



Composition biochimique et phytochimique des tourteaux des fruits du safoutier (*Dacryodes edulis*) de Côte d'Ivoire

Arrisson Aka Roger Roland ANO¹, Emmanuel N'dri KOFFI^{2,3*},
Augustin Amissa ADIMA³, Philippe Kessé N'DA³ et Louise Atchibri ANIN¹

¹Laboratoire de nutrition et sécurité alimentaire, UFR STA, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801
Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

²Ecole Normale Supérieure (ENS), Département des Sciences et Technologie, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte
d'Ivoire.

³INPHB, Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles BP
1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant ; E-mail : emmanuelkoffi@gmail.com

RESUME

Les tourteaux de safou obtenus après déshuilage ne sont généralement pas exploités. C'est pour cela que cette étude a été menée afin de les valoriser. Pour ce faire, les tourteaux de la pulpe et de l'amande des fruits du safoutier (*Dacryodes edulis*) ont été étudiés pour leurs compositions biochimiques et phytochimique. Ces tourteaux ont été obtenus après déshuilage de la pulpe et de l'amande (extraction sous presse, macération et extraction au soxhlet). L'analyse des résultats a montré que les différents tourteaux de la pulpe contiennent en moyenne 12,01% de matières grasses, 9,75% de protéines et 26,93% de glucides. Quant aux tourteaux de l'amande obtenus uniquement après macération et au soxhlet, ils renferment 4,65% de matières grasses, 5% de protéines et 20,06% de glucides. Cette analyse a indiqué aussi que les minéraux tels que le phosphore, le potassium, le calcium, le manganèse et le fer ont une teneur qui varie de 0 à 2 mg/100g MS dans les tourteaux de la pulpe et de l'amande. De même, la teneur en zinc, en magnésium et en cuivre varie de 1 à 5 mg/100g MS. Concernant la teneur en sodium, elle est comprise entre 20 et 28 mg / 100 g de MS pour les tourteaux de la pulpe contre 14 et 17 mg / 100 g de MS pour les tourteaux de l'amande. De plus, cette étude a permis de révéler la présence de polyphénols, de flavonoïdes, d'alcaloïdes, de terpènes et de stérols dans les tourteaux. En outre, le tourteau de l'amande dégraissée par macération contient une teneur élevée en polyphénols totaux (1,81 mg/g EAG) et en flavonoïdes totaux (3,01 mg/gEQ) que les autres tourteaux. En somme, la présence de composés bioactifs dans les tourteaux de safou pourraient justifier son utilisation dans le domaine alimentaire et médicinale.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: *Dacryodes edulis*, pulpe, amande, minéraux, composés bioactifs.

Biochemical and phytochemical composition of the cakes of safoutier fruits (*Dacryodes edulis*) from Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Safou cakes obtained after oil extraction from pulp or almond are generally not exploited. Our study aim was to promote them. To do this, the pulp and almond cakes from fruit of *Dacryodes edulis* were studied for their biochemical and phytochemical composition. These cakes were obtained after oil extraction by pressing,

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.6>

7006-IJBSC

maceration and soxhlet. The analysis of the results showed that the different cakes of the pulp contained on average 12.01% of lipids, 9.75% of proteins and 26.93% of carbohydrates. As for, the almond cakes obtained after maceration and soxhlet, contained 4.65% of lipids, 5% of protein and 20.06% of carbohydrates. The analysis also indicated that mineral contents of pulp and almond cakes such as phosphorus, potassium, calcium, manganese and iron varies from 0 to 2 mg/100g DW. Then, the content of zinc, magnesium and copper varies from 1 to 5 mg/100 g DW. Sodium content range from 20 to 28 mg/100 g DW for pulp cake and 14 to 17 mg/100 g DW for almond cake. In addition, results revealed the presence of polyphenols, flavonoids, alkaloids, terpenes and sterols in cakes. Pulp cake obtained after oil extraction by maceration had the higher polyphenols (1.81 mg/g GAE) and flavonoids (3.01 mg/g QE) contents than other cakes. The presence of bioactive compounds in safou cake could interest food and medicinal fields.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Dacryodes edulis*, pulp, almond, minerals, bioactive compounds.

INTRODUCTION

Dacryodes edulis communément appelé safoutier, est un arbre fruitier originaire du Golfe de Guinée (Omogbai et Ojeaburu, 2010). Il se trouve à l'état spontané en forêt équatoriale dans la plupart des pays bordant le Golfe de Guinée depuis la Sierra Léone jusqu'à l'Angola (Todou et al., 2013). Par ailleurs, il a été introduit dans certains pays tels que le Ghana et la Côte d'Ivoire (Sonwa et al., 2002). Il est exploité depuis longtemps par les populations de l'Afrique centrale principalement pour ses fruits comestibles et aussi pour ses feuilles et son écorce ayant des propriétés thérapeutiques (Ajibesin, 2011).

Les fruits du safoutier (safou) possèdent d'énormes vertus nutritionnelles et thérapeutiques. Ce sont de véritables sources de matières grasses (huile), vitamines, minéraux et de protéines (Awono et al., 2002). Selon Grigoras (2012), la consommation du safou permet de réduire certaines maladies telles que le cancer, l'hypertension, l'anémie, la dysenterie, la lèpre et les maladies cardiovasculaires.

