

**PRODUCTION ET
CARACTERISATION DES POWDRES DE
TROIS ESPECES DE BAOBAB
MALGACHES : *ADANSONIA GRANDIDIERI*,
ADANSONIA RUBROSTIPA ET *ADANSONIA ZA*
(MALVACEAE)**

**PRODUCTION AND
CHARACTERIZATION OF POWDERS OF
THREE SPECIES OF MALAGASY
BAOBAB: *ADANSONIA GRANDIDIERI*,
ADANSONIA RUBROSTIPA AND *ADANSONIA ZA*
(MALVACEAE)**

RAZAFIMAHEFA^{1*}, RANDRIANJANAKOLONA
Rondro Lalao Thérèse¹, RANDRIANIVO Jocelyn¹,
RAZAFINDRATOMBO Jean Rossain¹,
ANDRIAFIDISON Daudet² et RAZAFIMANAHAKA
Hanta Julie²

¹ *Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE) ; Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation (EDGVM)/Mention Biochimie et Sciences de l'Environnement (BSE) Parcours Biochimie, Microbiologie et Biotechnologie Appliquées (BMBA)/Laboratoire de Recherche en Biotechnologie, Environnement et Santé (LRBES), Université de Mahajanga, Madagascar.*

² *Association Madagasikara Voakajy, Lot II F 14 Bis Andraisoro, BP : 5181, Antananarivo (101), Madagascar.*

* Correspondance : E-mail : razafimahefa3@gmail.com
Téléphone : +261 32 05 579 49 ou +261 33 25 054 68 ou +261 34 39 777 46

Résumé

Les êtres humains dépendent fortement des ressources naturelles pour leur survie. Les baobabs (MALVACEAE) sont actuellement parmi les arbres fruitiers les plus appréciés par les populations. Ils font partie intégrante de l'image de marque de Madagascar. Bien que ces plantes soient connues de tous, les connaissances scientifiques actuelles relatives à l'aspect nutritionnel et à l'intérêt porté à leurs fruits comme un élément important pour la nutrition humaine restent encore parcellaires. A ce jour, la plupart des études réalisées ont concerné l'espèce africaine,

Adansonia digitata. Cependant, peu d'informations sont actuellement disponibles pour les espèces de baobabs malgaches, en particulier les données concernant les propriétés physiques, physico-chimiques, fonctionnelles et nutritionnelles des poudres de ces baobabs. C'est dans cette optique que se situe cette étude qui a pour objectif général de contribuer à la valorisation des ressources forestières comestibles disponibles à Madagascar. Elle a pour objectifs spécifiques de produire les poudres de trois espèces de baobabs malgaches (*Adansonia grandidieri*, *Adansonia rubrostipa* et *Adansonia za*) et de caractériser les poudres ainsi produites. Pour se faire, des méthodes d'analyses physiques, physico-chimiques et biochimiques et d'analyses qualitatives basées sur des réactions de coloration et/ou de précipitation ont été employées pour caractériser les poudres produites. Les résultats obtenus montrent que les rendements de production des poudres sont compris entre 16 et 20 %. Ces poudres sont blanchâtres ou jaunes et ayant un goût acidulé et sucré ou acidulé. Elles ont une masse volumique comprise entre 0,34 et 0,38 g/cm³. Elles ont des teneurs en eau et en matières sèches comprises respectivement entre 11 et 14 % et entre 86 et 89 %. Elles ont des pH compris entre 3 et 4 et des acidités totales situant entre 6 et 17 %. Elles ont des propriétés fonctionnelles variables. Elles sont énergisantes et riches en glucides et en éléments minéraux, particulièrement les potassium, calcium, magnésium et phosphore. Les ratios Ca/P sont supérieurs à 1 et ceux Na/K sont inférieurs à 1. Les poudres produites ont une charge rénale acide potentielle négative. Elles sont donc considérées comme aliments fonctionnels. Elles contiennent des leucoanthocyanes, des stérols insaturés, des polyphénols et des polysaccharides. Pourtant, elles ne contiennent pas des alcaloïdes, des flavonoïdes, des saponosides, des tannins (sauf la poudre de *Adansonia za*), des terpènes, des anthraquinones et des hétérosides cyanogénétiques. Ainsi, elles ne sont pas toxiques et peuvent donc être utilisées dans l'alimentation humaine.

Mots-clés : Baobab malgache, *Adansonia grandidieri*, *Adansonia rubrostipa*, *Adansonia za*, Poudre, Caractérisation.

