

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Filière : Sciences Alimentaires.

Spécialité : Physiologie de la Nutrition et Santé.

Par :

Mezara Ines Roumaisaa

Hamri Sabrina

Intitulé :

**Étude des propriétés physico-chimiques
de la graine du fenugrec**

Soutenu le : 13/06/2023.

Présidente : Mme Addou S. M.C.A Faculté de médecine Oran 1.

Examineur : Melle Haddi A. M.C.B Ecole Supérieure des Sciences Biologiques d'Oran

Encadreur : Mme Youcef N. M.A.A Université Ahmed Ben Bella Oran 1.

Année universitaire : 2023/2024.

Dédicace

À mon cher père, mon exemple éternel, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est fruit de tes sacrifices. Je t'aime papa, et je prie Dieu le Tout-Puissant de t'accorder une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À ma très chère mère, la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur; le bonheur de ma vie, je t'aime maman. Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager, de sacrifier, de me soutenir et de prier pour moi. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver, t'accorder santé, longue vie et bonheur.

À mes chères sœurs, qui ont été près de moi. Je tien à vous remercier pour vos encouragements permanents et pour votre soutien moral. Je vous souhaite une vie pleine de joie, de bonheur et de réussite.

À mon cher frère mon jumeau, merci pour tous les moments d'enfance passés avec toi, tu m'as toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études, Je te souhaite beaucoup de bonheur dans ta vie.

À mon cher petit frère et compagnon, à qui je souhaite toutes les belles choses du monde.

À mon neveu « Abdelmoudjib » et mes nièces « Madjda, Assil, Maram, Sedjoud », Source de joie et de bonheur.

A toutes les personnes que j'aime et respecte.



Mezara Ines Roumaïssa

Dédicaces

A mon père, qui a sacrifié sa vie pour mon instruction et mon bien être.

A ma mère qui m'a soutenu tout au long de mes études. Je te remercie pour tout et pour l'amour que tu me portes depuis mon enfance.

A ma Grande sœur, qui me pousse à aller vers l'avant dans mes études supérieures.

A ma petite sœur qui a été près de moi, je tien à te remercier pour ta présence.

A toutes mes amies qui m'ont toujours encouragé

A tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.



Hamri Sabrina

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles afin d'accomplir de modeste travail et de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

*Ce travail a été réalisé au laboratoire de Physiologie de La Nutrition Et Sécurité Alimentaire (LPNSA), Université d'Oran1 Ahmed Ben Bella. A madame **ADDOU-BENOUNNANE SAMIA**, Professeur à l'université Oran1, nous tenons à vous remercier pour votre accueil au sein du laboratoire durant la réalisation de ce travail.*

*Un grand merci à notre encadreur, madame « **YOUCEF NARIMENE** » maître-Assistante classe A, à l'université Oran1 Ahmed Ben Bella, pour son encadrement, ses conseils scientifiques et pour la confiance qu'elle nous a accordé pour la réalisation de ce travail.*

*Nous exprimons nos vifs remerciements à madame **BENAISSA YAMINA**, Maitre de conférences « A » à la faculté de médecine, Université Oran 1, qui nous fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous tenons à remercier tout particulièrement madame **HADDI ABIR**, Maitre de conférences « B » à l'Ecole Supérieur de Sciences Biologiques d'Oran, qui nous fait l'honneur d'examiner et juger ce travail.*

*Nous adressons nos remerciements à l'ensemble du personnel du Laboratoire de Physiologie de la Nutrition et Sécurité Alimentaire, enseignant et doctorants particulièrement madame **BOUTIBA NAWEL** et madame **AMIEUR LILA** pour leurs aides et encouragements qu'elles nous ont prodigués durant la réalisation de ce travail.*

Enfin, Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce 'mémoire. Votre soutien a été précieux et a joué un rôle majeur dans la réussite de ce projet.



Résumé

Le fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) est l'une des plantes médicinales les plus anciennes et prometteuses, reconnue depuis l'antiquité pour ses nombreux bienfaits nutritionnels et thérapeutiques. Traditionnellement utilisé dans diverses cultures pour ses propriétés curatives et fortifiantes, le fenugrec a traversé les âges grâce à sa richesse en nutriments essentiels, en vitamines et en minéraux.

Dans ce contexte, notre étude vise à étudier des propriétés physico-chimiques des graines de fenugrec afin de vérifier leur qualité et d'évaluer leur potentiel en tant qu'ingrédient alimentaire et agent médicinal. Nous avons notamment analysé les paramètres suivants :

- Teneur en pH : une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité des graines.
- Teneur en eau : un indicateur de la fraîcheur et de la conservation des graines.
- Teneur en protéines : déterminée par la méthode de Bradford, cette mesure reflète la valeur nutritionnelle des graines en termes de contenu protéique.
- Teneur en glucides : évaluée par la méthode de Bertrand, cette mesure indique la quantité de glucides présents, essentielle pour comprendre les propriétés énergétiques des graines.

Ces analyses nous permettent de mieux comprendre les qualités intrinsèques du fenugrec et de confirmer son utilité potentielle dans divers domaines, allant de l'alimentation à la médecine traditionnelle.

Nos résultats montrent que :

Les graines de fenugrec possèdent des propriétés physico-chimiques distinctives. Plus précisément, elles présentent les caractéristiques suivantes :

- Une teneur pH=6.04
- Une teneur en eau=9.08%
- Un taux de protéines égal à $17,83 \pm 1,37$ (mg/ml)
- Un taux de glucides $17,5 \pm 0,71$ (mg/ml)

Conclusion :

Ces propriétés physico-chimiques confèrent aux graines de fenugrec des avantages notables tant sur le plan nutritionnel que thérapeutique, soulignant leur potentiel en tant que composant essentiel dans divers produits alimentaires et de santé.

Mots clés : fenugrec - pH - protéines – Humidité - Glucides

Abstract

Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) is one of the oldest and most promising medicinal plants, recognized since ancient times for its many nutritional and therapeutic benefits. Traditionally used in various cultures for its healing and strengthening properties, fenugreek has survived the ages thanks to its richness in essential nutrients, vitamins and minerals.

In this context, our study aims to study the Physico-chemical properties of fenugreek seeds to verify their quality and evaluate their potential as a food ingredient and medicinal agent. We analyzed the following parameters:

- pH content : measure of acidity or alkalinity of seeds.
- Water content: an indicator of the freshness and conservation of seeds.
- Protein content: determined by Bradford's method, this measure reflects the nutritional value of seeds in terms of protein content.
- Carbohydrate content: evaluated by Bertrand's method, this measure indicates the amount of carbohydrates present, essential to understand the energy properties of seeds.

These analyses allow us to better understand the intrinsic qualities of fenugreek and confirm its potential usefulness in various fields, ranging from food to traditional medicine.

Our results show that:

fenugreek seeds have distinctive physicochemical properties. Specifically, they have the following characteristics:

- pH content = 6.04
- Water content = 9.08%
- A protein content of 17.83 ± 1.37 (mg/ml)
- A carbohydrate level of 17.5 ± 0.71 (mg/ml).

These physicochemical properties give fenugreek seeds significant nutritional and therapeutic benefits, highlighting their potential as an essential component in various products.

Keywords: fenugreek, pH, protein, moisture, carbohydra

ملخص

الحلبة (*Trigonella foenum-graecum* L.) هي واحدة من أقدم النباتات الطبية وأكثرها وعدًا، والتي تم التعرف عليها منذ العصور القديمة لفوائدها الغذائية والعلاجية العديدة. تُستخدم الحلبة تقليديًا في ثقافات مختلفة لشفائها وتقوية خصائصها، وقد نجت الحلبة من العصور بفضل غناها بالعناصر الغذائية الأساسية والفيتامينات والمعادن.

في هذا السياق، تهدف دراستنا إلى دراسة الخصائص الفيزيائية الكيميائية لبذور الحلبة من أجل التحقق من جودتها وتقييم إمكاناتها كمكون غذائي وعامل طبي. وعلى وجه الخصوص، قمنا بتحليل المعايير التالية

- درجة الحموضة: مقياس حموضة أو قلوية البذور
- المحتوى المائي: مؤشر على نضارة البذور وحفظها.
- محتوى البروتين: تحده طريقة برادفورد، ويعكس هذا المقياس القيمة الغذائية للبذور من حيث محتوى البروتين.
- محتوى الكربوهيدرات: تم تقييمه بطريقة برتراند، يشير هذا المقياس إلى كمية الكربوهيدرات الموجودة، وهي ضرورية لفهم خصائص الطاقة للبذور.

تسمح لنا هذه التحليلات بفهم أفضل للصفات الجوهرية للحلبة وتأكيد فائدتها المحتملة في مختلف المجالات، بدءًا من الغذاء إلى الطب التقليدي.

تظهر نتائجنا ما يلي:

لبذور الحلبة خصائص فيزيائية كيميائية مميزة. وتتسم على وجه التحديد بالخصائص التالية:

- درجة حموضة = 6.04
- محتوى المياه = 9.08%
- محتوى بروتيني قدره 1.37 17.83 (مغ/مل)
- محتوى الكربوهيدرات قدره 0.71 17.5 (مغ/مل).