En Côte d'Ivoire, les premières plantations de safoutier ont été créées dans la zone d'Azaguié-Brida avant de connaître une vulgarisation dans la région de l'Agneby-Tiassa (Chef-lieu : Agboville). Après cela, quelques recherches scientifiques ont porté sur sa valorisation et sur l'étude de la composition chimique et biochimique de ces fruits

(Kapseu, 2009 ; Kadji et al, 2016). Aussi, Yao et al. (2016) ont déterminé les conditions optimales d'extractions des flavonoïdes totaux et des antioxydants totaux des feuilles du safoutier. Peu d'études réalisées ont concerné les tourteaux de safou. Généralement, ces tourteaux ne sont pas exploités après le déshuilage. Or, selon Poligui (2014), les tourteaux ou pâtes résiduelles des fruits de safou issus de la presse à huile peuvent servir d'aliment de bétails. C'est pour cela que cette étude a été menée afin de valoriser les tourteaux obtenus après déshuilage de la pulpe et de l'amande. Les différents aspects abordés par cette étude sont la détermination des composés biochimiques et phytochimiques de ces tourteaux.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Le matériel végétal étudié est constitué de fruits de safoutier (safou) de la variété *edulis*. Les safous ont été cueillis dans le village d'Azaguié-béda (Sous-préfecture d'Agboville, Côte d'Ivoire) et acheminés au Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN) de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). Au laboratoire, la pulpe de safou a été séparée de l'amande à l'aide d'un couteau inoxydable. Ensuite, la pulpe et l'amande ont été séchées pendant 3 jours, broyées et déshuilées par trois différentes

techniques (extraction sous presse, macération et extraction au soxhlet). Après cela, les tourteaux obtenus ont été récupérés, séchés et conditionnés dans des sachets pour analyse.

Méthodes

Obtention des tourteaux de safou

Les tourteaux de la pulpe ont été obtenus après déshuilage de la pulpe par trois méthodes (extraction sous presse, macération et extraction au soxhlet). Tandis que les tourteaux de l'amande ont été obtenus après déshuilage de l'amande uniquement par macération et au soxhlet (Figure 1).

Extraction de la matière sèche soluble

Le taux de matière sèche soluble des tourteaux a été déterminé selon Mir (2016). Pour ce faire, une masse de 50 g de poudre de tourteau de la pulpe et de l'amande de safou ont été macérées distinctement dans 500 mL d'eau distillée pendant 24 h. Après cela, les macérats ont été filtrés sur du coton hydrophile. Les filtrats obtenus ont été mis dans des boîtes de pétri et ensuite séchés à l'étuve à 50 °C pendant 2 jours. Ainsi, le séchage abouti à l'obtention d'un extrait brut sec du tourteau de la pulpe et de l'amande de safou, à partir desquels ont été réalisés les différents dosages.

Dosage des macronutriments

Les différents teneurs en macronutriments (glucide, protéine, cendre et lipide) des tourteaux de safou ont été déterminées selon la méthode AOAC (1990). Par ailleurs, les glucides totaux ont été dosés selon Agbo et al. (1996). Toutes ces analyses ont été effectuées en triple.

Détermination valeur énergétique (V_E) du tourteau

La valeur énergétique est déterminée selon Atwater et Rosa (1899) en appliquant la formule suivante :

$$V_E \text{ (kcal)} = (9 \times \% \text{ lipide}) + (4 \times \% \text{ Protéine}) + (4 \times \% \text{ Glucide})$$

Dosage des minéraux

La teneur en minéraux (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) des différents tourteaux a été déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique à la flamme (Varian AA 20 Spectromètre, Australie). La teneur en minéraux de ces tourteaux a été déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage de chaque élément dosé.

Criblage phytochimique du tourteau de safou

La mise en évidence de la présence des différentes familles de métabolites secondaires (alcaloïdes, polyphénols, tanins, flavonoïdes, saponine, polyterpènes ou stérols) a été réalisée selon la méthode décrite par Bagre et al. (2007).

• Mise en évidence des polyphénols

Une goutte de solution alcoolique de 2% de chlorure ferrique a été ajoutée à 2 mL d'extraits. L'apparition de coloration bleu-noirâtre ou verte plus ou moins foncée indique une réaction positive.

• Mise en évidence des flavonoïdes

Un volume de 2 mL d'extrait a été mis à sécher sur un bain de sable. Le résidu sec obtenu a été refroidi et repris dans 5 mL d'alcool chlorhydrique (mélange de 10 mL d'éthanol à 96°, 10 mL d'eau distillée et de 10 mL d'acide chlorhydrique concentré). Deux à trois copeaux de magnésium y ont été ajoutés. L'apparition d'une coloration rose-orangée ou violette, après ajout de 3 gouttes d'alcool isoamylique indique la présence de flavonoïdes.

• Mise en évidence des stérols et polyterpènes

Le réactif de Liebermann a été utilisé pour cette mise en évidence. Une masse de 0,1 g d'extrait sec (pulpe et amande) a été dissoute à chaud dans 1 mL d'anhydride acétique et recueilli dans un tube à essai. Ensuite, 0,5 mL d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré y a été ajouté. L'apparition à l'interphase d'un anneau pourpre ou violet, virant au bleu puis au vert,

indique une présence de polyterpènes et de stéroïds.

- *Mise en évidence des alcaloïdes*

Une masse de 1 g d'extrait sec a été dissous dans 6 mL d'éthanol à 60°. La solution alcoolique ainsi obtenue a été répartie dans deux tubes à essai. Dans le premier tube sont ajoutées 2 gouttes de réactif de DRAGENDORFF (solution aqueuse d'iodobismuth de potassium). L'apparition d'un précipité ou d'une coloration orangée indique la présence d'alcaloïdes.

- *Mise en évidence des tanins*

- Tanins catéchiques

Un volume de 15 mL de réactif de STIASNY (10 mL de formol à 40% additionné de 5 mL d'HCl concentré) a été ajouté à 1 g d'extrait sec. Le mélange a été maintenu au bain-marie à 80°C, pendant 30 min et refroidi sous courant d'eau. L'apparition de gros précipités sous forme de flocons indique la présence de tanins catéchiques.

