

Composition en vitamines et en minéraux des graines de *Pterocarpus santalinoides* L'Hér. ex De. (Papilionoideae), une plante alimentaire et médicinale de l'Afrique de l'Ouest

A.C. Ayéna Tchègnon¹, M. Agassounon Djikpo Tchibozo^{1*}, E. Anago², H. Ahissou², G.A. Mensah³ & C. Agbangla¹

Keywords: *P. santalinoides*- Seeds- Vitamins- Minerals- Cooking influence- Benin

Résumé

Les études ont été entreprises dans le but de contribuer à la réduction des carences en vitamines et en minéraux par l'utilisation des ressources naturelles. La composition en vitamines et en micronutriments des graines crues ou cuites des morphotypes 1 et 2 de *P. santalinoides* L'Hér. ex De. (Papilionoideae), ont été déterminées par des méthodes standardisées AFNOR et AOAC. Dans les matières sèches, les teneurs moyennes en pro vitamine A ont varié de 7 à 100 µg/g et celles en vitamine C de 40.103 à 155.103 µg/g. Les teneurs moyennes en cendres totales, en magnésium, en potassium, en phosphore, en sodium, en calcium, en fer et en chlorure dans les matières sèches ont été respectivement de 3,54%; 0,12%; 0,68%; 0,26%; 0,06%; 0,07%; 0,05%; 0,42%. La cuisson a provoqué la réduction en teneurs des vitamines. Les graines crues ou cuites de *P. santalinoides* peuvent contribuer à l'amélioration du statut vitaminique des consommateurs compte tenu de leur teneur en pro vitamine A et en vitamine C. Les résultats de cette étude montrent la pertinence d'une valorisation de cette espèce.

Summary

Vitamins and Minerals Composition in *Pterocarpus santalinoides* L'Hér. ex De. (Papilionoideae) Seeds: a Food and Medicinal Plant of West Africa

Studies were undertaken in order to contribute to the reduction of deficiencies in vitamins and minerals through the use of natural resources. Vitamins and micronutrients compositions of raw or cooked seeds of *P. santalinoides* L'Hér. ex De. (Papilionoideae), morphotypes 1 and 2 were determined by standardized methods AFNOR and AOAC. In the dry matter, the pro vitamin A content levels ranged from 7 to 100 µg/g and those of vitamin C from 40,103 to 155,103 µg/g. The mean levels of total ash, magnesium, potassium, phosphorus, sodium, calcium, iron and chloride in the dry materials were respectively 3.54%; 0.12%; 0.68%; 0.26%; 0.06% ; 0.07%; 0.05%; 0.42%. Cooking caused vitamin reductions. Raw and cooked seeds can contribute to improve pro vitamin A and vitamin C intake. The results of this study show the relevance of valorizing of *Pterocarpus santalinoides*.

¹Université d'Abomey-Calavi Bénin, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire des Normes et de Contrôle de qualités Microbiologique, Nutritionnelle et Pharmacologique, /Laboratoire de Génétique et des Biotechnologies, Cotonou, Bénin.

²Université d'Abomey-Calavi Bénin, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biochimie et de Biologie Moléculaire, Cotonou, Bénin.

³Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant: Email: tchibowo@yahoo.fr

