a	14,84±0,78 ^a	14,91±0,09 ^a	14,54±0,35 ^a	14,52±0,33 ^a	14,73±0,08 ^a
C18:0	7,14±0,13 ^a	7,31±0,45 ^a	7,85±0,22 ^a	7,69±1,04 ^a	7,55±0,81 ^a	7,03±0,54 ^a	7,20±0,79 ^a	6,86±0,52 ^a	7,16±0,71 ^a	6,99±0,81 ^a
C18:1	27,78±1,15 ^a	27,72±0,37 ^a	27,75±1,31 ^a	27,97±0,79 ^a	27,22±1,52 ^a	29,09±0,55 ^a	28,93±0,61 ^a	28,77±0,57 ^a	28,69±0,81 ^a	29,13±0,69 ^a
C18:2	49,71±0,81 ^a	48,52±0,99 ^a	48,38±1,42 ^a	47,81±2,34 ^a	49,66±0,54 ^a	48,30±1,70 ^a	48,48±1,85 ^a	48,94±1,32 ^a	48,51±1,77 ^a	48,57±1,85 ^a
Autres	0,49±0,01 ^b	1,99±0,05 ^d	1,94±0,03 ^d	1,49±0,01 ^c	0,17±0,04 ^a	0,75±0,01 ^b	0,49±0,01 ^a	0,87±0,03 ^c	1,11±0,01 ^d	0,56±0,02 ^a
ΣAGS	22,27±1,64 ^a	23,52±1,30 ^a	23,73±0,67 ^a	23,98±2,55 ^a	22,88±2,97 ^a	22,47±1,32 ^a	22,36±0,91 ^a	22,01±0,89 ^a	22,56±1,07 ^a	22,06±0,91 ^a
ΣAGMI	27,89±1,16 ^a	27,83±0,38 ^a	27,86±1,42 ^a	28,08±0,80 ^a	27,33±1,53 ^a	29,11±0,56 ^a	29,04±0,62 ^a	28,89±0,58 ^a	28,80±0,82 ^a	29,24±0,70 ^a
ΣAGPI	49,84±0,82 ^a	48,65±1,01 ^a	48,41±1,42 ^a	47,94±2,35 ^a	49,79±0,55 ^a	48,42±1,72 ^a	48,60±1,86 ^a	49,10±1,34 ^a	48,64±1,79 ^a	48,70±1,87 ^a

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05).

L'acide oléique a varié de 27,22 à 27,97 % dans *C. maxima* et de 28,69 à 29,13 % dans *C. pepo*. Tandis que les acides palmitique et stéarique ont variés respectivement de 14,10 à 15,43 % et de 7,14 à 7,85 % dans *C. maxima* et aussi de 14,52 à 14,91 % et de 6,86 à 7,20 % dans *C. pepo*. D'autres acides gras ont été identifiés mais ne présentent que de faibles quantités, notamment l'acides myristique, l'acide palmitoléique, l'acide linoléique et l'acide arachidique.

Le tableau 39 présente aussi les valeurs des acides gras classés en trois groupes. Tous les échantillons ont présenté des proportions statistiquement identiques. En effet les AGS ont représenté 22 à 24 %, les AGMI de 27 à 29 % et les AGPI de 48 à 50 % ($p > 0,05$). Il est important de comprendre le ratio entre les acides gras insaturés et saturés dans nos huiles, car il reflète leurs qualités nutritionnelles. De plus, une consommation excessive d'AGS serait associée à une élévation des niveaux de cholestérol plasmatique et à l'obésité, contrairement aux AGMI et AGPI, qui sont connus pour améliorer la stabilité de l'huile (Ristić and Ristić 2003). Cependant, une grande quantité d'acides gras polyinsaturés (AGPI) dans les huiles peut entraîner des oxydations rapides (Arab et al. 2022).

Les résultats obtenus montrent qu'aucun changement significatif n'a été observé dans les huiles étudiées ($p > 0,05$). De plus, la méthode utilisée et les températures étudiées n'ont eu aucun effet sur la composition chimique des acides gras. Des résultats similaires ont été rapportés par Nederal et al., qui ont relevé que le processus de torréfaction n'a pas altéré la composition en acides gras de la pâte de graines de courge (Arab et al. 2022). Petkova et Antova ont également constaté que le chauffage conventionnel n'avait pas d'impact significatif sur la composition en acides gras, bien que la torréfaction par micro-ondes ait entraîné une augmentation de l'acide palmitique et une diminution des acides stéarique et linoléique (Petkova and Antova 2019). Ces résultats suggèrent que les huiles ont maintenu un certain niveau de stabilité pendant le traitement thermique, malgré leur teneur élevée en acides gras polyinsaturés.

4. Composition en phytostérols

La variation des phytostérols pendant le traitement thermique est présentée dans le **Tableau 40**. En effet, le β -sitostérol, a subi une diminution significative de 4 % dans les huiles de *C. maxima*, passant de 75,11 à 66,80 mg/100g. Cette baisse a été observée jusqu'à 120 °C, puis une légère augmentation a été enregistrée. Le $\Delta 5,24$ Stigmastadiénol a été légèrement affecté dans les huiles de *C. maxima* en ayant une diminution à la température de 90 °C.

Tableau 40. Profil des phytostérols des huiles lors de la torréfaction.

Phytostérols (mg/100g d'huile)	<i>C. maxima</i>					<i>C. pepo</i>				
	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C
Δ7 Campesterol	12,36±1,48 ^{ab}	12,03±1,12 ^a	11,26±1,26 ^a	11,89±1,10 ^a	13,87±1,47 ^b	8,95±1,04 ^a	11,02±0,16 ^a	11,00±1,09 ^a	10,97±0,29 ^a	11,98±1,26 ^a
β-Sitostérol	75,11±1,93 ^b	67,01±1,98 ^a	66,70±1,73 ^a	66,80±2,51 ^a	69,25±2,09 ^{ab}	57,07±1,13 ^a	54,78±1,16 ^a	55,10±2,75 ^a	54,81±1,46 ^a	55,03±1,16 ^a
Δ5,24 Stigmastadiénol	43,15±1,01 ^b	43,99±1,59 ^b	38,47±1,16 ^a	36,75±1,35 ^a	44,13±1,50 ^b	39,48±0,97 ^a	40,65±1,45 ^a	40,36±0,24 ^a	39,18±0,15 ^a	42,45±1,98 ^a
Δ7 Stigmastérol	17,17±1,51 ^a	20,82±1,10 ^b	21,27±1,39 ^b	19,59±1,60 ^{ab}	21,09±1,37 ^b	11,91±0,27 ^a	20,09±0,10 ^b	21,65±1,20 ^b	20,72±1,84 ^b	20,58±2,77 ^b
Δ7 Avenastérol	31,19±1,61 ^a	29,74±1,44 ^a	33,82±1,38 ^b	32,26±1,83 ^{ab}	31,64±1,56 ^a	23,07±1,22 ^a	27,70±1,38 ^{ab}	31,83±0,98 ^b	32,99±0,11 ^b	31,64±2,53 ^{ab}
Stérols totaux	196,38±1,41 ^b	173,53±2,12 ^a	172,13±2,12 ^a	174,94±3,54 ^a	194,57±2,12 ^b	153,84±2,15 ^a	162,73±0,73 ^b	170,78±1,20 ^b	172,94±0,69 ^b	181,71±0,79 ^{ab}

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05).

Les deux espèces ont montré une variation du $\Delta 7$ Avenastérol qui a varié de 31,19 à 31,64 mg/100g dans *C. maxima*, en ayant quelques fluctuations pendant le traitement thermique. En revanche, une variation plus considérable a été observée dans *C. pepo*, allant de 23,07 à 31,64 mg/100g ($p < 0,05$). De même, le $\Delta 7$ Stigmastérol a subi une augmentation notable dans les deux espèces, allant de 17,17 à 21,09 mg/100g dans *C. maxima* et de 11,91 à 20,58 mg/100g dans celles de *C. pepo*. En revanche, le $\Delta 7$ Campestérol a connu une légère fluctuation dans les huiles de *C. maxima*, tandis que celles de *C. pepo* sont restées inchangées ($p > 0,05$).

Des résultats similaires ont été démontrés par Arab et al., qui ont montré des tendances similaires de variation des stérols dans les huiles des graines de sésame blanches et brunes. En effet, une diminution du β -sitostérol a été remarquée entre 0 et 180 °C. Ensuite, sa teneur a augmenté avec l'augmentation de la température. Parallèlement, le campestérol a subi une augmentation avec l'élévation de la température, puis celui-ci a diminué en arrivant à 210 °C (Arab et al. 2022).

La teneur en stérols totaux des huiles de *C. maxima* a subi des fluctuations durant le traitement thermique. Celle-ci a montré une diminution significative, passant de 196,38 à 172,13 mg/100g, puis une augmentation de la teneur à partir de 150 °C. Parallèlement, la teneur en stérols totaux des huiles de *C. pepo* a augmenté pendant le traitement thermique.

Ainsi, les changements observés dans les stérols individuels peuvent résulter du processus de dégradation due à l'hydrolyse ou à la dysfonction associée à des températures élevées (Piironen et al. 2000). Quant à l'augmentation de la teneur totale en stérols, elle peut être attribuée à la hausse de certains stérols individuels spécifiques, ce qui implique un effet anti-polymérisation, contribuant ainsi à la protection des composés de l'huile contre l'oxydation pendant le traitement thermique (Arab et al. 2022).

5. Composition en tocophérols

La variation des tocophérols pendant le traitement thermique est présentée dans le **Tableau 41**. La teneur en γ -tocophérol a augmenté de manière significative pendant le processus de torréfaction ($p < 0,05$), passant de 362,46 à 476,82 mg/Kg d'huile dans les échantillons de *C. maxima*, et de 360,06 à 473,99 mg/Kg d'huile dans *C. pepo*. Une légère diminution a été remarquée pour les deux espèces, à la température de 90 °C.

Tableau 41. Profil des tocophérols des huiles lors de la torréfaction.

Tocopherols (mg/Kg d'huile)	<i>C. maxima</i>					<i>C. pepo</i>				
	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C
α -tocopherol	13,80±0,21 ^a	23,95±0,81 ^b	25,84±1,47 ^b	34,58±3,03 ^c	36,25±1,08 ^c	5,18±0,28 ^a	7,02±0,83 ^a	14,07±0,28 ^b	17,85±1,36 ^b	22,01±1,40 ^c
β -tocopherol	96,29±1,53 ^a	102,74±3,03 ^a	128,96±2,60 ^b	195,79±0,94 ^c	241,57±3,47 ^d	117,10±2,98 ^a	111,37±1,81 ^a	138,75±2,44 ^b	182,04±0,77 ^c	210,93±2,02 ^d
γ -tocopherol	362,46±0,88 ^{ab}	375,96±5,14 ^b	347,38±5,46 ^a	450,49±3,06 ^c	476,82±1,83 ^c	360,06±3,02 ^{ab}	370,09±2,20 ^b	345,25±5,98 ^a	401,97±0,75 ^c	473,99±3,73 ^d
δ -tocopherol	40,72±2,31 ^a	56,70±1,56 ^b	57,73±2,52 ^b	61,90±2,16 ^{bc}	75,19±2,73 ^c	38,73±0,74 ^a	40,07±0,75 ^{ab}	42,84±1,68 ^b	52,23±0,37 ^c	57,78±0,81 ^d
Tocophérols totaux	513,27±5,07 ^a	559,35±6,51 ^a	559,91±6,28 ^a	742,76±8,22 ^b	829,83±9,89 ^c	521,07±7,54 ^a	528,55±5,46 ^a	540,91±5,85 ^b	654,09±5,44 ^c	764,71±5,64 ^d

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes \pm écart type des trois répliques ($n=3\pm$ SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p<0,05$).

La teneur en β -tocophérol a varié de 96,29 à 241,57 mg/Kg d'huile dans les échantillons de *C. maxima* et de 117,10 à 210,93 mg/Kg d'huile dans *C. pepo* ($p < 0,05$). Aussi, le δ -tocophérol a varié de manière significative dans les deux espèces, variant de 40,72 à 75,19 mg/Kg d'huile dans *C. maxima* et de 38,73 à 57,78 mg/Kg d'huile dans *C. pepo* ($p < 0,05$). Une tendance similaire a été observé dans α -tocophérol, variant de 13,80 à 36,25 mg/Kg d'huile dans *C. maxima* et de 5,18 à 22,01 mg/Kg d'huile dans *C. pepo*.

Le traitement thermique a aussi impacté la teneur en tocophérols totaux des deux espèces, variant de 513,27 à 829,83 mg/Kg d'huile pour *C. maxima* et de 521,07 à 764,71 mg/Kg d'huile pour *C. pepo*. Cette augmentation peut être attribuée aux dommages cellulaires causés par le traitement thermique, qui rompent les liaisons entre les tocophérols et les protéines ou phospholipides, augmentant ainsi leur extractibilité (Vujasinovic et al. 2012). Des résultats similaires ont été rapportés par Nederal et al., dont les teneurs en tocophérols totaux varient entre 639 et 642 mg/Kg d'huile (Nederal et al. 2012). De plus, Vujasinovic et al. ont étudié l'influence du temps de torréfaction sur la teneur en tocophérols des graines de courge et ont constaté que la teneur totale augmentait avec la durée et la température de torréfaction (Vujasinovic et al. 2012).

6. Composés phénoliques et activité antioxydante

6.1. Teneur en composés phénoliques

La variation des teneurs en composés phénoliques durant le traitement thermique est présentée dans le **Tableau 42**. Les teneurs en composés phénoliques ont présenté des variations non significatives dans *C. maxima*, allant de 11,62 à 16,42 mg EAG/g d'extrait. Tandis que les TPC dans *C. pepo* ont variés de 4,64 à 9,45 mg EAG/g d'extrait avec une diminution notable à 90 °C ($p > 0,05$).

Des résultats similaires ont été rapportés par Taha et Matthäus, qui ont observé une légère diminution de la TPC à 140 °C suivie d'une augmentation significative à 160 °C. Ces variations peuvent être dues à la migration des phénols vers la phase huileuse pendant la torréfaction des graines de carthame, libérant ainsi les composés phénoliques des structures liées ou les modifiant chimiquement (Taha and Matthäus 2018). De même, Durmaz et Gökmen ont constaté une augmentation notable de la TPC de l'huile de *P. terebinthus* après 20 minutes de torréfaction, suggérant une migration accrue des phénols vers la phase huileuse (Durmaz and

Gökmen 2011). Cette augmentation à des températures plus élevées peut s'expliquer par l'accumulation de composés polaires dans l'huile pendant la torréfaction, favorisant ainsi le transfert des phénols dans la phase huileuse.

Tableau 42. TPC des extraits lors de la torréfaction.

TPC (mg EAG/g d'extrait)	T ₀	60 °C	90 °C	120 °C	150 °C
<i>C. maxima</i>	14,45±1,49 ^a	15,24±2,04 ^a	11,62±1,21 ^a	12,21±0,18 ^a	16,42±0,75 ^a
<i>C. pepo</i>	5,37±0,56 ^{ab}	6,29±0,18 ^b	4,64±0,28 ^a	5,04±0,10 ^a	9,45±0,18 ^c

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05).

6.2. Évaluation de l'activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits des deux espèces durant le traitement thermique est présentée dans le **Tableau 43**. En effet, deux tests ont été employés à cet effet pour appuyer les résultats obtenus. Ainsi les IC₅₀ obtenus par DPPH ont montré des variations significatives (p<0,05), allant de 0,25 à 0,86 mg/mL dans *C. maxima* et de 0,76 à 2,37 mg/mL dans *C. pepo*. Cependant, l'activité des extraits a connu des fluctuations pendant le processus de torréfaction. Pour *C. maxima*, le pouvoir inhibiteur a baissé durant les premières minutes de chauffage, passant de 0,25 à 0,86 mg/mL à T₉₀. Au-delà de cette température, le pouvoir inhibiteur a augmenté pour atteindre une concentration de 0,29 mg/mL. Pour *C. pepo*, une tendance différente a été observée. L'activité antioxydante a connue plusieurs fluctuations pendant le chauffage pour atteindre à la fin une concentration de 0,76 mg/mL, qui est à peu près 3 fois inférieure à la valeur initiale à T₀.

Le test ABTS a en effet confirmé les résultats obtenus par DPPH. Ainsi, une tendance similaire a été observée dans les deux espèces, où l'IC₅₀ de *C. maxima* a connu des fluctuations entre T₉₀ et T₁₂₀. Tandis que les valeurs d'IC₅₀ de *C. pepo* ont baissés au début du chauffage pour atteindre une concentration de 2,78 mg/mL à T₉₀, puis augmenté à T₁₂₀ et rebaisser à T₁₅₀ pour atteindre la valeur de 2,51 mg/mL, qui est 2 fois inférieure à la valeur initiale à T₀.

Taha et Matthäus ont observé la même tendance lors de leur étude sur les graines de carthame. En effet, ils ont rapporté une augmentation de l'IC₅₀ à T₁₆₀, suivie d'une diminution (Taha and Matthäus 2018). De plus, Samaras et al ont rapportés que l'activité antioxydante évoluée durant le traitement thermique, améliorant ainsi le pouvoir antioxydant des graines de soja cuites à la vapeur (Samaras et al. 2005). D'autres chercheurs ont reliés ce phénomène avec la formation de nouveaux produits issus de la réaction de Maillard (Açar et al. 2009; Jannat et al. 2010). Tandis que Taha et Matthäus ont mis en évidence l'altération des températures élevées sur le comportement des composés phénoliques, qui s'accumulent dans la phase huileuse en y favorisant le transfert des phénols (Taha and Matthäus 2018).

Tableau 43. IC₅₀ des extraits lors de la torréfaction.

IC ₅₀ (mg/mL)	<i>C. maxima</i>		<i>C. pepo</i>	
	DPPH	ABTS	DPPH	ABTS
T ₀	0,25 ± 0,04 ^a	0,68 ± 0,10 ^a	2,37 ± 0,21 ^c	5,72 ± 0,08 ^e
60 °C	0,48 ± 0,04 ^b	1,22 ± 0,03 ^b	1,48 ± 0,13 ^b	3,82 ± 0,06 ^d
90 °C	0,86 ± 0,02 ^d	2,57 ± 0,12 ^d	1,94 ± 0,06 ^{bc}	2,78 ± 0,14 ^b
120 °C	0,66 ± 0,02 ^c	1,91 ± 0,07 ^c	1,78 ± 0,10 ^b	3,61 ± 0,04 ^c
150 °C	0,29 ± 0,04 ^a	1,16 ± 0,06 ^b	0,76 ± 0,04 ^a	2,51 ± 0,03 ^a

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une colonne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05).

7. Conclusion

Notre étude visait à évaluer les variations de la qualité nutritionnelle, de la composition chimique et de l'activité antioxydante des huiles de graines de courge extraites de deux espèces, *C. maxima* et *C. pepo* à la suite du traitement thermique réalisé par un four électrique à différentes températures : 60, 90, 120 et 150°C. Nous avons constaté que la torréfaction n'avait pas d'impact significatif sur l'indice d'acide et l'indice d'iode de *C. maxima*, mais elle a entraîné une augmentation significative de l'indice d'acide de *C. pepo* à T₉₀. Les valeurs de peroxyde, E₂₃₂ et E₂₇₀, ont également augmenté de manière significative pendant le traitement thermique,

bien qu'elles n'aient pas dépassé les limites établies par la FAO. De plus, nous avons observé une augmentation significative des pigments, en accord avec les travaux antérieurs.

Les principaux acides gras n'ont montré aucune variation significative dans les huiles étudiées, qui ont conservé une composition stable, caractérisée par une forte teneur en acides gras polyinsaturés. En revanche, les stérols majeurs ont été affectés par la torréfaction, avec une légère diminution du β -sitostérol dans les échantillons de *C. maxima* et une augmentation significative du Δ^7 Avenastérol dans les deux espèces. La teneur totale en stérols a fluctué, diminuant initialement chez *C. maxima* avant d'augmenter chez *C. pepo*.

Par ailleurs, la torréfaction a entraîné une augmentation des homologues de tocophérols, ainsi que de la teneur totale en tocophérols, contribuant ainsi à maintenir la stabilité des huiles pendant le traitement thermique. Les teneurs en composés phénoliques ont également augmenté de manière significative pour *C. pepo*, tandis qu'elles sont restées stables pour *C. maxima*. En ce qui concerne l'activité antioxydante, celle-ci a connu des fluctuations, mais une amélioration globale a été observée dans la capacité anti-radicalaire, en particulier pour les extraits de *C. pepo*.

Sur la base de ces résultats, il est possible de conclure que la torréfaction des graines de courge a modifié significativement la composition des huiles extraites, améliorant notamment leur capacité antioxydante. Cependant, une exposition prolongée à des températures élevées a également entraîné une légère oxydation des huiles.

Il est crucial d'évaluer la résistance de l'huile de graines de courge à l'oxydation en la soumettant à un stress oxydatif pendant une durée spécifique. Cela impliquera de comparer les divers paramètres examinés dans cette étude avec des résultats futurs et d'analyser des huiles de graines torréfiées et non torréfiées. Il est donc crucial d'évaluer la résistance à l'oxydation de ces huiles en fonction des conditions de traitement thermique. Ces résultats pourraient contribuer à optimiser les paramètres de torréfaction et encourager la recherche sur des techniques alternatives pour préserver au mieux la qualité des huiles de graines de courge.

Chapitre III.

Résultats et discussion

Partie 4 : Analyse de la composition proximale, des composés phénoliques et de l'activité biologique des différentes parties de la courge (*C. maxima*).

1. Introduction

La gestion des déchets agricoles représente actuellement l'un des défis majeurs du secteur agricole et alimentaire (Gungor and Torun 2022). La transformation des fruits et légumes en produits commerciaux entraîne la production de quantités significatives de déchets, comprenant notamment les pelures, les chairs, les graines, les écorces, les coques, les feuilles et les racines, qui peuvent représenter jusqu'à 25-30 % de la production totale (Sagar et al. 2018; Shetty et al. 2012). Afin de promouvoir la durabilité et de réduire la production de déchets, il est essentiel d'exploiter de manière intensive les sous-produits générés tout au long du processus de transformation des fruits et légumes. Ces sous-produits sont riches en composés bénéfiques pour la santé, tels que les antioxydants et les phytochimiques. Cependant, malgré leur potentiel nutritionnel élevé, ces sous-produits sont souvent destinés à des utilisations à faible valeur ajoutée, telles que le compostage ou la production d'énergie biologique. Une approche plus prometteuse consiste à valoriser ces déchets en les transformant en produits à haute valeur ajoutée, ce qui permettrait de réduire le gaspillage et de promouvoir une économie circulaire (Jahanban-Esfahlan et al. 2019; Nadya Mara et al. 2022).

Parallèlement, la demande croissante de solutions alimentaires naturelles et saines met en lumière l'importance de la valorisation des ressources alimentaires disponibles, telles que la courge. En effet, la courge est un aliment riche en nutriments et en composés bioactifs, tels que les polysaccharides, les acides aminés (Nourmohammadi et al. 2017), les acides gras (Uba and Muhammad 2019), les composés phénoliques (Boujemaa, El Bernoussi, ElGuezzane, et al. 2024), les flavonoïdes (Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019a), les caroténoïdes (Singh and Kumar 2022) et les minéraux (Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019b). Cette plante, couramment consommée dans les régions tropicales, est constituée de plusieurs parties distinctes, dont la pelure, la chair et les graines, qui contiennent une multitude de composés bénéfiques pour la santé (Singh, Parthasarathy, and Babu 2011).