تمنح هذه الخصائص الفيزيائية الكيميائية بذور الحلبة فوائد غذائية وعلاجية كبيرة، مما يسلط الضوء على إمكاناتها كعنصر أساسي في مختلف المنتجات الغذائية والصحية.

الكلمات الرئيسية: الحلبة، الأس الهيدروجيني، البروتين، الرطوبة، الكربوهيدرات

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Compositions chimiques des graines du fenugrec(quantité en g/100g)..... | 9 |
| Tableau 2 : Composition du réactif de Bradford..... | 18 |
| Tableau 3 : Gramme d'étalonnage de la SAB | 18 |
| Tableau 4 : Solution de utilisées dans le dosage de Bertrand | 18 |
| Tableau 5 : Table de Bertrand..... | 19 |
| Tableau 6 : Teneur en humidité de la graine du fenugrec | 22 |
| Tableau 7 : Teneur en protéines totales de la graine du fenugrec | 23 |
| Tableau 8 : Teneur en glucides de la graine du fenugrec | 24 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Photographie de <i>trigonella foenum-graecum</i> L | 5 |
| Figure 2 : Feuilles et fruit de <i>trigonella foenum-graecum</i> | 5 |
| Figure 3 : Graines de <i>trigonella foenum-graecum</i> | 5 |
| Figure 4 : Fenugrec Graine (A) ; poudre (B)..... | 15 |
| Figure 5 : Protocole de détermination du taux d'humidité | 16 |
| Figure 6 : Détermination du pH de la poudre du fenugrec..... | 22 |
| Figure 7 : Teneur en protéine(g/l) de la graine du fenugrec par la méthode de Bradford..... | 23 |
| Figure 8 : Dosage des glucides(g/l) de la graine du fenugrec par a méthodede Bratrand..... | 24 |

Liste des abréviations

GF : Graine du fenugrec

BSA : bovine serum albumin

DO : Densité optique

PH : potentiel hydrogène

BBC : Bleu Brillant de Coomassie G250

µg: Microgramme

C° : Degré Celsius

g : Gramme

P1 : Poids d'échantillon humide contenu dans un bocal fermé.

P2 : Poids de l'échantillon séché contenu dans un bocal fermé.

P3 : Poids de la prise d'essai.

Sommaire

| | |
|--|----|
| <i>Introduction</i> | 1 |
| <i>Revue Bibliographique</i> | 4 |
| 1. Caractéristique de la graine du Fenugrec (<i>Trigonella foenum-graecum</i>) | 6 |
| 1.1. Distribution géographique | 6 |
| 1.2. Nominations internationaux | 6 |
| 1.3. Classification Taxonomique du Fenugrec (<i>Trigonella foenum-graecum</i>) | 6 |
| 2. Composition de la graine du fenugrec | 7 |
| 2.1. Protéines | 7 |
| 2.2. Glucides | 8 |
| 2.3. Lipides | 8 |
| 2.4. Vitamines et minéraux | 8 |
| 2.5. Fibres | 8 |
| 3. Utilisation thérapeutiques traditionnelles | 10 |
| 4. Effets indésirables | 11 |
| Matériels & Méthodes | 13 |
| 1. Matériel végétale | 13 |
| 1.1. Préparation de l'échantillon | 13 |
| 2. Étude physico- chimique du fenugrec | 13 |
| 2.1. Détermination du pH | 13 |
| 2.2. Détermination de la teneur en humidité | 13 |
| 2.3. Dosage des protéines | 14 |
| 2.3.1. Principe | 14 |
| 2.3.2. Mode opératoire | 14 |
| 2.4. Dosage des glucides | 14 |
| 2.4.1. Principe | 14 |
| 2.4.2. Mode opératoire | 17 |
| 3. Etude statistique | 20 |
| <i>Résultats</i> | 21 |
| 1. Analyse physico-chimique du Fenugrec | 21 |

| | |
|--|----|
| 1.1. Détermination du pH | 21 |
| 1.2. Détermination du taux d'humidité | 21 |
| 1.3. Dosage des protéines totales (méthode de Bradford) | 21 |
| 1.4. Dosage des glucides (méthode de Bertrand) | 21 |
| <i>Discussion</i> | 25 |
| <i>Conclusion</i> | 28 |
| <i>Références bibliographiques</i> | 29 |

Introduction

La majorité des plantes médicinales sont utilisées à la fois dans la médecine traditionnelle et moderne (Jaborova et al., 2019). Le fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) fait partie de ces plantes médicinales appartenant à la famille des Fabacées (Gaber et al., 2020).

Les espèces médicinales de la famille des Fabacées sont reconnues pour leurs valeurs nutritionnelles, leurs applications pharmaceutiques et leurs composés chimiques bénéfiques (Wink, 2013).

Le fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* Linn.) est une plante herbacée annuelle originaire des pays bordant les rives orientales de la Méditerranée. Elle est largement cultivée en Arabie Saoudite, en Égypte, en Inde et au Maroc (Snehlata et Payal., 2012).

Le nom « fenugrec » dérive de *Foenum-graecum*, signifiant « foin grec », car la plante était traditionnellement utilisée pour parfumer le foin de qualité inférieure (Flanmang et al., 2004).

L'Inde est le plus grand producteur de fenugrec, avec une production annuelle de 45 000 à 55 000 tonnes (Yao et al., 2020). Le fenugrec est l'une des herbes médicinales les plus anciennes. Depuis l'Antiquité, les graines ainsi que les feuilles vertes du fenugrec sont largement utilisées dans l'alimentation et dans des préparations médicinales (Gupta et al., 2021).

Le fenugrec est une plante légumineuse qui aide à la fixation de l'azote et à l'enrichissement du sol (Murlidhar et Goswami, 2012).

Il est une source importante de vitamines B1, A et C. Il fournit également une quantité considérable de glucides (40 à 60 %), de protéines (20 à 30 %) et d'huile fixe (5 à 10 %) (Abd El-Gawad et al., 2021). Pour cette raison, il est largement cultivé comme aliment pour les humains.

Ces composés chimiques, notamment les flavonoïdes, les alcaloïdes, les coumarines et d'autres métabolites, sont utilisés dans le traitement de diverses maladies (Wink, 2013).

Le fenugrec est utilisé dans le traitement de nombreuses maladies, notamment le diabète, les rhumes, le cancer, la grippe, les troubles bronchiques, la constipation, l'asthme, la pneumonie, l'emphysème, la pleurésie, les maux de gorge, la tuberculose et la fièvre (Smith et al., 2003).

Le fenugrec possède des qualités thérapeutiques importantes, telles qu'analgésique, anti-inflammatoire, anticancéreux, antidiabétique et il réduit les niveaux de glycémie, de cholestérol et de triglycérides (Wani et Kumar, 2018). Le fenugrec est fortement épicé et a une saveur sucrée semblable à un assaisonnement (Blank, 1996).

Il est utilisé dans les aliments fonctionnels et traditionnels, ainsi que dans les nutraceutiques et pour des usages physiologiques comme antibactérien, antiulcéreux, anthelminthique, hypocholestérolémique, hypoglycémique et antioxydant. Il influence la digestion et peut également modifier la texture des aliments (Syed et al., 2015).

La plante est utilisée en médecine populaire comme expectorant, anti-inflammatoire et antispasmodique pour le traitement des infections dentaires buccales (Syed et al., 2015)

Les graines de fenugrec sont les plus importantes et partie utile de la plante de fenugrec. Ces graines sont de couleur jaune doré, de petite taille, dures et ont quatre faces structure en pierre (Altuntas et al., 2005)

Ils contiennent des ingrédients bioactifs essentiels tels que la coumarine, l'acide folique, l'acide nicotinique, l'acide phytique, la scopolétine, la saponine et la trigonelline, qui possèdent diverses propriétés thérapeutiques et médicinales (Singh et al., 2022).

De plus, les extraits de graines de fenugrec sont caractérisés par des teneurs élevées en acides phénoliques et en flavonoïdes présentant une activité antioxydante (Bhanger et al., 2008).

La graine entière ou sa poudre moulue est utilisée dans les plats de légumes marinés et la poudre d'épices, et les graines séchées sont utilisées comme condiments (Murlidhar et Goswami, 2012). Les graines ont également été utilisées pour favoriser la lactation et comme aphrodisiaque.

Le fenugrec est utilisé principalement pour la fabrication de pain, biscuits, et produits extrudés, ainsi que comme épice, assaisonnement, et agent d'arôme. Il sert aussi de stabilisateur alimentaire, adhésif, et agent émulsifiant. Les herbes traditionnelles et la médecine, reconnues pour leurs bienfaits sur la santé et la nutrition, gagnent en popularité (Sun et al., 2021).

L'objectif principal de cette étude est d'étudier des propriétés physico-chimiques de la graine de fenugrec. En analysant ses caractéristiques structurelles, sa composition chimique ainsi que ses propriétés fonctionnelles et nutritionnelles. Cette investigation vise à mieux

comprendre comment ces propriétés influencent les diverses applications du fenugrec dans l'industrie alimentaire et ses effets potentiels sur la santé.