Introduction

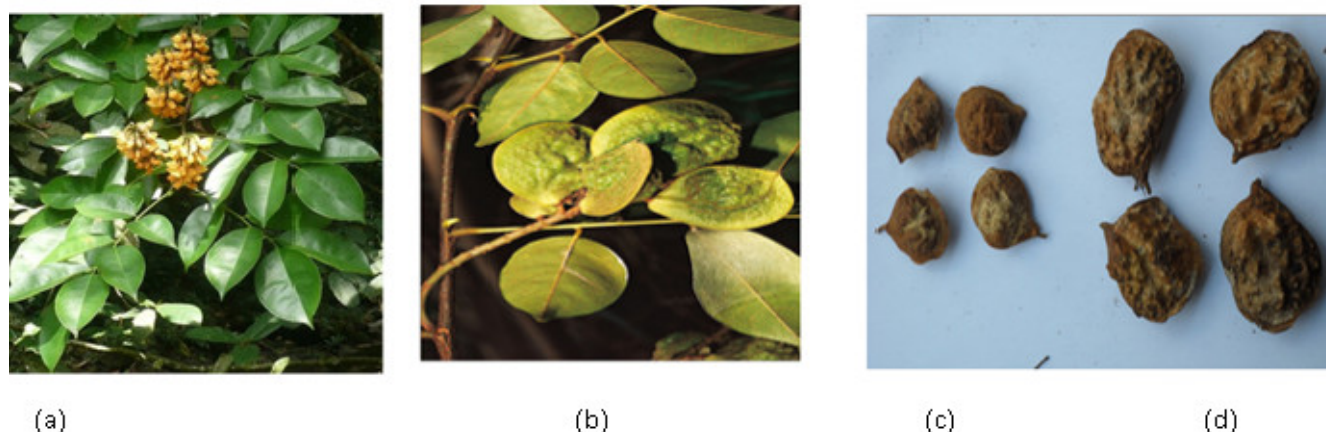
Les vitamines et les minéraux sont sans valeur énergétique, mais indispensables pour les fonctions biologiques de l'organisme. Ces nutriments interviennent dans de nombreuses activités enzymatiques et dans l'équilibre des pressions qui se produisent entre le milieu intra et extracellulaire. Les carences en vitamines et minéraux font partie des principaux problèmes nutritionnels affectant les populations en voie de développement. Même, dans les pays développés, les déficits en micronutriments ne sont pas négligeables puisque la population affectée dépasse parfois 30% (13). Ces carences sont principalement dues aux habitudes alimentaires. Cependant, certains médicaments peuvent provoquer des déficits en micronutriments à cause de leurs interactions métaboliques. Vu l'importance des micronutriments dans le fonctionnement de l'organisme vivant, leur carence entraîne de graves troubles sur la santé (10, 11, 27). Celle en vitamine A est une priorité sanitaire au niveau mondial (11). La moitié des femmes enceintes et un tiers des enfants de moins de cinq ans sur le plan mondial souffrent d'anémie ferriprive à des degrés divers (25, 12). Les stratégies de lutte contre ces carences comprennent les supplémentation en molécules pures et les approches alimentaires incluant les aliments riches en micronutriments (1, 2, 3, 14, 28). L'amélioration de la santé publique au travers cette dernière approche peut passer par la valorisation des ressources naturelles. Les fruits sont des produits de grande importance sur le plan alimentaire et sanitaire. En raison de leur arôme naturel, de la présence de certains composés nutritionnels et fonctionnels tels que les hydrates de carbone, les protéines, les vitamines, les minéraux essentiels, les fibres alimentaires, les antioxydants et d'autres substances bio-actives (2, 3, 11, 24, 25). L'Afrique dispose d'énormes potentialités en matière de ressources naturelles exploitées par les populations (8, 17, 18). *Pterocarpus santalinoides*, de la famille des Leguminosae ou Papilionoideae est une espèce médicinale, alimentaire et économique; car il s'agit du teck africain (5). Originaire du Nigéria, l'arbre s'est répandu dans toute la sous région de l'Afrique de l'Ouest.

Au Bénin, l'espèce est localement appelée Gbègbètin (fon), Gbèngbèn (éwé), Aègbè et Tigbi (yoruba, nago). Ses graines contiennent des macromolécules telles que les protéines, les lipides et les glucides (7). Comme toutes les feuilles, celles de *P. santalinoides* contiennent du magnésium, du calcium, du potassium et du phosphore (23). Au Bénin, les graines de cette espèce végétale sont en voie d'abandon.

Les informations endogènes provenant des enquêtes témoignent de l'existence de pieds de *P. santalinoides* portant uniquement des fruits de petite taille (morphotype 1) et ceux portant uniquement des fruits de grandes tailles (morphotype 2) à potentialités pharmacologiques et nutritionnelles (7). L'étude vise à déterminer les teneurs en vitamines et en minéraux dans les graines crues et cuites de *P. santalinoides*, consommées surtout dans le Sud du Bénin, afin d'évaluer leur contribution quantitative aux apports en micronutriments.

Matériel d'études et traitement

Le matériel d'étude a été constitué des graines crues et cuites de *P. santalinoides* (Photo 1). Pour les analyses, des fruits de petite taille (morphotype 1) et de grande taille (morphotype 2), ont été collectés (7), séparément sous trente arbres, le 4 août 2014 au Sud du Bénin, dans la vallée du département de l'Ouémé à Porto-Novo, située à environ 40 km de Cotonou, capitale économique du Bénin. Puis après triage, 2 kg de chaque morphotype de fruits ont été constitués. Les fruits ont été séparés au hasard en lots. Pour les différentes analyses, les graines de chaque lot ont été extraites des gousses, dépulées, séchées puis triées en soustrayant les graines endommagées ainsi que les éléments indésirables. Un aliquote de chaque échantillon de graines a été cuit à 100°C pendant 45 min. Puis, 2 échantillons crus (1 du morphotype 1 et 1 du morphotype 2) et 2 échantillons cuits (1 du morphotype 1 et 1 du morphotype 2) ont été broyés à l'aide d'un broyeur moulinex[®] à 1.500 tours/minute, puis déposés dans des papiers en aluminium avant d'être soumis aux différents dosages.



(a)= Tige feuillée de *P. santalinoides* en fleurs; (b)= Fruits mûrs; (c)= Fruits de type 1; (d)= Fruits de type 2.

Photo 1: Feuilles et fruits de *P. santalinoides*.