La pelure représente la couche extérieure de la courge. Cette couche protectrice protège le fruit des insectes et des maladies. La chair du fruit est utilisée pour préparer des plats de légumes. Quant aux graines, elles se trouvent attachées aux fibres au milieu de la courge. Elles sont principalement séparées de leurs écorces, séchées et consommées (Hagos et al. 2022). Ces parties de la courge ne sont pas exploiter à leur juste valeur, du fait qu'ils regorgent de minéraux essentiels et de composés bioactifs tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes, très importants pour la nutrition et la santé humaines (Singh et al. 2016). Ces derniers leurs confèrent un fort pouvoir antioxydant, contribuant ainsi à la prévention de nombreuses maladies (Hussain, Kausar, Sehar, Sarwar, Haseeb Ashraf, et al. 2022).

En outre, il est notable que les agents pathogènes d'origine alimentaire imposent une charge considérable d'infections et constituent un problème de santé publique important dans le monde. Parmi les principales bactéries d'origine alimentaire, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella enterica* sont les plus courantes et sont responsables d'intoxications et d'infections alimentaires (Akbar et al. 2019; Xu et al. 2019). D'autre part, *Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie pathogène principalement présente dans les produits carnés et l'eau potable (Wu et al. 2014). Face à ce défi, l'utilisation d'agents antimicrobiens naturels revêt une importance capitale pour garantir la sécurité alimentaire et répondre aux attentes des consommateurs en matière de santé et de qualité des aliments (Román, Sánchez-Siles, and Siegrist 2017).

Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer les paramètres physico-chimiques, la composition en minéraux et en composés phénoliques des différents extraits de courge (*C. maxima*), ainsi que leurs activités antioxydante et antimicrobienne, dans le but de valoriser pleinement les ressources alimentaires disponibles et de contribuer à la promotion d'une alimentation saine et durable.

2. Paramètres physico-chimiques des extraits

L'évaluation des paramètres physico-chimiques des différentes parties de *C. maxima* est présentée dans le **Tableau 44**. Les résultats indiquent des rendements en extrait variables selon les parties de la plante. Ainsi, les graines ont affiché le rendement le plus élevé à 28,12 %, suivi de la chair à 17,79 %, de la pelure à 12,53 % et des écorces à 4,13 % ($p < 0,05$). Des études antérieures ont rapporté des rendements inférieurs, de 4,29 % pour la pelure et 6,63 % pour la chair (Wanna 2019).

La teneur en eau est utilisée comme indicateur de stabilité et de vulnérabilité à la contamination microbienne. Les résultats montrent que la pelure a présenté la plus forte teneur en eau à 73,55 %, suivie de la chair à 72,51 %, des graines à 3,31 % et des écorces à 2,26 %. La faible teneur en humidité des graines de courge s'explique par leur forte teneur en huile (Amin et al. 2019). Cependant, une humidité élevée équivaut à une durée de conservation courte et rend ainsi les parties de la courge plus vulnérables aux attaques microbiennes. Des études antérieures ont rapporté des résultats similaires, avec des H% variant de 70,3 à 75,5 % pour la chair de courge cultivée au Nigeria (Amin et al. 2019), et de 75,59 % pour la chair de *C. pepo* en Égypte (Hashash Maher et al. 2017). Ainsi, pour garantir une conservation optimale, il est recommandé de stocker ces parties dans un environnement frais. La déshydratation peut également améliorer la conservation des fruits tout en concentrant les autres nutriments (Singh et al. 2014).

Tableau 44. Paramètres physico-chimiques des parties de *C. maxima*.

Paramètres	Chair	Pelure	Graines	Ecorces
Rendement (%)	17,79 ± 3,75 ^{bc}	12,53 ± 3,24 ^{ab}	28,12 ± 3,90 ^c	4,13 ± 1,38 ^a
Humidité (%)	72,51 ± 0,99 ^b	73,55 ± 1,72 ^b	3,31 ± 0,03 ^a	2,26 ± 0,87 ^a
Cendres (%)	4,94 ± 0,54 ^b	3,99 ± 0,96 ^{ab}	8,44 ± 1,10 ^c	1,19 ± 0,36 ^a

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05).

La teneur en cendres reflète la composition minérale dans un échantillon. Selon le **Tableau 44**, les graines de courge ont présenté le niveau de cendres le plus élevé, à 8,44 %, suivi par la chair à 4,94 %, la pelure à 3,99 % et les écorces à 2,19 % (p<0,05). Des résultats différents ont été rapportés par Kar et al., qui ont relevé des valeurs de 4,18 % pour les graines et de 6,34 % pour la pelure (Kar et al. 2023). D'autres résultats présentés par Amin et al. ont relevé des valeurs de 3,54 % pour les graines, de 7,32 % pour la pelure et de 5,53 % pour la chair de *C. maxima* (Amin et al. 2019).

Généralement, la composition proximale des parties de la courge varie considérablement en fonction de divers paramètres tels que les espèces, les variétés, les lieux de culture, le climat,

et d'autres facteurs. Néanmoins, ces résultats suggèrent un dépôt élevé d'éléments minéraux dans les graines de courge, la chair et la pelure

3. Composition en minéraux essentiels

Les minéraux essentiels jouent un rôle vital dans le bien-être mental et physique. Ils constituent des éléments clés des os, des dents, des tissus, des muscles, du sang et des cellules nerveuses. Ils contribuent également au maintien de l'équilibre acido-basique, à la transmission nerveuse et à la coagulation sanguine (Blessing, Ifeanyi, and Chijioke 2011; Rumeza Hanif, Zafar Iqbal, Mudassar Iqbal 2006). Le **Tableau 45** présente le contenu en éléments minéraux essentiels.

Les graines de *C. maxima* se sont distinguées par leurs niveaux élevés de Fe (17,81 mg/Kg), Mg (1120,27 mg/Kg), Mn (8,64 mg/Kg), P (1504,49 mg/Kg) et Zn (15,85 mg/Kg). Des études ultérieures ont confirmé des valeurs similaires pour le zinc, bien que les autres éléments présentent des valeurs plus faibles (Aliyu et al. 2012; Amin et al. 2019). Cependant, Glew et al. ont rapporté des valeurs plus élevées pour Fe, Ca, K et Na, avec des niveaux respectifs de 52,9, 188,0, 5573,0 et 82,1 mg/Kg (Glew et al. 2006).

Tableau 45. Composition en éléments minéraux des parties de *C. maxima*.

Minéraux essentiels (mg/Kg)	Chair	Pelure	Graines	Ecorces
Ca	286,64	354,31	65,12	43,32
Na	26,16	68,49	30,98	12,51
K	5963,65	1157,95	1524,18	426,46
Mg	145,52	544,44	1120,27	66,10
Fe	2,678	5,96	17,81	1,68
Mn	0,32	0,51	8,64	0,85
Cu	1,28	0,30	0,96	0,42
Zn	1,29	1,57	15,85	0,59
B	3,34	2,11	1,02	0,56
P	171,36	312,98	1504,49	57,83

Dans la chair de *C. maxima*, des quantités importantes de Ca, K, Cu et B ont été observées. Les travaux de Hussain et al. ont signalé des valeurs plus faibles, notamment 1,49 mg/Kg de Ca et 1592 mg/Kg de K, bien que la teneur en fer soit significativement plus élevée (Hussain, Kausar, Din, et al. 2021).

Il convient de noter que des niveaux élevés de fer dans les aliments peuvent avoir un impact négatif sur l'acide ascorbique, soulignant ainsi l'importance du respect des seuils journaliers recommandés. La pelure présente également des niveaux significatifs de Ca, Na et Mg. Cependant, les valeurs rapportées sont nettement inférieures à celles relevées dans d'autres études (Jahan et al. 2023). Enfin, les écorces présentent des niveaux minéraux moyens, bien qu'elles restent tout de même intéressantes sur le plan nutritionnel.

4. Analyse du contenu en composés phénoliques

Les teneurs en polyphénols des extraits des différentes parties étudiées sont présentées sur le **Tableau 47**, et des différences significatives ont été observées. En particulier, la pelure a affiché la concentration la plus élevée, avec 12,67 mg EAG/g d'extrait, suivie de près par la chair avec 10,11 mg EAG/g d'extrait, les écorces avec 8,66 mg EAG/g d'extrait, et enfin les graines avec 4,65 mg EAG/g d'extrait.

Ces valeurs étaient notablement supérieures à celles rapportées dans d'autres études, notamment Kar et al. qui ont relevé les valeurs de 2,46 mg EAG/g d'extrait pour la pelure et 0,79 mg EAG/g d'extrait pour les graines (Kar et al. 2023). Les travaux de Hagos et al. ont montré des variations de 3,54 à 3,85 mg EAG/g d'extrait pour la pelure, de 2,88 à 3,69 mg EAG/g d'extrait pour la chair, et de 0,80 à 1,02 mg EAG/g d'extrait pour les graines (Hagos, Chandravanshi, et al. 2023). Mala et al. ont rapporté des teneurs de 5,21 et 5,19 mg EAG/g d'extrait pour la chair et la pelure, respectivement (Mala and Kurian 2016). Kulczyński et al. ont relevé des valeurs de chair encore plus faibles, variant de 0,47 à 1,18 mg EAG/g d'extrait (Kulczyński, Sidor, and Gramza-Michałowska 2020). En revanche, Wanna Chanate a rapporté des teneurs plus élevées, avec 116,66 mg EAG/g d'extrait pour la chair et 110,45 mg EAG/g d'extrait pour la pelure (Wanna 2019).

Les flavonoïdes, une classe majeure de composés phénoliques, jouent un rôle essentiel en piégeant les radicaux libres, ce qui contribue à leur activité antioxydante (Hagos, Chandravanshi, et al. 2023). Leur contenu est directement associé à cette activité, et des études

antérieures ont établi leur importance dans la prévention des maladies liées au stress oxydatif, des maladies cardiovasculaires, ainsi que dans le traitement du cancer (Wang 2011).

Les teneurs en flavonoïdes des différentes parties étudiées sont résumées dans le **Tableau 47**, et des différences significatives ont été observées. Des valeurs de TFC statistiquement différentes ont été relevées. En effet, la pelure a présenté la valeur la plus élevée de 3,99 mg EQ/g d'extrait, suivie par la chair avec 1,27 mg EQ/g d'extrait, les écorces avec 0,75 mg EQ/g d'extrait et les graines avec 0,04 mg EQ/g d'extrait.

Tableau 46. TPC et TFC des parties de *C. maxima*.

Paramètres	Chair	Pelure	Graines	Ecorces
TPC (mg EAG/g d'extrait)	10,11 ± 0,37 ^c	12,67 ± 0,28 ^d	4,65 ± 0,09 ^a	8,66 ± 0,37 ^b
TFC (mg EQ/g d'extrait)	1,27 ± 0,09 ^c	3,99 ± 0,09 ^d	0,04 ± 0,00 ^a	0,75 ± 0,09 ^b

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives (p<0,05).

Comparativement, les résultats obtenus par Kar et al. ont montré des valeurs beaucoup plus élevées pour la pelure (63,80 mg EQ/g d'extrait) et les graines (71,06 mg EQ/g d'extrait) (Kar et al. 2023). Néanmoins, d'autres études ont rapporté des valeurs plus proches de celles observées dans notre étude, à savoir, Hagos et al. ont montré des variations de 1,30 à 1,53 mg EQ/g d'extrait pour la pelure, de 1,03 à 1,18 mg EQ/g d'extrait pour la chair et de 0,51 à 0,76 mg EQ/g d'extrait pour les graines (Hagos, Chandravanshi, et al. 2023). Tandis que Stryjecka et al. ont relevé les variations de 0,75 à 8,73 mg EQ/100g d'extrait pour la chair de courge (Stryjecka et al. 2023).

Ainsi, les facteurs contribuant aux variations de TPC et TFC peuvent être les conditions climatiques et géographiques, les différents solvants utilisés pour l'extraction, ainsi que les procédures de stockage post-récolte (Ayele, Akele, and Melese 2022).

4.1. Analyse qualitative des composés phénoliques

La **Figure 23** illustre les chromatogrammes des différentes parties étudiées, à savoir chair (a), la pelure (b), les graines (c) et les écorces (d). Ces chromatogrammes ont révélé la présence

de plusieurs pics, dont les caractéristiques sont détaillées sur le **Tableau 48**, comprenant les temps de rétention, l'intensité et l'aire de chaque pic.

Pour la chair (**Figure 23-a**), cinq pics ont été observés. Le premier pic, apparaissant à 2,073 min, affiche une forte intensité et représente 42 % de l'aire totale du chromatogramme. Un deuxième pic, apparu à 2,619 min, présente une intensité plus faible et occupe 18,6 % de l'aire totale. Les pics 3 et 4, apparus à 3,096 min et 3,329 min respectivement, montrent des intensités plus faibles avec des aires de 9,6 % et 8,6 %. Enfin, le dernier pic, à 4,020 min, présente une intensité faible et occupe 21,2 % de l'aire totale

Pour la pelure (**Figure 23-b**), cinq pics ont également été identifiés. Le premier pic, à 2,067 min, affiche une forte intensité et représente 41,2 % de l'aire totale. Le deuxième pic, apparu à 2,510 min, présente une intensité plus faible et occupe 18,3 % de l'aire totale. Les pics 3 et 4, à 3,062 min et 3,339 min respectivement, montrent des intensités faibles avec des aires de 7,9 % et 5,4 %. Enfin, le dernier pic, à 3,658 min, présente une intensité plus faible et occupe 27,1 % de l'aire totale.

Pour les graines (**Figure 23-c**), cinq pics ont été détectés. Le premier pic, à 2,067 min, présente une forte intensité et occupe 7,9 % de l'aire totale. Le deuxième pic, à 2,543 min, affiche une intensité plus faible et occupe 1,5 % de l'aire totale. Les pics 3 et 4, à 3,320 min et 3,978 min respectivement, montrent des intensités encore plus faibles avec des aires de 0,1 % et 0,7 %. Enfin, un large pic apparaît à 23,543 min, avec une forte intensité qui occupe 89,7 % de l'aire totale.

En ce qui concerne les écorces (**Figure 23-d**), quatre pics ont été observés. Le premier pic, à 2,066 min, présente une forte intensité et occupe 53,3 % de l'aire totale. Le deuxième pic, à 2,684 min, affiche une intensité plus faible et occupe 26 % de l'aire totale. Les pics 3 et 4, à 3,038 min et 3,359 min respectivement, montrent des intensités faibles avec des aires de 11,4 % et 9,3 %.

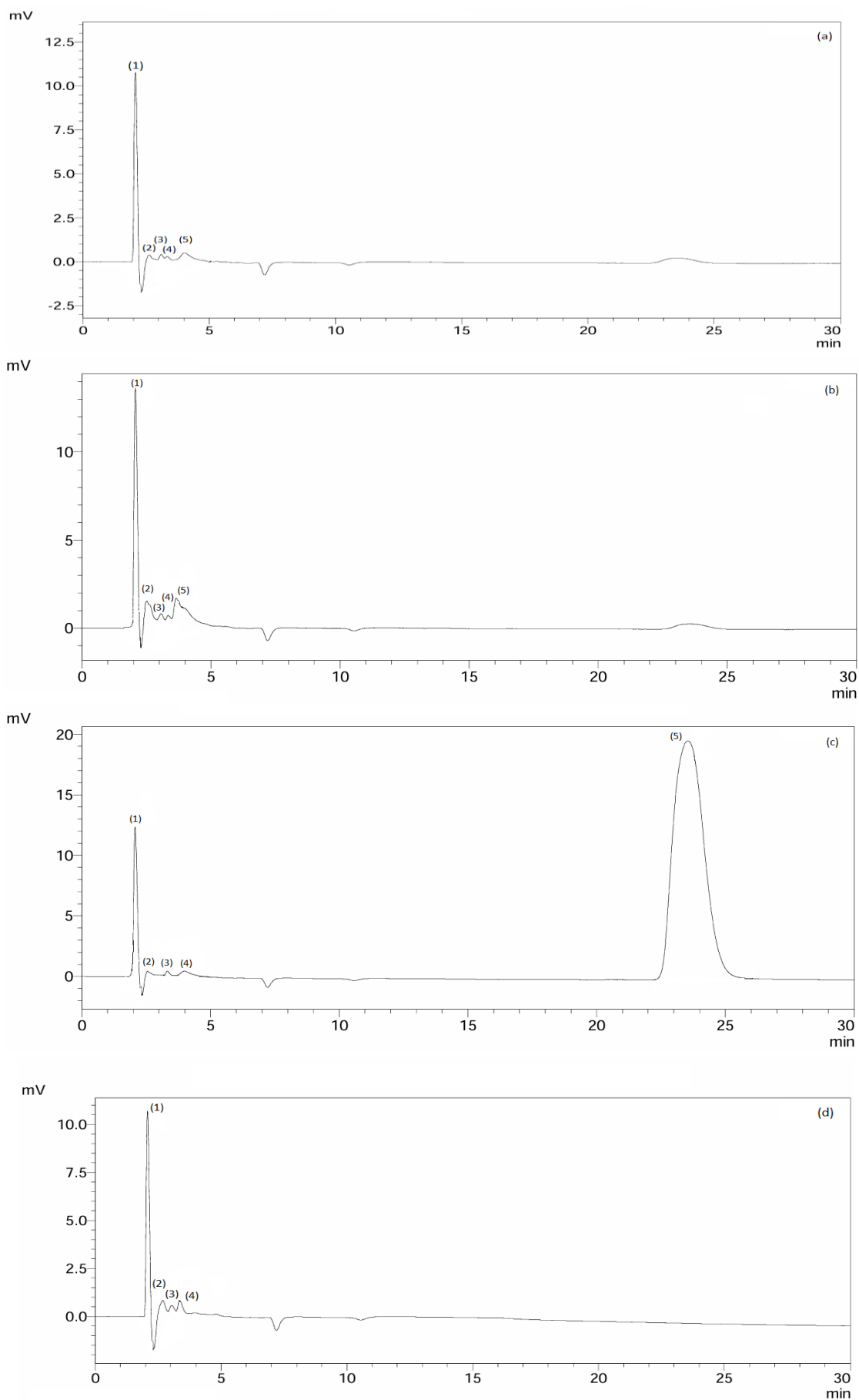


Figure 23. Chromatogramme des composés phénoliques des parties de *C. maxima*.

Tableau 47. Identification des composés phénoliques présents dans les parties de *C. maxima*.

Pics	Temps de rétention (min)	Intensité (mV)	Aire (%)
Chair			
1	2,073	11956	41,9781
2	2,619	1935	18,6146
3	3,096	1660	9,5905
4	3,329	1399	8,5868
5	4,020	1163	21,2299
Pelure			
1	2,067	14345	41,2414
2	2,510	2491	18,3442
3	3,062	1533	7,8758
4	3,339	1322	5,4424
5	3,658	2271	27,0963
Graines			
1	2,067	13388	7,8838
2	2,543	1434	1,5066
3	3,320	355	0,1852
4	3,978	405	0,7091
5	23,543	19697	89,7153
Ecorces			
1	2,066	11479	53,3355
2	2,684	2079	26,0287
3	3,038	1330	11,3525
4	3,359	1117	9,2833

Le **Tableau 49** présente les temps de rétention de huit standards utilisés comme référence : l'acide gallique, l'acide protocatéchique, l'acide caféique, l'acide vanillique, la rutine, l'acide *p*-coumarique, l'acide férulique et la quercétine. Chacun de ces standards a été analysé individuellement afin de faciliter l'identification des composés phénoliques présents dans chaque partie de *C. maxima*.

À la suite de la corrélation entre les temps de rétention des différents standards, comme indiqué dans le **Tableau 49**, et ceux des échantillons analysés, quatre acides phénoliques ont été identifiés dans la chair, chacun avec des proportions différentes. L'acide protocatéchique a

présenté le pic le plus intense (1), suivi par l'acide caféique (2), l'acide *p*-coumarique (3) et l'acide férulique (4). Dans la pelure, quatre acides phénoliques ont également été identifiés, avec l'acide gallique associé au pic le plus intense (1), suivi par l'acide caféique (2), l'acide *p*-coumarique (3) et l'acide férulique (4). Les graines ont révélé la présence de trois acides phénoliques : l'acide gallique (1), l'acide caféique (2) et l'acide férulique (3). Quant aux écorces, les quatre acides phénoliques ont été identifiés, à savoir l'acide gallique qui a présenté le pic le plus intense (1), l'acide vanillique (2), l'acide *p*-coumarique (3) et l'acide férulique (4). Cependant, certains pics n'ont pas encore pu être identifiés. Le pic (4) observé à 3,978 min dans les graines ainsi que les pics (5) apparus à 4,020 min dans la chair, à 3,658 dans la pelure et à 4,020 min dans les graines, restent pour l'instant non identifiés.

Tableau 48. Temps de rétention des standards analysés.

Standards	Temps de rétention
Acide gallique	2,054
Acide protocatéchique	2,066
Acide caféique	2,580
Acide vanillique	2,702
Rutine	2,870
Acide <i>p</i> -coumarique	3,098
Acide férulique	3,361
Quercétine	6,947

Akin et *al.* ont confirmé la présence de certains acides phénoliques dans les huiles de graines de courge obtenues par pression à froid, avec une prédominance de l'acide syringique (Akin et al. 2018). Cependant, dans les extraits de graines, la présence de cet acide était moindre (Krimmer-Malešević 2020). D'autres études ont également identifié des composés phénoliques tels que l'acide gallique, l'acide *p*-hydroxybenzoïque, l'acide vanillique, l'acide chlorogénique et l'acide sinapique dans les extraits de chair (Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019b, 2019a), ainsi que de l'acide salicylique (Stryjecka et al. 2023). En outre, Mansour et *al.* ont détecté la présence d'acide ellagique dans les extraits de pelure (Mansour et al. 2023).

Cependant, la comparaison des compositions en composés phénoliques entre différentes études peut être difficile en raison de multiples facteurs. Kulczynski et *al.* ont observé des différences dans le contenu en acides phénoliques entre différentes espèces de *Cucurbita*, ainsi

qu'entre les variétés au sein d'une même espèce. De tels qu'un acide phénolique peut être abondant dans une variété mais absent dans une autre (Kulczynski and Gramza-Michałowska 2019b). Ainsi, la composition en composés phénoliques est largement influencée par des facteurs environnementaux.

5. Évaluation de l'activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits des différentes parties de *C. maxima* est présentée dans le **Tableau 50**. Les valeurs d'IC₅₀ obtenues par le test du DPPH ont révélé des variations significatives ($p < 0,05$). En effet, la pelure a exhibé un pouvoir antioxydant plus élevé que les autres parties, avec une concentration de 0,60 mg/mL, suivie par la chair qui a présenté une concentration de 0,73 mg/mL, les écorces avec 0,89 mg/mL et les graines avec 2,62 mg/mL.

Tableau 49. IC₅₀ des parties de *C. maxima*.

Paramètre	Chair	Pelure	Graines	Ecorces
IC ₅₀ (mg/mL)	0,73 ± 0,02 ^b	0,60 ± 0,03 ^a	2,62 ± 0,01 ^d	0,89 ± 0,01 ^c

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques ($n=3 \pm \text{SEM}$), différentes lettres dans une ligne indiquent des différences statistiques significatives ($p < 0,05$).

Les résultats présentés par Hagos et *al.* ont révélé des valeurs de IC₅₀ variant de 4,98 à 6,06 mg/L pour les extraits de chair, de 5,25 à 6,95 mg/L pour la pelure et de 5,93 à 9,32 mg/L pour les graines (Hagos, Chandravanshi, et al. 2023). Par la suite, d'autres études antérieures ont montré un pouvoir antioxydant plus prononcé pour les extraits de graines. En effet, Boujemaa et *al.* ont rapporté des valeurs de IC₅₀ variant de 0,13 à 1,15 mg/mL pour l'extraction par solvant (Boujemaa et al. 2020; Boujemaa, El Bernoussi, Lakhlifi El idrissi, et al. 2024), et des valeurs d'IC₅₀ variant de 0,25 à 0,86 mg/mL pour l'extraction par Twisselmann (Boujemaa, El Bernoussi, ElGuezzane, et al. 2024). De plus, des résultats similaires ont été rapportés par Amin et *al.*, avec une concentration de 219,85 µg/mL pour l'extraction par éthanol et 209,84 mg/mL pour l'extraction par chloroforme (Amin et al. 2018).