- Tanins galliques

La solution contenant les flocons a été filtrée et le filtrat recueilli a été ensuite saturé d'acétate de sodium. Au mélange, 3 gouttes de chlorure ferrique 2% y ont été ajoutées. L'apparition d'une coloration bleu-noire intense indique la présence de tanins galliques.

- *Mise en évidence des saponines*

Une masse de 0,1 g d'extrait sec a été dissoute dans 10 mL d'eau distillée. La solution obtenue a été agitée vigoureusement pendant 45 secondes. Après agitation, la solution a été laissée au repos pendant 15 minutes. L'observation d'une mousse persistante, d'une hauteur supérieure à 1 cm, indique la présence de saponines.

Dosage des flavonoïdes totaux

La teneur des extraits en flavonoïdes totaux a été déterminée selon Marinova et al. (2005). A 0,3 mL de NaNO₂ à 5% (m/v) ont

été ajoutés 0,3 mL d'AlCl₃ à 10% (m/v) et 1 mL d'extrait de tourteau. Après 5 min de réaction à température ambiante (30 ± 2 °C), le mélange a été additionné de 2 mL de NaOH (1 M). Le volume du mélange a été ajusté à 10 mL avec de l'eau distillée. Après agitation vigoureuse du mélange, l'absorbance de la solution obtenue a été mesurée au spectrophotomètre à $\lambda = 510$ nm. La quantité de flavonoïdes totaux dosés a été exprimée en milligramme EQ (Equivalent Quercétine) par gramme de matière sèche. Tous les dosages sont réalisés en triple.

Dosage des polyphénols totaux

La teneur des extraits en flavonoïdes totaux a été déterminée selon Wood et al.(2002). A 2,5 mL de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 1/10^{ème} sont ajoutés 30 μ L d'extrait de tourteau. Le mélange est maintenu pendant 2 min à l'obscurité à température ambiante (30 ± 2 °C). On y ajoute 2 mL de Na₂CO₃ (75 g.L⁻¹). Le mélange est incubé à 50 °C dans un bain marie pendant 15 min pour permette le total développement de la coloration bleue du mélange réactionnel. L'absorbance est lue au spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde de $\lambda = 760$ nm. Cette absorbance est proportionnelle à la concentration en polyphénols totaux de l'extrait dosé. Les polyphénols totaux dosés sont exprimés en milligramme Equivalent Acide Gallique par gramme de matière sèche (mg/g EAG MS). Tous les dosages ont été réalisés en triple.

Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée en faisant une analyse des variances à un facteur (ANOVA à 1 facteur) pour toutes les données (moyenne de chaque paramètre dosé). Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel *Statistica 7.1*. Les comparaisons des moyennes ont été effectuées par le test de Newman-Keuls au niveau de signification de 5%.