Abstract

Human beings depend heavily on natural resources for their survival. Baobabs (MALVACEAE) are currently among the fruit trees most appreciated by populations. They are an integral part of the brand image of Madagascar. Although these plants are known to all, current scientific knowledge relating to the nutritional aspect and the interest shown in their fruits as an important element in human nutrition is still patchy. To date, most of the studies carried out have concerned the African species, *Adansonia digitata*. However, little information is currently available for the malagasy baobab species, in particular the data concerning the physical, physicochemical, functional and nutritional properties of the pulp of these baobabs. It is in this perspective that this study is situated, which has the general objective of contributing to the development of the edible forest resources available in Madagascar. Its specific objectives are to produce the powders of three malagasy baobab species (*Adansonia grandidieri*, *Adansonia rubrostipa* and *Adansonia za*) and to characterize the powders thus produced. To this, methods of physical, physicochemical and biochemical analysis and qualitative analysis based on staining and/or precipitation reactions were used. The results obtained show that the production yields of the powders are between 16 and 20%. These powders are whitish or yellow and having an acidulous and sugary or acidulous taste. They have a density between 0.34 and 0.38 g/cm³. They have water and dry matter contents respectively between 11 and 14 % and between 86 and 89 %. They have pH values between 3 and 4 and total acidities between 6 and 17 %. They have varying functional properties. They are energizing and rich in carbohydrates and mineral elements, especially potassium, calcium, magnesium and phosphorus. The Ca/P ratios are greater than 1 and those Na/K are less than 1. The powders produced have a Potential Renal Acid Load negative. They are considered therefore like functional food. They contain leucoanthocyanes, unsaturated sterols, polyphenols and polysaccharides.

However, they do not contain alkaloids, flavonoids, saponosides, tannins (except the powder of *Adansonia za*), terpenes, anthraquinones and cyanogenic heterosides. Thus, these powders are not toxic and can therefore be used in human food.

Keywords : malagasy baobab, *Adansonia grandidieri*, *Adansonia rubrostipa* and *Adansonia za*, powder, characterization.

Introduction

Les êtres humains dépendent fortement des ressources naturelles pour leur survie. Toutefois, les populations tirent aussi une grande part de leur nourriture directement de la nature. Ainsi, l'arbre et les produits forestiers sont des composantes majeures dans la satisfaction de leurs besoins essentiels (Cissé, 2012). Parmi ces plantes, on peut noter les baobabs qui sont actuellement parmi les arbres fruitiers les plus appréciés par les populations.

Bien que les baobabs soient connus de tous, les connaissances scientifiques actuelles relatives à l'aspect nutritionnel et à l'intérêt porté à leurs fruits comme un élément important pour la nutrition humaine restent encore parcellaires. A ce jour, la plupart des études réalisées ont concerné l'espèce Africaine *Adansonia digitata*, sur ses caractéristiques botaniques (De Smedt et al., 2010), agronomiques (Munthali et al., 2012), ses principales utilisations et son importance économique (Diop et al., 2005), et les caractéristiques biochimiques et microbiologiques de sa pulpe (Pamba et al., 2018).

Toutefois, peu d'informations sont actuellement disponibles pour les espèces de baobabs malgaches. Les propriétés biochimiques et nutritionnelles de la pulpe de baobab des espèces

endémiques de Madagascar et d'Afrique continentale en vue de leur valorisation ont déjà été déterminées (Cissé, 2012 ; Cissé et al., 2013). Pour mieux comprendre les caractéristiques de ces espèces de baobab malgaches, d'autres recherches doivent donc être encore effectuées.

Ainsi, face aux problèmes de sécurité alimentaire que connaissent les populations malgaches, en particulier dans la Région Sud, il est nécessaire de compléter les données sur les espèces de baobab malgaches. Cette étude a alors pour objectif général de contribuer à la valorisation des ressources forestières comestibles disponibles à Madagascar. Elle a pour objectifs spécifiques de produire les poudres des pulpes des fruits de trois espèces de baobab malgaches (*Adansonia grandidieri*, *Adansonia rubrostipa* et *Adansonia za*) et de caractériser les poudres ainsi produites.

Matériels et méthodes

Matériels végétaux

Les matériels végétaux utilisés durant cette étude sont des fruits de trois espèces de baobab endémiques de Madagascar, telles que *Adansonia grandidieri*, *Adansonia rubrostipa* et *Adansonia za* (MALVACEAE).

