



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Etude de quelques paramètres physicochimiques et analyse des éléments minéraux, des pigments chlorophylliens et caroténoïdes de l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia*

Kosi Mawuéna NOVIDZRO<sup>1\*</sup>, Kodjo WOKPOR<sup>1</sup>, Balbine AMOUSSOU FAGLA<sup>2</sup>,  
Koffi KOUDOUVO<sup>3</sup>, Kokouvi DOTSE<sup>1</sup>, Elolo OSSEYI<sup>1</sup> et Kossi Honoré KOUMAGLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Génie des Procédés et des Ressources Naturelles, Département de Chimie, Faculté Des Sciences, Université de Lomé, 01BP 1515 Lomé 01, Togo.

<sup>2</sup>Ecole de Nutrition, Sciences et Technologies des Aliments, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01BP 526 Cotonou, Bénin.

<sup>3</sup>Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie des Substances Naturelles, Département de Physiologie Animale, Faculté Des Sciences, Université de Lomé, 01BP 1515 Lomé 01, Togo.

\*Auteur correspondant ; E-mail : [donnenovi@gmail.com](mailto:donnenovi@gmail.com)

### RESUMÉ

En Afrique, bon nombre des ressources végétales de haute valeur nutritive ne sont pas encore incluses dans les habitudes alimentaires des populations locales. Cette étude a pour objectif global de contribuer à la valorisation des graines de *Griffonia simplicifolia* en agroalimentaire et en phytomédecine. Les objectifs spécifiques étaient d'évaluer les caractéristiques physicochimiques et de déterminer les teneurs en minéraux et en pigments totaux de l'huile. L'extraction d'huile au Soxhlet a fourni un rendement de 28,40±1,20%. L'évaluation des paramètres physicochimiques de l'huile selon les normes AFNOR a permis de trouver des résultats suivants : indice de réfraction : 1,47153 ± 0,00112 ; masse volumique : 0,91062±0,00050 kg/dm<sup>3</sup> ; teneur en eau et matières volatiles : 7,88±1,83% ; indice d'acide : 23,09±0,44 mg KOH/g ; indice de saponification : 186,59±0,63 mg KOH/g ; indice d'iode : 13,38±1,59 g I<sub>2</sub>/100 g ; indice d'ester : 163,50±0,19 mg KOH/g ; indice de peroxyde : 440,04±2,59 µg O<sub>2</sub>/g et pouvoir calorique : 40440,72±30,79 kJ/kg. Le dosage au spectrophotomètre d'absorption atomique à la flamme a montré que l'huile contient (mg/L) : K/250,2 ; P total/138,0 ; Ca/16,3 ; Na/12,6 ; Mg/11,5 ; Fe/0,6 ; Cu/0,20 ; Zn/0,05) et Mn/0,03. Les teneurs en Chlorophylles totaux (a & b) et en caroténoïdes totaux ont été respectivement de : 95,554 µg/g ; 156,284 µg/g et 26,011 µg/g. En définitive, l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia* présente un potentiel pharmaco-nutritionnel intéressant et valorisable en agroalimentaire et pharmacologie.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Sécurité alimentaire, *Griffonia simplicifolia*, huile de graines, caractéristiques physicochimiques, potentiel pharmaco-nutritionnel.

## Study of some physicochemical parameters and analysis of mineral elements, chlorophyllian pigments and carotenoids of *Griffonia simplicifolia* seed oil

### ABSTRACT

In Africa, many of the plant resources of high nutritional value are not yet included into the diet of local populations. The overall objective of this study is to contribute to the valorisation of the seeds of *Griffonia simplicifolia* in agri-food and phytomedicine. The specific objectives were to evaluate the physicochemical characteristics and to determine the minerals and total pigment contents of the oil. The extraction of the oil with Soxhlet provided a yield of  $28.40 \pm 1.20\%$ . The evaluation of the physicochemical parameters of the oil by the norms of AFNOR yielded the following results: refractive index:  $1.47153 \pm 0.00112$ ; density:  $0.91062 \pm 0.00050$  kg/dm<sup>3</sup>; water and volatile matters content:  $7.88 \pm 1.83\%$ ; acid number:  $23.09 \pm 0.44$  mg KOH/g; saponification number:  $186.59 \pm 0.63$  mg KOH / g; iodine number:  $13.38 \pm 1.59$  g I<sub>2</sub>/100 g; ester number:  $163.50 \pm 0.19$  mg KOH/g; peroxide value:  $440.04 \pm 2.59$  µg O<sub>2</sub>/g and calorific value:  $40440.72 \pm 30.79$  kJ/kg. The flame atomic absorption spectrophotometer assay showed that the oil contains (mg/L): K/250.2; P total/138.0; Ca/16.3; Na/12.6; Mg/11.5; Fe/0.6; Cu/0.20; Zn/0.05) and Mn/0.03. The contents of total chlorophylls (a & b) and total carotenoids are respectively:  $95.554$  µg/g;  $156.284$  µg/g and  $26.011$  µg/g. In short, the oil of the seeds of *Griffonia simplicifolia* has an interesting and valuable pharmaco-nutritional potential in food and pharmacology.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Food safety, *Griffonia simplicifolia*, seed oil, physicochemical characteristics, pharmaco-nutritional potential.

---

### INTRODUCTION

La flore africaine regorge de nombreuses espèces végétales utilisées par les populations depuis fort longtemps comme sources d'alimentation, de bois d'œuvre, d'énergie et de remèdes contre divers maux somatiques ou spirituels (Abayomi, 2010 ; Brendler et al., 2010). En zone tropicale, il existe de nombreuses sources d'huiles végétales disponibles, mais non exploitées ou non utilisées de manière optimale (Ahouenon-Ahoussi et al., 2012). *Griffonia simplicifolia*, l'une de ces espèces, est originaire des forêts des côtes d'Afrique Centrale et Occidentale, en particulier du Gabon, du Liberia, de la Côte d'Ivoire, du Ghana et du Togo (Brendler et al., 2010). C'est une plante très connue des populations grâce à ses richesses en vertus curatives. Sur le plan pharmacologique, *Griffonia simplicifolia* est souvent utilisé pour traiter une kyrielle de pathologies et également comme fortifiant. Cependant, l'intérêt porté à la plante par des firmes pharmaceutiques internationales reste toujours lié à la forte teneur de sa graine en 5-

hydroxytryptophane (5-HTP) (Ramazanov et Petkov, 2003 ; Pathak et al., 2010). En effet, le 5-HTP est un précurseur naturel de la sérotonine, un neurotransmetteur sécrété par le cerveau et intervenant, entre autres, dans la régulation de l'humeur (Pathak et al., 2010). Mais, comme toute légumineuse, les graines de *Griffonia simplicifolia* contiendraient aussi des composés biochimiques, en l'occurrence, des matières grasses, tout aussi exploitables en alimentation ou à d'autres fins. Les lipides constituent, à côté des glucides, une source d'énergie importante pour l'organisme. Ainsi, les huiles végétales sont recherchées pour leurs quantités et leurs qualités par rapport aux graisses animales qui sont saturées en acides gras saturés. Ces huiles interviennent dans la confection de divers mets ou autres produits utiles à l'homme (savonnerie, cosmétique, etc.). Le plus souvent, elles contiennent des acides gras essentiels et des pigments indispensables au fonctionnement harmonieux de l'organisme et au maintien de la qualité de ces huiles (Aboubakar Dandjouma, 2008).

