

Le baobab (*Adansonia digitata* L.) : Variabilité des graines, procédés d'extraction et propriétés physico-chimiques de l'huile

Sow Alioune^{1,2}, Mady CISSE^{1,2}, Nicolas Cyrille AYEISSOU^{1,2}, Mama SAKHO², and Codou Mar Diop¹

¹Laboratoire d'Electrochimie et des Procédés Membranaires (LEPM), ESP-UCAD, Dakar, Senegal

²Centre d'Etudes sur la Sécurité alimentaire et les Molécules fonctionnelles (CESAM-RESCIF), ESP-UCAD, Dakar, Senegal

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Cette revue bibliographique rassemble les informations publiées sur le baobab (*Adansonia digitata* L.) et ses différentes parties. Les résultats recensés dans la littérature ont fini de montrer toute la variabilité morphologique et phénologique du baobab. *La production fruitière est attribuée à des caractères génétiques, des phénomènes physiologiques et des conditions pédoclimatiques.* Les graines de baobab sont très riches en protéines, en lipides et en glucides. L'huile des graines de baobab extraite le plus souvent, de manière artisanale, par pression ou par solvant est actuellement très prisée par les industries pharmaceutiques et cosmétiques. En effet, la composition de sa fraction saponifiable et insaponifiable ainsi que ses propriétés physico-chimiques permet de ressortir toute la qualité de cette huile. Par ailleurs, les propriétés des méthyl esters de l'huile sont très similaires de celles du colza. Ainsi, l'huile est reconnue pour ces propriétés nourrissantes, émoullientes et adoucissantes sur la peau. Elle est utilisée dans le traitement des blessures, des douleurs, des affections dermiques, des cheveux, des ongles, de l'acné, de l'eczéma et du psoriasis.

KEYWORDS: *Adansonia digitata* L. ; huile ; variabilité ; baobab ; graines ; extraction ; utilisations.

1 INTRODUCTION

Le baobab (*Adansonia digitata* L.), arbre emblématique de la savane africaine, est l'espèce la très répandue et la plus reconnaissable [1],[2],[3],[4]. Le genre *Adansonia* appartient à la famille des Bombacacées et à l'ordre des Malvales [5]. Le fruit du baobab, de couleur brunâtre, jaunâtre ou verdâtre peut atteindre plus de 496 g [6],[7]. Les graines qui représentent plus de la moitié de la masse du fruit décoqueté, sont sous exploités par rapport à la pulpe [6],[8]. Cependant, les graines de baobab renferment des concentrations très importantes en termes de protéines (18,4 %), de lipides (12,2 %) et de glucides (45,1 %) [9]. Actuellement, l'huile de ces graines est très recherchée par les industries pharmaceutiques et cosmétiques à cause de sa composition [10],[11],[12],[13],[14]. Plusieurs études sur le baobab ont été consacrées à la taxonomie, à l'aspect botanique, à l'origine, à la distribution, à l'utilisation, à l'écologie et à l'agronomie [3],[6],[15],[16],[17]. Aussi, des études sur la composition de l'huile ont été réalisées à travers plusieurs articles [18],[19],[20]. Cependant, les articles de synthèses regroupant les informations sur la variabilité des graines et des caractéristiques physico-chimiques des huiles de baobab sont presque inexistantes. Dans ce contexte, notre étude propose une revue globale sur : la variabilité de la composition des graines de baobab, les procédés d'extraction de l'huile, la composition des différentes fractions, les propriétés physico-chimiques, les propriétés des méthyl esters et les principales utilisations de l'huile.

2 VARIABILITÉ DES GRAINES DE BAOBAB (*ADANSONIA DIGITATA* L.)

2.1 LES GRAINES

Avec l'aplatissement latéral, la taille des graines de baobab varie [(10 à 13) mm × (8 à 10) mm × (4 à 5) mm] [3]. D'après [21], le nombre de graines par fruit varie significativement selon les différents types de fruits. Selon eux, la masse d'une graine

varie entre 0,37 et 0,54 g et que le nombre de graines par fruit était de 105 ; 59 ; 307 et 195 respectivement pour les fruits en forme de ventricose, de croissant, de globuleux et de fusiforme. Ils estiment également que la masse totale des graines représente environ 43 % de la masse totale du fruit en provenance du Soudan. Ces résultats corroborent avec ceux de [6] qui avaient signalé que les graines représentaient environ 60 % en poids du fruit débarrassé de sa coque, pour des fruits récoltés au Sénégal. La couleur de la graine varie également selon la variabilité morphologique, la phénologie et l'origine géographique (Figure 1).