Dosage de pro vitamine A

Ce dosage a été fait suivant la technique décrite dans le document technique de l'AOAC (7). La vitamine A standard® a servi à préparer les étalons. A 1 g de chaque échantillon ont été ajoutés 5 ml d'hexane. Après l'homogénéisation au vortex, chaque suspension a été centrifugée à 5312 tours/minute pendant 10 minutes. A 2 ml du surnageant recueilli et laissé évaporer à 40°C, 2 ml de propanol-2 ont été ajoutés. Ensuite, le dosage a été réalisé au spectrophotomètre Biomate 3 par densité optique (DO) à 244 nm. La mesure a été répétée 3 fois. La teneur en pro vitamine A est déduite de la droite d'étalonnage. Ces teneurs ont été exprimées en µg/g.

Dosage de la vitamine C

A 1 g de chaque échantillon broyé a été ajouté 5 ml d'eau distillée. Après homogénéisation au vortex, chaque suspension a été centrifugée à 5312 tours/minute pendant 10 minutes. A 2 ml du surnageant recueilli, ont été ajoutés 2 ml d'eau distillée. Puis la lecture a été effectuée au spectrophotomètre de marque Biomate 3 à la densité optique à 265 nm. Le standard utilisé est l'acide ascorbique. L'analyse a été reprise 3 fois. Les teneurs en vitamine C ont été exprimées en µg/g. Détermination de la teneur en cendres totales La teneur en cendres totales a été déterminée par une procédure améliorée d'incinération dans un four à 600± 25 °C (NF 03-720) (1), cette température a été choisie afin d'accélérer la combustion, car les graines même cuites ont un aspect plus ou moins

croquant, avec une augmentation de la température programmée pour ne pas dépasser les 0,6°C par seconde. Le taux moyen de cendre a été exprimé en pourcentage de masse sur la matière sèche (%MS).

Détermination des teneurs en minéraux

Des documents contenant les méthodes standardisées ont servi de support (6, 21). Pour la minéralisation, une partie de chaque échantillon finement broyé à l'aide d'un broyeur a été séchée à 75°C pendant 16 heures avant d'être refroidie au dessiccateur. Une prise d'essai de 2 g a été prélevée et déposée dans un creuset et mis au four à 450°C pendant 2 heures, ensuite l'ensemble a été laissé se refroidi pendant 2 heures. Les cendres obtenues ont été humectées avec 2 ml d'eau déminéralisée et 1 ml d'acide chlorhydrique concentré a été lentement ajouté. L'ensemble a été chauffé sur une plaque chauffante jusqu'à l'apparition des premières vapeurs. Ensuite, 2 à 3 ml d'eau déminéralisée ont été ajoutés avant la filtration. Le rinçage a été effectué 3 fois à l'eau tiède. Puis, une incinération a été faite pendant 30 minutes à 550 °C après la cendre a été reprise par 5 ml d'HF. Le mélange a été porté au bain-marie à 100 °C. Puis 1 ml d'HCl concentré a été ajouté, suivi d'un lavage à l'eau tiède avant le filtrage. Le tout a été complété à 100 ml au trait de jauge après refroidissement. Chaque solution a été gardée à 4 °C pour les dosages. Le potassium (K) et le sodium (Na) ont été dosés à l'aide du photomètre à flamme, le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le fer (Fe).

Le phosphore (P) a été dosé par spectrométrie à 880 nm suivant la méthode au bleu du Molybdène. Pour minimiser l'effet des interférences ioniques lors du processus d'absorption, il a été ajouté aux extraits, des réactifs spécifiques. Ainsi, pour le dosage du calcium et du magnésium, il a été utilisé du Lanthane à 10g/l. Pour le dosage du sodium et du potassium, le chlorure de césium à 2 g/l a été additionné.

La méthode de Mohr a été utilisée pour le dosage du chlorure en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. Ainsi, dans un erlenmeyer à 20 g de chaque échantillon broyé ont été ajoutés 100 ml d'eau distillée. Après homogénéisation au vortex, une centrifugation à 5312 tours/minute pendant 10 minutes a été effectuée. Puis 50 ml du surnageant ont été recueillis dans une fiole conique de 250 ml et filtrés. 3 gouttes d'acide nitrique pur ont été ajoutées, suivies de 0,2 g de carbonate de calcium et de 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %. A l'aide d'une burette, une solution de nitrate d'argent 0,1 N a été versée progressivement jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre, persistante pendant 3 minutes. La concentration des ions Cl⁻ dans la solution a été calculée à partir du volume de nitrate d'argent versé suivant la formule I:

$$\text{Teneur en Cl (mg/g)} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times 100 \times M_{\text{Cl}}}{V'} \quad \text{I}$$

Avec V_{AgNO_3} = le volume de nitrate d'argent ajouté; N_{AgNO_3} = la concentration molaire de la solution de nitrate d'argent; M_{Cl} = la masse molaire moléculaire du chlore et V' = le volume de la prise d'essai. Les dosages ont été faits 3 fois pour chaque lot d'échantillon. Les résultats sont exprimés en %/MS.