Dans l'optique de valoriser les plantes existantes au Togo et d'identifier de nouvelles plantes à huiles végétales, nous nous sommes intéressés à l'étude de *Griffonia simplicifolia*, une plante légumineuse et grimpante à vertus multiples qui pousse dans les broussailles, savanes et forêts de l'Afrique Centrale et de l'Ouest. Cette plante appartient à la famille des Fabaceae regroupant les anciennes familles des Mimosaceae et des Cesalpiniaceae (Pathak et al., 2010 ; Espitalier, 2014 ; Mehta et al., 2015).

L'objectif de cette étude est de contribuer à la valorisation de *Griffonia simplicifolia* à travers l'étude de l'huile de ses graines. Ceci pourrait promouvoir la culture agroforestière de *Griffonia simplicifolia*, une plante menacée de disparition et dont le potentiel pharmaco-nutritionnel est important. La présente étude de cette huile, qui met en relief ses caractéristiques physicochimiques, sa composition en éléments minéraux et en pigments, permet d'apprécier ses valeurs nutritionnelles, cosmétiques et énergétiques. Cette huile pourra ainsi être valorisée dans divers domaines tels que les domaines agroalimentaires, cosmétiques et bioénergétiques.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel végétal

Les graines de *Griffonia simplicifolia* ont été récoltées dans le jardin botanique de la Faculté des Sciences de l'Université de Lomé –Togo pendant les mois de janvier et février 2018. Pour faciliter leur décorticage et surtout éviter leur dégradation durant la période de leur conservation, elles ont été séchées au laboratoire sous climatisation pendant deux semaines, à la température ambiante ( $25 \pm 2$  °C). Après le séchage, elles ont été décortiquées et les amandes obtenues ont subi une mouture avec un moulineur. La poudre obtenue a été introduite dans un flacon en verre fermé et conservée pour l'extraction des matières grasses.

### Evaluation du taux d'huile des graines

Le taux d'huile des graines de *Griffonia simplicifolia* a été quantifié par la méthode de réfractométrie qui consiste à construire une courbe d'étalonnage de type : % huile =  $f$  (indice de réfraction). Ceci permet de déduire la teneur en huile en connaissant l'indice de réfraction d'un lipide dissous dans un solvant organique approprié. Dans ce travail, pour mesurer l'indice de réfraction de l'huile de *Griffonia simplicifolia*, l'hexane a été utilisé comme solvant et l'huile de *Griffonia* déjà extraite, comme standard. La courbe d'étalonnage qui a été établie pour la détermination du taux d'huile des graines de *G. simplicifolia* est présentée sur la Figure 1.

### Mode d'extraction de l'huile

L'extraction de la matière grasse a été réalisée sur une masse  $m_0$  de poudre de graines de *G. simplicifolia* avec de l'hexane selon la méthode au Soxhlet pendant 10 heures, suivant le protocole de la norme NF V03-924. A la fin de l'extraction, le solvant a été évaporé sous vide à l'aide d'un système évaporateur rotatif de type Büchi et dans le bain de chauffage à la température égale à 40 °C. Le rendement d'extraction en huile (R), a été calculé à l'aide de la formule :

$$R (\%) = \frac{m_H}{m_0} \times 100 ;$$

avec:  $m_H$  = masse de l'huile extraite

$m_0$  = masse de la poudre de graine utilisée pour faire l'extraction.

L'huile a été recueillie dans un flacon en verre fumé, étiqueté et mis au réfrigérateur (4 °C) en attente d'analyses.

### Mesure des paramètres physicochimiques de l'huile

Pour chaque paramètre mesuré, deux essais ont été effectués et la moyenne des deux essais est celle qui a été considérée.

#### Indice de réfraction de l'huile

C'est le rapport entre le sinus des angles d'incidence et de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée,

passant de l'air dans l'huile maintenue à une température constante. La longueur d'onde choisie pour les appareils dédiés à cette mesure est celle de la moyenne des raies D du sodium ( $\lambda_1 = 588,995$  nm et  $\lambda_2 = 589,592$  nm). Pour les liquides, le réfractomètre le plus utilisé est le réfractomètre d'Abbe (Denis et al., 1997).

L'indice de réfraction de notre huile a été déterminée selon la norme NF T60 – 212 (AFNOR, 1984). La mesure a été effectuée à l'aide d'un réfractomètre Abbé de type «AZZOTA», muni d'un thermomètre dont l'échelle couvre les valeurs de mesure de 20 °C à 80 °C. Le bromure de naphthalène a été utilisé comme étalon pour calibrer la lecture.

#### **Masse volumique de l'huile**

On entend par masse volumique ( $\rho$ ) d'un corps gras le quotient de sa masse par son volume. Elle est exprimée en grammes par millilitre. La méthode suivie est celle décrite dans la norme NF T 60-214 (AFNOR, 1984).

#### **Teneur en eau et matières volatiles de l'huile**

La teneur en eau et matières volatiles (TE) des corps gras est par définition la perte de masse mesurée dans les conditions d'essai précisées dans la norme NF T 60-201 (AFNOR, 1984). Elle est exprimée sous forme d'une fraction, en pourcentage, de la masse de l'échantillon initial. Le principe utilisé est basé sur la détermination d'une fraction d'échantillon par dessiccation à  $103 \pm 2$  °C dans une étuve à la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante.

#### **Indice d'acide et acidité de l'huile**

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaires pour neutraliser les acides gras libres contenus dans un gramme de matière grasse ; tandis que l'acidité d'un corps gras est le pourcentage d'acides gras libres exprimé conventionnellement en acide oléique (Houmba et al., 2016). L'acidité se déduit de l'indice d'acide et est une expression conventionnelle du pourcentage d'acides gras libres. Ces deux indicateurs chimiques ont été déterminés suivant la norme NFV 03-906 (AFNOR, 1984).