De plus, Saavedra et *al.* ont démontré que le choix du solvant pour l'extraction des composés phénoliques pouvait influencer leur pouvoir inhibiteur. Ils ont observé une meilleure inhibition pour les composés phénoliques extraits de la pelure et des graines avec de l'éthanol plutôt qu'avec du méthanol ou de l'eau, et cette inhibition était plus marquée dans la pelure que dans les graines (Saavedra et al. 2013).

Ainsi, le choix judicieux du solvant d'extraction est crucial lors de l'évaluation de l'activité antioxydante, car il peut influencer la composition en composés phénoliques des extraits en raison de l'affinité de certains de ces composés avec les solvants. En général, la haute efficacité d'extraction des mélanges de solvants peut être attribuée aux composés phénoliques, qui présentent une grande affinité et sont généralement plus solubles dans des solvants avec une polarité plus faible que celle de l'eau (Alara, Abdurahman, and Ukaegbu 2021; Zuorro, Iannone, and Lavecchia 2019).

6. Évaluation de l'activité antimicrobienne

Les micro-organismes utilisés dans cette étude sont des contaminants alimentaires importants qui ont le potentiel d'altérer la qualité des produits alimentaires en entraînant leur détérioration ainsi que des dommages organoleptiques. Par conséquent, ils peuvent compromettre la santé des consommateurs en provoquant des intoxications et des infections, pouvant entraîner des complications graves

6.1. Activité bactérienne

L'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique des différentes parties de *C. maxima* a été évaluée à l'aide de la méthode de diffusion sur disque. Les résultats sont résumés dans le **Tableau 51**. La pénicilline et le chloramphénicol ont été utilisés comme références standards, montrant tous deux des zones d'inhibition de 26 mm contre *S. aureus*. Chloramphénicol a montré une inhibition vis-à-vis d'*E. coli*, tandis que cette dernière a été résistante à la pénicilline.

L'extrait de la chair de *C. maxima* a montré une activité antibactérienne prometteuse contre *Staphylococcus aureus*, avec une zone d'inhibition de 18 mm. Elle a également montré une activité antibactérienne contre *Escherichia coli*, avec une zone d'inhibition de 12,5 mm. En revanche, aucune inhibition n'a été observée pour les graines, la pelure et les écorces de la courge vis-à-vis de ces deux bactéries pathogènes.

Tableau 50. Activité antibactérienne des parties de *C. maxima*.

Paramètres	Chair	Pelure	Graines	Ecorces	Pénicilline	Chloramphénicol
<i>Staphylococcus aureus</i>	18,00 ± 0,01	n.s	n.s	n.s	26,0 ± 0,1	26,0 ± 0,5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11,50 ± 0,26	10,0 ± 0,25	17,50 ± 0,50	n.s	n.s	n.s
<i>Escherichia Coli</i>	12,50 ± 0,42	n.s	n.s	n.s	n.s	26,0 ± 0,5
<i>Salmonella enterica</i>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM). n.s : Valeur non significative.

Tableau 51. Activité antifongique des parties de *C. maxima*.

Paramètres	Chair	Pelure	Graines	Ecorces	Ciclopiroxolamine
<i>Candida albicans</i>	n.s	n.s	n.s	n.s	20 ± 0,1
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	n.s	n.s	n.s	n.s	24,00 ± 0,01
<i>Aspergillus brasiliensis</i>	n.s	n.s	15,4 ± 0,5	n.s	20 ± 0,1

Les résultats sont exprimés sous forme de valeurs moyennes ± écart type des trois répliques (n=3±SEM). n.s : Valeur non significative.

Pseudomonas aeruginosa a montré des zones d'inhibition presque similaires, avec des valeurs de 11,5 et 10 mm, respectivement pour la chair et la pelure de *C. maxima*, tandis que les graines ont montré une inhibition de 17,5 mm. En revanche, aucune inhibition n'a été observée vis-à-vis des écorces.

Les résultats obtenus concordent avec ceux rapporté par Singh et al. qui ont également révélé une activité antibactérienne des extraits de graines de *C. moschata*, avec des zones d'inhibition de 9,22 et 10,53 mm contre *S. aureus* et *E. coli*. Ces extraits ont montré aussi un pouvoir antibactérien contre *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis* et *Salmonella typhii* (Singh and Kumar 2022). Amin et al. ont rapporté des zones d'inhibition de 10,58 et 12,4 mm respectivement contre *S. aureus* et *E. coli* pour les extraits éthanolique de graines de courge.

Cependant, l'extrait de chloroforme a montré une zone d'inhibition plus élevé contre *S. aureus* à 18,25 mm, mais un moins fort pouvoir antibactérien contre *E. coli* à 7,5 mm (Amin et al. 2018). D'une autre part, Hussain et al. ont démontré un pouvoir antibactérien des extraits méthanoliques des graines de *C. maxima* contre *S. aureus* et *E. coli*. De même, des activités antibactériennes ont été observées pour les extraits méthanoliques de la pelure et de la chair, bien que les zones d'inhibition aient été moins prononcées

Ces parties ont aussi montré des activités antibactériennes contre *B. subtilis* et *S. typhii* (Hussain, Kausar, Murtaza, et al. 2021). Tandis que Leichtweis et al. ont mis en évidence un fort pouvoir antibactérien des extraits éthanol/eau de la pelure et des graines de courge contre plusieurs souches bactériennes, notamment *Enterobacter cloacae*, *Salmonella enterica*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes* et *Pseudomonas aeruginosa* (Leichtweis et al. 2022).

6.2. Activité antifongique

L'activité antifongique de l'extrait éthanolique des différentes parties de *C. maxima* a été évaluée à l'aide de la méthode de diffusion sur disque, avec les résultats résumés dans le **Tableau 52**. Le ciclopiroxolamine a été utilisé comme référence standard, exhibant des zones d'inhibition de 20 mm contre *Candida albicans* et *Aspergillus brasiliensis*, ainsi qu'une zone d'inhibition de 24 mm contre *Saccharomyces cerevisiae*.

Les graines de *C. maxima* ont présenté une activité antifongique notable contre *A. brasiliensis*, avec une zone d'inhibition de 15,4 mm, tandis que les autres parties de la courge

ont montré une résistance. En revanche, aucune des parties étudiées n'a manifesté d'activité antifongique contre *C. albicans* et *S. cerevisiae*.

Les résultats obtenus concordent avec ceux rapportés par Leichtweis et *al.* qui ont également constaté une activité antifongique des extraits de graines de courge contre *A. brasiliensis*, avec des zones d'inhibition supérieures à 10 mm, et une inhibition par la pelure de la courge (Leichtweis et al. 2022). Une autre étude menée sur la pelure, la chair et les graines de courge a également révélé une activité antifongique significative contre quatre souches, à savoir *C. albicans*, *Fusarium oxysporum*, *Mucor miehei* et *Trichoderma spp.* (Hussain, Kausar, Murtaza, et al. 2021). Tandis que Leichtweis et *al.* ont mis en évidence l'activité antifongique des extraits de pelure contre *Aspergillus fumigatus* (Leichtweis et al. 2023).

Généralement, l'activité antimicrobienne est liée au contenu en composés phénoliques présents dans la plante. D'après Athamena et *al.*, les tannins et les flavonoïdes sont des substances antibactériennes importantes qui permettent une inhibition efficace des agents pathogènes (S., Athamena, I., Chalghem A., Kassah-Laouar S., Laroui S. 2010). Dans notre cas, les composés phénoliques présents dans la chair ont été plus efficace contre *S. aureus*, *P. aeruginosa* et *E. Coli*, mais inefficace contre *S. enterica*, *C. albicans*, *S. cerevisiae* et *A. brasiliensis*. Mezni et *al.* ont démontré la présence d'une corrélation positive entre le contenu en composés phénoliques et l'activité antibactérienne (Faten et al. 2012). Et comme mentionné précédemment, les composés phénoliques présentent des affinités différentes envers le solvant choisi lors de l'extraction.

D'abord la première chose importante et le choix de la méthode d'extraction ainsi que du solvant qui joue un rôle important lors de l'extraction des composés phénoliques depuis la matrice végétale, celle-ci est une procédure très complexe comprenant de nombreuses étapes, dont la pénétration des solvants dans la matrice, la rupture des interactions soluté-matrice et la solubilisation du soluté

Par conséquent, la composition en composés phénoliques peut varier d'un extrait à l'autre, ce qui peut avoir un impact différent sur les micro-organismes étudiés. De plus, la sensibilité de certains micro-organismes à divers facteurs environnementaux tels que la température et le pH peut également influencer les résultats des tests d'activité antimicrobienne. (Balentine et al. 2006).

7. Conclusion

Notre étude avait pour objectif de comparer les compositions en minéraux essentiels et en acides phénoliques, tout en évaluant les teneurs en composés phénoliques, ainsi que l'activité antioxydante et antimicrobienne des différentes parties de *C. maxima* étudiées.

Nous avons observé que les graines présentaient des teneurs en cendres plus élevées que les autres parties de la courge, ce qui a été confirmé lors de l'analyse de la composition en minéraux. En effet, les graines se sont distinguées par leurs niveaux élevés en fer, magnésium, manganèse, phosphore et zinc. En revanche, la chair et la pelure ont également présenté des teneurs importantes en minéraux tels que le calcium, le potassium, le cuivre et le bore pour la chair, et le calcium, le sodium et le magnésium pour la pelure.

La pelure et la chair ont révélé des teneurs significatives en polyphénols et flavonoïdes, ainsi qu'une composition en divers acides phénoliques tels que l'acide caféique, l'acide *p*-coumarique et l'acide férulique, communs à ces deux parties de la courge. Ces composés pourraient être responsables de leur pouvoir antioxydant, confirmé lors de l'évaluation par le test du DPPH, et qui s'est avéré important dans le cas de la pelure et de la chair. Les écorces, quant à elles, étaient composées d'acide gallique, d'acide vanillique, d'acide *p*-coumarique et d'acide férulique, présentant également un pouvoir antioxydant non négligeable.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne a montré que les extraits de chair étaient plus efficaces contre certaines bactéries pathogènes, telles que *S. aureus*, *P. aeruginosa* et *E. coli*. En revanche, les graines ont affiché un pouvoir inhibiteur intéressant contre *A. brasiliensis* et *P. aeruginosa*.

À la lumière de ces résultats, la comparaison entre les différentes parties de la plante s'avère complexe en raison de leurs compositions distinctes, influencées par divers paramètres. Le choix de la méthode d'extraction et du solvant joue un rôle déterminant dans l'obtention des composés phénoliques à partir de la matrice végétale, ce qui influence directement leur composition. Chaque solvant présente une affinité spécifique avec les composés phénoliques, ce qui influe sur leur extraction et leur concentration dans les extraits.

Par conséquent, une analyse approfondie des facteurs et des aspects influençant la composition des extraits végétaux est essentielle. Cela permettra d'optimiser les protocoles d'extraction des composés phénoliques, offrant ainsi une meilleure compréhension de leur

comportement et de leurs activités biologiques. En prenant en compte ces variables, nous pourrons mieux comprendre les potentiels antioxydants et antimicrobiens des différentes parties de *C. maxima* et maximiser leur utilisation dans divers domaines.

Conclusion générale

La courge occupe une place prépondérante parmi les cultures maraîchères mondiales, avec une large répartition dans de nombreux pays, dont le Maroc. Malgré son utilisation traditionnelle dans des plats simples et des soupes, des recherches approfondies ont récemment mis en lumière son potentiel en tant qu'aliment fonctionnel. Outre sa consommation courante, la courge génère également divers sous-produits tels que les graines, les écorces et les pelures, souvent négligés et jetés par les ménages. Cependant, une utilisation judicieuse de ces sous-produits implique l'intégration de leurs composants bioactifs dans l'industrie alimentaire, enrichissant ainsi la valeur nutritionnelle des produits finaux.

L'originalité de cette étude réside dans son approche exhaustive évaluant les multiples facettes nutritionnelles, chimiques et biologiques des différentes parties de la courge. Dans un premier temps, nous nous sommes focalisés sur l'évaluation des huiles extraites des graines de trois espèces de courge, à savoir *C. pepo*, *C. maxima* et *C. moschata*. Les résultats ont montré que, bien que les indices d'acide et de peroxyde aient été plus élevés chez *C. pepo*, suggérant une huile potentiellement plus oxydée, l'indice d'iode était plus prononcé chez *C. maxima*, suggérant une huile plus riche en doubles liaisons. De plus, l'analyse chimique a révélé une abondance d'acides gras polyinsaturés, en particulier l'acide linoléique. La composition en stérols a montré une prédominance de β -Sitostérol, et les tocophérols, en particulier le γ -tocophérol, étaient plus élevés chez *C. maxima*. La teneur en composés phénoliques était également supérieure chez *C. maxima*, avec une activité antioxydante forte démontrée par l'inhibition des radicaux libres du DPPH.

La deuxième partie de l'étude a porté sur les huiles de graines de *C. maxima* cultivée dans cinq régions du Maroc : Guercif, Khemisset, Shoul, Agadir et El Jadida. Les rendements en huile étaient similaires entre les régions, avoisinant les 50 %, avec une forte teneur en acides linoléique, β -sitostérol et γ -tocophérol. Notamment, la région de Guercif a présenté une teneur élevée en composés phénoliques et en tocophérols totaux, tandis que la région de Khemisset a montré un potentiel antioxydant remarquable. Les variations géographiques influencent la composition nutritionnelle et les propriétés bioactives des huiles, mettant en évidence l'importance de l'exploration de ces facteurs pour une intégration efficace dans l'alimentation humaine.

La troisième partie de l'étude a évalué l'impact du traitement thermique sur les huiles de graines de courge extraites de *C. maxima* et *C. pepo*. La torréfaction à différentes températures (60, 90, 120 et 150°C) n'a pas affecté de manière significative les indices d'acide et d'iode de *C. maxima*, mais a augmenté l'indice d'acide de *C. pepo*. Les valeurs de peroxyde ont également augmenté, bien qu'elles soient restées dans les limites établies par la FAO. La torréfaction a amélioré les teneurs en pigments et en tocophérols, en particulier les homologues de tocophérols et la teneur totale en tocophérols, ce qui a contribué à la stabilité des huiles. Les composés phénoliques ont augmenté pour *C. pepo*, et l'activité antioxydante a été globalement améliorée. Cependant, une exposition prolongée à des températures élevées a entraîné une légère oxydation des huiles. Ces résultats suggèrent que la torréfaction peut améliorer les propriétés antioxydantes des huiles, mais qu'il est crucial de trouver un équilibre pour éviter l'oxydation.

La quatrième partie de l'étude s'est concentrée sur la comparaison des différentes parties de *C. maxima* : la pelure, la chair, les graines et les écorces. Les graines se sont distinguées par leurs niveaux élevés en minéraux essentiels comme le fer, le magnésium, le phosphore et le zinc. La pelure et la chair étaient riches en polyphénols et flavonoïdes, avec une forte activité antioxydante confirmée par le test DPPH. La pelure et la chair contenaient des acides phénoliques tels que l'acide caféique et l'acide *p*-coumarique, responsables de leur pouvoir antioxydant. L'évaluation antimicrobienne a montré que la chair était efficace contre *S. aureus*, *P. aeruginosa* et *E. coli*, tandis que les graines inhibaient *A. brasiliensis* et *P. aeruginosa*. Ces résultats montrent que chaque partie de la courge a des compositions distinctes en fonction des composés phénoliques et en minéraux, soulignant leur potentiel en tant que sources de nutriments et de composés bioactifs.

Nos travaux ont ainsi souligné l'importance de la courge en tant que source d'aliments fonctionnels, offrant une variété de composés bioactifs bénéfiques pour la santé. Une exploration plus approfondie de ses différentes espèces, ainsi que de ses parties négligées, pourrait ouvrir de nouvelles perspectives pour son utilisation dans la prévention et le traitement de diverses affections, tout en répondant aux besoins croissants des consommateurs en quête d'aliments naturels et sains. Les variations géographiques et les traitements thermiques influencent considérablement la composition et les propriétés des huiles, et il est essentiel de continuer à explorer ces facteurs pour optimiser leur utilisation et maximiser leur valeur nutritionnelle et thérapeutique.

Perspectives

Dans la continuité de ces travaux, Poursuivant ces travaux, il est nécessaire d'entreprendre d'autres études pour compléter les résultats précédents. Identifier d'autres variétés de *C. maxima* permettra une comparaison exhaustive de leurs compositions chimiques et activités biologiques. Il est également essentiel d'élargir les études régionales à toutes les régions du Maroc cultivant la variété rouge vif d'Etampes, comme étudié dans la deuxième partie des résultats.

De plus, explorer des méthodes de torréfaction telles les méthodes artisanales, la cuisson à poêle et au micro-onde, tout en quantifiant les produits de la réaction de Maillard, enrichira notre compréhension. Les études de stabilité et de conservation visent à maximiser la qualité nutritionnelle des huiles de *Cucurbita*.

Des études avancées sur les huiles de *Cucurbita* pressées à froid incluront l'analyse des acides phénoliques et des flavonoïdes ainsi que l'évaluation de leurs activités antioxydantes et antidiabétiques. De même, l'évaluation de l'activité anticancéreuse vérifiera le potentiel des huiles de courge dans la réduction de l'hyperplasie prostatique.

D'autres recherches impliquant l'extraction de métabolites secondaires à l'aide de différents solvants et l'analyse de leurs compositions en composés phénoliques, ainsi que l'évaluation de leurs activités antioxydantes et antimicrobiennes, optimiseront le rendement en composés phénoliques. Explorer d'autres parties de la courge, telles que les tiges et les feuilles, pour leurs activités potentielles anticancéreuses, antibactériennes et antioxydantes, complète les travaux précédents.

Ces efforts s'inscrivent dans l'objectif d'établir une coopérative d'aliments fonctionnels à base de *Cucurbita*. Un plan d'action stratégique initié en 2020, en réponse à un projet de recherche et développement multidisciplinaire de la CNRST visant à créer un impact socio-économique dans les zones rurales, souligne l'importance de cette approche et apportera une aide significative au projet.

Annexe I.**Composition du milieu Muller Hinton****┆ Bouillon MH**

Hydrolysate acide de caséine	17,5 g/L
Infusion de viande	2 g/L
Amidon	11,5 g/L
pH du milieu	7

┆ Gélose MH

Hydrolysate acide de caséine	17,5 g/L
Infusion de viande	2 g/L
Amidon	11,5 g/L
Agar bactériologique	17 g/L

Annexe II.

Composition du milieu Sabouraud

┌ Gélose Sabouraud

Peptones	10,0 g
Glucose (ou dextrose)	40,0 g
Agar	15,0 g
pH du milieu	5,6

Références

- Abdelwahab, Siddig Ibrahim, Loiy Elsir Ahmed Hassan, Hasnah Mohd Sirat, Sakina M. Ahme. Yagi, Waleed S. Koko, Syam Mohan, Manal Mohamed Elhassan Taha, Syahida Ahmad, Cheah Shiau Chuen, Putri Narrima, Mohd Mustafa Rais, and A. Hamid A. Hadi. 2011. "Anti-Inflammatory Activities of Cucurbitacin e Isolated from *Citrullus Lanatus* Var. *Citroides*: Role of Reactive Nitrogen Species and Cyclooxygenase Enzyme Inhibition." *Fitoterapia* 82(8):1190–97. doi: 10.1016/j.fitote.2011.08.002.
- Açar, Özge C., Vural Gökmen, Nicoletta Pellegrini, and Vincenzo Fogliano. 2009. "Direct Evaluation of the Total Antioxidant Capacity of Raw and Roasted Pulses, Nuts and Seeds." *European Food Research and Technology* 229(6):961–69. doi: 10.1007/s00217-009-1131-z.
- Achilonu, M. C., I. C. Nwafor, D. O. Umesiobi, and M. M. Sedibe. 2018. "Biochemical Proximates of Pumpkin (*Cucurbitaceae* Spp.) and Their Beneficial Effects on the General Well-Being of Poultry Species." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 102(1):5–16. doi: 10.1111/jpn.12654.
- Adams, Gary G., Shahwar Imran, Sheng Wang, Abubaker Mohammad, Samil Kok, David A. Gray, Guy A. Channell, Gordon A. Morris, and Stephen E. Harding. 2011. "The Hypoglycaemic Effect of Pumpkins as Anti-Diabetic and Functional Medicines." *Food Research International* 44(4):862–67. doi: 10.1016/j.foodres.2011.03.016.
- Adubofuor, Joseph, Isaac Amoah, and Pearl Boamah Agyekum. 2016. "Physicochemical Properties of Pumpkin Fruit Pulp and Sensory Evaluation of Pumpkin-Pineapple Juice Blends." *American Journal of Food Science and Technology* 4(4):89–96. doi: 10.12691/ajfst-4-4-1.
- Ahsan, Habib, Biswas Shahangir, Hai-Siddique Abdul, M. Manirujjaman, Uddin Belal, Hasan Sohel, MMH Khan, Uddin Meftah, Islam Minarul, Hasan Mahadi, Rahman Muedur, M. Asaduzzaman, Rahman M. Sohanur, M. Khatun, MA Islam, and Rahman Matiar. 2015. "Nutritional and Lipid Composition Analysis of Pumpkin Seed (*Cucurbita Maxima* Linn.)." *Journal of Nutrition & Food Sciences* 05(04). doi: 10.4172/2155-9600.1000374.
- Ajuru, Mercy, and Felicia Nmom. 2017. "A Review on the Economic Uses of Species of *Cucurbitaceae* and Their Sustainability in Nigeria." *American Journal of Plant Biology* 2(1):17–24. doi: 10.11648/j.ajpb.20170201.14.
- Akbar, Ali, Muhammad Bilal Sadiq, Imran Ali, Niaz Muhammad, Ziaur Rehman, Muhammad Najam Khan, Javed Muhammad, Shabir Ahmad Khan, Fazal Ur Rehman, and Anil Kumar Anal. 2019. "Synthesis and Antimicrobial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles against Foodborne Pathogens *Salmonella* Typhimurium and *Staphylococcus Aureus*." *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 17(July 2018):36–42. doi: 10.1016/j.bcab.2018.11.005.
- Akin, G., F. N. Arslan, S. N. Karu, Elmas, and I. Yilmaz. 2018. "Cold-Pressed Pumpkin Seed (*Cucurbita Pepo* L.) Oils from the Central Anatolia Region of Turkey: Characterization of

- Phytosterols, Squalene, Tocols, Phenolic Acids, Carotenoids and Fatty Acid Bioactive Compounds.” *Grasas y Aceites* 69(1):1–12. doi: 10.3989/gya.0668171.
- Aktaş, Nesimi, Kamil Emre Gerçekaslan, and Türkan Uzlaşır. 2018. “The Effect of Some Pre-Roasting Treatments on Quality Characteristics of Pumpkin Seed Oil.” *Ocl* 25(3):A301. doi: 10.1051/OCL/2018025.
- Akwap, Pamela. 2019. “Nutritional Quality of Pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) Seeds Based on The Mineral and Fatty Acid Composition.” (October):60.
- Al-Khalifa, A. S. 1996. “Physicochemical Characteristics, Fatty Acid Composition, and Lipoxygenase Activity of Crude Pumpkin and Melon Seed Oils.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44(4):964–66. doi: 10.1021/jf950519s.
- Alara, Oluwaseun Ruth, Nour Hamid Abdurahman, and Chinonso Ishamel Ukaegbu. 2021. “Extraction of Phenolic Compounds: A Review.” *Current Research in Food Science* 4(March):200–214. doi: 10.1016/j.crfs.2021.03.011.
- Alfawaz, Mohammed Al. 2004. “Chemical Composition and Oil Characteristics of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Seed Kernels.” *Journal of Food Science and Agriculture* 12(129):5–18.
- Alicia Ayerdi, Gotor, and Rhazi Larbi. 2016. “Effects of Refining Process on Sunflower Oil Minor Components: A Review.” *Ocl* 23(2). doi: 10.1051/ocl/2016007.
- Alireza, S., C. P. Tan, M. Hamed, and Y. B. Che Man. 2010. “Effect of Frying Process on Fatty Acid Composition and Iodine Value of Selected Vegetable Oils and Their Blends.” *International Food Research Journal* 17(2):295–302.
- Alissa, Eman M., and Gordon A. Ferns. 2012. “Functional Foods and Nutraceuticals in the Primary Prevention of Cardiovascular Diseases.” *Journal of Nutrition and Metabolism* 2012. doi: 10.1155/2012/569486.
- Aliyu, Muhammad, Atiku Farooq, Udoji Adams Itodo, and Mbongo Agnes. 2012. “Proximate, Mineral and Anti-Nutrient Composition of Pumpkin (*Cucurbitapepo* L) Seeds Extract.” *International Journal of Plant Research* 2(5):146–50. doi: 10.5923/j.plant.20120205.02.
- Aljumayi, Huda, Adel Aljumayi, Eman Algarni, Reham M. Algheshairy, Hend F. Alharbi, Wedad Azhar, Taqwa Bushnaq, and Alaa Qadhi. 2022. “The Effect of Chia Seed Extracts against Complete Freund’s Adjuvant-Induced Rheumatoid Arthritis in Rats.” *Journal of Food Quality* 2022. doi: 10.1155/2022/3507674.
- Amin, M. Ziaul, Tahera Islam, M. Rasel Uddin, M. Jashim Uddin, M. Mashiar Rahman, and M. Abdus Satter. 2019. “Comparative Study on Nutrient Contents in the Different Parts of Indigenous and Hybrid Varieties of Pumpkin (*Cucurbita Maxima* Linn.).” *Helicon* 5(9):e02462. doi: 10.1016/J.HELIYON.2019.E02462.
- Amin, Tawheed, H. R. Naik, Syed Zameer Hussain, Abida Jabeen, and Monika Thakur. 2018. “In-Vitro Antioxidant and Antibacterial Activities of Pumpkin, Quince, Muskmelon and Bottle Gourd Seeds.” *Journal of Food Measurement and Characterization* 12(1):182–90. doi: 10.1007/s11694-017-9629-8.