Fig. 1. Graines cardioïde du baobab africain avec tégument (à gauche) et sans tégument externe (à droite) [22]

Les travaux de [23] révèlent la présence d'une seule couche épidermique externe dans la graine. Selon ces auteurs, les cellules épidermiques, horizontalement allongées, seraient larges avec une cuticule mucilagineuse épaisse. Toujours selon eux, l'épiderme interne, hypoderme multicouche (environ cinq couches de cellules parenchymateuses compactes), serait hétérocellulaire et l'hypoderme externe comporterait entre deux et trois cellules sclérenchymes. A l'aide de la microscopie et de photographie de grossissements, ils ont également souligné la présence de poils absorbants, d'ostéoclérides, de macrosclérides, d'endosperme, de tanins et de cellules parenchymateuses. Plusieurs études ont également été consacrées à la reproduction et la germination des graines de baobab [24],[25]. En effet, le temps nécessaire avant le début la germination des graines de baobab varient très largement selon les conditions pédo-climatiques et de culture. Les facteurs environnementaux pouvant influencer la germination sont l'humidité du sol, la latitude, l'altitude, la température, la perméabilité à l'eau et/ou à l'oxygène, la densité de la couverture végétale, la maturité des graines de semences au moment de la récolte des fruits [24],[25],[26]. Par conséquent, Gebauer *et al.* [15] soulignent que les graines de baobab restent plusieurs semaines dans le sol avant de germer. En effet, les téguments très durs imposent une période de dormance aux graines issues de fruits mûrs [27]. Afin d'accroître le taux de germination, les graines de baobab peuvent être bouillies pendant quelques minutes ou trempées dans l'acide sulfurique concentré [27],[28]. D'après les travaux de [27], les durées de trempage de six (6), huit (8) et douze (12) heures des graines de baobab dans l'acide sulfurique concentré (96 %) permettaient d'enregistrer des taux de germination très élevés. Ils ont également noté une variation importante entre les provenances des graines qu'ils ont logiquement corrélées avec la morphologie, la taille des graines et les précipitations annuelles. En effet, des corrélations positives ont été observées entre certains paramètres morpho-biochimiques des fruits [29].

2.2 COMPOSITION DES GRAINES

Les résultats obtenus par [9] montrent que les graines de baobab renferment des concentrations très importantes en termes de protéines (18,4 %), de lipides (12,2 %) et de glucides (45,1 %). Cette teneur élevée en protéines permet de classer les graines de baobab au premier rang des plantes africaines avec le néré (*Parkia biglobosa*) [30]. La teneur en cendres et fibres varient respectivement de 3,1 et 15,6 % [31]. La valeur énergétique des graines de baobab est estimée entre 381,53 et 462,60 kcal/100g [32],[33],[34]. Le **Tableau 1** regroupe les principales caractéristiques des graines selon la position géographique.

Nkafamiya *et al.* [35] avaient reporté des éléments minéraux avec une prédominance du potassium, du calcium et du magnésium (**Tableau 2**). Certains éléments minéraux comme le zinc, le fer et le cuivre ont été mentionnés avec des teneurs faibles [9],[35]. Haddad [30] avait signalé la présence des vitamines B1, B2 et B3 dans les graines de baobab. Il estime que ces graines étaient deux fois plus riches en vitamine B3 que celles de l'arachide. Aussi, les graines de baobab renferment une faible quantité d'huile et la présence des vitamines A, D, E et F a été notée dans cette huile [11].