#### **Indice de saponification de l'huile**

L'indice de saponification (InS) se définit comme le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour saponifier un gramme de matière grasse. Ce paramètre a été déterminé suivant le protocole décrit par la norme NF T 60-206 (AFNOR, 1984).

#### **Indice d'ester de l'huile**

L'indice d'ester (InE) d'un corps gras est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire à la neutralisation des acides libérés par l'hydrolyse des esters contenus dans 1 g de corps gras. En particulier, l'indice d'ester est égal à l'indice de saponification pour les glycérides purs. En pratique, cet indice n'est pas mesuré expérimentalement, mais il est plutôt déduit en faisant la différence entre l'indice de saponification (InS) et l'indice d'acide (InA).

#### **Indice d'iode de l'huile**

L'indice d'iode (InI) se définit comme le nombre de grammes d'iode fixé par 100 g de matières grasses. Il a été déterminé suivant la méthode de Wijs' (Wolff, 1968). Selon le protocole expérimental utilisé, on additionne au corps gras en solution dans du chloroforme un excès de chlorure d'iode, appelé réactif de Wijs'. Après quelques minutes de réaction, on ajoute de l'iodure de potassium et de l'eau distillée. L'iode libéré est titré par une solution titrée de thiosulfate de sodium (0,1 N) en présence d'empois d'amidon.

#### **Indice de peroxyde de l'huile**

L'indice de peroxyde (InP) d'un corps gras est le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif contenu dans un kilogramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode et titration de celui-ci par le thiosulfate de sodium. Il a été déterminé suivant le protocole décrit par la norme NFT 60-220 (AFNOR, 1984). Le principe stipule que le corps gras, en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme, est traité par une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium.

#### **Le pouvoir calorifique**

Le pouvoir calorifique (PC) a été calculé en utilisant la formule 3 de Batel et al. (1980) :

PC = 47645 – 4,187 InI – 38,31 InS (kJ/kg)

### Dosage des éléments minéraux dans l'huile

Les éléments minéraux (N, P, Na Ca et Mg) ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme après minéralisation de l'échantillon. La minéralisation de l'huile a été faite par voie humide (attaque acide). Le spectromètre, de marque Varian Vista, équipé du détecteur CCD (Coupled Charge Device) a été utilisé pour cette analyse. La détermination des teneurs en éléments minéraux de l'huile a été effectuée à l'aide d'une courbe d'étalonnage préétabli.

### Détermination des teneurs en chlorophylles a et b, et en caroténoïdes totaux

Les phytoconstituants pigmentés de l'huile de *Griffonia simplicifolia* ont été quantifiés en respectant les conditions décrites par Petry et Mercadante (2018) qui consistent à éviter autant que possible après l'extraction, l'exposition de l'huile à la lumière, à l'oxygène et aux acides. Le dosage des pigments a été faite par la méthode spectroscopique UV-Visible (MacKinney, 1945; Lichtenthaler

and Wellburn, 1985 ; Wellburn, 1994 ; Costache et al., 2012). La solution a été préparée en introduisant 30,25 mg dans 10 mL d'Acétone 100%. Le mélange obtenu a été bien agité au Vortex et la lecture de la densité optique de la solution ainsi préparée a été faite aux trois différentes longueurs d'ondes suivantes :  $\lambda_1 = 470 \text{ nm}$  ;  $\lambda_2 = 645 \text{ nm}$  et  $\lambda_3 = 662 \text{ nm}$  et le spectrophotomètre utilisé est de type SHANGHAI METASH UV-5200PC.

Les paramètres de l'huile d'olive « GOYA Extra » et ceux de l'huile de tournesol « BONITA » obtenues sur le marché ont été également déterminés dans les mêmes conditions, pour être comparés avec ceux de l'huile de *Griffonia simplicifolia*. Les teneurs en chlorophylle a ( $C_{[a]}$ ), en chlorophylle b ( $C_{[b]}$ ) et en caroténoïdes totaux ( $C_{[x+c]}$ ) ont été déterminées à l'aide des trois formules trichromatiques de Mackiney (Costache et al., 2012 ; ) suivantes :

$$C_{[a]} = 11,75A_{662} - 2,35A_{645} ;$$

$$C_{[b]} = 18,61A_{645} - 3,96A_{662} ;$$

$$\text{et } C_{[x+c]} = (1000A_{470} - 2,27C_{[a]} - 81,4C_{[b]})/227.$$

Les résultats obtenus sont exprimés en  $\mu\text{g/g}$  d'huile.

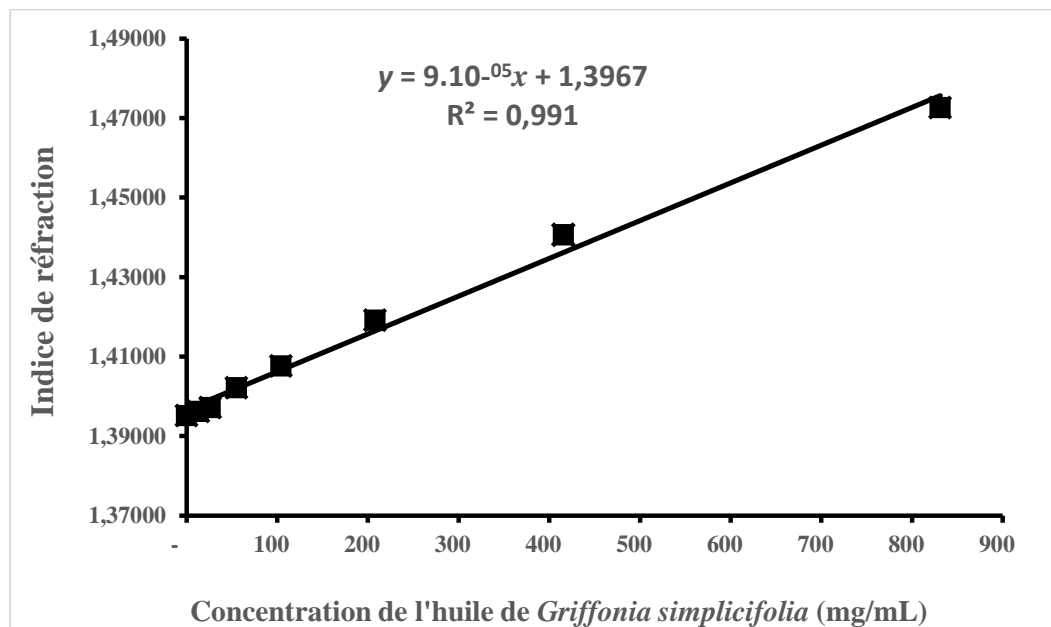


Figure 1 : Courbe d'étalonnage pour la détermination du taux d'huile des graines.