- Amoo, I. A., A. F. Eleyinmi, N. O. A. Ilelaboye, and S. S. Akoja. 2004. "Characterisation of Oil Extracted from Gourd (*Cucurbita Maxima*) Seed." *Journal of Food Agriculture and Environment* 2(2):38–39.
- Andjelkovic, Mirjana, John Van Camp, Agnieszka Trawka, Roland Verhé, Joachim M. Dotto, James S. Chacha, Leila Rezig, Moncef Chouaibi, Wiem Meddeb, Kamel Msaada, Salem Hamdi, UG Chonoko, AB Rufai, K. Yogeswara Chari, Picheswara Rao Polu, Rekha R. Shenoy, M. Ziaul Amin, Tahera Islam, M. Jashim Rasel Uddin, M. Jashim Rasel Uddin, M. Mashiar Rahman, M. Abdus Satter, Mengyao Peng, Dan Lu, Jie Liu, Bo Jiang, Jingjing Chen, Maryam Jafari, Sayed Amir Hossein Goli, Mehdi Rahimmalek, Geoffrey Meru, Yuqing Fu, Dayana Leyva, Paul Sarnoski, Yavuz Yagiz, Ihssan Boujemaa, Sara El Bernoussi, Hicham Harhar, Mohamed Tabyaoui, Barbara Siegmund, Michael Murkovic, Nesimi Aktaş, Kamil Emre Gerçekaslan, Türkan Uzlaşır, Türkan Uzlaşır, Yunus Emre Tunçil, Sandra Nederal Nakić, Desanka Rade, Dubravka Škevin, Dubravka Štrucelj, Željko Mokrovčak, Martina Bartolić, Dalibor Broznić, Gordana Čanadi Jurešić, and Čedomila Milin. 2018. "The Effect of Some Pre-Roasting Treatments on Quality Characteristics of Pumpkin Seed Oil." *European Journal of Lipid Science and Technology* 108(3):936–43. doi: 10.1051/ocl/2018025.
- Angenberg, M. Arianne Z., H. Anne B. Oskov H. Ansen, J. Ohannes R. J. Ørgensen, and L. A. R. S. I. H. Ellgren. 2004. "Cultivar and Year-to-Year Variation of Phytosterol Content in Rye (*Secale Cereale* L.)." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (52):2593–97. doi: 10.1021/jf0351873.
- Applequist, Wendy L., Bharathi Avula, Brian T. Schaneberg, Yan Hong Wang, and Ikhlas A. Khan. 2006. "Comparative Fatty Acid Content of Seeds of Four *Cucurbita* Species Grown in a Common (Shared) Garden." *Journal of Food Composition and Analysis* 19(6–7):606–11. doi: 10.1016/j.jfca.2006.01.001.
- Arab, Radia, Susana Casal, Teresa Pinho, Rebeca Cruz, Mohamed Lamine Freidja, José Manuel Lorenzo, Christophe Hano, Khodir Madani, and Lila Boulekbache-Makhlouf. 2022. "Effects of Seed Roasting Temperature on Sesame Oil Fatty Acid Composition, Lignan, Sterol and Tocopherol Contents, Oxidative Stability and Antioxidant Potential for Food Applications." *Molecules* 27(14):4508. doi: 10.3390/MOLECULES27144508.
- Aremu, M. O., O. Olaofe, and E. T. Akintayo. 2006. "Chemical Composition and Physicochemical Characteristics of Two Varieties of Bambara Groundnut (*Vigna Subterrenea*) Flours." *Journal of Applied Sciences* 9:1900–1903. doi: 10.3923/jas.2006.1900.1903.
- Arnoldi, A. 2004. *Functional Foods, Cardiovascular Disease and Diabetes*. Elsevier.
- Atlasbig. 2021. "Production Mondiale de Citrouilles Par Pays." Retrieved (<https://www.atlasbig.com/fr-fr/pays-par-production-de-citrouilles>).
- Attarde, D. L., S. S. Kadu, B. J. Chaudhari, S. S. Kale, and R. S. Bhamber. 2010. "In Vitro Antioxidant Activity of Pericarp of *Cucurbita Maxima* Duch. Ex Lam." *International Journal of PharmTech Research* 2(2):1533–38.
- Awad, B. Atif, and S. Carol Fink. 2000. "Phytosterols as Anticancer Dietary Components : Evidence and Mechanism of Action." *Journal of Nutrition* 130(9):2127–30. doi:

10.1093/jn/130.9.2127.

- Ayele, Dessie T., M. L. Akele, and A. T. Melese. 2022. "Analysis of Total Phenolic Contents, Flavonoids, Antioxidant and Antibacterial Activities of Croton Macrostachyus Root Extracts." *BMC Chemistry* 16(1):1–9. doi: 10.1186/s13065-022-00822-0.
- Ayerdi Gotor, a. 2008. "Etude Des Variations Des Teneurs et de La Variabilité Des Compositions En Tocophérols et En Phytostérols Dans Les Akènes et l'huile de Tournesol (*Helianthus Annuus* L.)." 288.
- Azevedo-Meleiro, Cristiane H., and Delia B. Rodriguez-Amaya. 2007. "Qualitative and Quantitative Differences in Carotenoid Composition among *Cucurbita Moschata*, *Cucurbita Maxima*, and *Cucurbita Pepo*." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(10):4027–33. doi: 10.1021/jf063413d.
- Aziz, Afifa, Sana Noreen, Waseem Khalid, Afaf Ejaz, Izza Faiz ul Rasool, None Maham, Areesha Munir, None Farwa, Miral Javed, Sezai Ercisli, Zuhail Okcu, Romina Alina Marc, Gulzar Ahmad Nayik, Seema Ramniwas, and Jalal Uddin. 2023. "Pumpkin and Pumpkin Byproducts: Phytochemical Constitutes, Food Application and Health Benefits." *ACS Omega* 8(26):23346–57. doi: 10.1021/acsomega.3c02176.
- Azzi, Angelo. 2007. "Molecular Mechanism of α -Tocopherol Action." *Free Radical Biology and Medicine* 43:16–21. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.03.013.
- Bahramsoltani, Roodabeh, Mohammad Hosein Farzaei, Amir Hossein Abdolghaffari, Roja Rahimi, Nasrin Samadi, Mohammad Heidari, Mohammadamin Esfandyari, Maryam Baeri, Gholamreza Hassanzadeh, Mohammad Abdollahi, Saba Soltani, Ali Pourvaziri, and Gholamreza Amin. 2017. "Evaluation of Phytochemicals, Antioxidant and Burn Wound Healing Activities of *Cucurbita Moschata* Duchesne Fruit Peel." *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 20(7):799–806. doi: 10.22038/ijbms.2017.9015.
- Bailey, Regan L., Keith P. West, and Robert E. Black. 2015. "The Epidemiology of Global Micronutrient Deficiencies." *Annals of Nutrition and Metabolism* 66(2):22–33. doi: 10.1159/000371618.
- Balentine, C. W., P. G. Crandall, C. A. O'Bryan, D. Q. Duong, and F. W. Pohlman. 2006. "The Pre- and Post-Grinding Application of Rosemary and Its Effects on Lipid Oxidation and Color during Storage of Ground Beef." *Meat Science* 73(3):413–21. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.12.003.
- Bamuwanye, Michael, Patrick Ogwok, and Vivian Tumuhairwe. 2015. "Cancer and Non-Cancer Risks Associated With Heavy Metal Exposures from Street Foods: Evaluation of Roasted Meats in an Urban Setting." *Journal of Environment Pollution and Human Health* 3(2):24–30. doi: 10.12691/jephh-3-2-1.
- Banaś, Joanna, Ireneusz Maciejaszek, Krzysztof Surówka, and Agnieszka Zawiaślak. 2020. "Temperature-Induced Storage Quality Changes in Pumpkin and Safflower Cold-Pressed Oils." *Journal of Food Measurement and Characterization* 14(3):1213–22. doi: 10.1007/s11694-019-00370-7.
- Barakat, Hassan, and Mohamed F. Y. Hassan. 2017. "Chemical, Nutritional, Rheological, and Organoleptical Characterizations of Stirred Pumpkin-Yoghurt." *Food and Nutrition*

Sciences 08(07):746–59. doi: 10.4236/fns.2017.87053.

Bardaa, Sana, Nihed Ben Halima, Fatma Aloui, Riadh Ben Mansour, Hazem Jabeur, Mohamed Bouaziz, and Zouheir Sahnoun. 2016. “Oil from Pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) Seeds: Evaluation of Its Functional Properties on Wound Healing in Rats.” *Lipids in Health and Disease* 15(1):1–12. doi: 10.1186/s12944-016-0237-0.

Bariwere Samuel, Chibor. 2017. “Physicochemical Properties and Fatty Acid Profile of Shea Butter and Fluted Pumpkin Seed Oil, a Suitable Blend in Bakery Fat Production.” *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 6(3):122. doi: 10.11648/j.ijnfs.20170603.12.

Batool, Maria, Muhammad Modassar, Ali Nawaz, Ume Roobab, Muhammad Faisal Manzoor, Umar Farooq, Hafiz Rehan Nadeem, Muhammad Nadeem, Rabia Kanwal, Hamada Abdelgawad, Soad K. Al Jaouni, Samy Selim, and Salam A. Ibrahim. 2022. “Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Therapeutic Benefits of Pumpkin (*Cucurbita* Sp.)” *Plants*.

Bayat, Azade, Fatemeh Azizi-Soleiman, Motahar Heidari-Beni, Awat Feizi, Bijan Iraj, Reza Ghiasvand, and Gholamreza Askari. 2016. “Effect of *Cucurbita Ficifolia* and Probiotic Yogurt Consumption on Blood Glucose, Lipid Profile, and Inflammatory Marker in Type 2 Diabetes.” *International Journal of Preventive Medicine* 2016(FEBRUARY). doi: 10.4103/2008-7802.175455.

El Bernoussi, Sara, Ihssan Boujemaa, Chakir El Guezane, Zineb Lakhliifi El Idrissi, Agnese Santanatoglia, Giovanni Caprioli, Abdelhakim Bouyahya, Riaz Ullah, Zafar Iqbal, Lee Learn-Han, Hicham Harhar, and Mohamed Tabyaoui. 2024. “Effect of Storage Conditions on Physico-Chemical Characteristics and Antioxidants Activity of Sweet and Bitter Almond Nuts and Seeds of Aknoul.” *Food Bioscience* (June):104488. doi: 10.1016/j.fbio.2024.104488.

El Bernoussi, Sara, Ihssan Boujemaa, Hicham Harhar, Walid Belmaghraoui, Bertrand Matthäus, Mohamed Tabyaoui, Sara El, Ihssan Boujemaa, Hicham Harhar, Walid Belmaghraoui, and Bertrand Matth. 2020. “Evaluation of Oxidative Stability of Sweet and Bitter Almond Oils under Accelerated Storage Conditions.” *Journal of Stored Products Research* 88:101662. doi: 10.1016/j.jspr.2020.101662.

Beyzi, Erman, Adem Gunes, Selma Buyukkilic Beyzi, and Yusuf Konca. 2019. “Changes in Fatty Acid and Mineral Composition of Rapeseed (*Brassica Napus* Ssp. *Oleifera* L.) Oil with Seed Sizes.” *Industrial Crops and Products* 129(November 2018):10–14. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.11.064.

Bharti, Sudhanshu Kumar, Amit Kumar, Neeraj Kumar Sharma, Om Prakash, Sudhir Kumar Jaiswal, Supriya Krishnan, Ashok Kumar Gupta, and Awanish Kumar. 2013. “Tocopherol from Seeds of *Cucurbita Pepo* against Diabetes: Validation by In vivo Experiments Supported by Computational Docking.” *Journal of the Formosan Medical Association* 112(11):676–90. doi: 10.1016/j.jfma.2013.08.003.

Blanco-vaca, Francisco, Lidia Cedó, and Josep Julve. 2019. “Phytosterols in Cancer: From Molecular Mechanisms to Preventive and Therapeutic Potentials.” *Current Medicinal Chemistry* (26):6735–49. doi: 10.2174/0929867325666180607093111.

- Blessing, A. C., U. M. Ifeanyi, and O. B. Chijioko. 2011. "Nutritional Evaluation of Some Nigerian Pumpkins (*Cucurbita* Spp.)." *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* 5(2):64–71.
- Bonku, Rabiatu, and Jianmei Yu. 2020. "Food Science and Human Wellness Health Aspects of Peanuts as an Outcome of Its Chemical Composition." *Food Science and Human Wellness* 9(1):21–30. doi: 10.1016/j.fshw.2019.12.005.
- Booth, V. H. 1963. "A-Tocopherol, Its Co-Occurrence with Chlorophyll in Chloroplasts." *Phytochemistry* 2(4):421–27. doi: 10.1016/S0031-9422(00)84866-9.
- Boujemaa, Ihssan, Sara El Bernoussi, Chakir ElGuezzane, Filippo Maggi, Giovanni Caprioli, Abdelhakim Bouyahya, Hicham Harhar, and Mohamed Tabyaoui. 2024. "Effect of Roasting in Electric Oven on Oil Quality and Residue from *Cucurbita Maxima* (Marina Di Chioggia) and *Cucurbita Pepo* (Calabaza Mercado Verde) Seeds from Morocco." *LWT* 193(January):115788. doi: 10.1016/j.lwt.2024.115788.
- Boujemaa, Ihssan, Sara El Bernoussi, Hicham Harhar, and Mohamed Tabyaoui. 2020. "The Influence of the Species on the Quality, Chemical Composition and Antioxidant Activity of Pumpkin Seed Oil." *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 27. doi: 10.1051/ocl/2020031.
- Boujemaa, Ihssan, Sara El Bernoussi, Zineb Lakhlifi El idrissi, Yousra El Idrissi, Chakir El Guezzane, Learn-han Lee, Riaz Ullah, Ahmed Bari, Abdelhakim Bouyahya, Hicham Harhar, and Mohamed Tabyaoui. 2024. "The Impact of Geographical Location on the Nutritional Quality, Chemical Composition, and Antioxidant Activity of *Cucurbita Maxima* (Rouge Vif d'Etampes) Seed Oil." *Biochemical Systematics and Ecology* 115(April):104835.
- Boulfane, S., N. Maata, and A. Anouar S. Hilali. 2015. "Caractérisation Physicochimique Des Huiles d'olive Produites Dans Les Huileries Traditionnelles de La Région de La Chaouia-Maroc." *Journal of Applied Biosciences* 87:8022– 8:8022–29. doi: 10.4314/jab.v87i1.5.
- Bredvan, M. I. ..., A. .. Carelli, and G. .. Crapiste. 2000. "Changes in Composition and Quality of Sunflower Oils during Extraction and Degumming." *Grasas y Aceites* 51(6):417–23. doi: 10.3989/gya.2000.v51.i6.460.
- Brigelius-Flohé, Regina, and G. Maret Traber. 1999. "Vitamin E: Function and Metabolism." *The FASEB Journal* 13(10):1145–55. doi: 10.1096/fasebj.13.10.1145.
- Brogan, David M., and Elias Mossialos. 2016. "A Critical Analysis of the Review on Antimicrobial Resistance Report and the Infectious Disease Financing Facility." *Globalization and Health* 12(1):1–7. doi: 10.1186/s12992-016-0147-y.
- Brownlee, Iain A. 2011. "The Physiological Roles of Dietary Fibre." *Food Hydrocolloids* 25(2):238–50. doi: 10.1016/j.foodhyd.2009.11.013.
- Broznić, Dalibor, Gordana Čanadi Jurešić, and Čedomila Milin. 2016. "Involvement of α -, γ - and δ -Tocopherol Isomers from Pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) Seed Oil or Oil Mixtures in the Biphasic DPPH' Disappearance Kinetics." *Food Technology and Biotechnology* 54(2):200–210. doi: 10.17113/FTB.54.02.16.4063.

- Bruneton, J. 2020. "Courges et Autres Cucurbitaceae." Pp. 1–9 in *Plantes toxiques 2009-2020*. Vol. 17.
- Bwade, K. E., B. Aliyu, and A. M. Kwaji. 2013. "Physicochemical Properties of Pumpkin Seed Oil Relevant to Bio-Diesel Production and Other Industrial Applications." *International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications (IJEBA)* 4(1):72–78.
- Cabinet d'études américain, IndexBox. 2019. *Pumpkin (Squash and Gourds) - Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights*. INDEXBOX.
- Cai, Yuee, Xiefan Fang, Chengwei He, Peng Li, Fei Xiao, Yitao Wang, and Meiwan Chen. 2015. "Cucurbitacins: A Systematic Review of the Phytochemistry and Anticancer Activity." *American Journal of Chinese Medicine* 43(7):1331–50. doi: 10.1142/S0192415X15500755.
- Cai, Zizhe, Keyao Li, Wan Jun Lee, Martin T. J. Reaney, Ning Zhang, and Yong Wang. 2021. "Recent Progress in the Thermal Treatment of Oilseeds and Oil Oxidative Stability: A Review." *Fundamental Research* 1(6):767–84. doi: 10.1016/j.fmre.2021.06.022.
- Caili, Fu, Shi Huan, and Li Quanhong. 2006. "A Review on Pharmacological Activities and Utilization Technologies of Pumpkin." *Plant Foods for Human Nutrition* 61(2):73–80. doi: 10.1007/s11130-006-0016-6.
- Čakarević, Jelena, Aleksandra Torbica, Miona Belović, Jelena Tomić, Tea Sedlar, and Ljiljana Popović. 2021. "Pumpkin Oil Cake Protein as a New Carrier for Encapsulation Incorporated in Food Matrix: Effect of Processing, Storage and in Vitro Digestion on Bioactivity." *International Journal of Food Science and Technology* 56(7):3400–3408. doi: 10.1111/ijfs.14964.
- Carolina, Olga da Fonseca Ribeiro, Marcos Lopes Higino, and Kuhn Leão de Salles Felipe. 2017. "Freezing, Cooling and Storage of Pumpkin (*Cucurbita Moschata* Dusch) Seeds Produced in Biodynamic System." *African Journal of Agricultural Research* 12(45):3244–51. doi: 10.5897/ajar2017.12681.
- Carta, Gianfranca, Elisabetta Murru, Sebastiano Banni, and Claudia Manca. 2017. "Palmitic Acid: Physiological Role, Metabolism and Nutritional Implications." *Frontiers in Physiology* 8(November):1–14. doi: 10.3389/fphys.2017.00902.
- Chari, K. Yogeswara, Picheswara Rao Polu, and Rekha R. Shenoy. 2018. "An Appraisal of Pumpkin Seed Extract in 1, 2-Dimethylhydrazine Induced Colon Cancer in Wistar Rats." *Journal of Toxicology* 2018:12. doi: 10.1155/2018/6086490.
- Chema, Borchani, Besbes Souhail, Blecker Christophe, and Attia Hamadi. 2011. "Chemical Characteristics and Oxidative Stability of Sesame Seed, Sesame Paste, and Olive Oils." *Journal of Agricultural Science and Technology* 5(2):1–21.
- Choe, Eunok, and David B. Min. 2006. "Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation." *Comprehensive Reviews Food Science in Food Safety* 5:169–86. doi: 10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x.
- Choe, Eunok, and David B. Min. 2007. "Chemistry of Deep-Fat Frying Oils." *Journal of Food Science* 72(5):77–86. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x.

- Le conseil des Communautés Européennes. 1990. *Directive Du Conseil Du 24 Septembre 1990 Relative à l'étiquetage Nutritionnel Des Denrées Alimentaires (90/496/CEE)*. Vol. 276/40. Bruxelles.
- Cuevas, J. Axayacatl. 1994. *Neglected Crops 1942 from a Different Perspective*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Dai, Shu, Cheng Wang, Xing Tao Zhao, Cheng Ma, Ke Fu, Yanfang Liu, Cheng Peng, and Yunxia Li. 2023. "Cucurbitacin B: A Review of Its Pharmacology, Toxicity, and Pharmacokinetics." *Pharmacological Research* 187(November 2022). doi: 10.1016/j.phrs.2022.106587.
- Daood, Hussein G., M. Vinkler, F. Márkus, E. A. Hebshi, and P. A. Biacs. 1996. "Antioxidant Vitamin Content of Spice Red Pepper (Paprika) as Affected by Technological and Varietal Factors." *Food Chemistry* 55(4):365–72. doi: 10.1016/0308-8146(95)00136-0.
- Dar, Parsa, Muhammad Farman, Amara Dar, Zaman Khan, Rebecca Munir, Amina Rasheed, and Usama Waqas. 2017. "Evaluation of Antioxidant Potential and Comparative Analysis of Antimicrobial Activity of Various Extracts of Cucurbita Pepo L. Leaves." *Journal of Agricultural Science and Food Technology* 3(6):103–9.
- Dehghani, Farzaneh, and Mohammad Reza Panjehshahin. 2006. "The Toxic Effect of Alcoholic Extract of Citrullus Colocynthis on Rat Liver." *Iranian Journal of Pharmacology & Therapeutics* 5(July):117–19.
- Delplanque, Bernadette. 2000. "The Nutritional Value of Sunflower Oils: Linoleic Sunflower Seeds and Seeds with High Oleic Content." *Ocl* 6(7):467–72.
- Demiras, Martine, Tom Tabourel, and Adrien Foxonet. n.d. "Les Cucurbitacées: À La Découverte d'une Grande Famille." *Ecothèque Montpellier* 1–10.
- Devi, Manda, R. V Prasad, and Nukasani Sagarika. 2018. "A Review on Health Benefits and Nutritional Composition of Pumpkin Seeds." *International Journal of Chemical Studies* 6(3):1154–57.
- Dhiman, K., A. Gupta, D. K. Sharma, N. S. Gill, and A. Goyal. 2012. "A Review on the Medicinally Important Plants of the Family Cucurbitaceae." *Asian Journal of Clinical Nutrition* 4(1):16–26. doi: 10.3923/ajcn.2012.16.26.
- Dijkhuizen, M. A., F. T. Wieringa, C. E. West, S. Martuti, and Muhilal. 2001. "Effects of Iron and Zinc Supplementation in Indonesian Infants on Micronutrient Status and Growth." *Journal of Nutrition* 131(11):2860–65. doi: 10.1093/jn/131.11.2860.
- Djikeng, Fabrice Tonfack, William Teyomnou Teyomnou, Noël Tenyang, Bernard Tiencheu, Azia Theresia Morfor, Blaise Arnaud Hako Touko, Serges Ndomou Houketchang, Gires Teboukeu Boungo, Mallampalli Sri Lakshmi Karuna, François Zambou Ngoufack, and Hilaire Macaire Womeni. 2018. "Effect of Traditional and Oven Roasting on the Physicochemical Properties of Fermented Cocoa Beans." *Heliyon* 4(2). doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00533.
- Dominique, Berry. 2011. "Courge Récolte et Conservation." *Agriculture Biologie*.