Détermination de l'influence de la cuisson sur les éléments dosés

Pour l'évaluation de l'influence de la cuisson, le pourcentage de différence a été calculé suivant la formule II:

$$\% \text{différence} = \frac{\text{Teneur de cuite} - \text{teneur de crue}}{\text{Teneur de crue}} \times 100 \quad \text{II}$$

Analyse statistique

L'analyse des résultats a été réalisée à l'aide du logiciel GraphPad Prism, version 5.0. Pour chacun des facteurs expérimentaux, une analyse descriptive a permis d'obtenir la moyenne des teneurs en vitamines et en minéraux des graines des morphotypes 1 et 2 au seuil statistique de 5%. Le logiciel Excel a permis de réaliser les graphes.

Résultats

Teneurs en provitamine A et vitamine C

Les résultats du dosage des vitamines dans les graines des 2 morphotypes de *P. santalinoides* révèlent que les valeurs moyennes des teneurs en pro vitamine A ont varié dans l'ensemble de 7 à 102 µg/g (Figure 1). L'effet de cuisson a été la réduction des teneurs en vitamines. En ce qui concerne la vitamine C, les valeurs moyennes des teneurs ont oscillé entre 40.103 µg/g et 155.103 µg/g (Figure 2). La plus forte valeur en pro vitamine A est trouvée dans les graines crues (102 µg/g) du morphotype 2 de *P. santalinoides*. Par contre, la vitamine C est plus concentrée dans le morphotype 1 (155.103 µg/g (crues) et 40,68.103 µg/g (cuites)) que le morphotype 2.

Teneurs en minéraux des deux morphotypes de graines de *P. santalinoides*

Les valeurs moyennes des teneurs en cendres totales des graines de *P. santalinoides* ont varié respectivement de 2,03% pour les graines cuites du morphotype 1 à 3,54 % pour les graines crues du morphotype 2 (tableau 1). Les teneurs en nutriments de l'espèce ont varié d'un minéral dosé à un autre suivant le morphotype. L'influence de la cuisson a été notée par la réduction des teneurs en vitamines et en certains minéraux. Les résultats obtenus montrent que la cuisson provoque des pertes importantes (tableau 1) en certains minéraux, pour 75% contre un gain en d'autres pour 25% des éléments dosés.

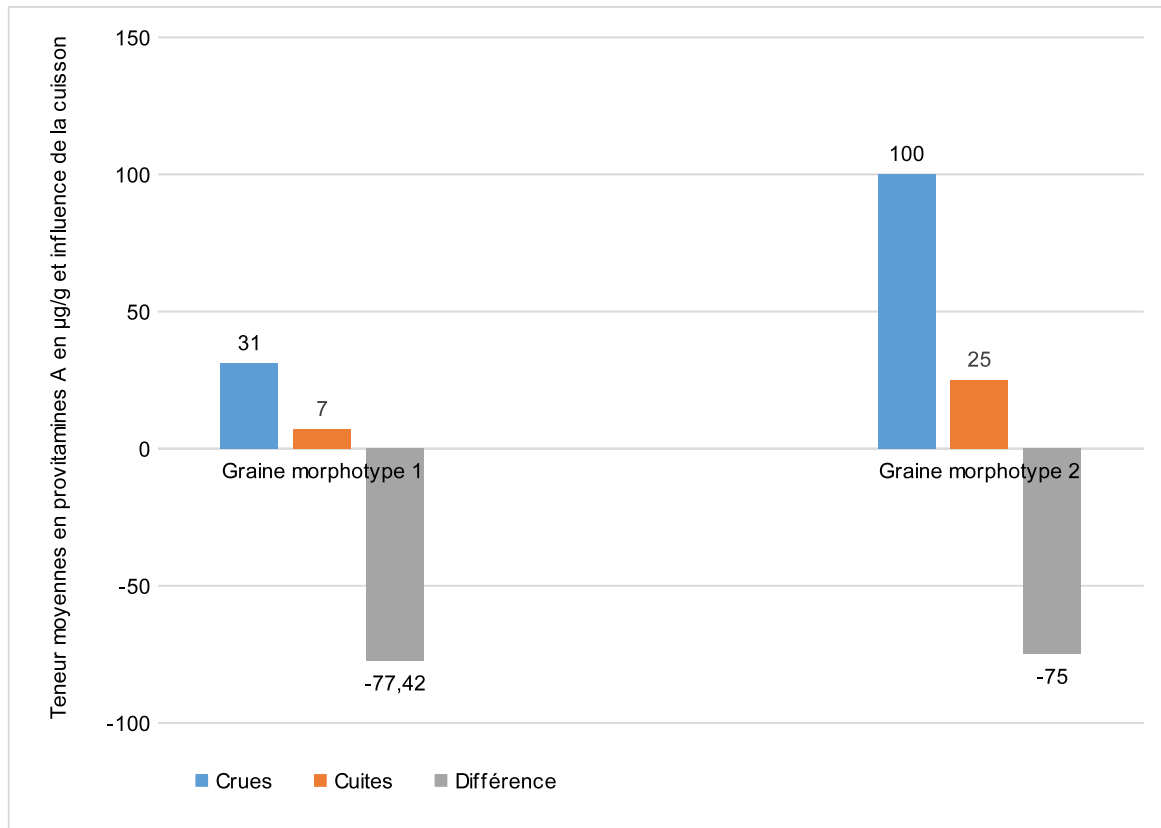


Figure 1: Teneurs moyennes en provitamine A en µg/g et influence de cuisson sur les graines des 2 morphotypes de *P. santalinoides*.