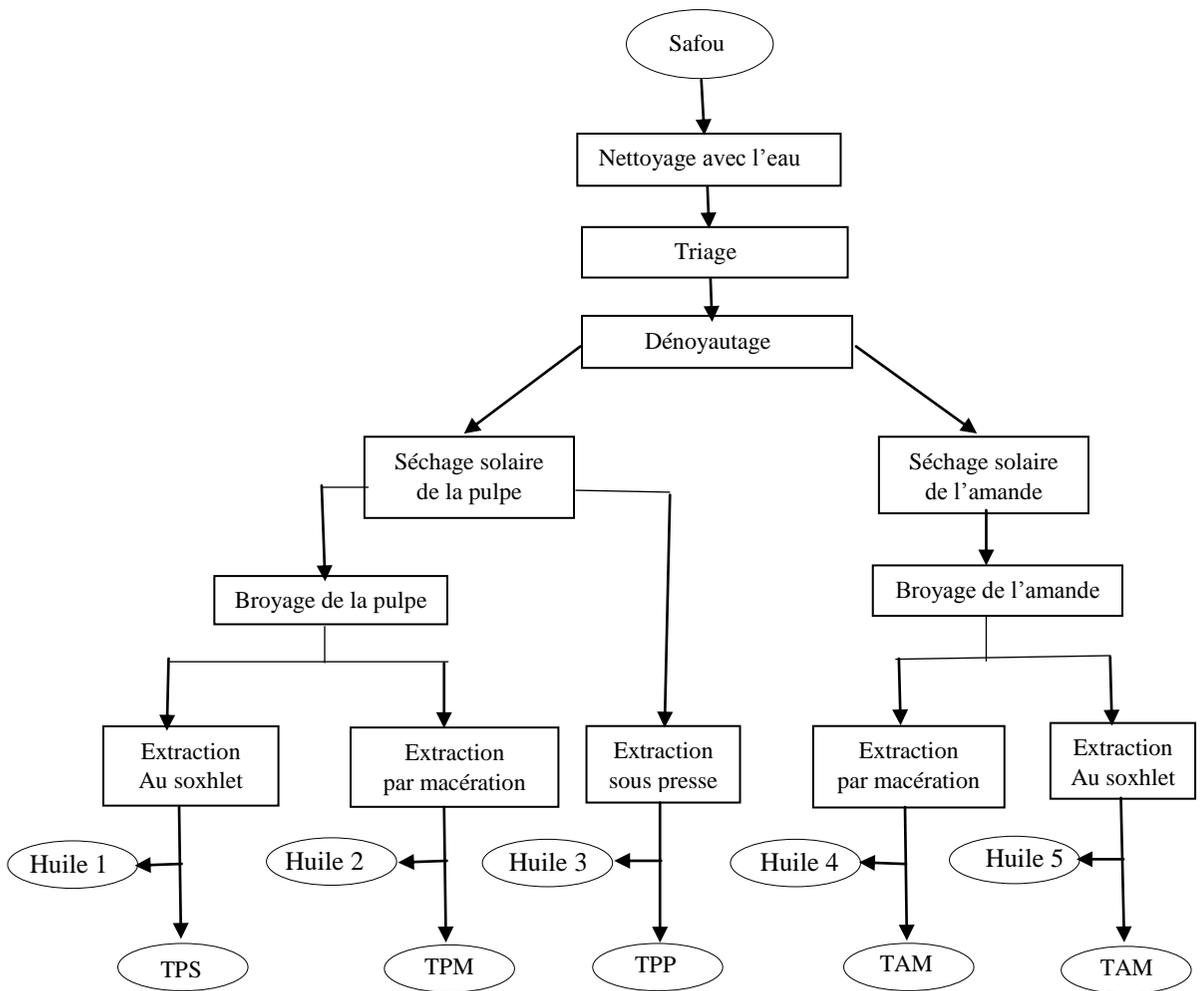


Figure 1: Diagramme d’obtention des différents tourteaux de safou.

TPS: Tourteau de la pulpe déshuilée au Soxhlet ; *TPM:* Tourteau de la pulpe déshuilée par macération ; *TPP:* Tourteau de la pulpe déshuilée sous presse ; *TAM:* Tourteau de l’amande déshuilée par macération ; *TAS:* Tourteau de l’amande déshuilée au Soxhlet.

RESULTATS

Le Tableau 1 présente la composition en macronutriments (lipides, protéines et glucides) des tourteaux séchés de safou. L’analyse du Tableau 1 montre que la teneur moyenne en eau (7,21%) et en cendre (2,82%) des tourteaux issus de la pulpe est plus élevée que celle des tourteaux de l’amande avec une teneur moyenne en eau et en cendre respectivement de 2,06% et 3,13%. De même, la teneur en lipides, protéines et glucides des tourteaux de la pulpe sont supérieures à celles de l’amande (Tableau 1). De ce fait, la valeur

énergétique des tourteaux de la pulpe est de toute évidence supérieure à celle des tourteaux de l’amande.

Les teneurs en minéraux de ces tourteaux sont présentés dans le Tableau 2. L’analyse des résultats a montré que le phosphore, le potassium et le calcium ont une teneur comprise entre 0 à 2 mg/100 g MS dans les tourteaux de la pulpe et de l’amande. En outre, les teneurs en zinc et en cuivre des tourteaux de la pulpe sont proches de celles de l’amande avec des valeurs qui varient de 2 à 3 mg/100 g MS. Le tourteau de la pulpe obtenu

après déshuilage au soxhlet contient $21,56 \pm 1,31$ mg/100 g MS de sodium et $0,08 \pm 0,07$ mg/100 g MS de manganèse, tandis que celui obtenu après déshuilage de la pulpe par macération a une teneur en sodium de $27,02 \pm 2,03$ mg/100 g MS et manganèse de $0,13 \pm 0,06$ mg/100 g MS contre $25,4 \pm 0,01$ mg/100 g MS de sodium et $0,15 \pm 0,01$ mg/100 g MS de manganèse pour le tourteau de la pulpe obtenu après déshuilage sous presse. Par ailleurs, dans les tourteaux de l'amande, la quantité de sodium et de manganèse sont respectivement de $16,12 \pm 0,00$ mg/100 g MS et $0,04 \pm 0,01$ mg/100 g MS pour celui obtenu après déshuilage par macération, contre $14,56 \pm 1,72$ mg/100 g MS de sodium et $0,07 \pm 0,02$ mg/100 g MS de manganèse pour celui obtenu après déshuilage au soxhlet. De plus, la quantité de magnésium des tourteaux de l'amande obtenus par macération ($2,37 \pm 0,01$ mg/100 g) et au soxhlet ($1,94 \pm 1,59$ mg/100 g) sont supérieures à celles des tourteaux de la pulpe obtenus après déshuilage par macération ($1,17 \pm 0,3$ mg/100 g) et soxhlet ($1,91 \pm 1,99$

mg/100 g). Au niveau de la teneur en fer, la quantité moyenne dans les tourteaux de la pulpe et de l'amande est de $0,01$ mg/100 g.

Le screening phytochimique des différents tourteaux a révélé la présence de métabolites secondaires (les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les Stérols et terpènes) dans les tourteaux de la pulpe et dans l'amande du safou (Tableau 3). En plus des métabolites secondaires suscités, seuls les tourteaux de l'amande contiennent des tanins. De même, les saponines ont été trouvées seulement dans les tourteaux de la pulpe. Parmi ces phytonutriments présents dans les tourteaux, les polyphénols totaux et les flavonoïdes totaux ont été dosés. Les résultats obtenus sont présentés par la Figure 2. L'analyse de la Figure 2 montre que les tourteaux de la pulpe et de l'amande obtenus après déshuilage par macération et sous presse contiennent plus de flavonoïdes totaux et de polyphénols totaux que ceux obtenus après extraction de l'huile au soxhlet.

Tableau 1: Composition en macronutriments des tourteaux séchés de la pulpe et de l'amande.