Revue
Bibliographique

1. Caractéristique de la graine du Fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*)

Le fenugrec est une plante annuelle, herbacée, de la famille des Fabaceae du nom arabe l'helba (Harchane et al., 2012). Son nom botanique est *Trigonella foenum-graecum*, elle est aussi appelée : trigonelle, sénegrain, trigonelle fenugrec, etc. Sa semence est nommée graine joyeuse. Le nom du genre *Trigonella* vient du latin *trigonus* signifiant triangle, par allusion à la forme prismatique des graines du fenugrec. Le mot fenugrec vient du latin *foenum graecum* qui signifie « foin grec ».

Le fenugrec est une plante herbacée, annuelle, poilue ou glabre selon les variétés, pouvant atteindre 50 cm de haut. Il possède une racine principale bien développée et une tige dressée rameuse, cylindrique, légèrement pubescente, de couleur souvent rose (Wichtl et Anton, 2003; WHO, 2007). Il produit des gousses longues et minces qui renferment jusqu'à deux dizaines de minuscules graines (Volpé et al., 2009), (Figure 1).

Les feuilles sont alternes, longuement pétiolées munies de 2 stipules, composées à 3 folioles ovales et denticulées. L'inflorescence montre des fleurs axillaires, groupées par deux, rarement solitaires (Petropoulos, 2002).

La fleur du fenugrec est assez grande, de couleur jaune pâle à violet clair, se compose d'un calice à cinq sépales non divisées, d'une corolle à cinq pétales libres de forme triangulaire (d'où le nom de trigonelle) et de dix étamines et un ovaire pluri ovulé. Le fruit, qui renferme de 10 à 20 graines, est une gousse linéaire, glabre avec de fines nervures longitudinales, se terminant par un bec (Ait Youssef, 2006) (Figure. 2).

Les graines de Fenugrec sont en forme d'un disque, constituées d'un embryon jaune central entouré d'une couche cornée et relativement importante de blanc, d'endosperme semitransparent contenant de la gomme de galactomannane. Une enveloppe tenace et brune foncée entoure l'endosperme. La couleur de la fraction de la gomme dépend de la quantité de l'enveloppe (couleur marron) et cotylédons (couleur jaune) présents (Madhava et al., 2011) Les graines sont de consistance très dure, rhomboïdales, de couleur jaune brunâtre, marquées par un sillon les partageant en deux parties inégales (Ait Youssef, 2006) (Figure. 3).

1.1. Distribution géographique

Le fenugrec était connu et utilisé à différentes fins dans les temps anciens, notamment dans la région méditerranéenne, la Chine, l'Inde et l'Indonésie. Cependant, l'origine exacte de cette plante est difficile à déterminer (Petropoulos, 2002). Certains auteurs ont suggéré qu'elle est originaire de la région méditerranéenne, d'autres ont proposé une origine asiatique (Mehrafarin, 2011).



Figure 1 : Photographie de *Trigonella foenum-graecum* L. (Volpé et al., 2009).



Figure 2 : Feuilles et fruit de *Trigonella foenum-graecum* (Oueslati et Ghédira, 2015).



Figure 3 : Graines de *Trigonella foenum-graecum* (Oueslati et Ghédira, 2015).

Elle est largement distribuée à travers le monde, notamment dans les pays de l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie, Maroc et en Egypte), et également en Asie du sud-ouest, en Inde, au Pakistan, en Chine et au Japon. Sa culture s'étend plus récemment à l'Europe centrale, au Portugal, en Espagne, au Royaume-Uni et aux États-Unis (Petropoulos, 2002).

Bien que le fenugrec soit originaire de la région méditerranéenne ou de l'Asie centrale, il est cultivé de façon très satisfaisante dans de nombreux pays dans des environnements différents. Cette large diffusion de sa culture fourragère dans le monde est due à un ensemble de caractéristiques, telles que son adaptation facile à la diversité des sols et des conditions climatiques. Le fenugrec est adapté aux zones à pluviométrie modérée ou faible. Une saison, tempérée et fraîche sans températures extrêmes, est favorable pour le meilleur développement du fenugrec (Parthasarathy, 2008).

1.2. Nominations internationales

Les autres noms du fenugrec dans diverses langues sont :

- Français : fenugrec, foin grec, sénégré, sénégrain, trigonelle
- Anglais : fenugreekseed, greekhay-seed, greek-clover
- Hind : Methi
- Espagne : alholva, fenogreco
- Allemand : griechischerBockshornklee, Bockhornsamen, griechischerHeusamen
- Portugais : fenogreco, fenacho, alforba Espagnol ; alholva, fenogreco
- Italien : fienogreco
- Arabe : holba, helba حلبة (Ghedira et al., 2010 ; kumar .,2019)

1.3. Classification Taxonomique du Fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*)

Situation botanique de l'espèce fenugrec *Trigonella foenum-graecum* (Mahbub et al., 2018).

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Embranchement : Magnoliophyta

- Sous-embranchement : Magnoliophytina
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Rosidea
- Ordre : Fabales
- Famille : Fabaceae
- Genre : *Trigonella* L.
- Espèce : *Trigonella foenum-graecum* L. (Mahbub et al., 2018)

2. Composition de la graine du fenugrec

Les usages du fenugrec sont multiples, tant sur le plan culinaire qu'en médecine humaine et vétérinaire. Cette légumineuse est classiquement consommée sous la forme de graines entières ou broyées, crues, cuites, torréfiées ou germées, de tiges crues, de jeunes pousses et fournit également du fourrage en alimentation animale (Billaud et Adrian, 2001).

Les données de la chimie ont montré que La graine est riche et variée en certains éléments : des protéines, des acides gras insaturés et de l'huile de phytostérols, des glucides, des saponines stéroïdiennes, des alcaloïdes, du mucilage, des vitamines (A, B1 et C) et une large gamme de minéraux (Billaud et Adrian, 2001 ; rahmani, 2015), aussi une riche source de gomme, de fibres, d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de saponine et de contenu volatil .(Khorshidian et al., 2016) (tableau 1).

2.1. Protéines

L'endosperme du fenugrec est riche en protéines (43,8g) (Mathur ,2009 ;Madhava et al.,2011) Cependant, 100 g de graines de fenugrec contenaient 28 à 32g de protéines (jani et al ,.2009). Le tableau 1 présente les principales protéines et acides aminés des graines de fenugrec (Isikli et Karababa,. 2005) La proportion d'acides aminés libres varie de 20 à 30 %, en particulier la 4-hydroxyisoleucine et l'histidine, qui se sont avérées associées à l'activité liée à l'insuline pendant l'état glycémique (Isikli et Karababa, 2005). Ces protéines sont assez stables et restent intactes pendant le processus de cuisson (Srinivasan, 2006). De plus, la lysine et les protéines sont principalement présentes dans les graines de fenugrec (Khorshidian et al., 2016 ; Singh et al.,2023).

2.2. Glucides

Sont particulièrement abondants (20 à 45%) notamment des fibres (cellulose, hémicellulose, etc.) de la phytine (sel calcique et magnésien de l'acide inositolhexaphosphorique) des mucilages (surtout localisés sur les parois cellulaires de l'endosperme et constitués de chaînes de mannoses et de chaînes de galactoses avec de faibles proportions de xylose) (Wichtl et Anton, 2003 ; Oueslati et Ghédira , 2015).

2.3. Lipides

La graine renferme des lipides (7 à 10%) dont 1,5 à 2% de lécithine et une huile grasse dans l'embryon (renfermant principalement de l'acide linoléique et de l'acide linoléique), des C-flavonoïdes (vitexines, vicénines, dérivés de l'orientine, etc.) et des stérols (cholestérol, sitostérol, etc.) (Wichtl et Anton,2003 ; Jean,2009 ;Oueslati et Ghédira ,2015).

2.4. Vitamines et minéraux

Bien que le fenugrec soit relativement faible en minéraux, certains sont présents en bonnes concentrations comme le phosphore et le soufre (El Nasri et al., 2007) et il a également été rapporté que le curry à base de fenugrec contient une grande quantité de calcium, de fer et de zinc (jani et al., 2009). Le tableau 1 donne un aperçu des vitamines et des minéraux et de leur teneur en graines de fenugrec (Khorshidian et al., 2016). La pyridoxine, le pantothénate de calcium, la cyanocobalamine, la vitamine C et la biotine se trouvent dans les graines en germination (Parthasarathy et al., 2008). Dans l'une des études, la présence de vitamine C, de thiamine, de riboflavine, d'acide nicotinique et d'acide folique a été signalée dans les feuilles et les graines de fenugrec en quantités variables (Srinivasan, 2006). En raison de processus tels que l'ébullition, la cuisson à la vapeur, la friture, les radiations (β - et γ -) affectent la teneur en vitamines des graines en germination (Srinivasan, 2006 ; Khorshidian et al., 2016 ; Singh et al., 2023).