Collecte des fruits de baobab

Les échantillons des fruits de baobab (environ 2 kg de fruits de chaque espèce de baobab) ont été fournis par l'Association Madagasikara Voakajy. Ces fruits ont été récoltés dans les trois Terroirs gérés par trois VOI (Vondron'Olona Ifotony) dans la Région Menabe (VOI Mitsinjo Ny Ho Avy, VOI Mandray Fombandraza et VOI Fiaravantsika).

Production et conditionnement des poudres de baobab

Les fruits de chaque espèce de baobab récoltés (environ 2 kg) ont été pesés, puis concassés au moyen d'un grand couteau propre et bien sec pour éviter la contamination. Après avoir éliminé manuellement les cabosses et les fibres, les pulpes restantes ont été récupérées et pilonnées. Les produits pilonnés ainsi obtenus ont été tamisés. Les poudres ainsi produites ont été conditionnées dans des bocaux en verre fumée.

Caractérisation des poudres de baobab produites

Les méthodes suivantes ont été employées pour caractériser les poudres produites :

Méthode gravimétrique : pour déterminer le rendement de production ;

Observation visuelle : pour apprécier la couleur ;

Une simple dégustation à l'aide de la langue : pour déterminer le goût ;

Méthode de Okaka *et al.* (1991) : pour estimer la masse volumique ;

Méthode de AOAC (1990) : pour déterminer les teneurs en eau et en matière sèche ;

Méthodes de Oywole (1990) et de Vasconcelos *et al.* (1990) : pour déterminer le pH et l'acidité totale ;

Méthode de Sosulski (1962) : pour déterminer la capacité de rétention d'eau (CRE) et la capacité de rétention d'huile (CRH) ;

Méthode de Njintang *et al.* (2001) : pour déterminer le rapport Hydrophile-Lipophile ;

Méthode de Leach *et al.*, (1959) : pour déterminer le pouvoir de gonflement ;

Méthode de Kjeldahl : pour déterminer la teneur en protéines brutes en utilisant le facteur de conversion de l'azote total en protéines 6,25 ;

Méthodes employées par AOAC (1970) et Jocelyn (1970) : pour déterminer les teneurs en lipides et en cendres brutes ;

Méthode polarimétrique : pour déterminer les teneurs en amidon et en sucres réducteurs ;

Méthode de différence : pour estimer la teneur en glucides totaux ;

Méthode utilisant les coefficients calorifiques spécifiques d'Atwater des autres fruits (3,36 kcal/g pour les protéines ; 8,37 kcal/g pour les lipides et 3,60 kcal/g pour les glucides) : pour déterminer les énergies métabolisables ;

Spectrophotométrie d'absorption atomique : pour doser les éléments minéraux potassium, calcium, magnésium, sodium, manganèse, zinc, fer et cuivre ;

Spectrophotométrie d'absorption moléculaire : pour doser le phosphore ;

Simple calcul : pour déterminer les ratios Ca/P et Na/K ;

Méthodes employées par Remer et Manz (1995) et Pamona-Roger (2016) : pour déterminer la Charge Acide Rénale Potentielle ou PRAL (*Potential Renal Acid Load*) ;

Méthodes décrites par Fong et al. (1977) et Houghton et Raman (1998) : pour mettre en évidence de la présence ou de l'absence des éléments phytochimiques.

Résultats et discussion

Le tableau 1 indique que les rendements de production des poudres sont compris entre 16 et 20 %. Ces rendements sont un peu faibles par rapport

à la valeur rapportée par Ratolojanahary (2018) sur la poudre de baobab *A. digitata*. Ceci est dû à la différence variétale et à l'inégalité de la structure et de la texture des pulpes des fruits de baobab transformés.

La poudre de *A. rubrostipa* est jaune. Ceci peut être dû à la présence de pigments jaunes. Les poudres produites sont légères, car leurs masses volumiques sont inférieures à celle de l'eau (1 g/cm³). Leurs teneurs en eau sont faibles (inférieures à 14 %) et concordent à celles trouvées par Cissé (2012). Les poudres des baobabs produites sont donc conservables, car leurs teneurs en eau sont inférieures à 14 %, limite généralement considérée comme maximale pour une bonne conservation des farines (Trèche, 1989).