Types de tourteau	Paramètres biochimiques					
	Humidité (%)	Cendres (%)	Lipides (%)	Protéines (%)	Glucides (%)	E (Kcal/100g)
TPS	$6,08 \pm 1,04^b$	$3,51 \pm 1,01^a$	$12,11 \pm 0,04^d$	$8,04 \pm 0,87^c$	$23,17 \pm 1,27^c$	$233,83 \pm 1,59^c$
TPM	$8,17 \pm 1,74^c$	$2,79 \pm 1,78^a$	$14,26 \pm 0,35^e$	$11,14 \pm 0,91^b$	$26,07 \pm 0,8^d$	$277,18 \pm 0,15^e$
TPP	$7,38 \pm 0,43^{b,c}$	$2,16 \pm 0,01^a$	$9,66 \pm 0,01^c$	$10,07 \pm 0,05^b$	$31,57 \pm 0,01^e$	$253,5 \pm 0,39^d$
TAM	$3,3 \pm 0,13^a$	$2,09 \pm 0,01^a$	$4,21 \pm 0,08^b$	$5,4 \pm 0,33^a$	$20,99 \pm 0,01^b$	$143,45 \pm 0,3^b$
TAS	$2,97 \pm 0,58^a$	$2,03 \pm 1,64^a$	$5,10 \pm 0,25^b$	$4,61 \pm 0,77^a$	$19,14 \pm 0,27^a$	$140,9 \pm 0,66^a$

Dans chaque colonne, les moyennes non suivies par une même lettre minuscule sont statistiquement différentes à un seuil de 5% ($P < 0,05$). E : valeur énergétique.

Tableau 2 : Teneur en minéraux des tourteaux de safou (mg/100 g MS).

Minéraux	Tourteaux				
	TPS	TPM	TPP	TAM	TAS
Phosphore	0,28 ± 0,1 ^a	0,33 ± 0,03 ^{a,b}	0,49 ± 0,02 ^c	0,43 ± 0,02 ^{b,c}	0,39 ± 0,1 ^{a,b}
Potassium	0,46 ± 0,08 ^a	0,38 ± 0,06 ^a	1,55 ± 0,02 ^a	0,54 ± 0,01 ^a	0,46 ± 0,15 ^a
Calcium	0,29 ± 0,06 ^a	0,19 ± 0,12 ^a	0,23 ± 0,02 ^a	0,02 ± 0,01 ^b	0,06 ± 0,05 ^b
Manganèse	0,08 ± 0,07 ^{a,b}	0,13 ± 0,06 ^{a,b}	0,15 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,07 ± 0,02 ^{a, b}
Fer	0,03 ± 0,02 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,01 ^a
Sodium	21,56 ± 1,31 ^c	27,02 ± 2,03 ^b	25,4 ± 0,01 ^b	16,12 ± 0,00 ^a	14,56 ± 1,72 ^a
Zinc	3,31 ± 1,17 ^a	2,83 ± 1,47 ^a	3,49 ± 0,03 ^a	3,71 ± 0,01 ^b	3,52 ± 1,76 ^a
Magnésium	1,17 ± 0,3 ^a	1,91 ± 1,99 ^a	2,32 ± 0,01 ^a	2,37 ± 0,01 ^a	1,94 ± 1,59 ^a
Cuivre	3,64 ± 1,12 ^a	4,13 ± 0,92 ^a	4,58 ± 0,01 ^a	4,22 ± 0,01 ^a	3,97 ± 1,43 ^a

Dans chaque ligne, les moyennes non suivies par une même lettre minuscule sont statistiquement différentes à un seuil de 5% ($P < 0,05$).

Tableau 3 : Composés phytochimiques dans les extraits de tourteaux de la pulpe et de l'amande.

Extraits de tourteau	Composés phytochimiques						
	Polyphénol	Flavonoïde	Stérol et polyterpène	Alcaloïde	Tanin Cathéchique	Tanin gallique	Saponine
TPM	+	+	+	+	-	-	+
TPS	+	+	+	+	-	-	+
TPP	+	+	+	+	-	-	+
TAM	+	+	+	+	+	+	-
TAS	+	+	+	+	+	+	-

- : absence de métabolites

+ : présence de métabolites

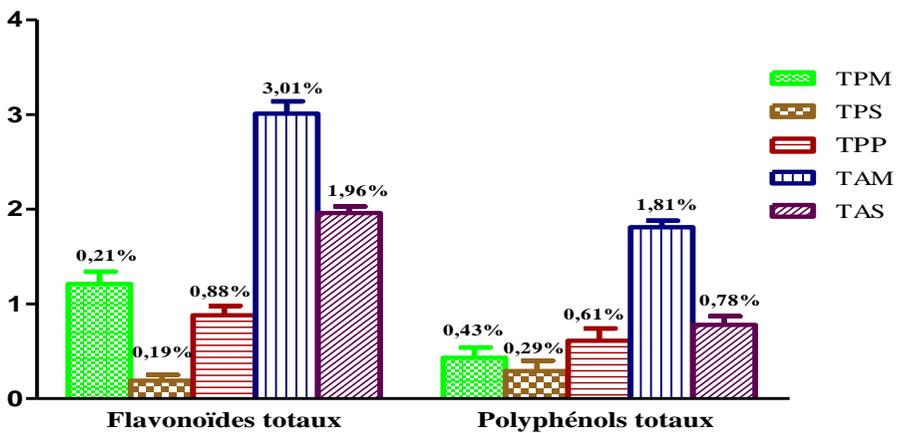


Figure 2 : Teneur en flavonoïdes totaux et en polyphénols totaux destourteaux de la pulpe et de l'amande de safou.

DISCUSSION

Les résultats ont montré que les tourteaux de la pulpe et de l'amande de safou contiennent des macronutriments. Les teneurs en matières grasses des tourteaux de la pulpe et de l'amande sont inférieures à celle du tourteau de palme déshuilée (14,71%) (Adesehinwa, 2007). Par contre, celle des tourteaux de la pulpe de safou est plus élevée que celle des tourteaux de coton (6,32%), soja (9,06%) et tournesol (8,21%) (Borredon et al., 2011). De plus, les teneurs en protéine des tourteaux de la pulpe et de l'amande sont faibles par rapport à celles des tourteaux de la pulpe et de l'amande obtenus par Silou et al. (2002) ayant une valeur comprise entre 13 et 16%. Aussi, la teneur en protéine des tourteaux de safou est largement inférieure à celle du soja (45%) (Régis et al., 2016). Donc, le tourteau de safou peut être enrichi en protéine de soja. Toutefois, les composantes énergétiques (lipides, glucides et protéines) du tourteau de safou (pulpe et amande) apporteraient un complément énergétique de 150 à 260 Kcal non négligeable à l'alimentation animale. Ainsi, les tourteaux de safou pourraient être utilisés comme aliment d'engraissement des volailles maigres. Également, cette énergie présenterait un grand intérêt pour l'organisme animal car elle permettrait de couvrir les besoins d'entretien et de production (Hédji et al., 2014).