Tableau 1. Composition des graines de baobab (*Adansonia digitata* L.) de différentes provenances

Paramètres	Nigéria	Sénégal	Burkina Faso
Valeur énergétique	381,53 ± 0,83	-	-
Matière sèche	-	-	-
Acidité titrable (mEq.100g ⁻¹)	-	7	-
Humidité	3,50 ± 0,10	9,9	5,21 ± 0,31
Cendres	2,80 ± 0,20	4,4	4,71 ± 0,29
Fibres	15,30 ± 0,50	-	-
Protéines	9,20 ± 0,30	15,8	15,78 ± 0,19
Lipides	13,10 ± 0,30	11,8	14,8 ± 0,36
Glucides	46,10 ± 0,20	-	64,8 ± 0,57
Amidon	-	-	-
Sucres totaux	-	2,4	-
Sucres réducteurs	-	0,4	-
Références	[32]	[8]	[7]

Tableau 2. Composition en minéraux de la graine de baobab (mg/100g) de différentes provenances

Minéraux	Marché local	Nigéria	Bénin
Sodium	28,3 ± 2,2	6,07 ± 0,04	-
Potassium	910 ± 20	280,00 ± 1,34	-
Calcium	410 ± 10	58,90 ± 2,34	25,5 - 36,5
Magnésium	270 ± 30	-	32,4 – 32,6
Phosphore	-	6,00 ± 0,02	-
Fer	6,4 ± 0,2	6,36 ± 0,42	11 – 13,9
Cuivre	2,6 ± 0,2	-	-
Zinc	5,2 ± 0,0	3,60 ± 0,04	1,37 - 1,43
Manganèse	-	-	-
Références	[9]	[35]	[36]

Dans les graines, tous les acides aminés essentiels ont été signalés. Les acides aminés majoritaires (**Tableau 3**) sont l'acide glutamique, l'acide aspartique, la leucine et la glycine [9],[13]. Cependant, l'arginine, la méthionine et le tryptophane sont les moins représentés [13]. La teneur en acides aminés soufrés est comprise entre 57 et 86 % par rapport au standard OMS [3]. Ainsi, le condiment à base des graines est utilisé comme un amplificateur de goût pour les soupes, les ragoûts et aussi comme complément alimentaire [37]. Les travaux de Parkouda *et al.* [38] sur les changements biochimiques associés à la fermentation des graines de baobab lors de la production de *Maari* ont révélé une augmentation des acides aminés. En effet, ils ont obtenu une concentration en acides aminés qui est passée de 16,03 nmol/mg dans les graines non fermentées à 113,24 nmol/mg après soixante (60) heures de fermentation. Ces auteurs avaient également enregistré, après ces 60 heures de fermentation, la diminution de cette concentration en acides aminés. Afin d'améliorer la qualité du *Maari*, [39] ont préconisé l'utilisation des principaux microorganismes responsables de la fermentation des graines (*P. acidilactici* L87 et L169, *E. faecium* L154 et *Bacillus sp.*) comme des cultures de démarrage.

Tableau 3. Composition en acides aminés (g.100g⁻¹ de protéine) de la graine de baobab (*Adansonia digitata* L.)

Acides aminés	Baobab		
Alanine	-	5,79	7,1
Arginine	-	8,45	8,0
Aspartate	-	11,36	10,3
Cystéine	1,92	2,10	1,5
Glutamate	-	12,89	23,7
Glycine	-	6,41	8,6
Histidine	1,98	2,72	2,2
Isoleucine	3,54	3,42	3,6
Leucine	6,54	6,35	7,0
Lysine	3,73	4,67	5,0
Méthionine	1,25	6,16	1,0
Phénylamine	4,54	6,53	4,0
Proline	-	6,83	6,9
Sérine	-	6,61	6,1
Thréonine	2,91	2,03	3,8
Tryptophane	1,38	3,18	-
Tyrosine	2,72	9,01	1,5
Valine	4,99	6,16	5,9
Références	[34]	[32]	[9]

Par ailleurs, les graines contiennent des tanins, un inhibiteur trypsique, un inhibiteur amylasique et un alcaloïde spécifique, l'adansonine [40],[41]. Cependant, [34] avait mentionné l'absence d'inhibiteur trypsique dans les graines de baobab qui pouvait être considérée comme un avantage nutritionnel. Selon lui, les faibles teneurs en tanin (0,29 mg.g⁻¹), en phytates (1,20 g.100g⁻¹), en oxalate total (42,0 mg. 100g⁻¹) et en cyanure (0,25 mg.100g⁻¹) étaient en accord avec les valeurs des aliments couramment consommés (Tableau 4). Les techniques traditionnelles pratiquées comme la fermentation et l'ébullition permettent de réduire les composés antinutritionnels et d'améliorer la valeur nutritionnelle des graines de baobab [16]. Addy *et al.* [40] ont également rapporté la diminution de la composition en tanins lorsque les graines furent soumises à des traitements alcalins et acides. Cependant, [42] avaient observé une diminution importante en tanin (65,75 %), oxalate (33,87 %) et en inhibiteur trypsique (37,91 %) une fois que les graines ont été bouillies puis trempées et bouillies encore. Selon eux, le trempage et l'ébullition des graines avaient permis des pourcentages de réductions élevés en alcaloïdes (50,60 %), en acide phytique (65,57 %) et en HCN (47,34 %).