## RESULTATS

Le taux d'huile estimé et le rendement d'extraction de l'huile dans la graine de *Griffonia simplicifolia* sont consignés dans le Tableau 1.

### Les caractéristiques physico-chimiques de l'huile

Les paramètres physico-chimiques de l'huile sont enregistrés dans le Tableau 2.

### Composition en éléments minéraux de l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia*

Les teneurs en éléments minéraux de l'huile de *Griffonia simplicifolia* sont présentées dans le Tableau 3. Parmi ces éléments, on distingue ceux qui sont présents en quantités importantes et dont l'organisme humain a besoin et dénommés "macro-éléments"; il s'agit: du potassium (250,2

mg/L), du phosphore (138,0 mg/L), du calcium (16,3 mg/L), du sodium (12,6 mg/L) et du magnésium (11,5 mg/L). Les autres qui sont en quantité infimes appelées « oligo-éléments » sont : le manganèse (0,03 mg/L), le zinc (0,05 mg/L), le cuivre (0,2 mg/L) et le fer (0,6 mg/L).

Les données du Tableau 3 ont servi au calcul des rapports Na/K, Ca/P et Ca/Mg (Tableau 4).

### Teneurs en pigments

Les teneurs en chlorophylle a, en chlorophylle b et en caroténoïdes totaux de l'huile de *Griffonia simplicifolia* en comparaison avec l'huile de tournesol « BONITA » et l'huile d'olive GOYA Extra » sont enregistrées dans le Tableau 5.

**Tableau 1:** Taux d'huile et rendement d'extraction de l'huile de graines de *G. simplicifolia*.

Type de mesures	Méthodes d'analyse	Rendement (%)
Taux d'huile dans la graine (%)	Réfractométrie	30,72 ± 1,45.
Rendement d'extraction d'huile (%)	Gravimétrie	28,40 ± 1,20

**Tableau 2 :** Paramètres physico-chimiques de l'huile de graines de *G. simplicifolia*.

Paramètres physicochimiques mesurés	Huile de graines de <i>G. simplicifolia</i>
Couleur	Cuivre
Indice de réfraction (nD, 20 °C)	1,47153 ± 0,00112
Masse volumique 20 °C (g/cm <sup>3</sup> )	0,91062 ± 0,00050
Teneur en eau et matières volatiles (%)	7,88 ± 1,83
Indice d'acide (mg KOH/g d'huile)	23,09 ± 0,44
Acidité (g d'acide oléique /100 g d'huile)	8,23 ± 0,08
Indice de saponification (mg KOH/g d'huile)	186,59 ± 0,63
Indice d'iode (g I <sub>2</sub> /100 g d'huile)	13,38 ± 1,59
Indice d'ester (mg KOH/g d'huile)	163,50 ± 0,19
Indice de peroxyde (µg O <sub>2</sub> /g d'huile)	440,04 ± 2,59
Le pouvoir calorifique (kJ/kg)	40 440,72 ± 30,79

**Tableau 3 :** Teneurs en sels minéraux de la graine et de l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia*.

Eléments minéraux	Huile (Concentration en mg/L)
Na	12,6
K	250,2
Ca	16,3
Mg	11,5
Cu	0,2
Fe	0,6
Mn	0,03
Zn	0,05
PT	138,0

PT = Phosphore Total.

**Tableau 4 :** Rapports Na/K, Ca/P et Ca/Mg en considérant les teneurs en minéraux de l'huile de graines de *G. simplicifolia*.

Rapports	Huile
Na/K	0,05
Ca/P	0,12
Ca/Mg	1,42

**Tableau 5 :** Teneurs en pigments de l'huile de graines de *G. simplicifolia* en comparaison avec l'huile de tournesol « BONITA » et l'huile d'olive GOYA Extra ».

Echantillons	Indice de réfraction	C <sub>[a]</sub> (µg/g)	C <sub>[b]</sub> (µg/g)	C <sub>[x+c]</sub> (µg/g)
Huile de <i>Griffonia simplicifolia</i>	1,47153 ± 0,00112	95,55	156,28	26,01
Huile de tournesol « BONITA »	1,47415 ± 0,00125	87,40	141,70	11,25
Huile vierge d'olive « GOYA Extra »	1,46915 ± 0,00108	41,68	64,95	12,10

## DISCUSSION

### Evaluation du taux et rendement d'extraction d'huile des graines

L'huile a une couleur cuivre. Ce qui montre que cette huile contient des pigments lui permettant d'avoir cette couleur.

Les résultats présentés dans le Tableau 1 montrent que le taux d'huile dans les graines de *Griffonia simplicifolia* a été estimé à  $30,72 \pm 1,45$  % par analyse réfractométrique alors que l'extraction d'huile au Soxhlet a fourni un rendement de  $28,40 \pm 1,20$ %. Le

rendement en huile des graines de *G. simplicifolia* est donc important.

L'analyse des résultats du Tableau 1 montre que dans cette étude, la méthode d'extraction au Soxhlet a permis de récupérer 92,45% de la quantité totale d'huile des graines estimée par analyse réfractométrique. Ce qui correspond à une perte de rendement équivalente à 7,55%. Pour améliorer le rendement d'extraction d'huile, on peut soit torréfier les amandes avant l'extraction et ou éviter de trop tasser la poudre dans la cartouche avant de faire l'extraction. Ainsi, à travers des travaux antérieurs, il a été constaté que le traitement thermique des amandes favorise la rupture des lipocytes. Ce traitement contribue donc à une amélioration du rendement d'huile (Karleskind, 1992). Toutefois, la torréfaction pourrait conduire à une éventuelle altération de la qualité de l'huile. En effet, les travaux réalisés sur le beurre de karité par Lovett et al. (2005) et Damodaran et al. (2008) ont montré que l'usage de la chaleur provoque la formation de peroxydes.

### **Les caractéristiques physico-chimiques de l'huile**

L'huile extraite est de couleur cuivre et liquide à température ambiante (25-32 °C).

#### **L'indice de réfraction**

L'indice de réfraction est considéré comme un critère de pureté d'une huile. Il varie en fonction de la longueur d'onde de la lumière incidente ainsi qu'en fonction de la température à laquelle l'analyse se fait. Cet indice est proportionnel au poids moléculaire des acides gras ainsi qu'à leur degré d'insaturation. La valeur de l'indice de réfraction de l'huile de *Griffonia simplicifolia* ( $1,47153 \pm 0,00112$ ) est comprise dans la fourchette établie par CODEX ALIMENTARIUS (2009). Cette valeur se rapproche plus ou moins des indices de réfraction de l'huile végétale de coton (1,470 - 1,473) (Aïssi, 2009) et de l'huile d'olive  $1,4703 \pm 0,0004$  (Ali et El-Waseif, 2009).