Les poudres produites sont des produits acides, car leurs pH sont inférieurs à 7 et compris entre 3 et 4. C'est pourquoi, elles ont un goût acidulé. Cissé (2012) a aussi constaté que les pulpes de ces trois espèces de baobab ont une acidité très élevée et ayant des pH de l'ordre de 3,3. Le goût acidulé de ces poudres est dû aux acides organiques, tels que l'acide citrique, l'acide tartrique, l'acide malique, l'acide succinique et l'acide ascorbique (Vitamine C) (Cisse, 2012).

Les trois poudres produites sont capables de retenir de l'eau. Elles ont des capacités de rétention d'eau similaires (Tableau 1). Ces valeurs sont très inférieures à celles trouvées par Dhoimir (2017) sur la farine de banane plantain (159,42 %). Ces constituants sont essentiellement des hydrates de carbone, qui sont des composés possédant des groupements hydroxyle libres et hydrophiles (–OH).

Les poudres de baobab produites sont également capables de retenir de l'huile. Leurs

capacités de rétention d'huile ne sont pas les mêmes (Tableau 1). Elles sont très inférieures à celles trouvées par Randrianantenaina (2019) sur les farines de manioc (entre 100 et 110 %). La variation de la capacité de rétention d'huile dans les produits est liée à la présence de chaînes non-polaires (Medoua Nama, 2005).

Le rapport hydrophile-lipophile est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée des farines pour l'eau et pour l'huile (Medoua Nama, 2005). Les résultats obtenus montrent que pour la poudre de *A. grandidieri*, le rapport Hydrophile-Lipophile est de l'ordre de 1, alors que pour les poudres des deux autres espèces de baobab, les valeurs trouvées pour ce paramètre sont inférieures à 1 (Tableau 1). Ces résultats indiquent que les poudres de *A. rubrostipa* et de *A. za* ont plus d'affinité avec l'huile qu'avec l'eau. Alors que, pour la farine de *A. grandidieri*, la capacité de rétention d'eau est similaire à celle de rétention d'huile.

Les poudres de baobab produites sont aussi capables de gonfler. Cette propriété fonctionnelle est due à la présence des granules d'amidon. Les pouvoirs de gonflement de ces poudres, exprimés en grammes de poudre gonflée/grammes de poudre utilisée, sont similaires et compris entre 5 et 6 g/g (Tableau 1). Ces valeurs sont très faibles par rapport à celles trouvées par Dhoimir (2017) sur la farine de banane plantain (13,02 g/g). Ceci indique que nos échantillons sont moins riches en amidon que la farine de banane plantain.

Tableau 1 : Propriétés physiques, physico-chimiques et fonctionnelles des poudres produites

Paramètres	Unités	Poudre de <i>A. grandidieri</i>	Poudre de <i>A. rubrostipa</i>	Poudre de <i>A. za</i>
Rendement de production	%	16,67	20,00	20,00
Couleur de la poudre	–	Blanchâtre	Jaune	Blanchâtre
Goût	–	Acidulé et sucré	Acidulé	Acidulé
Masse volumique	g/ml	0,34	0,38	0,37
Humidité	%	11,38	13,22	12,93
Matière sèche	%	88,62	86,78	87,07
pH	–	3,62	3,40	3,45
Acidité totale (en acide lactique)	%	6,48	16,21	12,94
Capacité de rétention d'eau	%	12,89	12,06	12,33
Capacité de rétention d'huile	%	12,80	15,30	14,42
Rapport Hydrophile-Lipophile	–	1,01	0,79	0,86
Pouvoir de gonflement	de g/g	5,53	5,67	5,76

Les poudres de baobab produites ont des caractéristiques nutritionnelles intéressantes (Tableau 2). Ce sont des aliments énergétiques. Les énergies apportées par ces poudres sont essentiellement d'origine glucidique, car les teneurs en protéines et en lipides, deux autres principes énergétiques, de ces poudres sont faibles (Tabl. 2). Les teneurs en lipides et en protéines de ces poudres sont similaires aux résultats rapportés par Cissé (2012). Ces poudres sont aussi des sources d'éléments minéraux, en particulier le potassium, le calcium, le magnésium et le phosphore, ce qui concorde aux résultats obtenus par Cissé (2012). Elles peuvent donc être incorporées dans les aliments des enfants qui ont besoin de calcium et de phosphore nécessaires au renforcement de leurs os.