2.5. Fibres

Les graines de fenugrec sont une riche source de fibres alimentaires solubles, Les 100 g de graines fournissent plus de 65% de l'alimentation et contiennent des saponines, des hémicelluloses, du mucilage, des tanins et de la pectine, qui aident à diminuer le taux de cholestérol des lipoprotéines de basse densité (LDL) dans le sang en diminuant la réabsorption des sels biliaires dans le côlon. En outre, il a été signalé La fibre de fenugrec s'est liée aux

Tableau 1 : Compositions chimiques des graines du fenugrec (quantité en g / 100 g) (Singh et al.,2023)

| Constituants | Valeurs nutritionnelle(100g) |
|-------------------|------------------------------|
| Humidité | 13 à 14g |
| Glucide | 7 à 8g |
| Sucres Totaux | 2,5 à 3g |
| Lipide | 7 à 8g |
| Lipides saturés | 1.2 à 1.6g |
| Protéines | 28 à 32g |
| Lécithine | 25.4 g |
| Vitamine A | 22 à 26 µg |
| Vitamine C | 12 mg |
| Niacine | 6 mg |
| Pyridoxine | 0,6 mg |
| Thiamine | 0,41 mg |
| Riboflavine | 0,36 mg |
| Acide nicotinique | 1,1 mg |
| Folate | 57 µg |
| Calcium | 176 mg |
| Fer | 33,5 mg |
| Zinc | 2,5 mg |
| Phosphore | 296 mg |
| Magnésium | 191 mg |
| Manganèse | 1,22 mg |
| Sélénium | 6,3 µg |
| Cendres | 2.9 à 3.3g |
| Cholestérol | 3.8 à 4.3 mg |
| Fibres | 23.5 à 25g |

toxines dans les aliments et a aidé à protéger la membrane muqueuse du côlon contre les toxines cancéreuses ainsi qu'à réduire le taux d'absorption du glucose dans les intestins, contrôlant ainsi la glycémie (Sharma et al., 1990 ; Mohammadi et Mortazavian, 2011 ; Khorshidian et al., 2016).

3. Utilisation thérapeutiques traditionnelles

Dans la nature, on trouve de nombreuses plantes médicinales ayant une valeur nutritionnelle et pharmaceutique.

Fenugrec *Trigonella fænum- græcum* est l'un des cadeaux naturels pour nous en raison de ses constituants phytochimiques qui participent à différentes activités liées à la santé. (Mahbub et al., 2018). Les graines du fenugrec *Trigonella fænum- græcum* sont responsables de la plupart des propriétés médicinales. Elles ont été utilisées depuis des millénaires notamment en médecines traditionnelles arabo-islamique, chinoise et indienne (Saad et al., 2011) :

- ✓ En Chine, les herboristes traditionnels utilisaient ces graines en tant que tonique, pour traiter l'asthénie et favoriser la prise de poids. Elles sont également données pendant la convalescence, ainsi que pour traiter l'œdème des jambes, les problèmes rénaux et les affections touchant l'appareil reproducteur masculin (Snehlata et al., 2012).
- ✓ En Inde, il existe de nombreux autres usages traditionnels du fenugrec : stimulant de la lactation, un aliment traditionnel consommé pendant la grossesse et l'allaitement, utilisé sur les brûlures et les enflures et appliqué sur le cuir chevelu pour traiter la calvitie (Basch et al., 2003 ; Basu et Srichamroen, 2010).
- ✓ Dans l'ancienne Egypte, le fenugrec a été utilisé dans l'encens et pour embaumer les momies.
- ✓ Quant aux Romains, ils l'ont utilisé pour faciliter l'accouchement (Basch et al., 2003 ; Basu et Srichamroen, 2010).
- ✓ Dans la médecine arabo-islamique, elles ont été utilisées pour stimuler la prise de poids, augmenter la lactation, traiter la pellagre, l'indigestion, la dyspepsie, la bronchite, la fièvre, l'impuissance et les troubles gastroduodénaux. Ces graines sont également connues pour augmenter la taille de la poitrine chez les femmes et traiter les déséquilibres hormonaux (Saad al., 2011).

- ✓ En Algérie ces graines étaient employées en sédatif des douleurs durant l'accouchement et contre la diarrhée, l'anémie et le mal de poitrine (Ait Youssef et al., 2006).
- ✓ Dans les pays du Maghreb, il est utilisé pour reconstituer des forces. Ces graines sont également prescrites contre l'anémie des tuberculeux, pour fortifier et embellir les cheveux, consolidation des fractures (Ait Youssef et al., 2006).
- ✓ Des études ont révélé que les graines de fenugrec sont efficaces pour abaisser le taux de cholestérol et peuvent donc également agir comme un agent cardioprotecteur (Varshney et Siddique ., 2023)
- ✓ De nombreuses études cliniques et précliniques ont révélé ses effets antidiabétiques, anti-stérilité et anti-fertilité. De plus, il régule la production d'enzymes qui contrôlent le taux de sucre dans le sang (Rashid et al., 2019).
- ✓ Les graines de fenugrec améliorent l'appétit et l'inconfort gastrique, et leur administration orale améliore le flux salivaire ainsi que l'activité de la lactase (mahmood et al., 2005).
- ✓ Dans une étude animale ont rapporté que le fenugrec oral et injectable a montré une amélioration de la glycémie, des fonctions rénales et hépatiques. (sunita Singh et al., 2023).
- ✓ C'est un bon soulagement pour les maux de gorge, il prévient le cancer du côlon (Shahrajabian al., 2021).

4. Effets indésirables

Le fenugrec peut être associé à certains effets secondaires toxicologiques. De nombreux effets tératogènes du fenugrec, allant des malformations congénitales jusqu'à la mort, ont été rapportés chez l'homme, les animaux.

De plus, les résultats obtenus chez le rat, la souris et le lapin montrent une toxicité testiculaire et des effets anti-fertilité chez les mâles associés au stress oxydatif et aux dommages à l'ADN, ainsi qu'une activité anti-fertilité, anti implantation et abortive chez les femelles liée au composé saponine du fenugrec qui suggèrent que l'utilisation du fenugrec n'est pas recommandée pendant la grossesse

En effet, la consommation de fenugrec est à éviter pour les personnes allergiques aux arachides et aux pois chiches en raison d'une possible réactivité croisée ainsi que d'asthme chronique. De plus en plus de preuves suggèrent également que le fenugrec pourrait avoir des effets secondaires neurodéveloppementaux, neurocomportementaux et neuro-pathologiques. (Ouzir et al., 2016). La consommation de grandes quantités de graines de fenugrec peut causer des troubles gastro-intestinaux (diarrhée, flatulences) généralement passagers, à cause de leur haute teneur en fibres (Ghedira et al., 2010) "Hypoglycémie, odeur corporelle inhabituelle, perte de conscience "chez les enfants", réaction allergique.

Matériels
&
Méthodes

Ce travail est réalisé au niveau du laboratoire de Physiologie de la Nutrition et Sécurité Alimentaire LPNSA, université Oran 1 Ahmed Ben Bella.

1. Matériel végétale

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est la graine du fenugrec, obtenu du marché local.

1.1. Préparation de l'échantillon

Le fenugrec est broyé avec un broyeur jusqu'à l'obtention d'une poudre bien fine (figure 4).

2. Étude physico- chimique du fenugrec

2.1. Détermination du pH

La détermination de la valeur du pH du fenugrec se fait en mélangeant 2 g de poudre de fenugrec dans 20 ml d'eau distillée. Le mélange est soumis à une agitation puis passé sous pH mètre.

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH mètre (PHM210. Meterlab) (Boucherit, 2011).

2.2. Détermination de la teneur en humidité

L'humidité de la graine du fenugrec est déterminée sur de la poudre par différence entre le poids de l'échantillon humide et le poids de l'échantillon séché à 105 °C (Multon, 1982) (figure 5).

L'humidité est mesurée par la formule:

$$\text{Humidité (\%)} = [(P1 - P2)/P3]100$$

□ **P1** : Poids d'échantillon humide contenu dans un bocal fermé.

□ **P2** : Poids de l'échantillon séché contenu dans un bocal fermé.

□ **P3** : Poids de la prise d'essai.

2.3. Dosage des protéines

2.3.1. Principe

La méthode de liaison des protéines au bleu de coomassie ou autrement appelée Méthode de Bradford a été introduite pour la première fois par Bradford en 1976. Pour doser un échantillon de protéine, la méthode consiste à l'exposer au colorant bleu de coomassie ou coomassie brilliant blue G-250. A l'état cationique, le bleu de coomassie apparaît rouge et présente un maximum d'absorption à 465 nm, mais après être mélangé avec les protéines, les chaînes latérales fondamentales et aromatiques des acides aminés interagissent pour former un complexe.

Le bleu de coomassie se matérialise ensuite sous sa forme anionique bleue, avec un pic d'absorption à 595 nm. Le processus de complication est rapide et ne dure généralement que quelques minutes. Il reste stable pendant environ une heure et peut être facilement mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre UV à 595 nm en mesurant l'absorbance de sa coloration. En dernier, une droite d'étalonnage est établie avec la relation de Beer-Lambert afin de déterminer la concentration en protéines totales de notre échantillon (Bradford, 1976).