Les teneurs en minéraux des tourteaux de la pulpe et de l'amande obtenues sont généralement plus élevées que celles du tourteau de palmier. Selon Lekadou et al. (2008), le tourteau de palmier contient 0,15 mg/100 g de phosphore, 1,05 mg/100 g de potassium et 1,14 mg/100 g de magnésium. Comparés aux autres tourteaux d'utilisation courante (arachide, coton et coprah), les tourteaux de safou contiennent une quantité de minéraux similaire à ceux-ci (Dahouenon-Ahoussi et al., 2012). Ces micronutriments joueraient un rôle important dans le fonctionnement de l'organisme. En effet, le calcium interviendrait dans la construction des os, la contraction musculaire et la coagulation du sang (Soetan et al., 2010 ; Ujowundu et al.,

2010). Concernant le sodium et le potassium, ils interviendraient dans l'équilibre acido-basique (Soetan et al., 2010). Le phosphore, lui, serait un élément majeur du système osseux et participerait aux réactions de phosphorylation impliquées dans la production d'énergie. Quant au magnésium, il serait impliqué dans l'adaptation au stress, dans l'excitabilité neuromusculaire et participerait aux réactions métaboliques et énergétiques (Kadji et al., 2016). Le zinc serait un anti-inflammatoire et un agent antioxydant (Prasad, 2009). La présence de cuivre serait essentielle pour maintenir la fermeté de la peau, des vaisseaux sanguins, épithéliaux et tissus conjonctifs dans tout le corps. Le fer bien qu'étant présent en faible quantité dans le tourteau de la pulpe et de l'amande est connu comme un élément important et ayant des rôles vitaux dans l'organisme animal et humain. C'est un composant de l'hémoglobine. Il aide au transport de l'oxygène. La carence en fer entraîne une croissance médiocre, une altération de la fonction immunitaire et par conséquent un retard mental chez l'enfant (Okwu et Nnamdi, 2008). C'est pourquoi, une supplémentation en fer des deux tourteaux serait nécessaire. Cela permettrait d'assurer une bonne formation de l'hémoglobine et le déroulement normal du métabolisme de l'animal ainsi que de l'homme ((Kadji et al., 2016).

Le screening phytochimique a révélé la présence de métabolites secondaires tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les saponines, les terpènes et les stéroïdes dans les tourteaux de la pulpe et de l'amande de safou. La présence de ces phytonutriments dans les tourteaux de safou pourrait justifier l'usage thérapeutique du fruit de safou. En effet, la consommation des fruits de safou permet de guérir plusieurs maladies telles que la constipation, le cancer, l'ostéoporose, la dyslipidémie, les maladies cardiovasculaires, et l'anxiété (Grigoras, 2012).

Cette étude a aussi révélé que les teneurs en polyphénols et flavonoïdes totaux des tourteaux de la pulpe et de l'amande déshuilés

au soxhlet sont faibles par rapport aux tourteaux de la pulpe et de l'amande déshuilés par macération et sous presse. Cette faible teneur pourrait être due à la dégradation de ceux-ci sous l'effet de la chaleur. A l'exception des tourteaux extraits au soxhlet, les résultats sont similaires à celui du tourteau de canola dont les teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes totaux sont respectivement de 4,88 mg/gEAG et 0,20 mg/g EQ (Teh et al., 2014). Ces composés phytochimiques présenteraient un intérêt thérapeutique très important. Ils sont reconnus comme ayant des propriétés antioxydante, laquelle propriété qui leur permet de jouer un rôle dans le traitement des maladies inflammatoires, cardiovasculaires ou neuro-dégénératives (Pandey et rizvi, 2009 ; Tsao, 2010). La plupart de ces maladies trouvent une partie de leur cause dans les effets produits par le stress oxydatif (Tsao, 2010 ; Nguele et al., 2016). Pour cela, les tourteaux de safou pourraient intervenir dans la lutte contre ce dernier.

En outre, la présence de tanins dans les tourteaux de l'amande pourrait permettre aux consommateurs de diminuer la concentration en cholestérol total sérique et hépatique (Rassouli et al., 2010). Quant aux saponines, elles agiraient comme anti-hyperlipidémie, hypotensive et auraient des propriétés cardiodépressives (Ogboru et al., 2015). Également, Les saponines inhiberaient l'absorption intestinale du cholestérol entraîneraient donc une diminution du cholestérol sanguin (Haleng et al, 2007). En plus du rôle d'antimicrobien (Faizi et al, 2003), les alcaloïdes joueraient un rôle détoxifiant et antihypertenseur (Awoyinka et al, 2007). De même, la présence de terpènes et de stérols pourrait inhiber l'absorption du cholestérol et des acides biliaires entraînant ainsi des effets appréciables sur le taux de cholestérol des LDH. Ils seraient aussi dotés d'activités anti-inflammatoires, anti-cancéreuses et antibactérienne (Badri et al., 2013). De plus, les alcaloïdes, les saponines, les polyphénols et les flavonoïdes pourraient influencer le métabolisme du glucose par plusieurs

mécanismes tels que l'inhibition de la digestion des glucides et l'absorption du glucose dans l'intestin et la stimulation de la sécrétion d'insuline par les cellules bêta pancréatiques. Cela permet de moduler la libération et l'utilisation du glucose hépatique, l'activation du récepteur de l'insuline, la consommation de glucose dans les tissus insuline-résistance (Peksel et al., 2006; Ujowundu et al., 2010).