- Dörmann, Peter. 2007. "Functional Diversity of Tocochromanols in Plants." *Planta* 225(2):269–76. doi: 10.1007/s00425-006-0438-2.
- Dotto, Joachim M., and James S. Chacha. 2020. "The Potential of Pumpkin Seeds as a Functional Food Ingredient: A Review: Biofunctional Ingredients of Pumpkin Seeds." *Scientific African* 10:e00575. doi: 10.1016/j.sciaf.2020.e00575.
- Du, Yinglin, Xizhe Fu, Yiyang Chu, Peiwen Wu, Ye Liu, Lili Ma, Huiqin Tian, and Benzong Zhu. 2022. "Biosynthesis and the Roles of Plant Sterols in Development and Stress Responses." *International Journal of Molecular Sciences* 23(4). doi: 10.3390/ijms23042332.
- Dubey, Sarvesh Dhar. 2012. "Overview on Cucurbita Maxima." *International Journal of Phytopharmacy* 2(3):68–71. doi: 10.7439/ijpp.v2i3.492.
- Durmaz, Gökhan, and Vural Gökmen. 2011. "Changes in Oxidative Stability, Antioxidant Capacity and Phytochemical Composition of Pistacia Terebinthus Oil with Roasting." *Food Chemistry* 128(2):410–14. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.044.
- Eddahhaoui, F. Z., M. Boudalia, H. Harhar, N. Chahboun, M. Tabyaoui, A. Guenbour, A. Zarrouk, and A. Bellaouchou. 2022. "Effect of the Extraction Technique on the Bioactive Compounds and the Antioxidant Capacity of the Chamaerops Humilis L. Fruit (Pulp and Seeds)." *Chemical Data Collections* 40(May):100882. doi: 10.1016/j.cdc.2022.100882.
- Edirisingha Dewage Nalaka, Sandun Abeyrathne, Nam Kichang, and Uk Ahn Dong. 2021. "Analytical Methods for Lipid Oxidation and Antioxidant Capacity in Food Systems." *Antioxidants* 10(10):1–19. doi: 10.3390/antiox10101587.
- Eid, Marwa, Atef Fayed, Mohamed Khallaf, and Mohamed Aboelnaga. 2020. "Utilization of Ultrafiltered Milk Permeate as Water Substitute in Mango Drink Fortified with Pumpkin Cubes En Route to Innovate a Functional Drink." *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences* 0(0):0–0. doi: 10.21608/ajs.2019.20519.1133.
- El-Sayed, Mortada M., Maher M. Hashash, Afaf A. Abdel-Hady, Heba Abdel-Hady, Ezzat E. Abdel-Lateef, and Eman AMorsi. 2017. "Total Phenolic and Flavonoid Contents and Antioxidant Activity of Lantana Camara and Cucurbita Pepo (Squash) Extracts As Well As Gc-MS Analysis of Lantana Camara Essential Oils." *137 World Journal of Pharmaceutical Research SJIF Impact Factor 6* 6(1):137–53. doi: 10.20959/wjpr20171-7637.
- El-Soukkary, F. 2000. "Evaluation of Pumpkin Seed Products for Bread Fortification." *Journal of Food and Dairy Sciences* 25(11):7021–38. doi: 10.21608/jfds.2000.259764.
- Elouafy, Youssef, Zineb Lakhliifi, El Idrissi, Adil El Yadini, Hicham Harhar, Mohammed Merae Alshahrani, Ahmed Abdullah, A. L. Awadh, Khang Wen Goh, Long Chiau Ming, Abdelhakim Bouyahya, and Mohamed Tabyaoui. 2022. "Variations in Antioxidant Capacity, Oxidative Stability, and Physicochemical Quality Parameters of Walnut (Juglans Regia) Oil with Roasting and Accelerated Storage Conditions." *Molecules* 27(7693):1–15. doi: 10.3390/molecules27227693.
- Elouafy, Youssef, Adil El Yadini, Salma Mortada, Mohamed Hnini, Hicham Harhar, Asaad Khalid, Ashraf Abdalla, Abdelhakim Bouyahya, Khang Goh, Long Ming, My Faouzi, and

- Mohamed Tabyaoui. 2023. "Antioxidant, Antimicrobial, and α -Glucosidase Inhibitory Activities of Saponin Extracts from Walnut (*Juglans Regia* L.) Leaves." *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 13(2):60–69. doi: 10.4103/2221-1691.369610.
- Elouafy, Youssef, Adil El Yadini, Hamza EL Moudden, Hicham Harhar, Mohammed Merae Alshahrani, Ahmed Abdullah Al Awadh, Khang Wen Goh, Long Chiau Ming, and Abdelhakim Bouyahya. 2022. "Influence of the Extraction Method on the Quality and Chemical Composition of Walnut (*Juglans Regia* L.)." *Molecules* 27:1–13.
- Ethiraj, Sumathi, and Janarthanam Balasundaram. 2016. "Phytochemical and Biological Activity of Cucurbita Seed Extract." *Journal of Advances in Biotechnology* 6(1):813–21. doi: 10.24297/jbt.v6i1.4821.
- European Parliament. 2011. "Foods Additives Other than Colours and Sweeteners." *Official Journal of the European Union* 161 E/63(Mai):1–40.
- FAO. 2016. "Food and Agriculture Organization of the United Nations." in *Report of the 21st Session of the Codex Alimentarius Committee on Fats and Oils*.
- FAO. 2024. "Food and Agriculture Organization of the United Nations." *Crops and Livestock Products*. Retrieved (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>).
- Faten, Mezni, Maaroufi Abderrazek, Msallem Mongi, Boussaid Mohamed, Larbi Khouja Mohamed, and Khaldi Abdelhamid. 2012. "Fatty Acid Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities of Pistacia Lentiscus L. Fruit Oils." *Journal of Medicinal Plants Research* 6(39):5266–71. doi: 10.5897/jmpr12.473.
- Fejjal, N., N. E. Gharib, S. El Mazouz, A. Abbassi, and A. Belmahi. 2011. "Brulure Grave Du Membre Inférieur Par l'association d'eau Chaude et de Citrullus Colocynthis." *Annals of Burns and Fire Disasters* 24(2):102–3.
- Fiaz, Anum, Kanwal Ashiq, Shafiq Ali Shah, Muhammad Rehman, Saleha Yasir, Ayesha Mustafa, and Sania Muneer. 2023. "Phytochemical Analysis and Evaluation of Cucurbita Maxima Seeds Extract against Malassezia Furfur." *Xi'an Shiyou Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Xi'an Shiyou University* 19(07):1015–31.
- Field, F. Jeffrey, T. P. Nathan Kam, and Satya N. Mathur. 1990. "Regulation of Cholesterol Metabolism in the Intestine." *Gastroenterology* 99:539–51. doi: 10.1016/0016-5085(90)91040-D.
- Fine, Frederic, Maryline Abert Vian, Anne Sylvie Fabiano Tixier, Patrick Carre, Xavier Pages, and Farid Chemat. 2013. "Les Agro-Solvants Pour l'extraction Des Huiles Végétales Issues de Graines Oléagineuses." *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 20(5). doi: 10.1051/ocl/2013020.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. "Codex Alimentarius." *Report of the 21st Session of the Codex Alimentarius Committee on Fats and Oils*.
- Fruhworth, Gilbert O., and Albin Hermetter. 2008. "Production Technology and Characteristics of Styrian Pumpkin Seed Oil." *European Journal of Lipid Science and Technology* 110(7):637–44. doi: 10.1002/ejlt.200700257.

- Gagour, Jamila, Mohamed Ibourki, Abderraouf El Antari, El Hassan Sakar, Rabha Aissa, Angelo Maria Giuffrè, Abdellatif Laknifli, and Said Gharby. 2024. "Leaf Mineral Profiling and Its Correlation with Oil Physicochemical Traits from Four Olive (*Olea Europaea* L.) Cultivars Grown in Morocco as Affected by Olive Ripening Stages." *European Food Research and Technology* 250(5):1443–56. doi: 10.1007/s00217-024-04475-2.
- Garg, Anahita, and Jetty Chung-yung Lee. 2022. "Vitamin E : Where Are We Now in Vascular Diseases ?" *Life* (12):310. doi: 10.3390/life12020310.
- Geetha, S., Sandhya Deepika D, and Laxmi Sowmya K. 2014. "Activity of Selected Vegetable Peels against Water Borne Pathogens." *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry* 3(4):937–40.
- Geovana, F. Guedes Silvestre, de Lucena Renally Pereira, and da Silva Alves Harley. 2022. "Cucurbitacins and the Immune System: Update in Research on Anti- Inflammatory, Antioxidant, and Immunomodulatory Mechanisms." *Current Medicinal Chemistry* 29(21):16. doi: 10.2174/0929867329666220107153253.
- Gharby, Saïd, Hicham Harhar, Dominique Guillaume, Aziza Haddad, Bertrand Matthäus, and Zoubida Charrouf. 2011. "Oxidative Stability of Edible Argan Oil: A Two-Year Study." *LWT - Food Science and Technology* 44(1):1–8. doi: 10.1016/J.LWT.2010.07.003.
- Ghedira, K., and P. Goetz. 2013. "Cucurbita Pepo L. (Cucurbitaceae) Graine de Courge Ou Citrouille." *Phytotherapie* 11(1):46–51. doi: 10.1007/s10298-013-0754-1.
- Glew, R. H., R. S. Glew, L. T. Chuang, Y. S. Huang, M. Millson, D. Constans, and D. J. Vanderjagt. 2006. "Amino Acid, Mineral and Fatty Acid Content of Pumpkin Seeds (*Cucurbita* Spp) and *Cyperus Esculentus* Nuts in the Republic of Niger." *Plant Foods for Human Nutrition* 61(2):51–56. doi: 10.1007/s11130-006-0010-z.
- Goffman, Fernando D., and Heiko C. Becker. 2002. "Genetic Variation of Tocopherol Content in a Germplasm Collection of *Brassica Napus* L." *Euphytica* 125(2):189–96. doi: 10.1023/A:1015858618480.
- Gohari Ardabili, A., R. Farhoosh, and M. H. Haddad Khodaparast. 2011. "Chemical Composition and Physicochemical Properties of Pumpkin Seeds (*Cucurbita Pepo* Subsp. *Pepo* Var. *Styriaca*) Grown in Iran." *Journal of Agricultural Science and Technology* 13(SUPPL.):1053–63.
- Gomez-pomar, Enrique, Emily Hat, Philip M. Westgate, Henrietta S. Bada, and Karen Garlitz. 2017. "Vitamin E in the Preterm Infant : A Forgotten Cause of Hemolytic Anemia." *American Journal of Perinatology* 1(212). doi: 10.1055/s-0037-1607283.
- Goncharov, A. V., Sh V. Gasparyan, A. G. Levshin, A. Sh Gasparyan, and I. N. Gasparyan. 2022. "Fatty Acid Composition of Seeds of Pumpkin (*Cucurbita*) Varieties Cultivated Mechanized in the Conditions of the Nonchernozem Zone of the Russian Federation." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1045(1). doi: 10.1088/1755-1315/1045/1/012083.
- Gossell-Williams, M., A. Davis, and N. O'Connor. 2006. "Inhibition of Testosterone-Induced Hyperplasia of the Prostate of Sprague-Dawley Rats by Pumpkin Seed Oil." *Journal of*

- Medicinal Food* 9(2):284–86. doi: 10.1089/jmf.2006.9.284.
- Griffin, Laura Elizabeth, and Lisa Louise Dean. 2017. “Nutrient Composition of Raw, Dry-Roasted, and Skin-On Cashew Nuts.” *Journal of Food Research* 6(6):13. doi: 10.5539/jfr.v6n6p13.
- Gry, Jorn, Inge Soborg, and Hans Christer Andersson. 2006. *Cucurbitacins in Plant Food*. edited by Nordic Council of Ministers. Copenhagen: Nordic Council.
- Grzybek, Maciej, Wirginia Kukula-Koch, Aneta Strachecka, Aleksandra Jaworska, Andrew M. Phiri, Jerzy Paleolog, and Krzysztof Tomczuk. 2016. “Evaluation of Anthelmintic Activity and Composition of Pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) Seed Extracts—in Vitro and in Vivo Studies.” *International Journal of Molecular Sciences* 17(9):1–21. doi: 10.3390/ijms17091456.
- Gungor, Keziban Kubra, and Mehmet Torun. 2022. “Pumpkin Peel Valorization Using Green Extraction Technology to Obtain β -Carotene Fortified Mayonnaise.” *Waste and Biomass Valorization* 13(11):4375–88. doi: 10.1007/s12649-022-01866-y.
- Hagos, Mulu, Bhagwan Singh Chandravanshi, Mesfin Redi-Abshiro, and Estifanos Ele Yaya. 2023. “Determination of Total Phenolic, Total Flavonoid, Ascorbic Acid Contents and Antioxidant Activity of Pumpkin Flesh, Peel and Seeds.” *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia* 37(5):1093–1108. doi: 10.4314/bcse.v37i5.3.
- Hagos, Mulu, Estifanos Ele Yaya, Bhagwan Singh Chandravanshi, and Mesfin Redi-Abshiro. 2022. “Analysis of Volatile Compounds in Flesh, Peel and Seed Parts of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Cultivated in Ethiopia Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS).” *International Journal of Food Properties* 25(1):1498–1512. doi: 10.1080/10942912.2022.2088787.
- Hagos, Mulu, Estifanos Ele Yaya, Bhagwan Singh Chandravanshi, and Mesfin Redi-Abshiro. 2023. “Determination of Fatty Acids Composition By Gc-Ms and Physicochemical Parameters of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Seed Oil Cultivated in Ethiopia.” *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia* 37(3):565–77. doi: 10.4314/bcse.v37i3.3.
- Hajib, Ahmed, Issmail Nounah, Hicham Harhar, Said Gharby, Badreddine Kartah, Bertrand Matthäus, Khalid Bougrin, and Zoubida Charrouf. 2021. “Oil Content, Lipid Profiling and Oxidative Stability of ‘Sefri’ Moroccan Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Seed Oil.” *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 28. doi: 10.1051/ocl/2020069.
- Halabi, Yasmina, Chaimae Nasri, Chakir El Guezzane, Hicham Harhar, Said Gharby, Abdelkabar Bellaouchou, Ismail Warad, Abdelkader Zarrouk, and Mohamed Tabyaoui. 2023. “Date Palm Phoenix *Dactilifera* L. Seed Oil: Variety Effects on Physicochemical Characteristics, Fatty Acid Composition, Sterol and Tocol Contents.” *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 12(4):1–7. doi: 10.55251/jmbfs.5725.
- Hamed, Sara Y., Nafisa M. El Hassan, Amro B. Hassan, Mohamed M. Eltayeb, and Elfadil E. Babiker. 2008. “Nutritional Evaluation and Physicochemical Properties of Processed Pumpkin (*Telfairia Occidentalis* Hook) Seed Flour.” *Pakistan Journal of Nutrition* 7(2):330–34. doi: 10.3923/pjn.2008.330.334.
- Hammiche, V., Merad, R., Azzouz, M., & GOETZ, P. 2013. *Plantes Toxiques à Usage*

- Médicinal Du Pourtour Méditerranéen*. 1st ed. edited by H. Victoria, M. Rachida, and A. Mohamed. Algérie: Springer Paris.
- Hammond, W. E. 2003. "Vegetable Oils | Types and Properties." *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)* 5899–5904.
- Harhar, Hicham, Said Gharby, Daniel Pioch, Badr Eddine Kartah, Mohamed Ibrahim, and Zoubida Charrouf. 2016. "Chemical Characterization and Oxidative Stability of Castor Oil Grown in Morocco." *Moroccan Journal of Chemistry* 2(April):279–84.
- Harry S., Paris. 2023. *The Genus Cucurbita*. OpenEditio. Paris: Publications Scientifiques du Laboratoire IUSTI.
- Hartmann, Marie Andree. 1998. "Plant Sterols and the Membrane Environment." *Trends in Plant Science* 3(5):170–75. doi: 10.1016/S1360-1385(98)01233-3.
- Hashash Maher, Mahmoud, Mortada Mohammed El-Sayed, Afaf Ahmed Abdel-Hady, Heba Abdel Hady, and Eman Abdallah Morsi. 2017. "Nutritional Potential, Mineral Composition and Antioxidant Activity Squash (Cucurbita Pepo L.) Fruits Grown in Egypt." *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences* 4(03):5–12.
- Hassan, Mohamed F. Y., and Hassan Barakat. 2018. "Effect of Carrot and Pumpkin Pulp Adding on Chemical, Rheological, Nutritional and Organoleptic Properties of Ice Cream." *Food and Nutrition Sciences* 09(08):969–82. doi: 10.4236/fns.2018.98071.
- Helena, Gylling, and A. Miettinen Tatu. 2005. "Health Claims: Plant Sterol/Stanol Esters and Risk of Coronary Heart Disease." *Annals of Clinical Biochemistry* 42(4):254–63.
- Helwani, Zuchra, Ida Zahrina, Nurfatihayati Tanius, Deyana Annisya Fitri, Priska Tantino, Muslem Muslem, Mohd Roslee Othman, and Rinaldi Idroes. 2021. "Polyunsaturated Fatty Acid Fractionation from Crude Palm Oil (CPO)." *Processes* 9(12). doi: 10.3390/pr9122183.
- Hernández-Santos, Betsabé, Jesús Rodríguez-Miranda, Erasmo Herman-Lara, Juan G. Torruco-Uco, Roselis Carmona-García, José M. Juárez-Barrientos, Rubí Chávez-Zamudio, and Cecilia E. Martínez-Sánchez. 2016. "Effect of Oil Extraction Assisted by Ultrasound on the Physicochemical Properties and Fatty Acid Profile of Pumpkin Seed Oil (Cucurbita Pepo)." *Ultrasonics Sonochemistry* 31:429–36. doi: 10.1016/j.ultsonch.2016.01.029.
- Hha, Malkanthi, and Umadevi SH Professor. 2018. "Effect of Dried Pumpkin Pulp and Seed Powder on Physical, Chemical and Sensory Properties of Biscuits." *Article in International Journal of Scientific Research* (November):3–6.
- Hrabovski, Nataša, Snežana Sinadinović-Fišer, Branislava Nikolovski, Milan Sovilj, and Olga Borota. 2012. "Phytosterols in Pumpkin Seed Oil Extracted by Organic Solvents and Supercritical CO₂." *European Journal of Lipid Science and Technology* 114(10):1204–11. doi: 10.1002/ejlt.201200009.
- Hu, Hui, Hongzhi Liu, Aimin Shi, Li Liu, Marie Laure Fauconnier, and Qiang Wang. 2019. "The Effect of Microwave Pretreatment on Micronutrient Contents, Oxidative Stability and Flavor Quality of Peanut Oil." *Molecules* 24(1). doi: 10.3390/molecules24010062.

- Hu, Qiaoling, Zhuo Zhao, Shenglin Fang, Yiwei Zhang, Jie Feng, Feed Science, and Correspondence Jie Feng. 2017. "Phytosterols Improve Immunity and Exert Anti-Inflammatory Activity in Weaned Piglets." *The Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(12):4103–9. doi: 10.1002/j.
- Hulbert, A. J., N. Turner, L. H. Storlien, and P. L. Else. 2005. "Dietary Fats and Membrane Function: Implications for Metabolism and Disease." *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 80:155–69. doi: 10.1017/S1464793104006578.
- Hussain, Ashiq, Tusneem Kausar, Ahmad Din, Mian Anjum Murtaza, Muhammad Abdullah Jamil, Saima Noreen, Hafeez ur Rehman, Hassan Shabbir, and Muhammad Asad Ramzan. 2021. "Determination of Total Phenolic, Flavonoid, Carotenoid, and Mineral Contents in Peel, Flesh, and Seeds of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*)." *Journal of Food Processing and Preservation* 45(6). doi: 10.1111/jfpp.15542.
- Hussain, Ashiq, Tusneem Kausar, Mian Anjum Murtaza, and Muhammad Abdullah Jamil. 2021. "Antioxidant and Antimicrobial Properties of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Peel, Flesh and Seeds Powders." *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 11(6). doi: 10.7176/jbah/11-6-05.
- Hussain, Ashiq, Tusneem Kausar, Sawera Sehar, Ayesha Sarwar, Abdul Haseeb Ashraf, Muhammad Abdullah Jamil, Saima Noreen, Ayesha Rafique, Khansa Iftikhar, Muhammad Yousaf Quddoos, Jawaid Aslam, and Muhammad Abid Majeed. 2022. "A Comprehensive Review of Functional Ingredients, Especially Bioactive Compounds Present in Pumpkin Peel, Flesh and Seeds, and Their Health Benefits." *Food Chemistry Advances* 1(July):100067. doi: 10.1016/j.focha.2022.100067.
- Hussain, Ashiq, Tusneem Kausar, Sawera Sehar, Ayesha Sarwar, Abdul Haseeb Ashraf, Muhammad Abdullah Jamil, Saima Noreen, Ayesha Rafique, Khansa Iftikhar, and Muhammad Yousaf Quddoos. 2022. "Determination of Total Phenolics, Flavonoids, Carotenoids, β -Carotene and DPPH Free Radical Scavenging Activity of Biscuits Developed with Different Replacement Levels of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Peel, Flesh and Seeds Powders." *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 10(8):1506–14. doi: 10.24925/turjaf.v10i8.1506-1514.5129.
- Hussain, Hidayat, Ivan R. Green, Muhammad Saleem, Khanzadi F. Khattak, Muhammad Irshad, and Maroof Ali. 2018. "Cucurbitacins as Anticancer Agents: A Patent Review." *Recent Patents on Anti-Cancer Drug Discovery* 14(2):133–43. doi: 10.2174/1574892813666181119123035.
- Hutt, Terrence F., and Mark E. Herrington. 1985. "The Determination of Bitter Principles in Zucchini." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 36(11):1107–12. doi: 10.1002/jsfa.2740361112.
- El Idrissi, Yousra, Hamza EL Mouddeh, Chakir El-Guezzane, Taoufik Bouayoun, Abdelouahed Dahrouch, Nabila Chahboun, Abdelkader Zarrouk, and Mohammed Tabyaoui. 2022. "The Influence of the Forms on the Quality, Chemical Composition and Antioxydant Activity of Argan Oil Grown in Morocco." *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 12(February-March). doi: 10.55251/jmbfs.5794.
- Idrissi, Yousra El, Hamza El Mouddeh, Hicham Harhar, Abdelkader Zarrouk, and Mohammed

- Tabyaoui. 2021. "Comparison and Correlation of Phytochemical Content with Antioxidant Potential of Different Parts of Argan Tree, *Argania Spinosa* L." *Caspian Journal of Environmental Sciences* 19(2):261–66. doi: 10.22124/cjes.2021.4743.
- Imaeda, Nahomi, Yuko Tokudome, Masato Ikeda, Ikumi Kitagawa, Nakako Fujiwara, and Shinkan Tokudome. 1999. "Foods Contributing to Absolute Intake and Variance in Intake of Selected Vitamins, Minerals and Dietary Fiber in Middle-Aged Japanese." *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 45(5):519–32. doi: 10.3177/jnsv.45.519.
- Indrianingsih, A. W., V. T. Rosyida, W. Apriyana, S. Nur Hayati, K. Nisa, C. Darsih, A. Kusumaningrum, D. Ratih, and N. Indirayati. 2019. "Comparisons of Antioxidant Activities of Two Varieties of Pumpkin (*Cucurbita Moschata* and *Cucurbita Maxima*) Extracts." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 251(1):8–14. doi: 10.1088/1755-1315/251/1/012021.
- ISO/FDIS 662. 2016. "Corps Gras d'origines Animale et Végétale — Détermination de La Teneur En Eau et En Matières Volatiles." *Norme Internationale* (Mars):1–5.
- ISO 10519. 2015. "Graines de Colza — Détermination de La Teneur En Chlorophylle — Méthode Spectrométrique." Pp. 1–5 in *International Standard*. Geneva: ISO.
- ISO 12228-2. 2014. "Détermination de La Teneur En Stérols Individuels et Totaux — Méthode Par Chromatographie En Phase Gazeuse — Partie 2: Huile d'olive et Huile de Grignons d'olive." *Norme Internationale* 1–7.
- ISO 12966-2. 2017. "Animal and Vegetable Fats and Oils Gas Chromatography of Fatty Acid Methyl Esters Part 2: Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids." *ISO Standards* 15.
- ISO 17932. 2011. "Huile de Palme — Détermination de La Détérioration de l'indice de Blanchiment (DOBI) et de La Teneur En Carotène." *Norme Internationale* (Septembre):1–5.
- ISO 18122. 2022. "Biocombustibles Solides — Détermination de La Teneur En Cendres." *Norme Internationale* (Novembre):1–8.
- ISO 9936. 2016. "Corps Gras d'origines Animale et Végétale — Détermination Des Teneurs En Tocophérols et En Tocotriénols Par Chromatographie En Phase Liquide à Haute Performance." *Norme Internationale* (Avril):1–7.
- ISO3656. 2011. "Corps Gras d'origines Animale et Végétale — Détermination de l'absorbance Dans l'ultraviolet, Exprimée Sous La Forme d'extinction Spécifique En Lumière Ultraviolette." *ISO Standards* 8.
- ISO3960. 2017. "Corps Gras d'origines Animale et Végétale — Détermination de l'indice de Peroxyde — Détermination Avec Point d'arrêt Iodométrique." *ISO Standards* 10.
- ISO3961. 2018. "Corps Gras d'origines Animale et Végétale — Détermination de l'indice d'iode." *ISO Standards* 12.
- ISO660. 2020. "Corps Gras d'origines Animale et Végétale — Détermination de l'indice d'acide et de l'acidité." *ISO Standards* 9.