2.3.2. Mode opératoire

Nous avons dissout 4 mg de poudre de fenugrec dans 4 ml d'eau distillée. La solution obtenue est agitée pendant quelques secondes. Nous l'avons ensuite diluée deux fois en ajoutant 1ml d'eau distillée à chaque fois, nous avons, ensuite, pris 1ml de la solution obtenue auquel on lui ajoute 5ml de réactif de Bradford (tableau 1) .En même temps, nous avons procédé à la préparation de la solution BSA (1mg /ml) afin d'établir la gamme d'étalon (tableau 3) à laquelle on a ajouté 5 ml de réactif Bradford. Après 15 min d'incubation des 7 tubes dans l'obscurité nous passons à la lecture spectrophotométrique à 595 nm.

2.4. Dosage des glucides

2.4.1. Principe

Le dosage des glucides est effectué par la méthode de Bertrand. Le principe de cette méthode repose sur la réduction de la liqueur de Fehling, mélange d'une solution de sulfate de cuivre et de sel de Seignette (tartrate double de potassium et de sodium) en présence de soude, par les sucres présents dans le fenugrec. Le principe du dosage repose sur la réduction de l'oxyde cuivrique CUO en petits grains rouges-brique d'oxyde cuivreux CU₂O (Audigue et al., 1984 cité par Acourene et Tama, 2001).

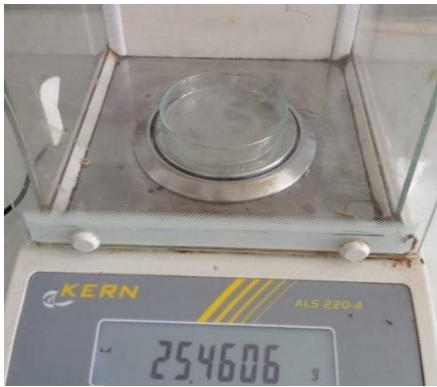


A



B

Figure 4 : Fenugrec. (A) ; Graine (B) poudre



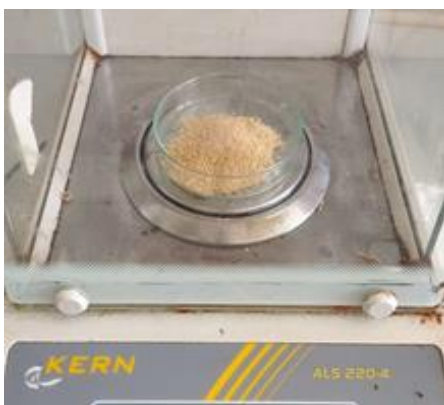
Détermination du poids vide du support



Détermination du poids de la poudre de fenugrec



Passage de la poudre de fenugrec au four à 105°C



Détermination du poids après passage au four

Figure 5 : Protocole de détermination du taux d'humidité

2.4.2. Mode opératoire

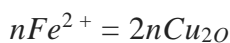
On prend 5 mg de poudre de fenugrec à laquelle on va ajouter 40 ml de liqueur de fehling et 10 ml d'eau distillée bouillie. On portera à ébullition douce pendant exactement 3 minutes. Ensuite on refroidi rapidement le mélange sous l'eau, après on filtre le précipité. Le précipité ainsi récupéré est dissous dans une solution de permanganate de potassium. Apres on dose la solution ferrique avec le permanganate jusqu'à ce qu'elle passe du vert au rose. A la fin comparer les résultats à une table de correspondance pour déterminer la concentration en sucre.

Les solutions utilisées sont noté dans le tableau 4.

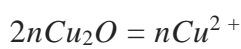
1 mole de MnO_4^- réagit avec 5 moles de Fe^{2+}



2 moles de Fe^{2+} proviennent de 1 mole de Cu_2O



1 mole de Cu_2O provient de 2 moles de Cu^{2+}



Donc : $5nMnO_4^- = nCu^{2+}$



Une fois la masse de cuivre connue, il nous faut utiliser les tables de Bertrand, qui donnent la relation entre la concentration de glucose et celle de précipité de cuivre formé.

Tableau 2 : Composition du réactif de Bradford

| Solution | Quantité |
|--------------------------------|----------|
| Bleu de coomassie (G-250) | 0.1 g |
| Éthanol (95%) | 50 ml |
| Acide ortho phosphorique (85%) | 100 ml |
| Eau distillée | 1000ml |

Tableau 3 : Gamme d'étalonnage de la SAB

| Ttubes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------|-----|----|----|----|----|----|-----|
| S.A.B (µl) | 0 | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Eau distillé (µl) | 100 | 90 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 |
| BBC (ml) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Tableau 4 : Solution de utilisées dans le dosage de Bertrand

| Solution | Quantité |
|--|----------|
| Liqueur de Fehling | 40 ml |
| <ul style="list-style-type: none"> Permanganate de potassium à 0,02 mol/l | |
| Thiosulfate de fer à 0,02 mol/l | |

Tableau 5 : Table de Bertrand

| cuivre en mg | glucose en mg | cuivre en mg | glucose en mg | cuivre en mg | glucose en mg |
|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| 129,8 | 70 | 77,5 | 40 | 20,4 | 10 |
| 131,4 | 71 | 79,3 | 41 | 22,4 | 11 |
| 133,1 | 72 | 81,1 | 42 | 24,3 | 12 |
| 134,7 | 73 | 82,9 | 43 | 26,3 | 13 |
| 136,3 | 74 | 84,7 | 44 | 28,3 | 14 |
| 137,9 | 75 | 86,4 | 45 | 30,2 | 15 |
| 139,6 | 76 | 88,2 | 46 | 32,2 | 16 |
| 141,2 | 77 | 90,0 | 47 | 34,2 | 17 |
| 142,8 | 78 | 91,8 | 48 | 36,2 | 18 |
| 144,5 | 79 | 93,6 | 49 | 38,1 | 19 |
| 146,1 | 80 | 95,4 | 50 | 40,1 | 20 |
| 147,7 | 81 | 97,1 | 51 | 42,0 | 21 |
| 149,3 | 82 | 98,9 | 52 | 43,9 | 22 |
| 150,9 | 83 | 100,6 | 53 | 45,8 | 23 |
| 152,5 | 84 | 102,3 | 54 | 47,7 | 24 |
| 154,0 | 85 | 104,1 | 55 | 49,6 | 25 |
| 155,6 | 86 | 105,8 | 56 | 51,5 | 26 |
| 157,2 | 87 | 107,6 | 57 | 53,4 | 27 |
| 158,8 | 88 | 109,3 | 58 | 55,5 | 28 |
| 160,4 | 89 | 111,1 | 59 | 57,2 | 29 |
| 162,0 | 90 | 112,8 | 60 | 59,1 | 30 |
| 163,6 | 91 | 114,5 | 61 | 60,9 | 31 |
| 165,2 | 92 | 116,2 | 62 | 62,8 | 32 |
| 166,7 | 93 | 117,9 | 63 | 64,6 | 33 |
| 168,3 | 94 | 119,6 | 64 | 66,5 | 34 |
| 169,9 | 95 | 121,3 | 65 | 68,3 | 35 |
| 171,5 | 96 | 123,0 | 66 | 70,1 | 36 |
| 173,1 | 97 | 124,7 | 67 | 72,0 | 37 |
| 174,6 | 98 | 126,4 | 68 | 73,8 | 38 |
| 176,2 | 99 | 128,1 | 69 | 75,7 | 39 |
| 177,8 | 100 | | | | |

3. Etude statistique

Les résultats sont présentés sous la forme de la moyenne \pm erreur standard ($X \pm Es$).

Résultats

1. Analyse physico-chimique du Fenugrec

Les analyses physico-chimiques d'une graine font appels à des techniques d'analyse très variées visant à connaître les propriétés intrinsèques de la molécule ainsi qu'à la détermination de la valeur de l'échantillon par des analyses, des mesures ou encore des observations.

1.1. Détermination du pH

Le pH sert à déterminer le potentiel d'alcalinité ou d'acidité d'un élément à partir de la concentration en ions hydrogène positif dans le composé. La valeur moyenne du pH de la poudre du fenugrec obtenue après passage au pH mètre est égale à pH= 6.04 (figure 6).

1.2. Détermination du taux d'humidité

L'analyse du taux d'humidité est un facteur qui nous permet de déterminer la teneur de la graine du fenugrec en eau. Après avoir débarrassé la graine de toutes les impuretés et un passage au four, us avons obtenus une teneur en eau de 9.08 % (tableau 6).

$$\text{Humidité (\%)} = [(P1 - P2) / P3]100$$

$$\text{Humidité (\%)} = [30,0076-30,4622 / 5,0016]100$$

$$\text{Humidité (\%)} = 9,08\%$$

1.3. Dosage des protéines totales (méthode de Bradford)

Un dosage des protéines totales de la graine du fenugrec a été réalisé par la méthode colorimétrique de Bradford.

Les résultats du dosage des protéines totales de la poudre du Fenugrec est présenté dans le tableau 7 et la figure 7.

Après dosage la concentration des protéines est évaluée à $17,83 \pm 1,37$ mg/ml.

1.4. Dosage des glucides (méthode de Bertrand)

La détermination du taux des glucides de la graine du fenugrec a été réalisée par la méthode de Bertrand.

Le résultat du dosage des glucides de la graine du Fenugrec par la méthode de Bertrand est représenté dans le tableau 8 et la figure 8.