En somme, le tourteau de safou présente les qualités nutritionnelles aussi intéressantes que le tourteau de soja ou encore de tournesol. Cependant, ils possèdent une faible concentration en protéines et en fer. D'où la nécessité d'un enrichissement en ces nutriments.

Conclusion

Cette étude a permis de déterminer la composition biochimique et phytochimique des tourteaux de safou (pulpe et amande). Les résultats ont montré que ces tourteaux contiennent des lipides, des protéines, des glucides et des minéraux. De plus, il renferme des composés phytochimiques tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les saponines, les terpènes et les stérols. Il ressort également des analyses que les tourteaux de la pulpe sont plus riches en composés nutritionnels et bioactifs que ceux de l'amande. La présence de ces composés bioactifs dans les tourteaux de safou pourrait justifier son utilisation dans le domaine alimentaire et médicinale.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AARRA a assuré la collecte, les manipulations expérimentales, l'analyse des données et la rédaction du manuscrit. ENK, AAA, PKN et LAA ont participé à l'analyse des données et à la correction de l'article. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit définitif.

REFERENCES

- Agbo NG, Soumanou M, Yao KA. 1996. Nouvelles techniques de conservation de la banane plantain en milieu rural avec de la matière végétale. *Sciences des Aliments*, **16**(6): 607-621.
- Adeshinwa AOK. 2007. Utilization of palm kernel cake as a replacement for maize in diets of growing pigs: effects on performance, serum metabolites, nutrient digestibility and cost of feed conversion. *Bulg. J. Agric. Sci.*, **13**: 593-600.
- Ajibesin KK. 2011. *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam: A Review on its Medecinal, Phytochemical and Economical Properties. *J Med Plant Res.*, **5**(1): 32-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/rjmp.2011.32.41>
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the AOAC (Ed.15). AOAC, **2**: vii +1298pp.
- Atwater W, Rosa E. 1899. A new respiratory calorimeter and the conservation of energy in human bodyII physical. *Phys. Rev.*, **9**: 214-251. DOI: <http://doi.org/10.1103/PhysRevSeriesI.9.214>
- Awono A, Ndoye O, Schreekenberg K. 2002. Production and marketing of *Dacryodes edulis* in Cameroon and internationally: market development issues. *J. Bioresour. Technol.*, **12**: 125-147. DOI: <http://doi.org/10.1080/14728028.2002.9752416>
- Awoyinka OA, Balogun IO, Ogunnowo AA. 2007. Phytochemical screening and in vitro bioactivity of *Cnidioscolus aconitifolius* (Euphorbiaceae). *J. Med. Plant. Res.*, **1**(3): 063-065.
- Badri W, Hsaine M, Bourhim N, Fougrach H. 2013. Evaluation des activités antioxydante et anti-inflammatoire de *Erica arborea L.* du Maroc. *J. Pathologie Biologie*, **61**: 254-258. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.patbio.2013.03.005>.
- Bagre I, Bahi C, Gnahoue G, Djaman AJ., Guede GF. 2007. Composition phytochimique et évaluation *in vitro* de l'activité antifongique des extraits des feuilles de *morinda morindoides* (baker) milne-redhead (*rubiaceae*) sur *aspergillus fumigatus* et *candida albicans*. *J. Sci. Pharm. Biol.*, **8**(1):15-23.
- Borredon ME, Berger M, Dauguet S, Labalette F, Merrien A, Mouloungui Z, Raoul Y. 2011. Débouchés actuels et futurs du tournesol produit en France -Critères de qualité. *Innovations Agronomiques*, **14**: 19-38.
- Dahouenon-Ahoussi E, Djenontin TS, Codjia DRM, Tchobo FP, Alitonou AG, Dangou J, Avlessi F, 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>
- Faizi S, Khan RA, Azher S, Khan SA, Tauseef S, Ahmad A. 2003. New microbial alkaloids from the roots of *Polyalthia longifolia var. pendula*. *Planta Medica*, **69**: 350-355. DOI: <http://doi.org/10.1055/s-2003-38883>
- Grigoras CG. 2012. Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs. Thèse, Université de l'Orléans, France, p. 260.
- Haleng J, Pincemail J, Defraigne JO, Charlier C, Chapelle JP. 2007. Le stress oxydant. *Rev. Med. Liege*, **62**(10) : 628-638.
- Hêdji CC, Gangbazo KNSD, Houinato RM, Fiogbé DE. 2014 : Valorisation de *Azollas pp*, *Moringa oleifera*, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale: synthèse bibliographique. *J. Appl. Biosci.*, **81**: 7277-7289. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v81i1.4>
- Kadji BRL, Kone FMT, Sika AE, Dabonne S. 2016. Physico-chemical properties of Safou (*Dacryodes edulis*) fruits grown in Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **105**: 10103-10110. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v105i1.6>