Tableau 4. Teneur en composés antinutritionnels des graines de baobab [34]

Parameters	Graines de baobab*
Tanin (mg/g)	0,29
Phytate (g/100g)	1,20
Phytate-Phosphore	0,34
Phytate-P as % total P	1,0
Inhibiteur trypsique, TIU/mg	ND
Haemagglutinins, HU/mg	0,250
Cyanure, mg/100g	0,25
Oxalate totale, mg/100g	42,0
Oxalate soluble dans l'eau	26,0
Oxalate soluble as % d'oxalate total	61,9
Nitrate, mg/g	19,45
Nitrite, mg/g	0,104

ND: Not Detected, *Means of two independent analyses

Aussi, les résultats obtenus par [43] montrent que les graines de baobab renferment des composés phénoliques solubles (668,97 mg GAE.100g⁻¹ de matière sèche). La teneur en polyphénols est comparable à celle du vitex (Tableau 5). Dans leur

étude, les acides phénoliques détectés dans les graines de baobab sont l'acide cinnamique (72,44 mg.100g⁻¹ matière sèche), l'acide caféique (9,09 mg.100g⁻¹ matière sèche), le quercétine (27,82 mg.100g⁻¹ matière sèche) et le catéchine (19,09 mg.100g⁻¹ matière sèche). Plusieurs études consacrées aux composés phénoliques ont montré le rôle inhibiteur à l'oxydation et à la stabilité des huiles [43],[44],[45],[46]. Connus par leurs propriétés thérapeutiques et antioxydants, les composés phénoliques sont fortement éliminés durant l'extraction et le raffinage des huiles obtenues avec les graines [44],[47]. Salih et Yahia [43] indiquent l'utilisation des graines de baobab et de vitex grillées, dans les monts Nuba du Soudan, comme substituant du café en raison de leurs teneurs en acide caféique.

Tableau 5. Les composés phénoliques (mg / 100 g MS) et phénolique soluble totale (mg GAE / 100 g MS) des graines de baobab et de vitex [43]

Composé phénolique	Baobab	Vitex
Acide protocatéchuique	ND	102,19 ± 2,35
Acide caféique	9,09 ± 0,51	2,71 ± 0,02
Acide cinnamique	72,44 ± 3,48	ND
Acide <i>p</i> -coumarique	ND	8,75 ± 0,46
Acide férulique	ND	5,40 ± 0,39
Acide 2-hydroxycinnamique	ND	3,18 ± 0,01
Acide sinapique	ND	1,89 ± 0,00
Quercétine	27,82 ± 0,74	ND
Catéchine	19,09 ± 1,92	ND
Total phénolique soluble	668,97 ± 8,64	641,69 ± 5,32

ND = non détecté

3 PROCÉDES D'EXTRACTION DE L'HUILES DES GRAINES DE BAOBAB (*ADANSONIA DIGITATA* L.)

3.1 EXTRACTION ARTISANALE

L'extraction de l'huile par cette méthode nécessite plusieurs opérations préliminaires. Les graines sont débarrassées de leurs pulpes par pilage à l'aide d'un pilon et d'un mortier. Un malaxage pour enlever la pulpe restante est ensuite réalisé. L'huile est obtenue en pilant les graines entières déulpées ou les amandes des graines. L'amande contenue dans la graine est extraite après un trempage et une cuisson de deux (2) à trois (3) heures. Après la cuisson, les graines sont décortiquées individuellement et manuellement puis séchées [48]. Ce procédé d'extraction nécessite beaucoup d'effort physique et consomme beaucoup d'énergie lors de la cuisson. Wickens et Lowe [49] indique également que l'huile peut être extraite par chauffage et distillation des graines. Selon eux, cette méthode traditionnelle, avec un rendement d'extraction compris entre 12 et 15 %, donne une huile qui se dégrade rapidement durant le stockage. Le tourteau obtenu après extraction, qui sert d'aliment de bétail renferme une quantité d'huile résiduelle importante.