Les résultats obtenus montrent que le Fenugrec contient en moyenne $17,5 \pm 0,71$ mg/ml de glucides.



Figure 6 : Détermination du pH de la poudre du fenugrec

Tableau 6 : Teneur en humidité de la graine du fenugrec

| | | |
|--|------------|----------------|
| Poids du récipient vide | (g) | 25,4606 |
| Poids du récipient + poudre de Fenugrec (avant séchage) | (g) | 30,4622 |
| Poids du récipient + poudre de Fenugrec (après séchage) | (g) | 30,0076 |
| Différence des poids | (g) | 4,547 |
| Poids de l'eau | (g) | 0,4546 |
| Teneur en eau | % | 9,08 |

Tableau 7 : Teneur en protéines totales de la graine du Fenugrec.

| | Concentration en protéines (mg/ml) |
|-----------------|------------------------------------|
| Fenugrec | 17,83 ± 1,37 |

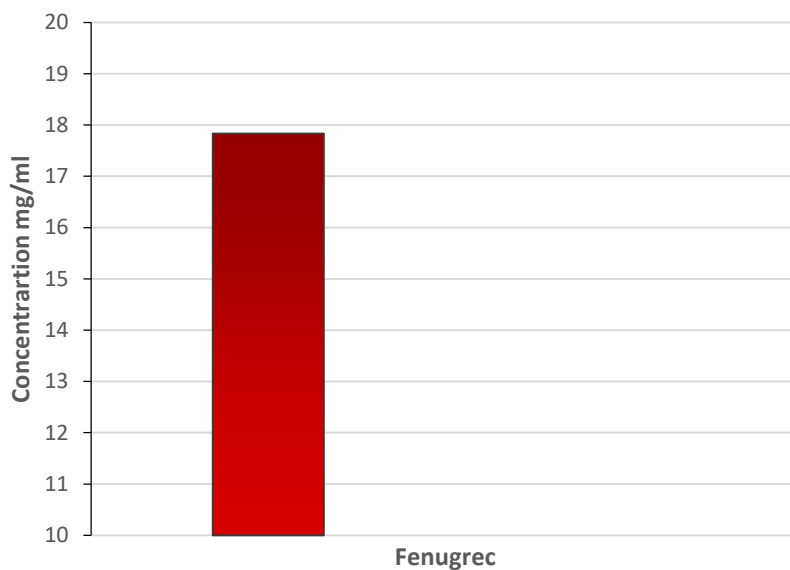


Figure 7 : Teneur en protéine (mg/ml) de la graine du Fenugrec par la méthode de Bradford.

Les valeurs représentées sont des moyennes ± ES.

Tableau 8 : Teneur en glucides de la graine du Fenugrec.

| | Concentration en glucide (mg/ml) |
|-----------------|----------------------------------|
| Fenugrec | 17,5 ± 0,71 |

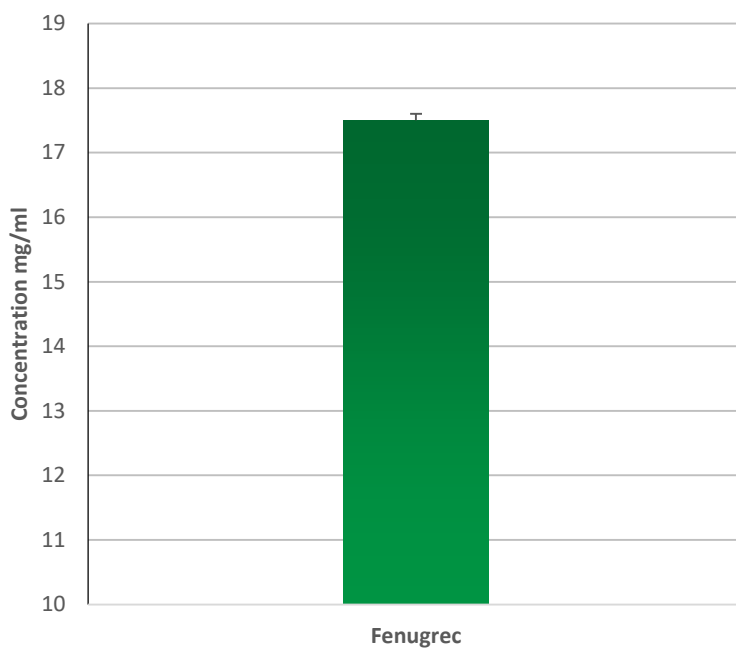


Figure 8 : Dosage des glucides (mg/ml) de la graine du Fenugrec par a méthode de Bertrand.

Les valeurs représentées sont des moyennes ± ES.

Discussion

Environ 35,000 espèces végétales sont utilisées à des fins médicinales à travers le monde, représentant ainsi la plus vaste biodiversité exploitée par l'homme. Malgré l'essor du système de santé moderne, les plantes médicinales demeurent essentielles pour répondre à divers besoins (Elqaj et al., 2007). Elles sont non seulement utilisées dans les traitements traditionnels, mais également incorporées dans de nombreux médicaments modernes, offrant ainsi une alternative ou un complément aux traitements synthétiques.

Parmi ces plantes, le fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.), particulièrement ses graines et ses feuilles, est reconnu pour ses nombreuses propriétés médicinales. Les graines de fenugrec constituent la partie la plus importante et la plus utilisée de la plante (Altuntas et al., 2005). Elles sont réputées pour leur richesse en nutriments et en composés bioactifs, ce qui en fait un sujet d'étude particulièrement intéressant pour les chercheurs en sciences alimentaires et médical.

Dans notre travail, nous avons étudié les propriétés physico-chimiques des graines de fenugrec en utilisant diverses techniques, notamment l'évaluation de l'humidité, du pH, ainsi que le dosage des protéines par la méthode de Bradford et des glucides par la méthode de Bertrand. Nos résultats ont révélé des données prometteuses qui méritent une attention particulière.

Pour évaluer la teneur en pH, nous avons mélangé de la poudre de fenugrec avec de l'eau distillée, puis agité le mélange et utilisé un pH-mètre pour mesurer le pH. Les résultats montrent que la valeur moyenne du pH de la poudre de fenugrec est de 6,04, légèrement acide et comparable aux résultats obtenus par (Kumar et al., 2014), qui ont trouvé un pH de 6,23.

La variabilité du pH est liée à la concentration des ions hydronium, ce qui peut influencer la stabilité et l'absorption des nutriments dans le corps (John et Son ., 2011).

La teneur en humidité est une caractéristique cruciale car elle affecte la conservation et la qualité des graines. En pesant les graines avant et après les avoir chauffées au four jusqu'à un poids constant, nous avons déterminé une teneur en eau de 9,08%. Cette valeur est inférieure à 11,21 % et 13-14 % rapportés par (Syed et al., 2015 ; Singh et al., 2023), mais supérieure à 4,2%, 4,90 %, et 5,5 % rapportés par (Dilchad, 2017 ; Abed et Hadi ., 2018). Malgré ces différences, les graines de fenugrec restent une source riche en nutriments essentiels, jouant un rôle crucial dans divers processus biochimiques. Leur composition physico-chimique spécifique confirme leur importance dans l'usage médicinal traditionnel et contemporain. Une compréhension approfondie de ces propriétés peut ainsi contribuer à une utilisation plus

efficace et optimisée des graines de fenugrec pour explorer d'avantage les applications potentielles du fenugrec dans la médecine moderne et les sciences de la nutrition.

Les variations de la teneur en eau peuvent être attribuées à différents facteurs, tels que l'âge de la plante, la période du cycle végétatif, les facteurs génétiques et les conditions environnementales (Doukani et Tabac, 2015).

La teneur en protéines des graines de fenugrec a été mesurée par la méthode colorimétrique de Bradford. Nos résultats montrent que les graines de fenugrec contiennent 17,83% de protéines. Cette valeur est inférieure à celle rapportée par (Rahmani et al., 2015), qui ont enregistré une teneur en protéines comprise entre 28 et 32%, et par (Mabrouki et al., 2015), qui ont trouvé une teneur de 23,79%.

Les protéines, étant des constituants essentiels, les graines de fenugrec, jouent un rôle fondamental dans de nombreux processus biochimiques et sont cruciales pour la nutrition humaine (Maletic et Jevdjovic, 2007 ; Syed A et al., 2015).

La teneur en glucides a été déterminée par la méthode de Bertrand. Nos résultats montrent que le fenugrec contient en moyenne 17,5% de glucides. Cette valeur est inférieure à celle rapportée par (Ghedir et al., 2010), qui ont trouvé une teneur comprise entre 20 et 30%, et beaucoup plus basse que les 43,8% et 55,49% rapportés par (Isikli et Karababa, 2005 ; Syed et al., 2015). En revanche, cette valeur est supérieure à celle observée par (Singh et al., 2023, qui ont rapporté une teneur en glucides de 7 à 8 %.

Ces glucides sont importants pour fournir de l'énergie et contribuent au profil nutritionnel global.