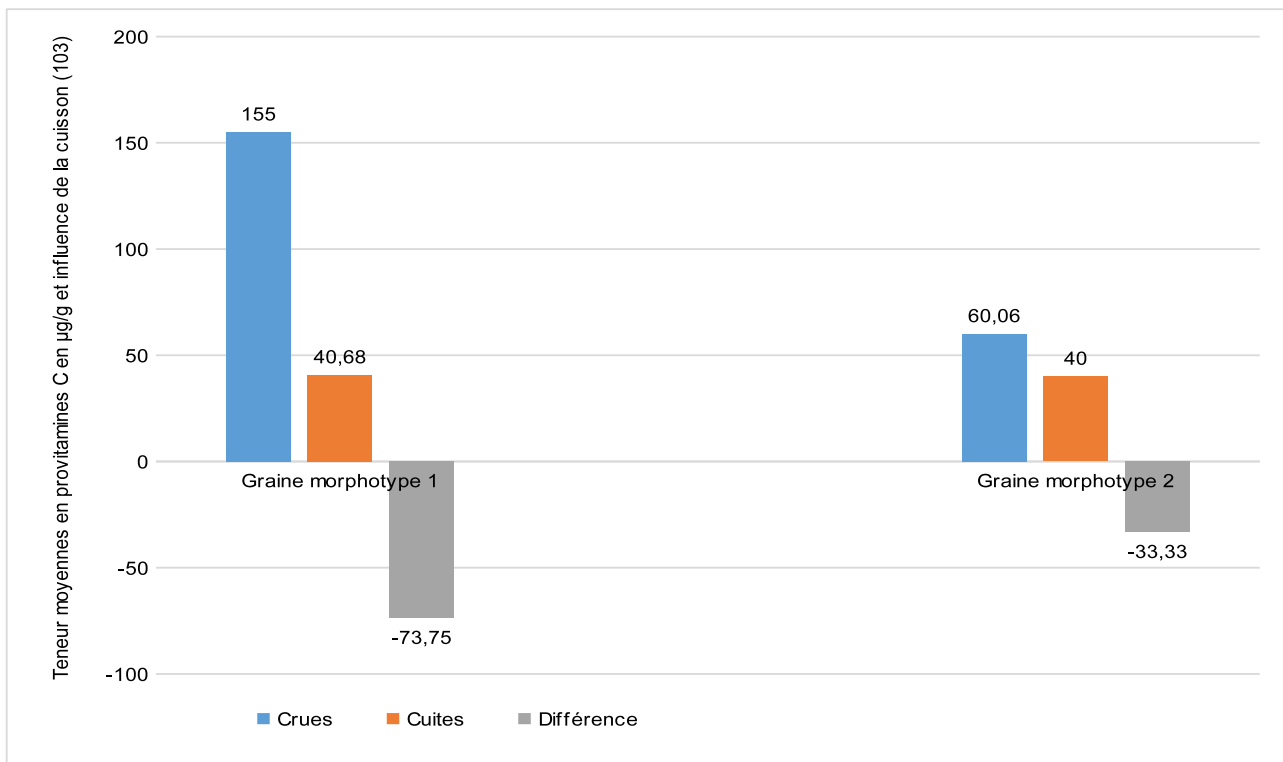


Figure 2: Teneurs moyennes en vitamine C en µg/g et influence de cuisson sur les graines des 2 morphotypes de *P. santalinoides*.

Tableau 1

Composition des 2 morphotypes de *Pterocarpus santalinoides* L'Hér. ex De. (Papilionoideae) en minéraux et influence de cuisson.