3.2 EXTRACTION PAR PRESSE

L'huile de baobab obtenue par le procédé d'extraction par pression est généralement destinée à l'industrie pharmaceutique et cosmétique. Ce procédé nécessite au préalable une phase de séparation de la pulpe des graines. D'abord, les fruits de baobab sont concassés pour séparer les graines enrobées de pulpe et mêlées à des fibres. Les graines enrobées de pulpe sont séchées puis pilées ou broyées. Cette étape est suivie d'un tamisage grossier permettant de récupérer la pulpe et les graines. Ces dernières sont broyées sous forme de poudre afin d'obtenir des particules plus fines. Lors du pressage, la température d'extraction à la tête de sortie est comprise entre 105 et 110 °C. Cependant, le rendement d'extraction, environ 4 à 5 %, est faible et l'huile obtenue est mélangée à des impuretés gommeuses comme les tanins et les cires [49]. Afin d'empêcher la formation d'un dépôt au fond des bouteilles, l'huile de baobab obtenue après le pressage est filtrée. Ainsi, l'huile destinée à la commercialisation obtient un éclat acceptable auprès des consommateurs. Par ailleurs, [49] signalent qu'une société d'exportation basée à Arusha, en Tanzanie, avait surmonté cette difficulté en chauffant, au préalable, les graines destinées au pressage dans un bain d'eau. L'huile de baobab qui est obtenue par pressage puis filtrage est une huile jaune dorée et légèrement parfumée [11].

3.3 EXTRACTION PAR SOLVANT

L'extraction de l'huile des graines de baobab par solvant est réalisée au laboratoire avec des solvants organiques au Soxhlet [18],[19],[20],[50],[51]. Après le séchage à l'étuve ou à la température ambiante, les graines sont concassées à l'aide d'un pilon et d'un mortier. Cependant, la taille des particules n'a pas été déterminée dans ces études. En effet, [50] ont effectué l'extraction de l'huile en utilisant l'éther de pétrole (40 - 60 °C). Après l'extraction par solvant, l'huile, miscible avec le solvant, est extraite du tourteau. L'huile est séparée du solvant par évaporation au rotavapor à 65 °C. Avec l'hexane, le rendement d'extraction en huile varie entre 95 et 99 %. Cependant, les pertes en solvant sont notoires. Dans la plupart des études réalisées, le temps d'extraction varie largement entre trois (3) et huit (8) heures [18],[19].

4 CARACTERISTIQUES DE L'HUILE DES GRAINES DE BAOBAB

4.1 COMPOSITION CHIMIQUE DE L'HUILE DE BAOBAB

4.1.1 FRACTION SAPONIFIABLE

Des études ont été consacrées à la composition de l'huile des graines de baobab [23],[52],[53]. Cette huile constitue une excellente source en acides gras insaturés. En effet, cette huile est composée d'acides gras saturés (33 %), d'acides gras monoinsaturés (36 %) et d'acides gras polyinsaturés (31 %). Elle renferme principalement les acides palmitique, oléique et linoléique [6],[9],[53]. L'acide linoléique (C18 : 2) est l'acide gras insaturé le plus abondant (39,42 %) ; il est suivi de l'acide oléique (C18 : 1) avec une teneur de 26,07 % [13]. Cependant, l'acide palmitique (C16 : 0) est l'acide gras saturé le plus abondant dans l'huile de baobab (28,5 %) suivi de l'acide stéarique (C18 : 0) avec une teneur de 5,85 % [53]. Les acides gras minoritaires de l'huile de baobab sont les acides myristique (0,13 - 0,20 %), palmitoléique (0,13 - 0,32 %), heptadécaïque (0,13 - 0,28 %), heptadécénoïque (0,14 - 0,38 %), arachidique (0,56 - 1,18 %), stéarique (3,09 - 5,42 %), antéiso-stéarique (0,11 - 0,15 %), vaccénique (0,81 - 1,36 %), gondoïque (0,15 - 0,29 %) [54]. Comparativement aux autres huiles (sésame, arachide et olive), la composition en acide gras de l'huile de baobab est différente. Cette dernière est plus riche en acides palmitique et linoléique et contient moins d'acide oléique [55],[56],[57]. Par contre, sa composition en acide gras est similaire à celle de l'huile de *Jatropha*.