#### **La masse volumique**

La masse volumique de l'huile, soit ( $0,91062 \pm 0,00050$ ) g/cm<sup>3</sup>, est inférieure à

celle de l'eau et sa teneur en eau et matières volatiles, soit ( $7,88 \pm 1,83$ ) %, est élevée par rapport à la norme qui fixe la teneur maximale à 0,2% à la température de 105 °C (CODEX ALIMENTARIUS, 2009). Ainsi, pour éviter le rancissement précoce de cette huile, il faut la déshydrater avant de la conserver contre la chaleur et à l'abri de la lumière, car une activité de l'eau > 0,3 favorise l'oxydation enzymatique de l'huile (Multon, 2002).

#### **L'indice d'acide**

L'indice d'acide d'un corps gras est un bon indicateur pour déterminer son altération. L'huile de *Griffonia simplicifolia* étudiée ici présente un indice d'acide ( $23,09 \pm 0,44$  mg KOH/g d'huile), ce qui équivaut à une acidité égale à  $8,23 \pm 0,08$  % d'acide linoléique). Cette acidité est supérieure à la valeur maximale égale à 3% recommandée par Onyeike et Acheru (2002) pour une huile alimentaire. Sachant qu'une faible valeur d'acidité caractérise la pureté et la stabilité d'une huile à la température ambiante (Tchiégang-Meguéni, 2003), ce critère n'étant pas satisfait pour l'huile de *Griffonia simplicifolia*, il est donc nécessaire que des précautions de pré-raffinage et de conditionnement soient prises afin de limiter une probable dénaturation ultérieure de cette huile (Ahouenon-Ahoussi et al., 2012).

#### **L'indice de saponification**

La connaissance de l'indice de saponification d'un corps gras nous renseigne sur la longueur de la chaîne carbonée des acides constituant ce corps gras. L'indice de saponification d'un corps gras est d'autant plus élevé que la chaîne carbonée des acides gras est courte (Lion, 1955). L'indice de saponification de l'huile de *Griffonia simplicifolia* ( $186,59 \pm 0,63$  mg de KOH/g d'huile) est proche de celui de l'huile de coton (189 - 198), de l'huile de tournesol (188 - 194), de l'huile de palme (190 - 209) et de l'oléine de palme (194-202) (Aïssi, 2009) habituellement utilisées en alimentation.

#### **L'indice d'iode**

Dans l'analyse des graisses, c'est l'indice d'iode qui représente la constante la plus utile, car c'est par rapport aux valeurs de



cet indice que repose l'importante division des huiles végétales en huiles siccatives, semi-siccatives et non-siccatives. En effet, l'indice d'iode nous renseigne sur le degré d'insaturation des acides gras contenus dans une huile donnée. Il est en rapport direct avec le degré d'oxydation d'une huile. Ainsi, plus une huile est insaturée, plus son indice d'iode est élevé (Wolff, 1968) et on peut se baser sur cette grandeur pour évaluer la facilité de l'huile à rancir, étant donné que plus elle contiendra d'insaturations, plus elle sera sensible à l'oxygène.

La valeur de l'indice d'iode de notre huile, soit  $13,38 \pm 1,59$  g I<sub>2</sub>/100 g d'huile, permet de classer cette huile parmi les huiles non siccatives, dont les indices d'iode sont compris entre 0 à 110 g I<sub>2</sub>/100 g d'huile. La valeur de l'indice d'iode trouvée dans cette étude est comparable aux indices d'iode de *Jatropha curcas* (10-18) et de palmiste (14,1-21), mais très inférieure aux indices d'iode de l'huile d'olive, d'arachide et de ricin variant entre 75 et 94 g I<sub>2</sub>/100 g d'huile (CODEX ALIMENTARIUS, 2009). Se basant sur cette valeur d'indice d'iode de l'huile de *Griffonia simplicifolia* relativement faible, la conservation de cette huile pourrait se faire sans trop de risques d'auto-oxydation. Cette huile serait faiblement concentrée en acides gras insaturés.

#### **Indice d'ester**

La valeur de l'indice d'ester de l'huile de *Griffonia simplicifolia*, soit  $(163,50 \pm 0,19)$  mg KOH/g d'huile, est plus faible que son indice de saponification, soit  $(186,59 \pm 0,63)$  mg de KOH/g d'huile. Ce qui veut dire que cette huile contient une quantité appréciables d'acides gras libres. Par conséquent, des précautions de pré-raffinage et de conditionnement doivent être prises afin de limiter une dénaturation ultérieure qui conduirait à une décoloration de l'huile.

#### **L'indice de peroxyde**

C'est un critère très utile pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative d'une huile. La valeur de l'indice de peroxyde trouvée dans cette étude est de l'ordre  $440,04 \pm 2,59$  µg O<sub>2</sub>/g d'huile, soit  $44,00 \pm 0,26$  meq O<sub>2</sub>/kg d'huile.

Cette valeur est supérieure à 10 meq O<sub>2</sub>/kg qui caractérise la plupart des huiles conventionnelles comestibles comme celles de soja, de maïs et de tournesol (CODEX ALIMENTARIUS, 2009).

#### **Le pouvoir calorifique de l'huile**

Le PC de l'huile, soit  $40\,440,72 \pm 30,79$  kJ/kg, est supérieur à 35 000 kJ/kg. Si cette huile reste liquide à la température ambiante, elle pourrait être utilisée comme biocarburant et comme biolubrifiant pour des moteurs diesel (Dahouenon-Ahoussi et al., 2012). Cependant pour des raisons d'éthique, l'usage de cette huile comme biocarburant ne pourra être privilégié que si des études supplémentaires démontrent que l'huile n'est pas comestible. Dans le cas où l'huile est comestible, ce paramètre donnerait alors un renseignement positif sur la valeur calorifique de cette matière grasse en alimentation humaine, vu l'utilité pharmacologique de cette espèce.

On peut conclure partiellement que l'huile de graine de *Griffonia simplicifolia* récoltée à Lomé présente des caractéristiques physico-chimiques très proches de celles des huiles conventionnelles les plus consommées.

#### **Composition en éléments minéraux de l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia***

Le sodium et le potassium jouent le rôle régulateur de la teneur en eau de l'organisme humain et participent au maintien de l'équilibre acido-basique.

Considérant le rapport Na/K qui est égal à 0,05 et donc inférieur à 1, on en déduit que la consommation de l'huile aurait un effet positif en terme de lutte contre les maladies cardiovasculaires (Kemi et al., 2006 ; He and Macgregor, 2008).