- Kapseu C. 2009. Production, analyse et applications des huiles végétales en Afrique. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, **16**(4-5-6): 215-229. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2009.0280>
- Lekadou TT, N'goran A, Konan JL, Allou K, Zakra N, Assa A. 2008. Décomposition des tourteaux de coprah et de palmiste et effets sur la croissance des cocotiers (*Cocos nucifera* L.) en pépinière et la nutrition minérale des cocotiers adultes en Côte-d'Ivoire. *Sciences & Nature*, **5**(2): 155-166. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/scinat.v5i2.42161>
- Marinova D, Ribarova F, Atanassova M. 2005. Total phenolics in bulgarian fruits and vegetables. *J. Univ. Chem. Technol. Met.*, **40**: 255-260. DOI: <http://doi.org/10.4236/cm.2013.44018>
- Mir H. 2016. Effet d'un extrait lyophilisé de l'écorce de citron vert (*citrus latifolia*) combiné à la protéine purifiée de sadine sur le profil lipidique et le statut redox chez les rats *Wistar* rendus hypercholestérolémiques. Thèse de Doctorat, Université d'Oran, Algérie, p.121.
- Nguele LR, Fokunang CN, Etoundie C, Chakokan RM, Ngondi JL, Tembe EA, Kechia F, Ngameni B, Gatsing D, Eyong JO. 2016. Utilisation des espèces du genre *Aframomum* (*Aframomum aulacocarpus*, *A. citratum*, *A. daniellii*) pour le contrôle du poids, le profil lipidique et le statut antioxydant chez les rats *Wistar* nourris avec une diète athérogène. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(6): 2575-2586. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i6.14>
- Ogboru RO, Okolie PL, Agboje I. 2015. Phytochemical Screening and Medicinal Potentials of the Bark of *Dacryodes edulis*(G. Don) HJ Lam. *J Environ Anal Chem.*, **2**: 158. DOI: <http://doi.org/10.4172/2380-2391.1000158>
- Okwu DE, Nnamdi UF. 2008. Evaluation of the chemical composition of *dacryodes edulis* and *raphia hookeri* Mann and Wendl exudates used in herbal medicine in southeastern nigeria. *Afr. J. Trad. CAM.*, **5**(1): 194-200. DOI: <http://doi.org/10.4314/ajtcam.v5i2.31273>
- Omogbai BA, Ojeaburu SI. 2010. Nutritional composition and Microbial spoilage of *Dacryodes edulis* Fruits vended in Southern Nigeria. *Sci. World J.*, **5**: 1-5.
- Pandey KB, Rizvi SI. 2009. Current understanding of dietary polyphenols and their role in health and disease. *Curr Nutr Food Sci.*, **5**: 249-263. DOI: <http://dx.doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Peksel A, Arisan I, Yanardag. 2006. Antioxidant activities of aqueous extracts of purslane (*Portulaca oleracea* subsp. sativa L.). *Ital J. Food Sci.*, **3**: 295-308.
- Poligui RN. 2014. Étude de l'entomofaune au sein d'associations culturelles comprenant le safoutier (*Dacryodes edulis*) dans le haut-ogooe (GABON). Thèse de Doctorat, Université de Liege, Belgique, p. 184.
- Prasad MDAS. 2009. Impact of the Discovery of Human Zinc Deficiency on Health. *J. Am. Coll. Nutr.*, **28**(3): 257-265. DOI: <http://doi.org/10.1080/07315724.2009.1071980>
- Rassouli A, Fatemi A, Asadi F, Salehi M. 2010. Effects of Fig tree leaf (*Ficus carica*) extracts on serum and liver cholesterol levels in hyperlipidemic rats. *Int. J. Vet. Res.*, **4**: 77-80.
- Régis J, Joffre F et Frédéric Fine F, 2016. Impact de la trituration et du raffinage sur la teneur en micronutriments des huiles végétales de colza, soja et tournesol. *O.C.L.*, **23**(3): D302. DOI: <http://doi.org/10.1051/ocl/2016010>
- Silou T, Rocquelin G, Mouaragadja I, Gallon G. 2002. Chemical composition and nutritional characteristics of safou of Cameroun, the Congo-Brazaville, the Congo-Kinshasa and Gabon. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, **79**(5): 177-182.
- Soetan KO, Olaiya CO, Oyewole OE. 2010. The importance of mineral elements for

- humans, domestic animals and plants. *Afr. J. Food Sci.*, **4**(5): 200-222.
- Sonwa DJ, Okafor JC, Buyungu PM, Weise SF, Tchatat M, Adesina AA, Nkongmeneck AB, Ndoeye O, Endamana D. 2002. *Dacryodes edulis*, a neglected non-timber forest species for the agroforestry systems of West and Central Africa. *For. Trees Livelihoods*, **12**: 41-55. DOI: <http://doi.org/10.1080/14728028.2002.9752409>
- Teh S, Bekhit AE, Birch J. 2014. Antioxidative Polyphenols from Defatted Oilseed Cakes: Effect of Solvents. *Antioxidants*, **3**: 67-80. DOI: <http://doi.org/10.3390/antiox3010067>
- Todou G, Benoit L, Coppens GE, Joly HI, Onana JM, Achoundong, Akoa A. 2013. Comparaison des diversités génétiques de *Dacryodes edulis* (G.Don) H.J. Lamet de *Dacryodes buettneri* (Engel.) H.J. Lam (Burséracées), deux espèces forestières utiles en Afrique centrale. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(3): 1243-1254. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.30>
- Tsao R. 2010. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, **2**(12): 1231-1246. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu2121231>
- Ujowundu CO, Kalu FN, Okafor EO, Agha CN, Alisi CS, Nwaoguikpe RN. 2010. Evaluation of the chemical composition of *Dacryodes edulis* (G. Don) seeds. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(4): 1225-1233. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v4i4.63058>
- Wood JE, Senthilmohan ST, Peskin AV. 2002. Antioxydant activity of procyanidin containing plant extracts at different PH. *Food chemistry*, **77**:155-161.
- Yao JBK, Atchibri LOA, Koffi NE, N'da KP, Adima AA. 2016. Optimisation of total flavonoids and total antioxidants extraction from *dacryodes edulis* leaves. *Int. J. Curr. Res.*, **8**(11): 42130-42135.