Teneurs	Graines morphotype 1		Influence de cuisson (% de différence)	Graines morphotype 2		Influence de cuisson (% de différence)			
	moyennes (/MS)	Crues		Cuites	Crues		Cuites		
% Cendres totales		3,14±0,03		2,03±0,04	-35,3	3,54±0,06		2,13±0,04	-39,8
% Magnésium		0,12±0,020		0,11±0,10	-8,3	0,13±0,04		0,10±0,02	-23,1
% Potassium		0,64±0,04		1,24±0,01	93,7	0,68±0,01		1,36±0,03	1
% Phosphore		0,24 ±0,10		0,20±0,03	-16,7	0,26±0,02		0,21±0,04	-19,2
% Sodium		0,07±0,02		0,06±0,01	-14,3	0,06±0,012		0,05±0,01	-16,7
% Calcium		0,07±0,55		0,07±0,33	1,3	0,07±0,43		0,08±0,65	14,3
% Fer		0,05±0,17		0,03±0,20	-40	0,06±0,19		0,03±1,50	-50
% Chlorures		0,42±0,60		0,23±0,44	-45,4	0,42 ±0,73		0,24±0,01	-42,9

Discussion

Les résultats du dosage des vitamines ont révélé une variation des concentrations de ces dernières dans les deux morphotypes. Ceci constitue un exemple de différence des fruits, influencée par des conditions intrinsèques ou extrinsèques, soit liée à la génétique de l'espèce ou au degré de maturité des fruits. Ce dernier argument reste non fondé car, les fruits ont été ramassés après leur chute. Toutefois, l'analyse des résultats indique que cette plante est plus riche en vitamine C qu'en pro vitamine A. Pour ce qui concerne les résultats de l'influence de la cuisson, il a été constaté une réduction des teneurs en vitamines dosées dans les échantillons cuits (figure 1) par rapport aux échantillons crus. Il en résulte que la cuisson explique les pertes importantes de l'ordre de 77,4% enregistrées au niveau de la pro vitamine A contenue dans les graines crues du morphotype 1 et 75% dans celle du morphotype 2. Mais la perte a été plus importante pour la vitamine C du morphotype 1 (73,7%) que du morphotype 2 (33,3%). Cette différence de pourcentages observée est liée aux taux moyens initiaux en vitamine C des échantillons crus. La réduction jusqu'à 73,7% de la vitamine C dans les graines du morphotype 1 confirme réellement sa sensibilité à la température élevée (27, 22, 2, 3) par rapport aux autres vitamines. Cependant, les résultats obtenus à l'issue de cette étude restent difficiles à expliquer par rapport à la sensibilité des vitamines à la cuisson. L'absorption de la vitamine A par l'organisme dépend de la transformation de la pro vitamine A en vitamine A.

Etant liposoluble, son absorption (vitamine A) dépend également de la teneur en lipides présents (20). Dans l'ensemble, par rapport aux teneurs en nutriments, les graines de morphotype 2 sont plus riches que celles du morphotype 1. Pour ce qui est de l'effet de la cuisson, les résultats obtenus montrent qu'elle entraîne des pertes plus importantes des minéraux (45,37% chlorures; 40% fer) ainsi que d'autres minéraux (18,31% Na; 17,143% phosphore ; 13,821 magnésium) initialement présents dans le morphotype 1. De même, que pour le morphotype 2 des pertes importantes sont notées en minéraux (50% fer; 42,9% chlorures; 23,1% magnésium) et pas moindres pour d'autres (19,2% phosphore; 16,7% sodium).

Par contre, une augmentation a été respectivement notée pour le potassium (+93,7; +1%) et le calcium (+1,3; +14,3%). Ce résultat pourrait être dû à un effet de concentration par pertes de jus pauvres en certains minéraux ou à un apport d'autres à partir de l'eau de cuisson, car les analyses précédemment effectuées par (4), sur l'eau du robinet du campus de l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin avaient montré la présence de ces ions. Les travaux de (8) avaient révélé également l'apport en potassium et en calcium dans les échantillons de graines de niébé cuites en absence de la potasse. Le fer et le chlorure semblent être les éléments les moins stables dans les graines de cette espèce. Ainsi, de l'analyse des résultats obtenus, il ressort que les pertes sont plus élevées au niveau des graines cuites du morphotype 1 que du morphotype 2.

En résumé, la cuisson a entraîné une diminution plus ou moins marquée des valeurs nutritionnelles, soit par la diffusion des composés hydrosolubles dans l'eau de cuisson et/ou par la destruction des nutriments thermosensibles.

En tenant compte de la recommandation de la FAO/WHO (9), qui est de 30 mg/jour, les teneurs en vitamines C des graines de l'espèce, où les valeurs extrêmes sont de : 40.103 µg/g (40 mg/g) et 155.103 µg/g (155 mg/g), indiquent que la consommation de 100 g des graines de la plante permet de satisfaire les besoins journaliers chez un adulte. Ceci à condition que si les facteurs d'absorption existent. En définitive, les fruits de l'espèce sont plus riches en vitamine C et en minéraux (potassium, chlorures et phosphore) que les autres éléments dosés. Leur contribution et celles des autres éléments dosés demeurent moindres en alimentation. Les graines de *P. santalinoides* localement disponibles dans les communautés rurales et dans certaines villes du Sud du Bénin (6) peuvent être utilisées crues, cuites ou grillées à l'instar des graines d'arachide et d'acajou, ou même incorporées dans les plats cuisinés pour diversifier et améliorer la disponibilité biologique en ces nutriments. Cependant, soulignons que les facteurs antinutritionnels constituent des éléments qui rendent indisponibles certains nutriments présents dans les végétaux (16). Les travaux de Godwin et al. (15), ont prouvé l'effet des antioxydants sur les nutriments. D'après Orech *et al.* (19), les composés phénoliques complexent le fer et le zinc de même que les protéines; mais l'acide oxalique est un complexant des cations (calcium, fer, magnésium, potassium et sodium) qui forme des cristaux insolubles.