En plus de ces acides gras, la présence d'acides gras cyclopropéniques a été rapportée dans l'huile des graines de baobab [52],[54],[58]. Les acides gras cyclopropéniques qui font partie des acides gras non usuels, figurent parmi les constituants de l'huile des graines de certaines espèces de plantes appartenant à l'ordre des malvales [59]. Les principaux acides gras cyclopropéniques retrouvés dans l'huile de baobab sont l'acide malvilique (1,77 - 3,87 %), l'acide sterculique (0,42 - 1,68 %) et l'acide dihydrosterculique (1,74 - 3,86 %) [54]. Andrianaivo-Rafehivola *et al.* [59] ont montré que le chauffage à 180 °C et 220 °C pendant 8 (huit) heures réduisaient la teneur en acides gras cyclopropénique de l'huile de baobab de 60 % et 96 %, respectivement. Ainsi, ils préconisent le raffinage des huiles contenant des acides gras cyclopropéniques avant la consommation.

4.1.2 FRACTION INSAPONIFIABLE

4.1.2.1 LES TOCOPHÉROLS

La présence de tocophérols avait été mentionnée dans certaines études [60]. Le γ -tocophérol est majoritaire et représente environ 59,7 % de la teneur en tocophérols totaux. Les autres tocophérols détectés dans cette huile sont le α -tocophérol (10,2 %), β -tocophérol (12,0 %) et δ -tocophérol (18,1 %). La composition en tocophérol de l'huile de baobab est donc très différente de celles d'huiles de sésame (2,2 % de α -tocophérol) et de coton. Cependant, sa composition est similaire à celle de l'huile de *Jatropha curcas* (Tableau 6). Cette teneur en γ -tocophérol lui confère une stabilité durant la conservation. Bianchini *et al.* [60] ont aussi trouvé des teneurs en tocophérols différentes parmi les autres espèces de *Adansonia*. Le γ -tocophérol a été identifié comme le principal tocophérol dans ces espèces. En effet, cette teneur en γ -tocophérol de ces espèces a oscillé entre 68 et 99 %. Par ailleurs, ces auteurs n'avaient pas détecté le α -tocophérol dans la plupart de ces espèces.

Tableau 6. Comparaison de la composition en tocophérols de l'huile de baobab, de coton et de sésame

Huiles	Tocophérols (%)				Total mg/kg	Références
	α	β	γ	δ		
<i>Adansonia digitata</i> L.	10,2	12,0	59,7	18,1	-	[60]
<i>Adansonia suarensis</i>	0,7	3,0	89,0	7,3	-	
<i>Jatropha curcas</i>	10,2 ± 0,1	12,9 ± 0,2	76,9 ± 0,7	-	199,0 ± 16,7	[55]
Sésame	2,2	-	90,5	7,3	446	[57]
Coton	32-49	-	31-57	1 - 8	-	[55]

Les tocophérols ont des activités antioxydantes différentes. Le γ -tocophérol a l'activité antioxydante la plus élevée. Aussi, plusieurs travaux ont également été consacrés à l'activité biologique des quatre tocophérols [61],[62]. Le α -tocophérol (vitamine E) est plus fréquent dans la nature et le plus actif biologiquement (100 %) ; les β et γ -tocophérols présentent des activités plus faibles (respectivement 50 % et 10 %) ; le δ -tocophérol est pratiquement inactif [61],[63]. Leger [64] a attribué l'activité antioxydante au noyau 6-OH-chromane. En effet, les tocophérols inhibent les réactions radicalaires des acides gras insaturés en libérant des radicaux hydrogène [65]. Selon Lecerf [47], le raffinage réduit la teneur en vitamine E (de 15 à 20 %, désodorisation et décoloration surtout) et en caroténoïdes des huiles. Aussi, une diminution de la teneur en tocophérols des graines a été déterminé au cours du stockage [66]. Combe et Castera [67] avaient indiqué une dégradation partielle des tocophérols de 10 à 40 % de leur valeur initiale après une (1) à deux (2) heures de chauffage à 180 °C.