Le calcium et le phosphore sont nécessaires pour la croissance des os. La carence en calcium provoque des retards de croissance, du rachitisme chez l'enfant, de la spasmophilie chez l'adulte et de l'ostéoporose chez les personnes âgées. Comme l'absorption intestinale du calcium est favorable lorsque le rapport Ca/P est compris entre 0,5 et 0,8, alors il est nécessaire de compléter une ration alimentaire à base de

l'huile de graine de *Griffonia simplicifolia* dont le rapport Ca/P est de 0,12 avec d'autres sources de calcium. La présence du magnésium dans l'huile de graine de *Griffonia simplicifolia* est un avantage car le magnésium est vital pour les os, les muscles et le système nerveux. Le zinc est nécessaire à la croissance des cellules et à la cicatrisation. Il permet une bonne utilisation des vitamines du groupe B et de la vitamine A. Le cuivre favorise l'absorption intestinale du fer, intervient dans la formation des globules rouges, joue un rôle dans la production de l'énergie et contribue à la synthèse de nombreuses substances vitales. Il est aussi nécessaire à la formation de l'hémoglobine et à la maturation des globules rouges. Le manganèse est indispensable à tous, et en particulier aux sportifs. Il intervient dans la santé des cartilages.

#### Teneurs en pigments

Les résultats obtenus montre que l'huile de *Griffonia simplicifolia* a un indice de réfraction ( $1,47153 \pm 0,00112$ ), très proche de celui de l'huile de tournesol « BONITA » ( $1,47415 \pm 0,00125$ ) et de celui de l'huile d'olive GOYA Extra » ( $1,46915 \pm 0,00108$ ). Par contre, on constate que les teneurs en chlorophylle a, en chlorophylle b et en caroténoïdes totaux (respectivement  $95,55 \mu\text{g/g}$ ;  $156,28 \mu\text{g/g}$  et  $26,01 \mu\text{g/g}$ ), dépassent légèrement le double de celles de l'huile d'olive GOYA Extra ( $41,68 \mu\text{g/g}$ ;  $64,95 \mu\text{g/g}$  et  $12,10 \mu\text{g/g}$ ). Par ailleurs, à part la teneur en caroténoïdes totaux dans l'huile de tournesol « BONITA » qui est pratiquement proche de la moitié de celle de l'huile de *Griffonia simplicifolia*, les teneurs en d'autres pigments dans l'huile de tournesol « BONITA », soit  $41,68 \mu\text{g/g}$  pour chlorophylle a et  $64,95 \mu\text{g/g}$  pour chlorophylle b, sont légèrement faibles par rapport à celles de l'huile de *Griffonia simplicifolia*. La présence des constituants pigmentés dans l'huile de *Griffonia simplicifolia* confère à celle-ci des qualités nutritionnelles remarquablement plus intéressantes par rapport à celles de l'huile de tournesol « BONITA » et de l'huile d'olive GOYA Extra ». Mais, comparativement aux

travaux réalisés par Monde et al. (2008) qui ont révélé que les huiles de palme produites en Côte d'Ivoire ont une concentration totale en caroténoïdes comprises entre 832 et 3575  $\mu\text{g/g}$ , on peut dire que l'huile de *Griffonia simplicifolia* a une teneur en caroténoïdes très faible par rapport à l'huile de palme.

Les pigments que nous avons quantifiés dans l'huile de *Griffonia simplicifolia* présentent chacun un intérêt pour l'homme. Par exemple, le pouvoir désodorisant des chlorophylles est bien connu par le biais des dentifrices ou des chewing gum qui en contiennent, mais ces pigments présentent bien d'autres avantages au point de vue de la santé. En effet, c'est l'un des plus puissants antioxydants qui existent et qui aident à protéger les cellules du corps contre les dommages cellulaires causés par les radicaux libres (Donaldson, 2004). On reconnaît globalement que ces pigments jouent un rôle de détoxifiant sanguin. De plus, les chlorophylles assainissent la flore intestinale, réduisent les ballonnements, régulent la tension artérielle et font baisser le taux de cholestérol dans le sang. Une consommation d'aliments riches en chlorophylles peut contribuer à accroître la vitalité et combattre le stress (Vaňková, 2018). C'est dans ce sens qu'on recommande de consommer des légumes verts et il existe sur les marchés internationaux des chlorophylles liquides utilisés comme compléments alimentaires. En tant que colorant naturel, les chlorophylles sont largement utilisées que ce soit dans l'industrie cosmétique ou l'industrie alimentaire sous le sigle E140.

En ce qui concerne les caroténoïdes, ils sont largement connus sous le nom de provitamines A. Le bêta-carotène alimentaire et d'autres caroténoïdes de provitamines A tels que l' $\alpha$ -carotène et la cryptoxanthine peuvent être obtenus à partir d'un certain nombre d'aliments, tels que les fruits et légumes (Mangels et al., 1993). La présence des caroténoïdes en quantité considérable est un atout important sur le plan pharmacologique. Il a été démontré que la qualité d'une huile dépend non seulement de sa

composition en acides gras saturé et insaturé, mais également de ses teneurs en composés mineurs appartenant à la fraction insaponifiable, tels que les phénols, les tocophérols, les caroténoïdes et les stérols (Mezghache et al., 2010). Dès lors, la consommation régulière de l'huile de *G. simplicifolia* pourrait avoir des effets bénéfiques sur l'ostéoporose, la prévention du vieillissement et le renforcement du système immunitaire. En agissant ainsi comme des agents antioxydants, les caroténoïdes jouent un rôle primordial dans la défense de l'organisme humain. Ils réagissent avec l'oxygène singulet, les radicaux, les peroxydes et les alkoxydes en capturant les radicaux libres (Krinsky, 1989 ; Stähelin, 1999). L'absence de ces pigments liposolubles comme les tocophérols dans l'organisme peut engendrer des maladies dégénératives. En effet, il a été démontré à suffisance que, dans le cas de ces maladies dégénératives, une surproduction d'espèces oxygénées réactives (ROS) entraîne la destruction des neurones par le phénomène de nécrose que par celui d'apoptose. D'autre part, plusieurs études ont révélé l'importance des antioxydants dans le maintien de l'intégrité des cellules nerveuses par le biais de la suppression de la nécrose ainsi que l'apoptose (Ferrari, 2000). En plus de leur intervention dans les maladies dégénératives, les caroténoïdes semblent aussi diminuer les risques de certains cancers (Peto et al., 1981).