Par contre, dans le cas où les micronutriments sont emprisonnés dans une matrice végétale riche en fibres, la cuisson peut favoriser l'augmentation de la biodisponibilité des nutriments (28), ce qui n'est pas le cas dans la présente étude.

Ainsi, dans cette perspective une évaluation de ces facteurs permettra de déterminer la biodisponibilité des nutriments présents dans les graines de *P. santalinoides*.

Conclusion

Cette étude révèle que les graines de *P. santalinoides* constituent une ressource végétale intéressante sur le plan nutritionnel comme d'autres fruits, en raison de leur richesse en pro vitamine A et en vitamine C. Les teneurs en minéraux (cendres totales, magnésium, potassium, phosphore, sodium, calcium, fer, chlorure) dans ces graines peuvent améliorer le statut nutritionnel des consommateurs.

En tenant compte des facteurs antinutritionnels, leur incorporation, aux plats cuisinés, au jus de fruits, aux farines préparées au profit des enfants en période de sevrage ainsi que pour les personnes âgées et immunodéprimées pourrait améliorer leurs statuts nutritionnels.

Remerciements

Les auteurs remercient tous ceux qui ont contribué à ce présent travail, en l'occurrence "International Foundation for Science (IFS)" qui avec l'organisation pour l'interdiction des armes chimiques (OPCW) sous le grant n°F/5550-1 ont cofinancé la partie enquête ayant conduit à la découverte des 2 morphotypes de *P. santalinoides*.