4.1.2.2 LES STÉROLS

Certaines études ont été consacrées à la composition de la fraction insaponifiable de l'huile des graines de baobab [3],[60]. Les stérols prépondérants de cette huile sont le β -sitostérol (75 à 81 %), le campestérol (6 à 6,3 %) et le Δ^7 -avénastérol (0,8 à 12 %). D'autres stérols comme le stigmastérol (1 à 2 %), le Δ^5 -avénastérol (0,5 à 3 %) et le cholestérol (1,9 à 2 %) sont aussi notés dans cette huile à des teneurs plus faibles. Bianchini *et al.* [60] ont détecté l'isofucostérol (3,4 à 6,2 %). Ils ont également indiqué que la composition en stérol varie suivant les sept (7) autres espèces de *Adansonia*. Ainsi, pour ces auteurs, la teneur en β -sitostérol oscille entre 83,5 et 88,4 %. De plus, certains stérols comme le cholestérol et Δ^7 -avénastérol n'ont pas été reportés dans l'huile de *A. grandidieri*, *A. za* et *A. madagascarensis*. Cependant, la composition en stérol de l'huile des graines de baobab (*Adansonia digitata* L.) est plus proche de celle de *Adansonia suarezensis*. La composition de la fraction stérolique de l'huile des graines de baobab à celle d'autres huiles végétales données dans le **Tableau 7** montre une différence significative. En effet, les huiles d'argane, d'olive et de palme renferment 220, 119 à 268 et 66 à 93 mg.100g⁻¹, respectivement, en stérols totaux [55],[68].

Lecerf [47] précise que la teneur en phytostérols des huiles est le plus souvent inversement proportionnelle à leur teneur en acides gras saturés. D'après Bereau [69], la détermination de la composition stérolique d'une huile végétale constitue un critère important d'identification de son origine botanique. Il estime également que les plantes appartenant à une même famille botanique avaient le plus souvent la même composition qualitative. Endrias [70] indique l'utilisation des phytostérols dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques lors de la formulation de certaines crèmes. Aussi, il indique que les phytostérols permettent de solubiliser les stéroïdes et présentent des effets curatifs sur la peau ainsi qu'une action anti-inflammatoire semblable à celle de la cortisone et des corticoïdes. Selon lui, l'ajout de phytostérols dans les crèmes permet d'améliorer l'hydratation de la peau et sa tonicité.

Tableau 7. Comparaison de la composition en stérols de l'huile des graines de baobab, d'olive, de lin et de sésame

Stérols	Baobab (%)	Olive (mg/100g)	Lin (%)	Sésame (%)
Cholestérol	1,9 - 2		< 0,9	0,2 ± 0,01
Campestérol	6 – 6,3	1.1–4.5	25 - 31	17,8 ± 0,1
Stigmastérol	1 - 2	0.9–1.6	6 - 9	6,4 ± 0,1
β-sitostérol	75 - 81	70.3–201	45 - 53	59,9 ± 0,1
Isofucostérol	-	-	-	-
Δ5-avénastérol	0,5 - 3	6.6–21.8	8 - 12	7,5 ± 0,1
Δ7-stigmastérol	0,6 – 4,8	-	< 3	0,3 ± 0,02
Δ7-avénastérol	0,8 - 12	-	< 0,6	0,1 ± 0,01
Brassicastérol	-	nd	0,1 – 0,7	-
Stérols totaux (mg.100g ⁻¹)	-	-	200 - 410	-
Références	[3],[71]	[72]	[73]	[57]

4.1.2.3 LES HYDROCARBURES

Les hydrocarbures, présents dans les huiles végétales, sont formés par la polymérisation d'unités d'isoprène ; c'est le cas du squalène (un intermédiaire de la biosynthèse des stérols), des carotènes et d'autres terpènes comme le limonène (Weil et al., 1990). Les principaux hydrocarbures retrouvés par Bianchini *et al.* (1982) dans l'huile de baobab sont le squalène (39,5 %) et le n-alcanes (57,3 %). Ils ont indiqué des différences de proportions significatives parmi les espèces de *Adansonia*. En effet, le squalène représente 13,7 % et 75,4 % des hydrocarbures respectivement pour les huiles issues des graines de *A. grandidieri* et de *A. suarezensis*. Dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques, le squalène est utilisé comme lubrifiant industriel résistant à l'oxydation [74],[75]. Aussi, Bianchini *et al.* [60] ont mentionné la présence d'autres hydrocarbures dans l'huile de baobab en de très faibles quantités tels que l'antéiso-alcanes et iso-alcanes.