Tableau 2 : Propriétés nutritionnelles des poudres produites

Nutriments	Poudre de <i>A. grandidieri</i>	Poudre de <i>A. rubrostipa</i>	Poudre de <i>A. za</i>
Energies (kcal/100 g)	316,98	291,14	291,47
Protéines (%)	3,87	6,97	2,80
Lipides (%)	2,35	1,16	0,60
Amidon (%)	13,15	4,78	3,74
Sucres réducteurs (%)	44,97	3,35	13,16
Glucides totaux (%)	77,98	71,67	76,96
Cendres brutes (%)	4,42	6,98	6,71
Potassium (mg/100 g)	1 142,99	753,13	2 021,40
Calcium (mg/100 g)	394,64	324,79	258,41
Magnésium (mg/100 g)	133,95	277,13	172,28
Phosphore (mg/100 g)	66,86	111,04	29,92
Sodium (mg/100 g)	4,29	8,30	5,99
Manganèse (mg/100 g)	4,72	2,49	2,95
Zinc (mg/100 g)	1,08	1,81	1,25
Fer (mg/100 g)	0,51	1,65	1,49
Cuivre (mg/100 g)	1,21	0,64	0,61
Ratio Ca/P	5,9025	2,9250	8,6367
Ratio Na/K	0,0038	0,0110	0,0030
Indice PRAL* (mEq/100 g)	-28,25	-19,72	-47,81

* : PRAL : Potential Renal Acid Load ou Charge Acide Rénale Potentielle

Les calculs des ratios Ca/P et Na/K permettraient de montrer le rôle que jouerait les aliments dans l'amélioration du fonctionnement cardiovasculaire (He and Macgregor, 2008) et dans le mécanisme de la calcification et l'intégrité du squelette (Kemi et al., 2006). Les ratios Ca/P pour les trois poudres de baobab ainsi produites sont tous supérieurs à 1, alors que ceux Na/K sont tous inférieurs à 1 (Tableau 2). Ces résultats indiquent que les teneurs en calcium sont plus élevées que celles de phosphore. Ces poudres pourraient alors intervenir dans la calcification au cours de la formation du squelette. Ces résultats indiquent aussi que, dans les poudres produites, les teneurs en sodium sont plus faibles que celles de potassium. La consommation de ces poudres ne provoque donc pas de l'augmentation de la pression artérielle, car le sodium est un élément qui favorise l'hypertension artérielle (Pamplona-Roger, 2013b). Ces faibles

ratios Na/K sont alors bénéfiques pour la promotion de la santé cardiovasculaire (He and Macgregor, 2008 ; Pamplona-Roger, 2013b). Ainsi, les poudres de ces baobabs sont conseillées pour les personnes hypertendues.

Selon Pamplona-Roger (2013a), le rapport Ca/P idéal est de 1 : 1, indiquant que les teneurs en calcium et en phosphore doivent être égales. Or, d'après Dany Cinq-Mars (2001), le ratio Ca/P devrait se situer aux alentours de 2 : 1. Mais, l'important c'est de ne jamais avoir plus de phosphore que de calcium (Dany Cinq-Mars, 2001). Par ailleurs, des ratios de calcium et de phosphore, qui oscillent entre 1 : 1 et 7 : 1, sont considérés comme très acceptables pourvu que les exigences en phosphore soient comblées (Dany Cinq-Mars, 2001). Le rapport Ca/P pour la poudre de *A. za* est supérieur à 7 (Tabl. 2). Ce ratio Ca/P peut être corrigé en ajoutant un aliment plus riche en phosphore qu'en calcium comme la farine de soja.

Pour les trois poudres produites, les valeurs des PRAL trouvées sont toutes négatives (Tabl. 2). Ces poudres ont donc un pouvoir alcalinisant et génèrent plus de bases que d'acides. Ceci indique que, selon Pamplona-Roger (2016), ces poudres contribuent à maintenir le nécessaire équilibre entre les acides et les alcalins dans notre organisme. Ainsi, elles allègent le travail des reins pour éliminer l'excès d'acide et favorisent une bonne santé.

Les poudres produites ne contiennent pas des alcaloïdes et des hétérosides cyanogénétiques (Tableau 3). Les alcaloïdes sont généralement toxiques (Krief, 2003). Les hétérosides cyanogénétiques sont des précurseurs de l'acide cyanhydrique ou acide prussique, une substance toxique pour la plupart des organismes vivants

incluant les animaux et les êtres humains (Akintonwa et al., 1994). La consommation des pulpes de trois espèces de baobab étudiées ou leurs produits dérivés ne provoque donc pas d'intoxication chez les consommateurs.