- Jafari, Maryam, Sayed Amir Hossein Goli, and Mehdi Rahimmalek. 2012. "The Chemical Composition of the Seeds of Iranian Pumpkin Cultivars and Physicochemical Characteristics of the Oil Extract." *European Journal of Lipid Science and Technology* 114(2):161–67. doi: 10.1002/ejlt.201100102.
- Jahan, Farhana, Md Badrul Islam, Shyama Prosad Moulick, Mahci Al Bashera, Md Sabbir Hasan, Nishat Tasnim, Trissa Saha, Farhana Boby, Md Waliullah, Anik Kumar Saha, Amin Hossain, Lailatul Ferdousi, Md Mahmudur Rahman, Barun Kanti Saha, and Md Nurul Huda Bhuiyan. 2023. "Nutritional Characterization and Antioxidant Properties of Various Edible Portions of Cucurbita Maxima: A Potential Source of Nutraceuticals." *Heliyon* 9(6):e16628. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16628.
- Jahanban-Esfahlan, Ali, Alireza Ostadrahimi, Mahnaz Tabibiazar, and Ryszard Amarowicz. 2019. "A Comparative Review on the Extraction, Antioxidant Content and Antioxidant Potential of Different Parts of Walnut (*Juglans Regia* L.) Fruit and Tree." *Molecules* 24(11). doi: 10.3390/molecules24112133.
- Jane Monica, Sarah, Sheila John, R. Madhanagopal, C. Sivaraj, Ameer Khusro, P. Arumugam, Márió Gajdács, D. Esther Lydia, Muhammad Umar Khayam Sahibzada, Saad Alghamdi, Mazen Almeahadi, and Talha Bin Emran. 2022. "Chemical Composition of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Seeds and Its Supplemental Effect on Indian Women with Metabolic Syndrome." *Arabian Journal of Chemistry* 15(8). doi: 10.1016/j.arabjc.2022.103985.
- Jannat, B., M. R. Oveisi, N. Sadeghi, M. Hajimahmoodi, M. Behzad, E. Choopankari, and A. A. Behfar. 2010. "Effects of Roasting Temperature and Time on Healthy Nutraceuticals of Antioxidants and Total Phenolic Content in Iranian Sesame Seeds (*Sesamum Indicum* L.)." *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering* 7(1):97–102.
- Jayaprakasam, Bolleddula, Navindra P. Seeram, and Muraleedharan G. Nair. 2003. "Anticancer and Antiinflammatory Activities of Cucurbitacins from *Cucurbita Andreana*." *Cancer Letters* 189(1):11–16. doi: 10.1016/S0304-3835(02)00497-4.
- Jeffrey K., Aronson. 2016. "Meyler's Side Effects of Drugs." *The International Encyclopedia of Adverse Drug Reactions and Interactions* 7674.
- Jia, Wei, Wenyuan Gaoz, and Lida Tang. 2003. "Antidiabetic Herbal Drugs Officially Approved in China." *Phytotherapy Research* 17(10):1127–34. doi: 10.1002/ptr.1398.
- Jiang, Qing. 2017. "Natural Forms of Vitamin E as Effective Agents for Cancer Prevention and Therapy." *Advances in Nutrition* (8):850–67. doi: 10.3945/an.117.016329.
- Kabbashi, AS, WS Koko, SEA Mohammed, N. Musa, EE Osman, MM Dahab, EFF Allah, and AK Mohammed. 2014. "Invitro Amoebicidal and Antioxidant Activities of the Plants *Adansonia Digitata* *Cucurnita Maxima*." *Advancement in Mwdicinal Plant Research* 2(September):50–57.
- Kadiri, Fatimazahra, Bouchra Zahid, Abderrahmane Thoume, Imane Nait Irahah, Faïza Bennis, Fatima Chegiani, and Mohammed Blaghen. 2022. "Characterization and Valorization of a Biosurfactant Produced by *Aeromonas Salmonicida* Isolated from the Marchika Lagoon of Nador." *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 45(October):102523. doi: 10.1016/j.bcab.2022.102523.

- Kar, Sanjukta, Suchandra Dutta, and Rubina Yasmin. 2023. "A Comparative Study on Phytochemicals and Antioxidant Activity of Different Parts of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*)."
Food Chemistry Advances 3(November):100505. doi: 10.1016/j.focha.2023.100505.
- Karanja, James K., Beatrice J. Mugendi, Fathiya M. Khamis, and Alice N. Muchugi. 2014. "Determination of Fatty Acid and Tocopherol Contents of the Oils of Various Pumpkin Cultivars (*Cucurbita* Spp.) Seeds." *Annals Food Science and Technology* 15(1):41–46.
- Karanja, James, James K. Karanja, Beatrice J. Mugendi, Fathiya M. Khamis, and Alice N. Muchugi. 2016. "Nutritional Evaluation of Some Kenyan Pumpkins (*Cucurbita* Spp.)."
International Journal of Agriculture and Forestry 4(January):195–200. doi: 10.5923/j.ijaf.20140403.08.
- Khelfaoui, Hocine. 2002. *Plantes Thérapeutiques, Tradition, Pratique, Officinale, Science et Thérapeutique*.
- Kidoń, Marcin, and Pascaline Aimee Uwineza. 2022. "New Smoothie Products Based on Pumpkin, Banana, and Purple Carrot as a Source of Bioactive Compounds." *Molecules* 27(10). doi: 10.3390/molecules27103049.
- Kim, Mi Young, Eun Jin Kim, Young Nam Kim, Changsun Choi, and Bog Hieu Lee. 2012. "Comparison of the Chemical Compositions and Nutritive Values of Various Pumpkin (*Cucurbitaceae*) Species and Parts." *Nutrition Research and Practice* 6(1):21–27. doi: 10.4162/nrp.2012.6.1.21.
- Kinge, Emmanuel Edie, Fabrice Tonfack Djikeng, Mallampalli Sri Lakshmi Karuna, François Zambou Ngoufack, and Hilaire Macaire Womeni. 2019. "Effect of Boiling and Roasting on the Physicochemical Properties of Djansang Seeds (*Ricinodendron Heudelotii*)." *Food Science and Nutrition* 7(11):3425–34. doi: 10.1002/fsn3.1163.
- Kirtikar, K. R., and B. D. Basu. 2001. *Indian Medicinal Plants*. 2nd Editio. Uttarakhand: Oriental Entreprises.
- Krimer-Malešević, Vera. 2020. "Pumpkin Seeds: Phenolic Acids in Pumpkin Seed (*Cucurbita Pepo* L.)." *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* 533–42. doi: 10.1016/B978-0-12-818553-7.00037-1.
- Kujawska, Monika, and Andrea Pieroni. 2015. "Plants Used as Food and Medicine by Polish Migrants in Misiones, Argentina." *Ecology of Food and Nutrition* 54(3):255–79. doi: 10.1080/03670244.2014.983498.
- Kulaitiene, Jurgita, Judita Černiauskiene, Elvyra Jariene, Honorata Danilčenko, and Dovile Levickiene. 2018. "Antioxidant Activity and Other Quality Parameters of Cold Pressing Pumpkin Seed Oil." *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 46(1):161–66. doi: 10.15835/nbha46110845.
- Kulczynski, Bartosz, and Anna Gramza-Michałowska. 2019a. "The Profile of Carotenoids and Other Bioactive Molecules in Various Pumpkin Fruits (*Cucurbita Maxima* Duchesne) Cultivars." *Molecules* 24(18). doi: 10.3390/molecules24183212.
- Kulczynski, Bartosz, and Anna Gramza-Michałowska. 2019b. "The Profile of Secondary

- Metabolites and Other Bioactive Compounds in Cucurbita Pepo L. And Cucurbita Moschata Pumpkin Cultivars.” *Molecules* 24(16):1–22. doi: 10.3390/molecules24162945.
- Kulczyński, Bartosz, Andrzej Sidor, and Anna Gramza-Michałowska. 2020. “Antioxidant Potential of Phytochemicals in Pumpkin Varieties Belonging to Cucurbita Moschata and Cucurbita Pepo Species.” *CYTA - Journal of Food* 18(1):472–84. doi: 10.1080/19476337.2020.1778092.
- Lagarda, M. J., G. García-Llatas, and R. Farré. 2006. “Analysis of Phytosterols in Foods.” *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41(5):1486–96. doi: 10.1016/j.jpba.2006.02.052.
- Lakhlifi, Zineb, El Idrissi, Hamza El Moudden, Najoua Mghazli, Abdelhakim Bouyahya, Chakir El Guezzane, Mohammed Merae Alshahrani, Ahmed Abdullah, Al Awadh, Khang Wen Goh, Long Chiau Ming, Hicham Harhar, and Mohamed Tabyaoui. 2022. “Effects of Extraction Methods on the Bioactivities and Nutritional Value of Virginia and Valencia-Type Peanut Oil.” *Molecules* 27:1–17. doi: 10.3390/molecules27227709.
- Lampart-Szczapa, Eleonora, Jozef Korczak, Malgorzata Nogala-Kalucka, and Renata Zawirska-Wojtasiak. 2003. “Antioxidant Properties of Lupin Seed Products.” *Food Chemistry* 83(2):279–85. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00091-8.
- Lampi, Anna-maija, Leena Kataja, Afaf Kamal-eldin, and Piironen Vieno. 1999. “Antioxidant Activities of α - and γ -Tocopherols in the Oxidation of Rapeseed Oil Triacylglycerols.” *Journal of the American Oil Chemists’ Society* 76(6):749–55. doi: 10.1007/s11746-999-0171-7.
- Latif, Sajid, and Farooq Anwar. 2011. “Aqueous Enzymatic Sesame Oil and Protein Extraction.” *Food Chemistry* 125(2):679–84. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.09.064.
- Law, Malcolm. 2000. “Plant Sterol and Stanol Margarines and Health.” *British Medical Journal* 320(7238):861–64. doi: 10.1136/bmj.320.7238.861.
- Lebeda, Ales, M. P. Widrlechner, J. Staub, H. Ezura, J. Zalapa, and E. Kristkova. 2006. “Cucurbits (Cucurbitaceae; Cucumis Spp., Cucurbita Spp., Citrullus Spp.)” P. 106 in *GENETIC RESOURCES, CHROMOSOME ENGINEERING, AND CROP IMPROVEMENT*, edited by S. Ram J.
- Leibbrand, Martin, Simone Siefer, Christiane Schön, Tania Perrinjaquet-Moccetti, Albert Kompek, Anca Csernich, Franz Bucar, and Matthias Heinrich Kreuter. 2019. “Effects of an Oil-Free Hydroethanolic Pumpkin Seed Extract on Symptom Frequency and Severity in Men with Benign Prostatic Hyperplasia: A Pilot Study in Humans.” *Journal of Medicinal Food* 22(6):551–59. doi: 10.1089/jmf.2018.0106.
- Leichtweis, Maria G., Adriana K. Molina, Spyridon A. Petropoulos, Márcio Carochó, Tânia C. S. P. Pires, Maria Inês Dias, Ricardo Calhelha, M. Beatriz P. P. Oliveira, Carla Pereira, and Lillian Barros. 2023. “Valorization of Pumpkin Peel as a Source of Bioactive Compounds: Optimization of Heat- and Ultrasound-Assisted Extraction.” *Molecules* 28(7). doi: 10.3390/molecules28073168.
- Leichtweis, Maria G., Adriana K. Molina, Tânia C. S. Pires, Maria Inês Dias, Ricardo Calhelha, Khaldoun Bachari, Borhane E. C. Ziani, M. Beatriz P. P. Oliveira, Carla Pereira, and

- Lillian Barros. 2022. "Biological Activity of Pumpkin Byproducts: Antimicrobial and Antioxidant Properties." *Molecules* 27(23):1–15. doi: 10.3390/molecules27238366.
- Lemus-Mondaca, Roberto, Jessami Marin, Josefa Rivas, Leyla Sanhueza, Yasna Soto, Natalia Vera, and Luis Puente-Díaz. 2019. "Pumpkin Seeds (Cucurbita Maxima). a Review of Functional Attributes and by-Products." *Revista Chilena de Nutricion* 46(6):783–91. doi: 10.4067/S0717-75182019000600783.
- Lira, Rafael. 1995. "Estudios Taxonomicos Ecogeograficos de Las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Economica." *International Plant Genetic Resources Institute* 1–294.
- Lisa, Sharmin Akter, Md Alamgir Kabir, and Selina Khan. 2022. "Utilization of Seed from Cucurbita Maxima, a Pumpkin Variety of Bangladesh, Converting into Refined Oil and Oilcake." *Discover Food* 2(1). doi: 10.1007/s44187-022-00021-9.
- Longato, Erica, Raquel Lucas-González, Pier Giorgio Peiretti, Giorgia Meineri, Jose Angel Pérez-Alvarez, Manuel Viuda-Martos, and Juana Fernández-López. 2017. "The Effect of Natural Ingredients (Amaranth and Pumpkin Seeds) on the Quality Properties of Chicken Burgers." *Food and Bioprocess Technology* 10(11):2060–68. doi: 10.1007/s11947-017-1978-0.
- Lu, A., and C. Jeffrey. 2011. "Flora of China." *Cucurbitaceae: 35. Cucurbita* 1. Retrieved (www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200022619).
- Lyimo, M. E., N. B. Shayo, and A. Kasanga. 2012. "Physical-Chemical Properties, Storage Stability and Sensory Evaluation of Pumpkin Seed Oil." *Huria - Journal of the Open University of Tanzania* 12(1):110–17.
- MacGibbon, D. Bryan, and Jay D. Mann. 1986. "Inhibition of Animal and Pathogenic Fungal Proteases by Phloem Exudate from Pumpkin Fruits (Cucurbitaceae)." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 37(6):515–22. doi: 10.1002/jsfa.2740370602.
- Makni, M., H. Fetoui, N. K. Gargouri, El M. Garoui, H. Jaber, J. Makni, T. Boudawara, and N. Zeghal. 2008. "Hypolipidemic and Hepatoprotective Effects of Flax and Pumpkin Seed Mixture Rich in Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids in Hypercholesterolemic Rats." *Food and Chemical Toxicology : An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association* 46(12):3714–20. doi: 10.1016/J.FCT.2008.09.057.
- Mala, K. Sathiya, and Anjali E. Kurian. 2016. "Nutritional Composition and Antioxidant Activity of Pumpkin Wastes." *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences* 6(3):336–44.
- Malkanathi, Anuruddika. 2020. "Pumpkin Powder (Cucurbita Maxima) -Supplemented String Hoppers as a Functional Food." *An Official Publication of International Association of Food and Nutrition Scientists (IAFANS)* 9(March):1–7.
- Malkanathi HHA, Umadevi SH, and Jamuna KV. 2018. "Glycemic Response and Antioxidant Activity of Pumpkin Seed Powder (Cucurbita Maxima) Blended Biscuits." *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(4):1877–82.
- Mandl, Alexandra, Gregor Reich, and Wolfgang Lindner. 1999. "Detection of Adulteration of

- Pumpkin Seed Oil by Analysis of Content and Composition of Specific Δ^7 -Phytosterols.” *European Food Research and Technology* 209(6):400–406. doi: 10.1007/s002170050516.
- Mansour, Rim Ben, Hanen Falleh, Nermine Nefzi, Sarra Dakhlaoui, Sawssen Selmi, Majdi Hammami, Lillian Barros, Spyridon A. Petropoulos, Neji Tarchoun, and Riadh Ksouri. 2023. “Improved Recovery of Antioxidant Compounds from Refined Pumpkin Peel Extract: A Mixture Design Method Approach.” *Horticulturae* 9(10). doi: 10.3390/horticulturae9101111.
- Marfil, Rocío, Rafael Giménez, Olga Martínez, Paula R. Bouzas, José A. Rufián-Henares, Marta Mesías, and Carmen Cabrera-Vique. 2011. “Determination of Polyphenols, Tocopherols, and Antioxidant Capacity in Virgin Argan Oil (*Argania Spinosa*, Skeels).” *European Journal of Lipid Science and Technology* 113(7):886–93. doi: 10.1002/ejlt.201000503.
- Marie-Magdeleine, Carine, Maurice Mahieu, and Harry Archimède. 2011. “Pumpkin (*Cucurbita Moschata* Duchesne Ex Poir.) Seeds as an Anthelmintic Agent?” *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* 933–39. doi: 10.1016/B978-0-12-375688-6.10110-0.
- Masahiko, Nagaki, Kasai Manami, and Goto Yoshifumi. 2015. “Phytochemical Analysis of the Leaf of the Fuji Apple Tree.” *Journal of Hirosaki University Health Welfare* 1(May):19–26.
- Mashitoa, Florence M., Vimbainashe Manhivi, Retha M. Slabbert, Jerry L. Shai, and Dharini Sivakumar. 2021. “Changes in Antinutrients, Phenolics, Antioxidant Activities and in Vitro α -Glucosidase Inhibitory Activity in Pumpkin Leaves (*Cucurbita Moschata*) during Different Domestic Cooking Methods.” *Food Science and Biotechnology* 30(6):793–800. doi: 10.1007/s10068-021-00916-w.
- Massironi, A., S. Biella, P. F. de Moura Pereira, F. Scibona, L. Feni, M. Sindaco, D. Emide, A. Jiménez-Quero, C. L. M. Bianchi, L. Verotta, and S. Marzorati. 2023. “Valorization of Pumpkin Seed Hulls, Cucurbitin Extraction Strategies and Their Comparative Life Cycle Assessment.” *Journal of Cleaner Production* 427(July). doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139267.
- Maynard, Donald N. 2001. *Watermelons : Characteristics, Production and Marketing*. edited by A. Press. American Society for Horticultural Science.
- McCreight, James D. 2016. “Cultivation and Uses of Cucurbits.” Pp. 1–12 in *Genetics and Genomics of Cucurbitaceae*, edited by G. Rebecca, K. Nurit, and G.-M. Jordi. Springer Cham.
- Menendez-Baceta, Gorka, Laura Aceituno-Mata, María Molina, Victoria Reyes-García, Javier Tardío, and Manuel Pardo-De-Santayana. 2014. “Medicinal Plants Traditionally Used in the Northwest of the Basque Country (Biscay and Alava), Iberian Peninsula.” *Journal of Ethnopharmacology* 152(1):113–34. doi: 10.1016/j.jep.2013.12.038.
- Miketinas, Derek C., George A. Bray, Robbie A. Beyl, Donna H. Ryan, Frank M. Sacks, and Catherine M. Champagne. 2019. “Fiber Intake Predicts Weight Loss and Dietary Adherence in Adults Consuming Calorie-Restricted Diets: The Pounds Lost (Preventing Overweight Using Novel Dietary Strategies) Study.” *Journal of Nutrition* 149(10):1742–

48. doi: 10.1093/jn/nxz117.