Références bibliographiques

1. AFNOR (Association française de normalisation), 1981-1982, *Recueil des normes françaises. Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés*. NF 03-720, NF VO3-903, NF T60-204, NF T 60-223, NF T 60-205 et NF T60-203. Paris, la Défense, 327 p.
2. Agassounon Djikpo Tchiboza M., Ahissou H., Ahanhanzo C. & Toukourou F., 2009, Appréciation des qualités microbiologiques et nutritionnelles de la boisson "bissap" issue de la technologie traditionnelle améliorée. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé*, **1**, 11-19.
3. Agassounon Djikpo Tchiboza M., Savadogo A., Karou D.S., Toukourou F. & de Souza C., 2012a, Connaissances endogènes et études phytochimiques de *Flacourtia flavescens* Willd. (*Flacourtia indica* (Burm. f.) Merr), *Tropicultura*, **1**, 3-8.
4. Agassounon Djikpo Tchiboza M., Kèlomè N. C., Lawin E. A., Ayi Fanou L., Anago D.G., Mama D., Bocodaho O.B. M.L., Capo-Chichi R. & Ahanhanzo C., 2012b, Qualité des eaux de forage utilisées sur le campus d'Abomey-Calavi au Bénin, *Afr. Geosc. Rew.*, **2**, 93 - 102.
5. Akouègninou A., Burg Van Der WJ., Maesen Van Der LJG., Adjakidjè V., Essou J.P., Sinsin B., Yédomonhan H., 2006, *Flore Analytique du Bénin*. Backuys Publishers, 1034 p.
6. AOCS, 1990. *Official methods and recommended pratics*. AOCS, USA
7. Ayéna A.C. & Tchiboza M., 2015. Valorisation de *Pterocarpus santalinoides* L'Hér. ex De. (Papilionoideae), une plante alimentaire et médicinale utilisée au Bénin en Afrique de l'Ouest, *J. Appl. Biosci.* **90**, 8377- 8386.
8. Balla A., Baragé M., Larwanou M. & Adam T., 2008, Le savoir-faire endogène dans la valorisation alimentaire des pommiers du Cayor (*Neocarya macrophylla*) au Niger, *Bull. Rech. Agron. Bénin*, **59**, 1-8.
9. FAO/WHO, 1974, *Handbook on human nutritional requirements*. FAO Nutritional Studies 28, WHO, Monograph Series, 61, 66 p.
10. FAO/OMS, 1984, *La sécurité des produits alimentaires et son rôle dans la santé et le développement*. Série de rapports techniques, 705. OMS, Genève, 92 p.
11. FAO/WHO, 1992, *Les grands enjeux des stratégies nutritionnelles. Conférence Internationale sur la Nutrition (CIN)*. Rome, Italy, 49 p.
12. Frossard E., Chunwongse J. & Tanksley S.D., 2000, Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition, *J. Sci. Food Agric.*, **80**, 861-879.
13. Gallan P., Briançon S., Favier A., Bertrais S., Preziosi P., Faure H., Arnault N., Czernichow S., Mennen L. & Hercberg S., 2005, Antioxidant status and risk of cancer in the SU.VI.MAX study : Is the effect of supplementation dependent on baseline levels ? *Br J Nutr.*, **94**, 125-132.
14. Gibson R.S., Hotz C., Temple L., Yeudall F., Mtitimuni B. & Ferguson E., 2000, Dietary strategies to combat deficiencies of iron, zinc, and vitamin A in developing countries: development, implementation, monitoring, and evaluation, *Food Nutr. Bull.*, **21**, 19-31.
15. Godwin, A., Daniel, G. A., Shadrack, D., Elom, S. A., Nana Afua, K. A-B., Godsway, B., Joseph, K. G., Sackitey, N. O., Isaak, K. B. & Wisdom, A. 2014, Determination of elemental, phenolic, antioxidant and flavonoid properties of Lemon grass (*Cymbopogon citratus* Stapf). *Int. Food Research J.*, **5**, 1971-1979.
16. Gupta K. & Wagle D.S., 1988, Nutritional and antinutritional factors of green leafy vegetables, *J. Agric. Food Chem.*, **3**, 472-474.
17. Honfo F., Hell K., Coulibaly O. & Tenkouano A., 2007, Teneurs en oligo-éléments et contribution des aliments dérivés de banane plantain aux apports journaliers en fer, zinc et β -carotène dans le sud du Nigeria, *Rev. Intern. Bananiers Plantains*, **16**, 1-6.
18. Magdi A. & Osman, 2004, Chemical and nutrient analysis of baobab (*Adansonia digita*) fruit and seed protein solubility. *Plant Food for Hum. Nutr.*, **59**, 20-33.
19. Orech, F.O., Akenga T., Ochora J., Friis H. & Aagaard Hansen, 2005, Potential toxicity of some traditional leafy vegetables consumed in Nyang'oma Division, Western Kenya, *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev. Online*, **5**, 1.
20. Périssé J., 1966, *L'alimentation en Afrique Intertropicale*. Thèse présentée à la Faculté de Pharmacie de l'Université de Paris, 131p.
21. Pinta, 1973, Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux: détermination des éléments Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu par absorption atomique, *Oléagineux*, **2**, 87-92.
22. Richardson A.C., Marsh KB., Boldingh HL., Pickering AH., Bulley SM., Frearson NJ., Ferguson AR., Thornber SE., Bolitho KM. & Macrae EA., 2004, High growing temperatures reduce fruit carbohydrate and vitamin C in kiwifruit. *Plant, Cell Env.*, **27**, 423-435.
23. Tian G., Kang BT. & Buissaard L., 1992, Effects of chemical composition on N, Ca and Mg release during incubation of leaves from selected agroforestry and fallow plant species. *Biogeochem.*, **2**, 103-119.
24. Traoré H., Parkouda C., Korbo A., Compaoré-Séréme D., Mamoudou H. D., Jan J. S. & Bréhima D., 2015, Variability of vitamins B1, B2 and minerals content in baobab (*Adansonia digitata*) leaves in East and West Africa, *Food Sc. Nutr.*, **3**, 17-24.
25. UN ACC/SCN. 1997, *Third report on the world nutrition situation. United Nations Administrative Committee on Coordination/Subcommittee on Nutrition*, Genève.
26. Veda S., Kalpana P. & Krishnapura S., 2010, Enhanced bioaccessibility of β -carotene from yellow-orange vegetables and green leafy vegetables by domestic heat processing, *Int. J. Food Sci. Tech.*, **45**, 2201-2207.
27. Vierling E., 2003, *Aliments et boissons : Filières et produits. Biosciences et Techniques*, 2^e édition, Edition Doin, 270 p.
28. West KP., 2002, Extent of vitamin A deficiency among preschools children and women of reproductive age, *J. Nutr.*, **9**, 2857-2866.

A.C. Ayena Tchègnon, Béninois, M Sc, Assistant /Attaché de Recherche, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire des Normes et de Contrôle de qualités des aliments, eaux et phytomédicaments, Laboratoire de Génétique et des Biotechnologies, Cotonou, Bénin.

M. Agassounon Djikpo Tchibozo, Béninois, PhD, Enseignant-Chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire des Normes et de Contrôle de qualités des aliments, eaux et phytomédicaments, Laboratoire de Génétique et des Biotechnologies, Cotonou, Bénin.

E. Anago, Béninois, PhD, Maître de conférences, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biochimie, Cotonou, Bénin.

Hyacinthe Ahissou,

G.A. Mensah, Béninois, PhD, Directeur de Recherche, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin Cotonou, Bénin.

C. Agbangla, Béninois, PhD, Professeur Titulaire des Universités, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire des Normes et de Contrôle de qualités Microbiologique, Nutritionnelle et Pharmacologique, Laboratoire de Génétique et des Biotechnologies, Cotonou, Bénin.