Le rôle des caroténoïdes en tant qu'antioxydants suscite un intérêt grandissant au sein de la communauté scientifique (Bohm et al., 2002 ; Donaldson, 2004). On estime que dans les pays en développement, 70,9% de l'apport en vitamine A provient d'aliments à base de plantes, en particulier de légumes et de fruits (FAO/WHO, 1988). Mais d'autres produits alimentaires comme l'huile de *Griffonia simplicifolia* renforceraient les sources de provenance de la vitamine A. Chez les plantes supérieures ou les angiospermes, la lutéine et la xanthophylle sont les caroténoïdes les plus disponibles dont la présence dans la ration alimentaire d'un individu joue un rôle prépondérant dans la

prévention contre des problèmes oculaires. Les caroténoïdes sont des nutriments dotés de propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et neuroprotectrices largement documentées (Zielińska et al., 2017). Des études ont montré que les caroténoïdes jouent un rôle important dans le développement de la grossesse et dans la prévention contre de nombreuses pathologies causées par une augmentation du stress oxydatif au cours de la grossesse (Al-Gubory et al., 2010 ; Agarwal et al., 2012 ; Thorne-Lyman et al., 2012). En outre, des données bibliographiques ont montré que pendant l'enfance les caroténoïdes peuvent aider à maintenir une santé optimale, notamment en améliorant les processus de développement et de maintien de la vision et de la cognition (Orjuela et al., 2005 ; Litonjua et al., 2006 ; Johnson, 2014 ; Miyake et al., 2010). Toutefois, il a été remarqué que les caroténoïdes sont des molécules photo sensibles et thermosensibles car ils peuvent être dégradés lors des réactions d'oxydation et/ou d'isomérisation (Sawadogo, 2015).

## Conclusion

Dans cette étude, les caractéristiques physicochimiques et les teneurs en éléments minéraux, en pigments chlorophylliens et en caroténoïdes totaux de l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia* ont été déterminées. Ces caractéristiques montrent que cette huile présente des propriétés physicochimiques intéressantes dans l'ensemble. Toutefois, la teneur en eau et en matières volatiles, l'indice d'acide, l'acidité et l'indice d'ester montrent que des précautions de pré-raffinage et de conditionnement doivent être prises afin de limiter une dégradation de la qualité physicochimique et fonctionnelle de cette huile. Les teneurs de cette l'huile, en élément minéraux, en pigments chlorophylliens et caroténoïdes, lui confèrent des qualités pharmacologiques intéressantes et comparables à celles des huiles conventionnelles comestibles. L'analyse globale des différentes propriétés étudiées permet de dire que cette huile pourrait être valorisée dans l'agroalimentaire et/ou dans la phytothérapie. Toutefois, des études supplémentaires doivent

être entreprises pour apprécier sa composition chimique en acides gras et sa toxicité avant d'envisager son utilisation dans l'alimentation.

### CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt en relation avec cet article.

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

NKM et DK ont conçu le projet. NKM a réalisé les échantillonnages. NKM, AFB et WK ont effectué les expériences ; NKM et WK ont analysé les données. NKM, WK et AFB ont écrit le manuscrit. KK, OE et KKH ont supervisé l'ensemble des activités. Tous les auteurs ont donné leur accord à la version finale du manuscrit et à sa publication.

### ACKNOWLEDGMENTS

Les auteurs remercient Monsieur Koffi KOUDOUVO de sa contribution pour le matériel. Ils remercient aussi Monsieur Kokouvi DOTSE de son assistance technique.

### REFERENCES

- Abayomi S. 2010. *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. Ed. karthala. 375p.
- ABoubakar DAK, Tchiegang C, Parmentier M. 2008. Evolution de quelques paramètres de qualité physico-chimique de l'huile de la pulpe des fruits de *Canarium schweinfurthii* Engl. au cours du stockage. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **2**(3): 249-257. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v2i3.39760>
- AFNOR (Association Française pour la Normalisation). 1984. *Recueil des normes françaises : corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés* (3<sup>e</sup> eds.). AFNOR: Paris; 459 p.
- Agarwal A, Aponte-Mellado A, Premkumar BJ, Shaman A, Gupta S. 2012. The effects of oxidative stress on female reproduction: A review. *Reprod. Biol. Endocrinol.*, **10**: 49. DOI: <https://doi.org/10.1186/1477-7827-10-49>
- Aïssi VM, Soumanou MM, Tchobo FP, Kiki D. 2009. Etude comparative de la qualité des huiles végétales alimentaires raffinées en usage au Bénin. *Bulletin d'Informations de la Société Ouest Africaine de Chimie*, **6**: 25–37.
- Al-Gubory KH, Fowler PA, Garrel C. 2010. The roles of cellular reactive oxygen species, oxidative stress and antioxidants in pregnancy outcomes. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, **42**: 1634–1650. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2010.06.001>
- Ali HE, El-Waseif MA. 2015. Effect of Treated Olive Fruits by Some Growth Regulators on Physiochemical properties of Extracted Olive Oil. *Curr. Sci. Int.*, **4**(1): 105-116.
- Batel W, Graef M, Meyer GJ, Moller R, Schoedder F. (1980). Pflanzenole für die Kraftstoff-und Energieversorgung. *Grundlagen der Landtechnik*, **30**(2): 40-51.
- Bohm V, Putpitarsari-Nienaber NL, Ferruzzi MG, Schwartz SJ. 2002. Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene, lycopene and zeaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**: 221–226.
- Brendler T, Eloff JN, Gurib-Fakim A, Phillips LD. 2010. *African herbal pharmacopoeia*. Graphic press Ltd: Mauritius.
- CODEX ALIMENTARIUS. 2009. Normes alimentaires Internationales pour les huiles végétales portant un nom spécifique CODEX STAN 210-1999. Adoptée en 1999. Amendement: 2005, 2011, 2013, 2015. Révision: 2001, 2003, 2009. CODEX ALIMENTARIUS.
- Costache MA, Campeanu G, Neata G. 2012. Studies concerning the extraction of chlorophyll and total carotenoids from vegetables. *Romanian Biotechnological Letters*, **17**(5):7702-7708.
- Dahouenon-Ahoussi E, Djenontin TS, Codjia DRM, Tchobo FP, Alitonou AG, Dangou AF, Sohounhloue DCK. 2012. Morphologie des fruits et quelques