- Mindjou, S., F. Brahmi, W. Belkhiri, N. Adjeroud, L. Benali, L. Boucetta, K. Madani, and L. Boulekbache. 2022. "Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of the Seeds Oil of Two Cucurbita Species From Bejaia (Algeria): Comparative Study." *Phytotherapie* 20(4–5):174–79. doi: 10.3166/phyto-2021-0280.
- Mithöfer, Axel, and Wilhelm Boland. 2012. "Plant Defense against Herbivores: Chemical Aspects." *Annual Review of Plant Biology* 63(September):431–50. doi: 10.1146/annurev-arplant-042110-103854.
- Mohamed Ahmed, Isam A., Mehmet Musa Özcan, Nurhan Uslu, Fahad A. L. Juhaimi, Magdi A. Osman, Hesham A. S. Alqah, Kashif Ghafoor, and Elfadil E. Babiker. 2020. "Effect of Microwave Roasting on Color, Total Phenol, Antioxidant Activity, Fatty Acid Composition, Tocopherol, and Chemical Composition of Sesame Seed and Oils Obtained from Different Countries." *Journal of Food Processing and Preservation* 44(10):1–14. doi: 10.1111/jfpp.14807.
- Mohammed, Omima E. Fadlallah, Ahmed E. Ismail Mohammed, Mamoun O. Abdelgadir, National Food, National Food, and Khartoum North. 2021. "Physicochemical Aspects of Pumpkin Seeds Cake Protein Concentrate." 6(4):17–19.
- Montesano, Domenico, Francesca Blasi, Maria Stella Simonetti, Antonello Santini, and Lina Cossignani. 2018. "Chemical and Nutritional Characterization of Seed Oil from Cucurbita Maxima L. (Var. Berrettina) Pumpkin." *Foods* 7(3). doi: 10.3390/foods7030030.
- Mori, Rintaro, Erika Ota, Philippa Middleton, Ruoyan Tobe-Gai, Kassam Mahomed, and Zulfiqar A. Bhutta. 2012. "Zinc Supplementation for Improving Pregnancy and Infant Outcome (Review)." *Cochrane Database of Systematic Reviews* (7). doi: 10.1002/14651858.cd000230.pub4.
- Morin, Odile, and Xavier Pagès-Xatart-Parès. 2012. "Huiles et Corps Gras Végétaux : Ressources Fonctionnelles et Intérêt Nutritionnel." *OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides* 19(2):63–75. doi: 10.1684/ocl.2012.0446.
- El Moudden, Hamza, Yousra El Idrissi, Chakir El Guezane, Walid Belmaghraoui, Adil El Yadini, Hicham Harhar, and Mohamed Tabyaoui. 2020. "Tradition Mills' Picholine Olive Oil Physicochemical Characterization and Chemical Profiling across Different Cities in Morocco." *Scientific World Journal* 2020. doi: 10.1155/2020/1804723.
- Moumni, Marwa, Gianfranco Romanazzi, Basma Najar, Luisa Pistelli, Hajer Ben Amara, Kaies Mezrioui, Olfa Karous, Ikbal Chaieb, and Mohamed Bechir Allagui. 2021. "Antifungal Activity and Chemical Composition of Seven Essential Oils to Control the Main Seedborne Fungi of Cucurbits." *Antibiotics* 10(2):1–16. doi: 10.3390/antibiotics10020104.
- Muenmanee, N., A. Joomwong, J. Natwichai, and D. Boonyakiat. 2016. "Changes in Physico-Chemical Properties during Fruit Development of Japanese Pumpkin (Cucurbita Maxima)." *International Food Research Journal* 23(5):2063–70.
- Mukherjee, Pulok K., Seha Singha, Amit Kar, Joydeb Chanda, Subhadip Banerjee, Barun Dasgupta, Pallab K. Haldar, and Nanaocha Sharma. 2022. "Therapeutic Importance of

- Cucurbitaceae: A Medicinally Important Family.” *Journal of Ethnopharmacology* 282(February 2021):1–27. doi: 10.1016/j.jep.2021.114599.
- Munné-Bosch, S., and L. Alegre. 2002. “Plant Aging Increases Oxidative Stress in Chloroplasts.” *Planta* 214(4):608–15. doi: 10.1007/s004250100646.
- Muribeca, Abraão de Jesus B., Paulo Wender P. Gomes, Steven Souza Paes, Ana Paula Alves da Costa, Paulo Weslem Portal Gomes, Jéssica de Souza Viana, José Diogo E. Reis, Sônia das Graças Santa R. Pamplona, Consuelo Silva, Anelize Bauermeister, Lourivaldo da Silva Santos, and Milton Nascimento da Silva. 2022. “Antibacterial Activity from Momordica Charantia L. Leaves and Flavones Enriched Phase.” *Pharmaceutics* 14(9):1–16. doi: 10.3390/pharmaceutics14091796.
- Murkovic, M., A. Hillebrand, J. Winkler, E. Leitner, and W. Pfannhauser. 1996. “Variability of Fatty Acid Content in Pumpkin Seeds (Cucurbita Pepo L.)” *European Food Research and Technology* 203(3):216–19. doi: 10.1007/BF01192866.
- Murkovic, M., A. Hillebrand, J. Winkler, and W. Pfannhauser. 1996. “Variability of Vitamin E Content in Pumpkin Seeds (Cucurbita Pepo L.)” *Zeitschrift Fur Lebensmittel - Untersuchung Und -Forschung* 202(4):275–78. doi: 10.1007/BF01206096.
- Murkovic, M., U. Müllleder, and H. Neunteufl. 2002. “Carotenoid Content in Different Varieties of Pumpkins.” *Journal of Food Composition and Analysis* 15(6):633–38. doi: 10.1006/jfca.2002.1052.
- Murkovic, Michael, and W. Pfannhauser. 2000. “Stability of Pumpkin Seed Oil.” *European Journal of Lipid Science and Technology* 102:607–11. doi: 10.1002/1438-9312(200010)102:10<607::AID-EJLT607>3.0.CO;2-E.
- Nadya Mara, Adelina, Wang He, Zhang Ligang, Yang Kai, Zhang Ling, and Zhao Yuhong. 2022. “Evaluation of Roasting Conditions as an Attempt to Improve Bioactive Compounds and Antioxidant Activities of Pine Nut Shell and Skin.” *Waste and Biomass Valorization* 13(October):1–17. doi: 10.1007/s12649-021-01589-6.
- Nakić, Sandra Nederal, Desanka Rade, Dubravka Škevin, Dubravka Štrucelj, Željko Mokrovčak, and Martina Bartolić. 2006. “Chemical Characteristics of Oils from Naked and Husk Seeds of Cucurbita Pepo L.” *European Journal of Lipid Science and Technology* 108(11):936–43. doi: 10.1002/EJLT.200600161.
- Nascimento, Warley Marcos, Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, and Patrícia P. da Silva. 2011. “Qualidade Fisiológica Da Semente e Estabelecimento de Plantas de Hortaliças No Campo.” *Brasília: Embrapa Hortaliças* 79–106.
- Nasri, Chaimae, Yasmina Halabi, Ahmed Hajib, Hasnae Choukri, Hicham Harhar, Learn Han Lee, Vasudevan Mani, Long Chiau Ming, Khang Wen Goh, Abdelhakim Bouyahya, and Mohamed Tabyaoui. 2023. “Proximate Composition, Lipid and Elemental Profiling of Eight Varieties of Avocado (Persea Americana).” *Scientific Reports* 13(1):1–14. doi: 10.1038/s41598-023-50119-y.
- Nasri, Chaimae, Yasmina Halabi, Hicham Harhar, Faez Mohammed, Abdelkabar Bellaouchou, Abdallah Guenbour, and Mohamed Tabyaoui. 2021. “Chemical Characterization of Oil from Four Avocado Varieties Cultivated in Morocco.” *OCL - Oilseeds and Fats, Crops*

and Lipids 28. doi: 10.1051/oc/2021008.

- Nederal, Sandra, Dubravka Škevin, Klara Kraljić, Marko Obranović, Sunčica Papeša, and Antonija Bataljaku. 2012. "Chemical Composition and Oxidative Stability of Roasted and Cold Pressed Pumpkin Seed Oils." *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society* 89(9):1763–70. doi: 10.1007/s11746-012-2076-0.
- Nerson, Haim. 2007. "Seed Production and Germinability of Cucurbit Crops." *Seed Science and Biotechnology* 1(1):1–10.
- Netscher, Thomas. 2007. "Synthesis of Vitamin E." *Vitamins and Hormones* 76(07):155–202. doi: 10.1016/S0083-6729(07)76007-7.
- Nicolas, Flament, and Delvigne Alain. 2017. "Les Courges: Récolte, Conservation et Maladies." *Conseil de Saison Maraîchage*, 28–32.
- Niki, Etsuo, and Noriko Noguchi. 2004. "Dynamics of Antioxidant Action of Vitamin E." *Accounts of Chemical Research* 37(1):45–51. doi: 10.1021/ar030069m.
- Norfezah, M. N., A. Hardacre, and C. S. Brennan. 2011. "Comparison of Waste Pumpkin Material and Its Potential Use in Extruded Snack Foods." *Food Science and Technology International* 17(4):367–73. doi: 10.1177/1082013210382484.
- Nounah, Issmail, Said Gharby, Ahmed Hajib, Hicham Harhar, Bertrand Matthäus, and Zoubida Charrouf. 2021. "Effect of Seeds Roasting Time on Physicochemical Properties, Oxidative Stability, and Antioxidant Activity of Cactus (*Opuntia Ficus-Indica* L.) Seed Oil." *Journal of Food Processing and Preservation* 45(9):1–12. doi: 10.1111/jfpp.15747.
- Nourmohammadi, Elham, Alireza SadeghiMahoonak, Mehran Alami, and Mohammad Ghorbani. 2017. "Amino Acid Composition and Antioxidative Properties of Hydrolysed Pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) Oil Cake Protein." *International Journal of Food Properties* 20(12):3244–55. doi: 10.1080/10942912.2017.1283516.
- Nyam, K. L., M. Lau, and C. P. Tan. 2013. "Fibre from Pumpkin (*Cucurbita Pepo* l.) Seeds and Rinds: Physico-Chemical Properties, Antioxidant Capacity and Application as Bakery Product Ingredients." *Malaysian Journal of Nutrition* 19(1):99–110.
- OECD. 2016. "Squashes, Pumpkins, Zucchini and Grouds (*Cucurbita* Species)." *Safety Assessment of Transgenic Organisms*, 5(August 2012):83–149.
- Office of Dietary Supplements. 2021. "Vitamin E Fact Sheet for Consumers." *National Institutes of Health* (March, 22):1–11. doi: 10.1016/S0140-6736(55)92273-X.
- Oi, Toru, Kunihiro Asanuma, Akihiko Matsumine, Takao Matsubara, Tomoki Nakamura, Takahiro Iino, Yumiko Asanuma, Mikinobu Goto, Kazuma Okuno, Takuya Kakimoto, Yuki Yada, and Akihiro Sudo. 2016. "STAT3 Inhibitor, Cucurbitacin I, Is a Novel Therapeutic Agent for Osteosarcoma." *International Journal of Oncology* 49(6):2275–84. doi: 10.3892/ijo.2016.3757.
- Okon, D., Okon Godwin, Nsikak Andrew, and Gabriel Ukpong. 2014. "Nutritional Evaluation, Medicinal Value and Antibacterial Activity of Leaves of *Cucurbita Maxima*." *International Journal of Research* 1(November).

- Oracz, Joanna, Ewa Nebesny, and Dorota Zyzelewicz. 2014. "Effect of Roasting Conditions on the Fat, Tocopherol, and Phytosterol Content and Antioxidant Capacity of the Lipid Fraction from Cocoa Beans of Different Theobroma Cacao L. Cultivars." *European Journal of Lipid Science and Technology* 116(8):1002–14. doi: 10.1002/ejlt.201300474.
- Orsavova, Jana, Ladislava Misurcova, Jarmila Vavra Ambrozova, and Robert Vicha. 2015. "Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids." *International Journal of Molecular Sciences* 16:12871–90. doi: 10.3390/ijms160612871.
- Ouassor, Ihssane, Younes Aqil, Walid Belmaghraoui, and Souad El Hajjaji. 2020. "Characterization of Two Moroccan Watermelon Seeds Oil Varieties by Three Different Extraction Methods." *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 27(6):1–8. doi: 10.1051/ocl/2020010.
- Oumayma, Belhoussaine, El Kourchi Chaimae, Amakhmakh Mohamed, Ullah Riaz, Iqbal Zafar, Wen Goh Khang, Gallo Monica, Harhar Hicham, Bouyahya Abdelhakim, and Tabyaoui Mohamed. 2024. "Oxidative Stability and Nutritional Quality of Stored Linum Usitatissimum L. and Argania Spinosa L., Oil Blends: Chemical Compositions, Properties and Nutritional Value." *Food Chemistry: X*. doi: 10.1016/j.fochx.2024.101680.
- Oyarekua, Mojisola. 2014. "The Effect of Ungerminated Cowpea on the Nutritional Quality of Germinated Maize." *International Journal of Biotechnology and Food Science* 2(2):35–43.
- Oyeleke, Aleem Waheed, David Timilehin Oluwajuyitan, Olusola Matthew Oluwamukomi, and Ndigwe Victor Enujiugha. 2019. "Amino Acid Profile, Functional Properties and In-Vitro Antioxidant Capacity of Cucurbita Maxima and Cucurbita Mixta Fruit Pulps and Seeds." *European Journal of Nutrition & Food Safety* (October):224–41. doi: 10.9734/ejnfs/2019/v10i430117.
- Öztürk, Tansu, and Sadettin Turhan. 2020. "Physicochemical Properties of Pumpkin (Cucurbita Pepo L.) Seed Kernel Flour and Its Utilization in Beef Meatballs as a Fat Replacer and Functional Ingredient." *Journal of Food Processing and Preservation* 44(9):1–9. doi: 10.1111/jfpp.14695.
- Paris, Harry S. 2016. "Genetic Resources of Pumpkins and Squash, Cucurbita Spp." Pp. 111–54 in *Genetics and Genomics of Cucurbitaceae*, edited by G. Rebecca, K. Nurit, and G.-M. Jordi. Springer Cham.
- Pawar, Sandip S., and Debjani Dasgupta. 2018. "Quantification of Phenolic Content from Stem-Bark and Root of Hugonia Mystax Linn. Using RP-HPLC." *Journal of King Saud University - Science* 30(3):293–300. doi: 10.1016/j.jksus.2016.09.002.
- Peng, Mengyao, Dan Lu, Jie Liu, Bo Jiang, and Jingjing Chen. 2021. "Effect of Roasting on the Antioxidant Activity, Phenolic Composition, and Nutritional Quality of Pumpkin (Cucurbita Pepo L.) Seeds." *Frontiers in Nutrition* 8(March):1–11. doi: 10.3389/fnut.2021.647354.
- Pereira, Layla, Alexandre Porte, Luciana Helena, and Maia Porte. 2012. "Perfil de Aminoácidos de Farinha de Semente de Abóbora Amino Acid Profile of Pumpkin Seed Flour." (July 2018):7–9.

- Perez Gutierrez, Rosa Martha. 2016. "Review of Cucurbita Pepo (Pumpkin) Its Phytochemistry and Pharmacology." *Medicinal Chemistry* 6(1):12–21. doi: 10.4172/2161-0444.1000316.
- Petkova, Zhana, and Ginka Antova. 2019. "A Comparative Study on Quality Parameters of Pumpkin, Melon and Sunflower Oils during Thermal Treatment." *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 26. doi: 10.1051/ocl/2019028.
- Piironen, Vieno, David G. Lindsay, Tatu A. Miettinen, Jari Toivo, and Anna Maija Lampi. 2000. "Plant Sterols: Biosynthesis, Biological Function and Their Importance to Human Nutrition." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(7):939–66.
- Potočnik, Tanja, Magda Rak Cizej, and Iztok Jože Košir. 2018. "Influence of Seed Roasting on Pumpkin Seed Oil Tocopherols, Phenolics and Antiradical Activity." *Journal of Food Composition and Analysis* 69(January):7–12. doi: 10.1016/j.jfca.2018.01.020.
- Prakash, Tripathi, and Lawande K.E. 2013. "Effect of Seed Moisture and Packing Material on Viability and Vigour of Onion Seeds." *Journal of Engineering Computers & Applied Sciences* 3(July):1689–99.
- Prieto, Jose Maria, and Maria Carmen Recio. 2006. "Anti-Inflammatory Activity of Beta-Sitosterol in a Model of Oxazolone Induced Contact Delayed Type Hypersensitivity." *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas Mayo* 5(3):57–62.
- Prior, Ronald L., Xianli Wu, and Karen Schaich. 2005. "Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(10):4290–4302. doi: 10.1021/jf0502698.
- Prommaban, Adchara, Ratthida Kuanchoom, Natthidaporn Seepuan, and Wantida Chaiyana. 2021. "Evaluation of Fatty Acid Compositions, Antioxidant, and Pharmacological Activities of Pumpkin (*Cucurbita Moschata*) Seed Oil from Aqueous Enzymatic Extraction." *Plants* 10(8). doi: 10.3390/plants10081582.
- Provesi, João Gustavo, Carolinne Odebrecht Dias, and Edna Regina Amante. 2011. "Changes in Carotenoids during Processing and Storage of Pumpkin Puree." *Food Chemistry* 128(1):195–202. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.027.
- Rabrenović, Biljana B., Etelka B. Dimić, Miroslav M. Novaković, Vele V. Tešević, and Zorica N. Basić. 2014. "The Most Important Bioactive Components of Cold Pressed Oil from Different Pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) Seeds." *Lwt* 55(2):521–27. doi: 10.1016/j.lwt.2013.10.019.
- Raczyk, Marianna, Aleksander Siger, Elżbieta Radziejewska-Kubzdela, Katarzyna Ratusz, and Magdalena Rudzińska. 2018. "Roasting Pumpkin Seeds and Changes in the Composition and Oxidative Stability of Cold Pressed Oils." *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 16(3):293–301. doi: 10.17306/j.afs.2017.0494.
- Rajasree, R. S., P. I. Sibi, Femi Francis, and Helen William. 2016. "Phytochemicals of Cucurbitaceae Family – A Review." *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 8(1):113–23.
- Ratnam, Neel, . Vandana, Md Najibullah, and Md Ibrahim. 2017. "A Review on Cucurbita

- Pepo.” *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 9(09):1190–94. doi: 10.25258/phyto.v9i09.10305.
- Règlement UE n°1924. 2006. “Les Allégations Nutritionnelles et de Santé Portant Sur Les Denrées Alimentaires.” *Journal Officiel de l’Union Européenne* 2005.
- Rehan, I., M. A. Gondal, M. A. Almessiere, R. A. Dakheel, K. Rehan, S. Sultana, and M. A. Dastageer. 2021. “Nutritional and Toxic Elemental Analysis of Dry Fruits Using Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES).” *Saudi Journal of Biological Sciences* 28(1):408–16. doi: 10.1016/j.sjbs.2020.10.024.
- Rekas, Agnieszka, Malgorzata Wroniak, and Robert Rusinek. 2015. “Influence of Roasting Pretreatment on High-Oleic Rapeseed Oil Quality Evaluated by Analytical and Sensory Approaches.” *International Journal of Food Science & Technology* 50(10):2208–14. doi: 10.1111/IJFS.12884.
- Ren, Xiaofeng, Lin Wang, Baoguo Xu, Benxi Wei, Yaogang Liu, Cunshan Zhou, Haile Ma, and Zhirong Wang. 2019. “Influence of Microwave Pretreatment on the Flavor Attributes and Oxidative Stability of Cold-Pressed Rapeseed Oil.” *Drying Technology* 37(3):397–408. doi: 10.1080/07373937.2018.1459682.
- Renner, Susanne S., and Hanno Schaefer. 2016. “Phylogeny and Evolution of the Cucurbitaceae.” *Plant Genetics and Genomics: Crops and Models* 20:13–23. doi: 10.1007/7397_2016_14.
- Reymond, Fabienne. 1993. “La Supplémentation Des Aliments Par Des Minéraux : Intérêt Nutritionnel.” Université Joseph Fourier - Grenoble 1.
- Rezig, Leila, Farhat Chibani, Moncef Chouaibi, Michèle Dalgarrondo, Kamel Hessini, Jacques Guéguen, and Salem Hamdi. 2013. “Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Seed Proteins: Sequential Extraction Processing and Fraction Characterization.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(32):7715–21. doi: 10.1021/jf402323u.
- Rezig, Leila, Moncef Chouaibi, Wiem Meddeb, Kamel Msaada, and Salem Hamdi. 2019. “Chemical Composition and Bioactive Compounds of Cucurbitaceae Seeds: Potential Sources for New Trends of Plant Oils.” *Process Safety and Environmental Protection* 127:73–81. doi: 10.1016/j.psep.2019.05.005.
- Rezig, Leila, Moncef Chouaibi, Kamel Msaada, and Salem Hamdi. 2012. “Chemical Composition and Profile Characterisation of Pumpkin (*Cucurbita Maxima*) Seed Oil.” *Industrial Crops and Products* 37(1):82–87. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.12.004.
- Rezig, Leila, Moncef Chouaibi, Rosa Maria Ojeda-Amador, Sergio Gomez-Alonso, Maria Desamparados Salvador, Giuseppe Fregapane, and Salem Hamdi. 2018. “*Cucurbita Maxima* Pumpkin Seed Oil: From the Chemical Properties to the Different Extracting Techniques.” *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 46(2):663–69. doi: 10.15835/nbha46211129.
- Rezig, Leila, Zina Harzalli, Karima Gharsallah, Nesrine Mahfoudhi, Moncef Chouaibi, Hatem Majdoub, and Imen Oueslati. 2022. “Microwave and Roasting Impact on Pumpkin Seed Oil and Its Application in Full-Fat Mayonnaise Formula.” *Foods* 18(11):1–18. doi:

10.3390/foods11182732.

- Rezig, Leila, Lucy Martine, Thomas Nury, Kamel Msaada, Nesrine Mahfoudhi, Imen Ghzaïel, Emmanuelle Prost-Camus, Philippe Durand, Adil El Midaoui, Niyazi Acar, Norbert Latruffe, Anne Vejux, and Gérard Lizard. 2022. "Profiles of Fatty Acids, Polyphenols, Sterols, and Tocopherols and Scavenging Property of Mediterranean Oils: New Sources of Dietary Nutrients for the Prevention of Age-Related Diseases." *Journal of Oleo Science* 71(8):1117–33. doi: 10.5650/jos.ess22110.
- Ristić, Vanja, and Gordana Ristić. 2003. "Role and Significance of Polyunsaturated Fatty Acids in Nutrition in Prevention and Treatment of Atherosclerosis." *Medicinski Pregled* 56(1–2):50–53. doi: 10.2298/MPNS0302050R.
- Rizvi, Saliha, Syed T. Raza, Faizal Ahmed, Absar Ahmad, Shania Abbas, and Farzana Mahdi. 2014. "The Role of Vitamin E in Human Health and Some Diseases." *Sultan Qaboos University Medical Journal* 14(May):157–65.
- Rolnik, Agata, and Beata Olas. 2020. "Vegetables from the Cucurbitaceae Family and Their Products: Positive Effect on Human Health." *Nutrition* 78. doi: 10.1016/j.nut.2020.110788.
- Rolnik, Agata, and Beata Olas. 2022. "A Review of the Effect of Preparations from Vegetables of the Asteraceae Family and Cucurbitaceae Family on the Cardiovascular System and Its Diseases." *Nutrients* 14(17). doi: 10.3390/nu14173601.
- Román, Sergio, Luis Manuel Sánchez-Siles, and Michael Siegrist. 2017. "The Importance of Food Naturalness for Consumers: Results of a Systematic Review." *Trends in Food Science and Technology* 67:44–57. doi: 10.1016/j.tifs.2017.06.010.
- Le Roux, G., I. Leborgne, M. Labadie, R. Garnier, S. Sinno-Tellier, J. Bloch, M. Deguigne, and D. Boels. 2018. "Poisoning by Non-Edible Squash: Retrospective Series of 353 Patients from French Poison Control Centers." *Clinical Toxicology* 56(8):790–94. doi: 10.1080/15563650.2018.1424891.
- Rumeza Hanif, Zafar Iqbal, Mudassar Iqbal, Shaheena Hanif and Masooma Rasheed. 2006. "Use of Vegetables as Nutritional Food: Role in Human Health." *Journal of Agricultural and Biological Science* 1(1):18–19.
- Ryan, E., K. Galvin, T. P. O'Connor, A. R. Maguire, and N. M. O'Brien. 2007. "Phytosterol, Squalene, Tocopherol Content and Fatty Acid Profile of Selected Seeds, Grains, and Legumes." *Plant Foods for Human Nutrition* 62(3):85–91. doi: 10.1007/s11130-007-0046-8.
- Rymal, K. S., O. L. Chambliss, M. D. Bond, and D. A. Smith. 1984. "Squash Containing Toxic Cucurbitacin Compounds Occurring in California and Alabama." *Journal of Food Protection* 47(4):270–71. doi: 10.4315/0362-028X-47.4.270.
- S., Athamena, I., Chalghem A., Kassah-Laouar S., Laroui S., Khebri. 2010. "Activite Antioxydante et Antimicrobienne d'extraits de Cuminum Cyminum L." *Lebanese Science Journal* 11(1):69–81.
- Saavedra, M. J., A. Aires, C. Dias, J. A. Almeida, M. C. B. M. De Vasconcelos, P. Santos, and

- E. A. Rosa. 2013. "Evaluation of the Potential of Squash Pumpkin By-Products (Seeds and Shell) as Sources of Antioxidant and Bioactive Compounds." *Journal of Food Science and Technology* 52(2):1008–15. doi: 10.1007/s13197-013-1089-5.
- Sabarudin, Ruslin, W. O. S. Zubaydah, A. Sartinah, S. Buton, and Yamin. 2021. "Antiradical Activity, Total Phenolic, and Total Flavonoids Extract and Fractions of Pumpkin (*Cucurbita Moshata Duch*) Leaves." *Food Research* 5(2):348–53. doi: 10.26656/fr.2017.5(2).529.
- Saboo, Shweta S., Priyanka K. Thorat, Ganesh G. Tapadiya, and S. S. Khadabadi. 2013. "Ancient and Recent Medicinal Uses of Cucurbitaceae Family." *International Journal of Therapeutic Application* 9:11–19.
- Sabudak, Temine. 2007. "Fatty Acid Composition of Seed and Leaf Oils of Pumpkin, Walnut, Almond, Maize, Sunflower and Melon." *Chemistry of Natural Compounds* 43(4):465–67. doi: 10.1007/s10600-007-0163-5.
- Sagar, Narashans Alok, Sunil Pareek, Sunil Sharma, Elhadi M. Yahia, and Maria Gloria Lobo. 2018. "Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(3):512–31. doi: 10.1111/1541-4337.12330.
- Saha, Prerona, U. K. Mazumder, P. K. Haldar, Sagar Naskar, Sriparna Kundu, Asis Bala, and Biswakanth Kar. 2011. "Anticancer Activity of Methanol Extract of *Cucurbita Maxima* against Ehrlich As-Cites Carcinoma." *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences* 2(1):52–59.
- Samaras, Thomas S., Philip A. Camburn, Sachin X. Chandra, Michael H. Gordon, and Jennifer M. Ames. 2005. "Antioxidant Properties of Kilned and Roasted Malts." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(20):8068–74. doi: 10.1021/jf051410f.
- Sattler, Scott E., Laura U. Gilliland, Maria Magallanes-Lundback, Mike Pollard, and Dean DellaPenna. 2004. "Vitamin E Is Essential for Seed Longevity and for Preventing Lipid Peroxidation during Germination." *Plant Cell* 16(6):1419–32. doi: 10.1105/tpc.021360.
- Sawicki, Caleigh M., Kara A. Livingston, Martin Obin, Susan B. Roberts, Mei Chung, and Nicola M. McKeown. 2017. "Dietary Fiber and the Human Gut Microbiota: Application of Evidence Mapping Methodology." *Nutrients* 9(2):1–21. doi: 10.3390/nu9020125.
- Sert, Deniz, Harald Rohm, and Susanne Struck. 2022. "Ultrasound-Assisted Extraction of Protein from Pumpkin Seed Press Cake: Impact on Protein Yield and Techno-Functionality." *Foods* 11(24). doi: 10.3390/foods11244029.
- Seymen, Musa, Nurhan Uslu, Önder Türkmen, Fahad Al Juhaimi, and Mehmet Musa Özcan. 2016. "Chemical Compositions and Mineral Contents of Some Hull-Less Pumpkin Seed and Oils." *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society* 93(8):1095–99. doi: 10.1007/s11746-016-2850-5.
- Sha'a, K. K. 2021. "Evaluation and Comparison of the Antioxidant Activities and Nutritional Composition of *Cucurbita Maxima* and *Vigna Unguiculata* Leaf Extracts." *European Journal of Nutrition & Food Safety* 13(1):29–39. doi: 10.9734/ejnfs/2021/v13i130343.