Par contre, ces poudres renferment des leucoanthocyanes et des polyphénols (Tableau 3). Ces éléments phytochimiques sont des antioxydants naturels (Achat, 2013). Les antioxydants sont des substances qui ont la capacité d'empêcher l'oxydation de divers types de molécules de notre organisme comme les radicaux libres (Pamplona-Roger, 2010 ; Pamplona-Roger, 2013a). Ces derniers sont des composés générés en permanence par l'organisme humain ou formés en réponse à des agressions de notre environnement (Pamplona-Roger, 2013b). Ce sont des agents oxydants les plus nocifs et il s'agit de molécules agressives capables d'endommager nos propres molécules (Pamplona-Roger, 2013a). Or, les antioxydants peuvent neutraliser l'action de ces radicaux libres (Pamplona-Roger, 2013a). Ils se sont montrés utiles pour combattre de nombreuses maladies comme l'artériosclérose, le cancer, l'infarctus du myocarde, l'immunodépression, le vieillissement précoce et l'intoxication par les produits chimiques ou les aliments malaisés (Pamplona-Roger, 2013ab). Ces poudres de baobab, du fait de leur composition en leucoanthocyanes et en polyphénols pourraient donc être conseillées auprès des consommateurs.

Les poudres de baobab produites sont aussi très riches en stérols. Ces composés ont une structure quasiment identique à celle du cholestérol (Pamplona-Roger, 2010 ; Fumeron et al., 2015). De ce fait, lors de leur absorption, ils entrent en

concurrence avec le cholestérol et prennent, en partie, sa place au niveau des transporteurs, réduisant ainsi son absorption (Fumeron et al., 2015). Le cholestérol circulant dans le sang est uni à des substances appelées lipoprotéines (transporteurs) qui déterminent les deux sortes de cholestérol ayant des effets bien distincts (Pamplona-Roger, 2010). Ce sont : le cholestérol LDL (Low Density Lipoprotein), appelé aussi « mauvais cholestérol », qui favorise la formation d'artériosclérose, et le cholestérol HDL (High Density Lipoprotein) appelé familièrement « bon cholestérol », ayant une action préventive sur l'artériosclérose. Ce phénomène, appelé artériosclérose, est un facteur de risque très important d'accidents vasculaires cérébrales (AVC) graves. Or, selon Fumeron et al. (2015), la résultante de l'effet des stérols chez l'organisme humain est une diminution de la quantité de cholestérol LDL dans le sang. Ainsi, la consommation de ces poudres réduit le risque de l'AVC.

Tableau 3. Éléments phytochimiques présents et absents dans les poudres produites

Éléments phytochimiques testés dans les poudres produites	Poudre de <i>A. grandidieri</i>	Poudre de <i>A. rubrostipa</i>	Poudre de <i>A. za</i>
Alcaloïdes	-	-	-
Flavonoïdes	-	-	-
Leucoanthocyanes	+	+	+
Stérols insaturés	+++	+++	+++
Saponosides	-	-	-
Tanins	-	-	+
Terpènes	-	-	-
Polyphénols	++	++	++
Anthraquinones	-	-	-
Hétérosides cyanogénétiques	-	-	-
Polysaccharides	++	+++	++

+++ : Très abondant ; ++ : Abondant ; + : A l'état de trace ou en faible quantité ; - : Absence ; EAT : Equivalent à l'Acide Tannique.

Conclusion

L'analyse des propriétés physiques, physico-chimiques et fonctionnelles des poudres de baobab a montré que les rendements de production de ces poudres sont faibles. Ces poudres sont blanchâtres ou jaunes, avec un goût acidulé ou acidulé sucré. Elles sont légères et conservables pendant longtemps dans des bocaux. Ce sont des produits acides, mais alcalinisants. Elles sont capables de gonfler et d'absorber de l'eau et de l'huile. Les poudres de *A. rubrostipa* et de *A. za* ont moins d'affinité avec l'eau qu'avec l'huile.

Du point de vue nutritionnelle, on peut dire que ces poudres sont des aliments énergétiques, sources des glucides, de potassium, de calcium, de magnésium et de phosphore. Elles peuvent donc être exploitées pour lutter contre la malnutrition des enfants et la dénutrition des populations. Elles sont aussi conseillées pour les personnes hypertendues.