- caractéristiques physique et chimique de l'huile et des tourteaux de *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(5): 2263-2273. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i5.32>
- Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR. 2008. *Fennema's Food Chemistry* (4th edn.). CRC Press FL: Boca Raton.
- Denis J, Briant J, Hipeaux J-C. 1997. *Physico-Chimie des Lubrifiants: Analyses et essais*. Éditions OPHRYS.
- Donaldson MS. 2004. Nutrition and cancer: a review of the evidence for an anti-cancer diet. *Nutrition Journal*, **3**: 19. DOI: <http://doi:10.1186/1475-2891-3-19>
- Espitalier X. 2014. Intérêt de la *Griffonia simplicifolia*, *Mucuna pruriens* et de *Rhodiola rosea* dans le traitement de la dépression. Thèse de doctorat d'Etat en pharmacie, Université de Lorraine, France.
- FAO/WHO. 1988. Requirements of vitamin A, iron folate and vitamin B12, report of a joint FAO/WHO expert consultation. FAO: Food and Nutrition Series n°. 23; FAO, ROME, Italy.
- He FJ, Macgregor GA. 2008. Beneficial effects of potassium on human health. *Physiol Plant*, **133**(4): 725-735.
- Houmba GNR, GANDONOU CB, Houssou AP, Capo-Chichi M, Houngbeme A et Gbaguidi F. 2016. Evolution des caractéristiques physico-chimiques de la graine et de l'huile de pourghère (*Jatropha curcas*) en fonction du degré de maturité des fruits. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **10**(2): 599-608. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.12>
- Johnson EJ. 2014. Role of lutein and zeaxanthin in visual and cognitive function throughout the lifespan. *Nutr. Rev.*, **72**: 605-612. <https://doi:10.1111/nure.12133>.
- Karleskind A. 1992. Manuel des corps gras Tome II. Paris: Ed. Tec et doc; 1992.
- Kemi VE, Kärkkäinen MUM, Lamberg-Allardt CJE. 2006. High phosphorus intake acutely and negatively affect calcium and bone metabolism in a dose-dependent manner. In *Practical Pharmacognocny* (19<sup>th</sup> edn), Khandewal KR (ed). Nirali Prakashan: Pune.
- Lichtenthaler HK, Wellburn AR. 1985. Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents. *Biol. Soc. Trans.*, **11**: 591-592.
- Litonjua AA, Rifas-Shiman SL, Ly NP, Tantisira KG, Rich-Edwards JW, Camargo CA Jr, Weiss ST, Gillman MW, and Gold DR. 2006. Maternal antioxidant intake in pregnancy and wheezing illnesses in children at 2 y of age. *Am. J. Clin. Nutr.*, **84**: 903-911. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.4.903>
- Lovett P, Miller E, Mensah P, Adams V, Kannenberg C. 2005. Guide à l'exportation du beurre de karité. Publication produite pour examen par l'USAID (United States Agency for International Development).
- Mangels AR, Holden JM, Beacher GR, Forman MR. 1993. Carotenoid content of fruits and vegetables: an Evaluation of analytic data. *Journal of American Dietetic Association*, **93**: 284-296.
- Mehta HD, Mangrulkar SV, Chourasia AJ. 2015. A review on *Griffonia simplicifolia* – A natural anti-depressant. *International Journal of Phytopharmacology*, **6**(2): 76-79.
- Mezghache M, Henchiri C, Martine L, Berdeaux O, Aouf N, Juaneda P. 2010. Contribution à l'étude de la fraction insaponifiable de trois huiles d'olive issues des variétés Guasto, Rougette et Blanquette plantés dans l'est algérien. *OCL*, **17**(5): 337-344. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl.2010.0330>
- Miyake Y, Sasaki S, Tanaka K, Hirota Y. 2010. Consumption of vegetables, fruit, and antioxidants during pregnancy and wheeze and eczema in infants. *Allergy*, **65**: 758-765. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2009.02267.x>
- Monde AA, Michel F, Carbonneau MA, Tiahou G, Vernet MH, Duvernay-Eymard S, Adon B, Konan E, Cristol JP,

- Sess D. 2008. Teneur en acides gras et en antioxydants de l'huile de palme en Côte d'Ivoire. Fatty acid and antioxidant contents of palm oil of Côte d'Ivoire. *Pharmacopée et Médecine Traditionnelle Africaines*, **15**: 11–17.
- Multon JL. 2002. *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires* (3ème éd). Collection sciences et techniques agroalimentaires : Paris.
- Onyeike EN, Acheru GN. 2002. Chemical composition of selected Nigerian oil seeds and physicochemical properties of the oil extracts. *Food Chem.*, **77**: 431-437.
- Pathak SK, Tahilani P, Jain NP, Banweer J. 2010. A review on *Griffonia simplicifolia* – an ideal herbal antidepressant. *IJPLS*, **1**(3):174-181.
- Orjuela MA, TitievskyL, Liu X, Ramirez-Ortiz M, Ponce-Castaneda V, Lecona E, Molina E, Beaverson K, Abramson DH, Mueller NE. 2005. Fruit and vegetable intake during pregnancy and risk for development of sporadic retinoblastoma. *Cancer Epidemiol. Biomark. Prev.*, **14**: 1433–1440. DOI: <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-04-0427>
- Petry FC, Mercadante AZ. 2017. New Method for Carotenoid Extraction and Analysis by HPLC-DAD-MS/MS in Freeze-Dried Citrus and Mango Pulps. *J. Braz. Chem. Soc.*, **29**(1): 205-215. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20170127>.
- Ramazanov Z, Petkov G. 2003. Fatty acids and sterols in griffonia seeds oil. *Grasas y Aceites*, **54**(1): 30-31.
- Sawadogo I, Koala M, Dabire C, Ouattara LP, Bazie VBEJT, Hema A, Gnoula C, Pale E, Nébié RHC. 2015. Etude de l'influence des modes de transformation sur les teneurs en lycopène de quatre variétés de tomates de la région du nord du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(1): 362-370. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.31>
- Tchiégang-Meguéni C. 2003. Variabilité des caractéristiques physico-chimiques des huiles de extraites des amandes *Balanites aegyptiaca* L. Del. en provenance du Cameroun et du Tchad. *Procédé Biologiques alimentaires*, **1**(1): 11p.
- Thorne-Lyman AL, Fawzi WW. 2012. Vitamin A and carotenoids during pregnancy and maternal, neonatal and infant health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.*, **26**:S36–S54. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2012.01284.x>
- Vaňková K, Marková I, Jašprová J, Dvořák A, Subhanová I, Zelenka J, Novosádová I, Rasl J, Vomastek T, Sobotka R, Muchová L, Vítek L. 2018. Chlorophyll-Mediated Changes in the Redox Status of Pancreatic Cancer Cells Are Associated with Its Anticancer Effects. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2018**(4069167): 11pages. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/4069167>
- Wellburn AR. 1994. The Spectral Determination of Chlorophylls A and B, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *J. Plant Phys.*, **144**: 307-313.
- Wolff JP. 1968. Manuel d'Analyse des Corps Gras. Paris- Azoulay, 115 p.
- Zielińska MA, Wesołowska A, PawlusB, Hamulka J. 2017. Health Effects of Carotenoids during Pregnancy and Lactation. *Nutrients*, **9**(8): 838. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu9080838>.