- Shahzad, Naiyer, Wajahatullah Khan, Asgar Ali, Sundeep Singh, Sadhana Sharma, Faisal A. Al-allaf, Zainularifeen Abduljaleel, Ibrahim Abdel, Aziz Ibrahim, Ali Fathi Abdel-wahab, Mohamed Abdelaziz, and Saeed Saeed Al-ghamdi. 2017. "Phytosterols as a Natural Anticancer Agent: Current Status and Future Perspective." *Biomedicine & Pharmacotherapy* 88:786–94. doi: 10.1016/j.biopha.2017.01.068.
- Shanthi Avinash, Thammaihraj, Vittal Ravishankar Rai, and Correspondence Vittal Ravishankar Rai. 2017. "An Ethanobotanical Investigation of Cucurbitaceae from South India: A Review." ~ 250 ~ *Journal of Medicinal Plants Studies* 5(3):250–54.
- Sharma, Ashok, Ashish K. Sharma, Tara Chand, Manoj Khardiya, and Kailash Chand Yadav. 2013. "Antidiabetic and Antihyperlipidemic Activity of Cucurbita Maxima Duchense (Pumpkin) Seeds on Streptozotocin Induced Diabetic Rats." *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 1(6):108–16.
- Sharma, Sonu, and T. V. Ramana Rao. 2013. "Nutritional Quality Characteristics of Pumpkin Fruit as Revealed by Its Biochemical Analysis." *International Food Research Journal* 20(5):2309–16.
- Shetty, Anoop A., Renu Rana, Tanuja Buckseth, and S. P. Preetham. 2012. "Waste Utilization in Cucurbits: A Review." *Waste and Biomass Valorization* 3(3):363–68. doi: 10.1007/s12649-012-9114-x.
- Siegmund, Barbara, and Michael Murkovic. 2004. "Changes in Chemical Composition of Pumpkin Seeds during the Roasting Process for Production of Pumpkin Seed Oil (Part 2: Volatile Compounds)." *Food Chemistry* 84(3):367–74. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00241-3.
- Singh, Arunima, and Vivek Kumar. 2022. "Nutritional, Phytochemical, and Antimicrobial Attributes of Seeds and Kernels of Different Pumpkin Cultivars." *Food Frontiers* 3(1):182–93. doi: 10.1002/fft2.117.
- Singh, Arunima, and Vivek Kumar. 2023. "Phyto-Chemical and Bioactive Compounds of Pumpkin Seed Oil as Affected by Different Extraction Methods." *Food Chemistry Advances* 2(February):100211. doi: 10.1016/j.focha.2023.100211.
- Singh, Arunima, and Vivek Kumar. 2024. "Pumpkin Seeds as Nutraceutical and Functional Food Ingredient for Future: A Review." *Grain and Oil Science and Technology* 7(1):12–29. doi: 10.1016/j.gaost.2023.12.002.
- Singh, Chamkaur, N. C. Nagalakshmi, Chaurasiya Raunakkumar, and S. Yashaswini. 2022. "A Review of Pharmacological Activities of Cucurbita Maxima." *Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education* 8(5):2395–4396.
- Singh, H. P., V. A. Parthasarathy, and Nirmal K. Babu. 2011. "Advances in Horticulture Biotechnology." Pp. 1–62 in *Molecular markers and marker assisted selection*. New Delhi: Westville Publishing House.
- Singh, Jyotsana, Vinti Singh, Surabhi Shukla, and Awadhesh K Rai. 2016. "Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Selected Cucurbit Fruits Extracted with Different Solvents." *Journal of Nutrition & Food Sciences* 06(06). doi: 10.4172/2155-9600.1000565.

- Singh, Vishal, Md Hedayetullah, Parveen Zaman, and Jagamohan Meher. 2014. "Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: An Overview." *Journal of Post-Harvest Technology* 2(2):124–35.
- Sn, Shendge, and Patharkar Sr. 2020. "Standardize the Processing Technology for Preparation of Cereal Milk Fortification with Garden Cress (*Lepidium Sativum*) Seed and Pumpkin (*Cucurbita*) Seed Powder." *The Pharma Innovation Journal* 9(1):423–26.
- Soleimanian, Yasamin, Ibrahima Sanou, Sylvie L. Turgeon, Diego Canizares, and Seddik Khalloufi. 2022. "Natural Plant Fibers Obtained from Agricultural Residue Used as an Ingredient in Food Matrixes or Packaging Materials: A Review." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 21(1):371–415. doi: 10.1111/1541-4337.12875.
- Soto-Hernández, Marcos, Jorge Cadena Iñiguez, C. Edelmir. Arévalo-Galarza, Lourdes Santiago-Osorio, Itzen Aguiñiga -Sánchez, and Lucero del Mar Ruíz-Posadas. 2015. "Lead Compounds from Cucurbitaceae for the Treatment of Cancer." P. 13 in *Phytochemicals - Isolation, Characterisation and Role in Human Health*. Vol. 11, edited by R. A. Venketeshwer and R. Leticia. Toronto: IntechOpen.
- Staichok, Carolina Ana Burger, Kamylla Barros Rayssa Mendonça, Alves Pâmella Guerra dos Santos, Lismaíra Gonçalves Caixeta Garcia, and Clarissa Damiani. 2016. "Pumpkin Peel Flour (*Cucurbita Máxima* L.)-Characterization and Technological Applicability." *Journal of Food and Nutrition Research* 4(5):327–33. doi: 10.12691/jfnr-4-5-9.
- Stevenson, David G., Fred J. Eller, Liping Wang, Jay Lin Jane, Tong Wang, and George E. Inglett. 2007. "Oil and Tocopherol Content and Composition of Pumpkin Seed Oil in 12 Cultivars." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(10):4005–13. doi: 10.1021/jf0706979.
- Stryjecka, Małgorzata, Barbara Krochmal-Marczak, Tomasz Cebulak, and Anna Kiełtyka-Dadasiewicz. 2023. "Assessment of Phenolic Acid Content and Antioxidant Properties of the Pulp of Five Pumpkin Species Cultivated in Southeastern Poland." *International Journal of Molecular Sciences* 24(10). doi: 10.3390/ijms24108621.
- Suri, Kanchan, Balwinder Singh, and Amritpal Kaur. 2022. "Impact of Microwave Roasting on Physicochemical Properties, Maillard Reaction Products, Antioxidant Activity and Oxidative Stability of Nigella Seed (*Nigella Sativa* L.) Oil." *Food Chemistry* 368(August 2021):130777. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130777.
- Suri, Kanchan, Balwinder Singh, Amritpal Kaur, and Narpinder Singh. 2019. "Impact of Roasting and Extraction Methods on Chemical Properties, Oxidative Stability and Maillard Reaction Products of Peanut Oils." *Journal of Food Science and Technology* 56(5):2436–45. doi: 10.1007/s13197-019-03719-4.
- Suwannapong, Apinya, Chusri Talubmook, and Wilawan Promprom. 2023. "Evaluation of Antidiabetic and Antioxidant Activities of Fruit Pulp Extracts of *Cucurbita Moschata* Duchesne and *Cucurbita Maxima* Duchesne." *The Scientific World Journal* 2023:12. doi: 10.1155/2023/1124606.
- Taha, Eman, and Bertrand Matthäus. 2018. "Effect of Roasting Temperature on Safflower Seeds and Oil." *Journal of Food and Dairy Sciences* 9(3):103–9. doi: 10.21608/jfds.2018.35413.

- Tahraoui, A., J. El-Hilaly, Z. H. Israili, and B. Lyoussi. 2007. "Ethnopharmacological Survey of Plants Used in the Traditional Treatment of Hypertension and Diabetes in South-Eastern Morocco (Errachidia Province)." *Journal of Ethnopharmacology* 110(1):105–17. doi: 10.1016/j.jep.2006.09.011.
- Tekin-Cakmak, Zeynep Hazal, Ilker Atik, and Salih Karasu. 2021. "The Potential Use of Cold-Pressed Pumpkin Seed Oil by-Products in a Low-Fat Salad Dressing: The Effect on Rheological, Microstructural, Recoverable Properties, and Emulsion and Oxidative Stability." *Foods* 10(11). doi: 10.3390/foods10112759.
- Tena, Noelia, Ana Lobo-Prieto, Ramón Aparicio, and Diego L. García-González. 2018. "Storage and Preservation of Fats and Oils." *Encyclopedia of Food Security and Sustainability* (2016):605–18. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22268-3.
- Tenyang, Noël, Roger Ponka, Bernard Tiencheu, Fabrice T. Djikeng, Thirupathi Azmeera, Mallampalli S. L. Karuna, Rachapudi B. N. Prasad, and Hilaire M. Womeni. 2017. "Effects of Boiling and Roasting on Proximate Composition, Lipid Oxidation, Fatty Acid Profile and Mineral Content of Two Sesame Varieties Commercialized and Consumed in Far-North Region of Cameroon." *Food Chemistry* 221:1308–16. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.11.025.
- Tonfack Djikeng, Fabrice, Edem Selle, Azia Theresia Morfor, Bernard Tiencheu, Blaise Arnaud Hako Touko, Gires Teboukeu Boungo, Serges Ndomou Houketchang, Mallampalli Sri Lakshmi Karuna, Michel Linder, François Zambou Ngoufack, and Hilaire Macaire Womeni. 2018. "Effect of Boiling and Roasting on Lipid Quality, Proximate Composition, and Mineral Content of Walnut Seeds (*Tetracarpidium Conophorum*) Produced and Commercialized in Kumba, South-West Region Cameroon." *Food Science and Nutrition* 6(2):417–23. doi: 10.1002/fsn3.570.
- Tsaknis, John, Stavros Lalas, and Evangelos S. Lazos. 1997. "Characterization of Crude and Purified Pumpkin Seed Oil." *Grasas y Aceites* 48(5):267–72. doi: 10.3989/gya.1997.v48.i5.802.
- Tucker, J. M., and D. M. Townsend. 2005. "Alpha-Tocopherol: Roles in Prevention and Therapy of Human Disease." *Biomedicine and Pharmacotherapy* 59:380–87. doi: 10.1016/j.biopha.2005.06.005.
- Türkmen, Ö., M. M. Özcan, M. Seymen, M. Paksoy, N. Uslu, and S. Fidan. 2017. "Physico-Chemical Properties and Fatty Acid Compositions of Some Edible Pumpkin Seed Genotypes and Oils." *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 23(4):229–35.
- Turkmen, O., N. Uslu, M. Paksoy, M. Seymen, S. Fidan, and M. M. Ozcan. 2015. "Evaluation of Fatty Acid Composition, Oil Yield and Total Phenol Content of Various Pumpkin Seed Genotypes." *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse* 92(2):93–97.
- U.S. Department of Agriculture. 2019. "Seeds, Pumpkin and Squash Seed Kernels, Roasted, without Salt." *FoodData Central*.
- Uba, B., and C. Muhammad. 2019. "Determination of Fatty Acid Composition and Physicochemical Properties of Cucurbita Maxima (Pumpkin) Seed Oil Cultivated in Northeast Nigeria." *East African Scholars Multidisciplinary Bulletin* 4413(7):231–34. doi:

10.36349/easmb.2019.v02i08.009.

- Ulloa Ulloa, Carmen, Pedro Acevedo-Rodríguez, Stephan Beck, Manuel J. Belgrano, Rodrigo Bernal, Paul E. Berry, Lois Brako, Marcela Celis, Gerrit Davidse, Rafaela C. Forzza, S. Robbert Gradstein, Omaira Hokche, Blanca León, Susana León-Yáñez, Robert E. Magill, David A. Neill, Michael Nee, Peter H. Raven, Heather Stimmel, Mark T. Strong, José L. Villaseñor, James L. Zarucchi, Fernando O. Zuloaga, and Peter M. Jørgensen. 2017. “An Integrated Assessment of the Vascular Plant Species of the Americas.” *Science* 358(6370):1614–17. doi: 10.1126/science.aao0398.
- Unal, Kubra, Ali Samet Babaoğlu, Nuran Erdem, and Nazik Meziyet Dilek. 2022. “The Effect of Pumpkin Powder on the Physicochemical, Emulsification, and Textural Properties of Beef.” *Journal of Food Processing and Preservation* 46(8):e16728. doi: 10.1111/JFPP.16728.
- Varela, Carla, Catarina Melim, Beatriz G. Neves, Javad Sharifi-Rad, Daniela Calina, Assem Mamurova, and Célia Cabral. 2022. “Cucurbitacins as Potential Anticancer Agents: New Insights on Molecular Mechanisms.” *Journal of Translational Medicine* 20(1):1–16. doi: 10.1186/s12967-022-03828-3.
- Vergès, Bruno. 2009. “Plant Sterol-Enriched Foods: Benefits and Risks.” *Medecine Des Maladies Metaboliques* 3(6):589–93. doi: 10.1016/S1957-2557(09)73623-5.
- Vijayakumar, S., J. E. Morvin Yabesh, S. Prabhu, R. Manikandan, and B. Muralidharan. 2015. “Quantitative Ethnomedicinal Study of Plants Used in the Nelliampathy Hills of Kerala, India.” *Journal of Ethnopharmacology* 161:238–54. doi: 10.1016/j.jep.2014.12.006.
- Vujasinovic, Vesna, Sonja Djilas, Etelka Dimic, Zorica Basic, and Olga Radocaj. 2012. “The Effect of Roasting on the Chemical Composition and Oxidative Stability of Pumpkin Oil.” *European Journal of Lipid Science and Technology* 114(5):568–74. doi: 10.1002/ejlt.201100158.
- Vujasinovic, Vesna, Sonja Djilas, Etelka Dimic, Ranko Romanic, and Aleksandar Takaci. 2010. “Shelf Life of Cold-Pressed Pumpkin (*Cucurbita Pepo* L.) Seed Oil Obtained with a Screw Press.” *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists’ Society* 87(12):1497–1505. doi: 10.1007/s11746-010-1630-x.
- Wafa, Nouioua. 2024. “Total Phenolic, Flavonoid Contents and Antioxidant Activity of Ethanolic Extracts (Leaves and Fruit) of *Cucurbita Maxima* Duch. Ex Lam.” *Agricultural Science Digest* 44(1):114–17. doi: 10.18805/ag.DF-463.
- Wahid, Shahana, Ali Alqahtani, and Rafeeq Alam Khan. 2021. “Analgesic and Anti-Inflammatory Effects and Safety Profile of *Cucurbita Maxima* and *Cucumis Sativus* Seeds.” *Saudi Journal of Biological Sciences* 28(8):4334–41. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.04.020.
- Wang, Ni. 2011. “A Comparison of Chinese and British Tea Culture.” *Asian Culture and History* 3(2):13–18. doi: 10.5539/ach.v3n2p13.
- Wanna, Chanate. 2019. “Free Radical Scavenging Capacity and Total Phenolic Contents in Peel and Fleshy Crude Extracts of Selected Vegetables.” *Pharmacognosy Journal* 11(6):1351–58. doi: 10.5530/pj.2019.11.209.

- Waszkowiak, Katarzyna, Beata Mikołajczak, and Dominik Kmiecik. 2018. "Changes in Oxidative Stability and Protein Profile of Flaxseeds Resulting from Thermal Pre-Treatment." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98(14):5459–69. doi: 10.1002/jsfa.9090.
- Wongsagonsup, R., P. Kittisuban, A. Yaowalak, and M. Suphantharika. 2015. "Physical and Sensory Qualities of Composite Wheat-Pumpkin Flour Bread with Addition of Hydrocolloids." *International Food Research Journal* 22(2):745–52.
- Wu, Jianqiang, and Ian T. Baldwin. 2010. "New Insights into Plant Responses to the Attack from Insect Herbivores." *Annual Review of Genetics* 44:1–24. doi: 10.1146/annurev-genet-102209-163500.
- Wu, Ming Chang, Hui chin Li, Po Hua Wu, Ping Hsiu Huang, and Yuh Tai Wang. 2014. "Assessment of Oligogalacturonide from Citrus Pectin as a Potential Antibacterial Agent against Foodborne Pathogens." *Journal of Food Science* 79(8). doi: 10.1111/1750-3841.12526.
- Xavier, Mathias. 2009. *Courges et Cucurbitacées*. Rustica.
- Xavier, Pagès-Xatart-Parès. 2008. "Technologies Des Corps Gras (Huiles et Graisses Végétales)." *Techniques de l'ingénieur* 33(0):19.
- Xu, Wenqian, Yuliang Cheng, Yahui Guo, Weirong Yao, and He Qian. 2022. "Effects of Geographical Location and Environmental Factors on Metabolite Content and Immune Activity of Echinacea Purpurea in China Based on Metabolomics Analysis." *Industrial Crops and Products* 189(1800):115782. doi: 10.1016/j.indcrop.2022.115782.
- Xu, Zhenbo, Jinghong Xie, Thanapop Soteyome, Brian M. Peters, Mark E. Shirtliff, Junyan Liu, and Janette M. Harro. 2019. "Polymicrobial Interaction and Biofilms between Staphylococcus Aureus and Pseudomonas Aeruginosa: An Underestimated Concern in Food Safety." *Current Opinion in Food Science* 26(March):57–64. doi: 10.1016/j.cofs.2019.03.006.
- Yadav, Mukesh, Shalini Jain, Radha Tomar, G. B. K. S. Prasad, and Hariom Yadav. 2010. "Medicinal and Biological Potential of Pumpkin: An Updated Review." *Nutrition Research Reviews* 23:184–90. doi: 10.1017/S0954422410000107.
- Yalew, Yiblet. 2023. "Overview of Cucurbitaceae Families." in *Biological and Abiotic Stress in Cucurbitaceae Crops*. intechopen.
- Yang, Chen, Bingyi Wang, Jianming Wang, Shuang Xia, and Yonggang Wu. 2019. "Effect of Pyrogalllic Acid (1,2,3-Benzenetriol) Polyphenol-Protein Covalent Conjugation Reaction Degree on Structure and Antioxidant Properties of Pumpkin (Cucurbita Sp.) Seed Protein Isolate." *Lwt* 109(January):443–49. doi: 10.1016/j.lwt.2019.04.034.
- Yang, Kai Min, Fu Lan Hsu, Chih Wei Chen, Chin Lin Hsu, and Ming Ching Cheng. 2018. "Quality Characterization and Oxidative Stability of Camellia Seed Oils Produced with Different Roasting Temperatures." *Journal of Oleo Science* 67(4):389–96. doi: 10.5650/jos.ess17190.
- Yiblet, Yalew. 2023. "Overview of Cucurbitaceae Families." *Studies on*

Cucurbitaceae [Working Title] 1–10. doi: 10.5772/intechopen.1001306.

- Yok, Margaret Chan Kit, Seraphina Anak Dominic Gisong, Beatrice Anak Modon, and Rogaya Rusim. 2016. “Creating New Market in Integrated Agriculture Development Area in Samarahan, Sarawak, Malaysia – Case Study in the Supply Chain of Cucurbita Sp. (Pumpkin).” *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 224(August 2015):516–22. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.05.428.
- Yoo, Eunae, Mesfin Haile, Ho Cheol Ko, Yu Mi Choi, Gyu Taek Cho, Hee Jong Woo, Xiaohan Wang, Pilmo Sung, Jundae Lee, Jungu Lee, and Nayoung Ro. 2023. “Development of SNP Markers for Cucurbita Species Discrimination.” *Scientia Horticulturae* 318(March):112089. doi: 10.1016/j.scienta.2023.112089.
- Yusuf, James, Dogara Kantoma, and Rhoda Okunola Mosunmola. 2021. “Studies on Cucurbita Maxima Seed Oil for Its Potentials as Feedstock for Biodiesel Production in Nigeria.” *Nigerian Research Journal of Chemical Sciences* 9(1):2682–6054.
- Zhang, Su, Yuan Gang Zu, Yu Jie Fu, Meng Luo, Wei Liu Li, and Thomas Efferth. 2010. “Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Seed Oil from Yellow Horn (*Xanthoceras Sorbifolia* Bunge.) and Its Anti-Oxidant Activity.” *Bioresource Technology* 101(7):2537–44. doi: 10.1016/j.biortech.2009.11.082.
- Ziaul, Amin M., Islam Tehera, Mostofa Farhana, Uddin M. Jashim, M. M. Rahman, and Mohammed A. Satter. 2019. “Comparative Assessment of the Physicochemical and Biochemical Properties of Native and Hybrid Varieties of Pumpkin Seed and Seed Oil (*Cucurbita Maxima* Linn.).” *Heliyon* 5(12):e02994. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02994.
- Zieniuk, Bartłomiej, and Magdalena Pawełkiewicz. 2023. “Recent Advances in the Application of Cucurbitacins as Anticancer Agents.” *Metabolites* 13(10). doi: 10.3390/metabo13101081.
- Zuorro, Antonio, Annalaura Iannone, and Roberto Lavecchia. 2019. “Water-Organic Solvent Extraction of Phenolic Antioxidants from Brewers’ Spent Grain.” *Processes* 7(3). doi: 10.3390/pr7030126.