Du fait de l'absence des alcaloïdes et des hétérosides cyanogénétiques, qui sont généralement toxiques pour les êtres humains, les poudres des pulpes de trois espèces de baobab étudiées peuvent être utilisées pour préparer des aliments comestibles, comme le jus de baobab et la farine infantile. De plus, par la présence des antioxydants, tels que les leucoanthocyanes et les polyphénols, la consommation de ces poudres ou leurs dérivés sont donc très conseillées aux consommateurs pour éviter de nombreuses maladies. Enfin, une consommation suffisante de ces poudres ou ses produits dérivés permet de protéger notre organisme contre l'artériosclérose.

Références

- Achat, S. (2013). *Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques*. – Thèse de Doctorat en Sciences alimentaires : A. Mira de Bejaia : Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie ; Avignon et des Pays de Vaucluse : Ecole Doctorale 536 – Avignon, 211 p.
- Akintonwa, A., O.L. Tunwashe, et A. Onifade, (1994). Fatal and non-fatal acute poisoning attributed to cassava-based meal. *Acta Horticulture.*, **375**, p. 285 – 288.
- AOAC, (1970). Official method of analysis. 11th ed. Assoc. *Offic. Anal. Chemists*, Washington D.C.
- AOAC, (1990). *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists*. Method 925.10 (Final Action): Food Composition, Additives, Natural Contaminants, 15th Ed. – Arlington, Virginia 22201 USA: HELRICH K. – Volume II, p.777.
- Cissé, I. (2012). *Caractérisation des propriétés biochimiques et nutritionnelles de la pulpe de baobab des espèces endémiques de Madagascar et d'Afrique continentale en vue de leur valorisation*. – Thèse de Doctorat en Génie des procédés – Sciences des aliments, Discipline Génie des procédés : Montpellier : École doctorale Sciences des Procédés – Sciences des Aliments, 153 p.
- Cissé, I., D. Montet, M. Reynes, P. Danthu, B. Yao, & R. Boulanger, (2013). Biochemical and nutritional properties of baobab pulp from endemic species of Madagascar and the African mainland. *African Journal of Agricultural Research*, **8**(47), p. 6046 – 6054. December, 2013 (DOI: 10.5897/AJAR12.1231).
- Dany Cinq-Mars, (2001). *Minéraux majeurs. Nutrition et alimentation*. MAPAQ/Direction des services technologiques, p.1 – 6.
- De Smedt S., K. Alaerts, A. Kouyaté, P. Van Damme, G. Potters, and R. Samson, (2010). Phenotypic

- variation of baobab *Adansonia digitata* L. fruit traits in Mali. *Agroforestry Systems*, **82**, p. 87 – 97.
- Dhoimir, M.Y. (2017). *Essai de fabrication des pains à partir d'une farine composite de banane plantain-blé*. Mémoire de Master en Biochimie et Sciences de l'Environnement : Mahajanga : Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, 73 p.
- Fong, H.H.S., M. Tin-Wa, N.R. Farnsworth (1977). *Physicochemical screening review*. Chicago : University of Illinois, p. 73 – 126.
- Fumeron, F., J.-M. Bard, B. Vergès, F. Paillard, J.-M. Lecerf, (2015). *Phytostérols : un point sur les recommandations de l'ANSES*, 14 p.
- He, F.J., and G.A. Macgregor, (2008). Beneficial effects of potassium on human health. *Physiol Plant*, **133**(4), p. 725 – 735.
- Houghton, P.J. et A. Raman, (1998). *Laboratory handbook for the fractionation of natural extracts*, New York, Ed Chapman and Hall, p.208.
- Joslyn, M.A. (1970). *Methods in Food Analysis*. – 2nd ed. Academic Press. New York.
- Kemi, V.E., M.U.M. Kärkkäinen, and C.J.E. Lamberg-Allardt, (2006). High phosphorus intake acutely and negatively affect calcium and bone metabolism in a dose-dependent manner in healthy young females. *British Journal of Nutrition.*, **96**, p. 545 – 552.
- Krief, S. (2003). *Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : Surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de Chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées*. – Thèse de Doctorat en Ecologie et chimie des substances naturelles : Brunoy : Muséum National d'Histoire Naturelle, 346 p.
- Leach, H.W., L.D. McCowen, and T.J. Schoch, (1959). Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry*, **36**(6), p. 535 – 544.
- Medoua Nama, G.J.M. (2005). *Potentiels nutritionnel et technologique des tubercules durcis de l'igname *Dioscorea dumetorum* (Kunth) pax : Etude du durcissement post-récolte et des conditions de transformation des tubercules durcis en farine*. Thèse de Doctorat en Sciences Alimentaires et Nutrition : Ngaoundéré : Département de Sciences Alimentaires et Nutrition, 229 p.
- Munthali, C., P. Chirwa, and F. Akinnifesi, (2012). Phenotypic variation in fruit and seed morphology of *Adansonia digitata* L. (Baobab) in five selected wild populations in Malawi. *Agroforestry Systems*, **85**(1), p. 279 – 290.
- Njintang, Y.N., C.M.F. Mbofung, and K.W. Waldron, (2001). In vitro proteindigestibility and physico-chemical properties of dry red bean (*Phaseolus vulgaris*) flour : effect of processing and incorporation of soybean and cowpea flour. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, p. 2465 – 2471.
- Okaka, J.C., P.A. Okorie, et O.N. Ozo, (1991). Quality evaluation of sun-dried yam chips. *Tropical Science*, **30**(3), p. 265 – 275.
- Oyewole, O.B. (1990). Optimization of cassava fermentation for fufu production: effects of single starter cultures. *Journal Applied Bacteriology*, **68**, p. 49 – 54.
- Pamba, K.B.A., J.B. Assanvo, et K.M. Koffi, (2018). Caractérisation biochimique et microbiologique de la pulpe de baobab (*Adansonia digitata*) vendue sur le marché d'Abidjan : Biochemical and microbiological characterization of baobab pulp (*Adansonia digitata*) sold on the Abidjan market. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 7(5), p. 320 – 340.
- Pamplona-Roger, G.D. (2010). *Croquet la vie ! Des aliments qui guérissent et qui préviennent*. Première Edition. Madrid (Espagne) : Safeliz S. L., p. 80. – (Collection Nouveau Style de Vie).
- Pamplona-Roger, G.D. (2013a). *Guide des aliments et de leur pouvoir curatif : Traité de bromatologie et diétothérapie*. – Première partie : La science des aliments. – Huitième édition en français de l'édition