En combinant ces informations, on peut dire que le fenugrec présente un équilibre intéressant de composants nutritionnels, avec une bonne teneur en protéines et une quantité modérée de glucides. Le pH légèrement acide et le faible taux d'humidité influencent la manipulation, la conservation et les applications culinaires ou médicinales des graines de fenugrec. Les propriétés physico-chimiques variées des graines de fenugrec, y compris les teneurs en protéines, glucides, lipides, pH et eau, diffèrent légèrement selon les études, ce qui peut être attribué à divers facteurs tels que l'âge de la plante, les conditions de culture et les méthodes de mesure.

Notre étude des propriétés physico-chimiques des graines de fenugrec révèle un profil nutritionnel riche et équilibré avec une teneur significative en protéines et des niveaux modérés

de glucides. Les résultats obtenus confirment la réputation bien méritée du fenugrec en tant que plante médicinale précieuse, offrant une gamme diversifiée de composants bioactifs bénéfiques pour la santé humaine.

Les variations observées dans les propriétés physico-chimiques, telles que le pH, la teneur en humidité, en protéines et en glucides, soulignent l'importance de considérer les facteurs environnementaux et les méthodes de mesure dans l'analyse de cette plante.

Malgré ces différences, les graines de fenugrec restent une source riche en nutriments essentiels, jouant un rôle crucial dans divers processus biochimiques. Leur composition physico-chimique spécifique confirme leur importance dans l'usage médicinal traditionnel et contemporain. Une compréhension approfondie de ces propriétés peut ainsi contribuer à une utilisation plus efficace et optimisée des graines de fenugrec dans le domaine de la santé et de la nutrition (Elqaj et al., 2007). En outre, ces résultats ouvrent la voie à des recherches futures pour explorer d'avantage les applications potentielles du fenugrec dans la médecine moderne et les sciences de la nutrition

La compréhension approfondie de ces propriétés offre des perspectives prometteuses pour une utilisation plus efficace du fenugrec dans les domaines de la santé et de la nutrition. En combinant les connaissances traditionnelles avec les avancées scientifiques modernes, il est possible d'explorer de nouvelles applications médicales et culinaires pour cette plante polyvalente.

En somme, notre étude contribue à la richesse croissante de la littérature scientifique sur le fenugrec, tout en ouvrant la voie à de futures recherches visant à exploiter pleinement son potentiel dans le développement de thérapies innovantes et de produits alimentaires fonctionnels.

Conclusion

Trigonelle foenum-graecum, communément appelé fenugrec, est une plante annuelle appartenant à la famille des fabacées. Il est cultivé dans le monde entier comme plante semi-aride, pour sa facilité d'adaptation à la diversité des sols et aux conditions climatiques, et ses graines sont de riches sources de protéines, de fibres alimentaires, de fer, de vitamines B et de plusieurs autres minéraux alimentaires.

Le fenugrec est l'une des plantes les plus anciennes qui possède de nombreuses utilisations médicinales telles que l'activité antidiabétique, antipyrétique, anti-inflammatoire, antibactérienne, etc.

Le fenugrec est également connu pour ses propriétés hypocholestérolémiantes, son action stimulante sur la digestion, son pouvoir antioxydant et son effet hépatoprotecteur.

Le but de cette étude est d'étudier des propriétés physico-chimiques de la graine du fenugrec.

Dans ce travail, nous avons étudié les propriétés physiques et chimiques en utilisant des techniques distinctives, à savoir la teneur en humidité, le pH, le dosage en protéines (méthode de Bradford) et le dosage en glucides (méthode de Bertrand) et nous avons obtenu des résultats intéressants.

Nos résultats indiquent un pH de 6,04, une teneur en eau de 9,08%. De plus, nous avons observé une concentration élevée en protéines atteignant 17,83 mg/ml, ainsi qu'une présence de glucides évaluée à 17,5 mg/ml.

Notre recherche mène à conclure que la graine du fenugrec *T. foenum-graecum* est l'un des cadeaux naturels pour nous en raison de ses propriétés physico-chimiques qui les rendent très bénéfiques pour la santé et l'utilisation dans divers domaines.

Elles sont riches en protéines, ce qui favorise la croissance et la régénération des tissus. Leur haute teneur en eau les rend hydratantes et utiles pour maintenir l'hydratation du corps. De plus, elles contiennent des glucides bénéfiques pour la santé de la peau et des cheveux. Enfin, leur niveau de pH modéré les rend polyvalentes pour une utilisation en cuisine et en cosmétique.

Ainsi, les graines de fenugrec peut être envisagé comme un aliment fonctionnel de bonne valeur nutritive.