- originale en espagnole. – E-28770 Colmenar Viejo, Madrid, Espagne : Editorial Safeliz, S. L. – Volume 1, p. 348 –361 ; 382 – 411. – (Bibliothèque éducation et santé).
- Pamplona-Roger, G.D. (2013b). *Guide des aliments et de leur pouvoir curatif. : Traité de bromatologie et diétothérapie. – Première partie : La science des aliments.* – Huitième édition en français de l'édition originale en espagnole. – E-28770 Colmenar Viejo, Madrid, Espagne : Editorial Safeliz, S. L. – Volume 2, p. 98 ; 264 – 274 ; 360 – 365 ; 378 – 386. – (Bibliothèque éducation et santé).
- Pamplona-Roger, G.D. (2016). *Santé par les boissons. Jus, smoothies et infusion : Guide pratique pour votre bien-être.* – Première Edition. – E-28770 Colmenar Viejo, Madrid (Espagne) : Editions Safeliz S. L., p. 268–271. – (Collection : Vie et Santé).
- Randrianantenaina, A. (2019). *Valorisation des plantes amylicées : Utilisation des farines de cultivars de manioc malagasy les plus exploités dans la Région de DIANA dans la panification.* Thèse de Doctorat en Génie du Vivant et Modélisation, Spécialité de Biochimie et Biotechnologie Alimentaire : Mahajanga : Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation, 206 p.
- Ratolojanahary, N. (2018). *La poudre des fruits de Adansonia digitata : ses caractéristiques et son influence sur la qualité des yaourts.* Mémoire de Master 2 en Biochimie, Microbiologie et Biotechnologie Appliquées : Mahajanga : Facultés des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, 67 p.
- Remer, T., et F. Manz, (1995). Potential Renal Acid Load of Foods and its Influence on Urine pH. *Journal of the American Dietetic Association* 95, n° 7, p. 791-797. doi:10.1016/S0002-8223(95)00219-7.
- Sosulski, F.W. (1962). The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chemistry*, **39**(4), p. 344 – 350.
- Trèche, S. (1989). *Potentialités nutritionnelles des ignames (Dioscorea spp.) cultivées au Cameroun.* Edition de l'ORSTOM, **Vol. 1**, Paris, 224 p. – (Collection Etudes et Thèses).
- Vasconcelos, A.T., D.R. Twiddy, A. Westby, et P.J.A. Reilly, (1990). Detoxification of cassava during gari preparation. *International Journal of Food Science and Technology*, **25** : 198 – 203.