*Références
bibliographiques*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Abd El-Aal M H., Rahma E H. (1986).** Changes in gross chemical composition with emphasis on lipid and protein fractions during germination of fenugreek seeds. *Food chemistry*. 22(3), 193-207.
- **Abd El-Gawad H G., Mukherjee S., Farag R., Abd Elbar O H., Hikal M., Abou El-Yazied A., Ibrahim M F. (2021).** Exogenous γ -aminobutyric acid (GABA)-induced signaling events and field performance associated with mitigation of drought stress in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Signaling & Behavior*, 16(2), 1853384.
- **Abed M., Hadi S T. (2018).** Chemical Composition of *Trigonella foenum-graecum* Seeds and Inhibitory Activity of Their Seeds Oil Against Some Microbes. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 1(2), 75-83.
- **Aït Youssef M., (2006).** Plantes médicinales de Kabylie. *Éditions Ibispress, Paris, France*.
- **Altuntaş E., Özgöz E., Taşer Ö F. (2005).** Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seeds. *Journal of food engineering*, 71(1), 37-43.
- **Bahadur B., Reddy K J., Rao M L N.(2007).** Medicinal plants : an overview. Adv Med plants Univ Press Hyderabad.
- **Basch E., Ulbricht C., Kuo G.(2003)** .Therapeutic Applications of Fenugreek. *Alternat Med Rev* 8(1)20–7.
- **Basu T K., Srichamroen A. (2010).** Health Benefits of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* leguminosae). In *Bioactive foods in promoting health* (pp. 425-435). Academic Press.
- **Bhanger M I., Bukhari S B., Memon S. (2008).** Antioxidative activity of extracts from a Fenugreek seeds (*Trigonella foenum-graecum*). *Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*, 9(2), 6.
- **Billaud C., Adrian J. (2001).** Le fenugrec: Composition, valeur nutritionnelle et physiologique. *Sciences des aliments*, 21(1), 3-26.
- **Billaud C., Adrian J. (2001).** Fenugreek: composition, nutritional value and physiological properties.
- **Blank I., (1996).** The flavor principle of fenugreek. Nestlé research center. In *211th ACS Symposium. New Orleans* .pp. 24-28.
- **Boukef M K., (2006).** Les plantes dans la médecine traditionnelle Tunisienne. Agence de coopération culturelle et technique, Paris.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Dilshad A. (2017).** Physicochemical properties of chemurgic-Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) herb of different origin. *Der Pharma Chem*, 9, 102-6.
- **Doukani K., Tabak S. (2015).** Profil Physicochimique du fruit "Lendj"(*Arbutus unedo* L.). *Nature & Technology/Nature & Technologie*, (12).
- **El Nasri N A., El Tinay A H. (2007).** Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. *Food chemistry*, 103(2), 582-589.
- **Elqaj M., Ahami A., Belghyti D. (2007).** La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. *Journée scientifique" ressources naturelles et antibiotiques". Maroc.*
- **Flammang A M., Cifone M A., Erexson, G. L., Stankowski Jr L F. (2004).** Genotoxicity testing of a fenugreek extract. *Food and chemical toxicology*, 42(11), 1769-1775.
- **Gaber A., Alsanie W F., Kumar D N., Refat M S., Saied E M. (2020).** Novel papaverine metal complexes with potential anticancer activities. *Molecules*, 25(22), 5447
- **Ghedira K., Goetz P L J R., Le Jeune R. (2010).** Fenugrec: *Trigonella foenum-graecum* L.(Fabaceae ex. Leguminosae). *Phytothérapie*, 8, 180-184.
- **Gupta R C., Doss R B., Garg R C., Srivastava A., Lall R., Sinha A. (2021).** Fenugreek: Multiple health benefits. In *Nutraceuticals* (pp. 585-602). Academic Press.
- **Harchane H., El Addas H., Amsaguine S., El Amrani N., Radallah D. (2012).** Effets de l'extrait aqueux des graines du fenugrec (*Trigonella foenum graecum*) sur l'amélioration du profil lipidique et la prise de poids chez le rat. *Phytothérapie*, 10(6), 357-362.
- **Işıklı N D., Karababa E. (2005).** Rheological characterization of fenugreek paste (çemen). *Journal of food engineering*, 69(2), 185-190.
- **Jaborova D., Davranov K., Egamberdieva D. (2019).** Antibacterial, antifungal, and antiviral properties of medical plants. *Medically Important Plant Biomes: Source of Secondary Metabolites*, 51-65.
- **Jani R., Udipi S A., Ghugre P S. (2009).** Mineral content of complementary foods. *The Indian Journal of Pediatrics*, 76, 37-44.
- **Jani R., Udipi S A., Ghugre P S. (2009).** Mineral content of complementary foods. *The Indian Journal of Pediatrics*, 76, 37-44.
- **Jean B., (2009).** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.)*. Lavoisier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **John W ., Son (2011).**Geoffrey Campbell-plant. Food Science and technology .
- **Khorshidian N., Yousefi Asli M., Arab M., Adeli Mirzaie A., Mortazavian A M. (2016).** Fenugreek: potential applications as a functional food and nutraceutical. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(1), 5-16.
- **Khorshidian N., Yousefi Asli M., Arab M., Adeli Mirzaie A., Mortazavian., AM (2016).** Fenugrec : applications potentielles comme aliment fonctionnel et nutraceutique. *Recherche en nutrition et en sciences de l'alimentation* , 3 (1), 5-16.
- **Khorshidian N., Yousefi Asli M., Arab M., Adeli Mirzaie A., Mortazavian AM. (2016).** Fenugrec : applications potentielles comme aliment fonctionnel et nutraceutique. *Recherche en nutrition et en sciences de l'alimentation* , 3 (1), 5-16.
- **Kumar D., Singhal A., Bansal S., Gupta S K. (2014).** Extraction, isolation and evaluation Trigonella foenum-graecum as mucoadhesive agent for nasal gel drug delivery. *Journal of Nepal Pharmaceutical Association*, 27(1), 40-45.
- **Kumar A., (2019).** *Fenugreek*. Sankalp Publication.
- **Mabrouki S., Omri B., Abdouli H., Tayachi L.(2015).** Caractéristiques chimiques, fonctionnelles et nutritionnelles des graines de fenugrec crues, autoclavées et germées. *Journal des nouvelles sciences* , 16 , 541-551.
- **Mahbub J., Mou R A., Sikta S A., Rahman A., Dash P R. (2018).** Biological and medicinal significance of Trigonella foenum-graecum: A review. *Int. J. Life Sci. Rev*, 4(2), 15-26.
- **Mahmood A A., Sidik K., Salmah I. (2005).** Anti-ulcer and gastro protective effects of honey in combination with Trigonella foenum-graecum seed extract on experimental gastric ulcer in rats. *International Journal of Molecular Medicine and Advance Sciences*, 1(3), 225-229.
- **Mathur P., Choudhry M. (2009).** Consumption pattern of fenugreek seeds in Rajasthani families. *Journal of human ecology*, 25(1), 9-12.
- **Mehrfarin A., Rezazadeh S H., Naghdi Badi H., Noormohammadi GH., Zand E., Qaderi., A. (2011).** Une revue sur la biologie, la culture et la biotechnologie du fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) en tant que plante médicinale précieuse et polyvalente. *10* (37), 6-24.
- **Mohammadi R., Mortazavian A M. (2011).** Aspects technologiques des prébiotiques dans les laits fermentés probiotiques. *Food Reviews International* , 27 (2), 192-212.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Murlidhar Meghwal M M., Goswami T K. (2012).** A review on the functional properties, nutritional content, medicinal utilization and potential application of fenugreek.
- **Murlidhar Meghwal M M., Goswami TK.(2012).** Un examen des propriétés fonctionnelles du contenu nutritionnel de l'utilisation médicinale et de l'application potentielle du fenugrec.
- **Naidu M M., Shyamala B N., Naik J P., Sulochanamma G., Srinivas P. (2011).** Chemical composition and antioxidant activity of the husk and endosperm of fenugreek seeds. *LWT-Food Science and technology*, 44(2), 451-456.
- **Naidu M M., Shyamala B N., Naik J P., Sulochanamma G., Srinivas P. (2011).** Chemical composition and antioxidant activity of the husk and endosperm of fenugreek seeds. *LWT-Food Science and technology*, 44(2), 451-456.
- **Oueslati H A., & Ghédira K. (2015).** Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Trigonella foenum-graecum*. *Phytothérapie*, 13, 234-238.
- **Ouzir M., El Bairi K., Amzazi S. (2016).** Toxicological properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*). *Food and Chemical Toxicology*, 96, 145-154.
- **Parthasarathy V A., Chempakam B., Zachariah T J(éd).(2008).** Chimie des épices . Cabi.
- **Petropoulos., Géorgie (éd.). (2002).** Fenugrec : le genre *Trigonella* . Presse CRC.
- **RAHMANI M., HAMEL L., TOUMI-BENALI F., MEKHFI N., DIF MM., Abdesselam H.(2015).** First optimization of temperature determination for germination of some fenugreek (*Trigonella Foenum-Graecum L.*) varieties grown in Western Algeria. ISSN :2074-0891
- **Rahmani M., Toumi-Benali F., Hamel LMM., Dif.(2015).** Apercuethnobotanique et phytopharmacologique sur *Trignella foenum-graecumL.*
- **Rasheed MSAA., Wankhade MV., Saifuddin MSSK., Sudarshan MAR.(2015).** Propriétés physico-chimiques des graines de fenugrec (*Trigonella foenum-graecum L.*). *Int. J. Ing. Rés* , 4 (10), 68-70 .
- **Rashid R., Ahmad H., Ahmed Z., Rashid F., Khalid NN (2019).** Investigation clinique pour moduler l'effet des polysaccharides de fenugrec sur le diabète de type 2. *Glucides bioactifs et fibres alimentaires* , 19 , 100194.
- **Saad B., Said O. (2011).** *Greco-Arab and Islamic herbal medicine: traditional system, ethics, safety, efficacy, and regulatory issues*. John Wiley & Sons.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Shahrajabian M H., Sun W., Magadlela A., Hong S., Cheng Q. (2021).** Fenugreek cultivation in the middle east and other parts of the world with emphasis on historical aspects and its uses in traditional medicine and modern pharmaceutical science. *Fenugreek: Biology and Applications*, 13-30
- **Shahrajabian M., Sun W., Magadlela A., Hong S., Cheng Q. (2021).** Culture du fenugrec au Moyen-Orient et dans d'autres régions du monde en mettant l'accent sur les aspects historiques et ses utilisations en médecine traditionnelle et en science pharmaceutique moderne. *Fenugrec : Biologie et Applications* , 13-30.
- **Sharma R D., Raghuram T C., Rao N S. (1990).** Effet des graines de fenugrec sur la glycémie et les lipides sériques dans le diabète de type I. *Journal européen de nutrition clinique* , 44 (4), 301-306.
- **Singh R B., Smail M M., Rai RH., Maheshwari A., Verma N., Isaza A. (2022).** Effets des graines de fenugrec sur les maladies cardiovasculaires et autres maladies chroniques. Dans *Aliments fonctionnels et nutraceutiques dans les maladies métaboliques et non transmissibles* (pp. 399-410). Presse académique.
- **Singh S., Chaurasia P K., Bharati S L.(2023).** Propriétés hypoglycémiques et hypocholestérolémiantes du fenugrec : une évaluation complète. *Recherche alimentaire appliquée* , 3 (2), 100311.
- **Smith M p. (2003).** Applications thérapeutiques du fenugrec. *Revue de médecine alternative* , 8 (1), 20-27.
- **Snehlata H S., Payal D R. (2012).** Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) . *Journal of Current pharmaceutical Review and Research*, 2(4) : 169-187.
- **Snehlata H S., Payal D R.(2012).** Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) : an overview.
- **Srinivasan K.(2006).** Fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*) : Un examen des effets physiologiques bénéfiques pour la santé. *Revue alimentaire internationale* , 22 (2), 203-224.
- **Sun W., Shahrajabian M H., Cheng Q.(2021).** Culture du fenugrec en mettant l'accent sur les aspects historiques et ses utilisations en médecine traditionnelle et en science pharmaceutique moderne. *Mini revues en chimie médicinale* , 21 (6), 724-730.
- **Syed A A ., Vaishali W., Shaikh S k h S., Agrawal R S.(2015).** Physico-Chemical Properties of Fenugreek (*Trigonella Foenum-Graceum* L.) Seeds . *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* ,ISSN: 2278-0181

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Syeda B B., Muhammad I B., Shahabuddin M.(2008).** Antioxidant activity Teal AR and Sagers. USA.520p
- **Varshney H., Siddique Y H. (2023).** Medicinal properties of fenugreek: a review. *The Open Biology Journal*, 11(1).
- **Volpé J S., Sergeant P., Fakler A., Kanny G.(2009).** Fenugrec : Aliment.
- **Wani S A., Kumar P.(2018).** Fenugrec : un examen de ses propriétés nutraceutiques et de son utilisation dans divers produits alimentaires. *Journal de la Société saoudienne des sciences agricoles* , 17 (2), 97-106.
- **Wichtl M., Anton R.(2003).** Plantes thérapeutiques. EMI/Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- **Wink M. (2013).** Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). *South African Journal of Botany*, 89, 164-175.
- **Wink M. (2013).** Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). *South African Journal of Botany*, 89, 164-175.
- **Wink M.(2013).** Évolution des métabolites secondaires dans les légumineuses (Fabaceae). *Journal sud-africain de botanique* 89 : 164-175.
- **Yao D., Zhang B., Zhu J., Zhang Q., Hu Y., Wang S., Xiao J. (2020).** Advances on application of fenugreek seeds as functional foods: Pharmacology, clinical application, products, patents and market. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(14), 2342-2352.