4.1.2.4 LES CAROTÉNOÏDES

Les caroténoïdes constituent une imposante famille de pigments de nature terpénoïde, dont la couleur varie du jaune au rouge orangé (absorption de la lumière entre 400 et 550 nm). Ils sont synthétisés par les plantes et les micro-organismes photosynthétiques. Ils agissent en piègeurs de photons et transmettent l'énergie aux chlorophylles [76]. Haddad [30] avait mentionné la présence de β-carotène dans l'huile de baobab. Les huiles végétales non raffinées en contiennent en général de faibles quantités (10 mg/100 g) et sont en grande partie éliminés au cours du raffinage [61].

4.2 PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'HUILE DE BAOBAB

Les caractéristiques physico-chimiques de l'huile sont très importantes. En effet, elles permettent d'évaluer le procédé d'extraction utilisé, d'apprécier la qualité et, éventuellement le mode de conservation de l'huile obtenue.

4.2.1 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Les propriétés physiques de l'huile de baobab révèlent que l'huile possède une densité de 943 kg.m⁻³ [51] (Tableau 8). L'indice de réfraction à 40 °C de l'huile de baobab est de 1,468 [3]. Les travaux de [20] réalisés sur quatre échantillons de baobab différents dénotent une viscosité comprise entre 38,19 et 41,04. Cette viscosité est inférieure à celles des huiles de colza, de coton et de tournesol.

4.2.2 PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

Plusieurs études ont été consacrées aux propriétés chimiques de l'huile de baobab [18],[19],[20],[50],[51]. Ces propriétés révèlent une huile de baobab renfermant un indice de saponification élevé (Tableau 8). Pour le baobab, son indice de saponification est supérieur à celui de l'huile de palme (140 mgKOH/g) et de l'huile de moringa (180,31 mgKOH/g) [18]. L'indice de saponification élevé montre la forte possibilité de l'utilisation de l'huile de baobab dans la fabrication de savons. L'indice d'iode indique le degré d'insaturation. L'huile de baobab qui possède un indice d'iode autour de 87,9 mgI₂.100g⁻¹ est non-siccative et, est comparable à celui de l'huile d'olive (79 - 90 mgI₂.100g⁻¹) et de l'huile d'arachide (84 - 99 mgI₂.100g⁻¹).

Tableau 8. Comparaison des propriétés physico-chimiques de l'huile de baobab et de moringa

	Unités	Baobab	Baobab	Moringa
Couleur	-	Jaune	-	-
Densité à 25°C	-	0,42	-	-
Viscosité	mm ² .s ⁻¹	11,5	-	-
Acide gras libre	%	2,6	0,45 ± 0,08	-
Indice d'acide	mgKOH.g ⁻¹	5,2	0,33 ± 0,03	7,09 ± 0,21
Indice d'iode	mgI ₂ .100g ⁻¹	49,5	87,9 ± 0,02	55,02 ± 0,15
Indice de réfraction	-	1,46	1,459 ± 0,13	1,47 ± 0,12
Indice de peroxyde	mEq.kg ⁻¹	5,2	4,5 ± 0,08	15,96 ± 0,13
Gravimétrie spécifique	-	0,85	-	0,91 ± 0,31
Indice d'ester	-	224,8	-	-
Indice de saponification	mgKOH.g ⁻¹	230	196 ± 0,05	180,31 ± 0,31
Références		[48]	[35]	[77]

Ainsi, l'indice de saponification élevé et l'indice d'iode faible indiquent la bonne stabilité de l'huile de baobab [9]. Quelques études ont été consacrées sur le vieillissement de l'huile de baobab [20],[35],[50]. Nkafamiya *et al.* [35] ont effectué une extraction de l'huile des graines de baobab avec le Soxhlet en utilisant l'éther de pétrole à une température comprise entre 40 et 60 °C. Ils avaient stocké l'huile extraite pendant 140 jours, à la température ambiante de 30 ± 2 °C et avaient suivi les paramètres chimiques tous les deux semaines. Dans ces conditions, ils avaient noté l'augmentation des valeurs de l'indice de saponification, de l'indice de peroxyde et de la teneur en acide gras libre. Une baisse importante de la valeur de l'indice d'iode a été observée dès le 84^{ème} jour de stockage à la température ambiante. De plus, [50] avaient remarqué, dès la deuxième semaine de stockage, une forte diminution de l'indice d'iode de l'huile exposée à la lumière et à la température ambiante. Selon eux, la chute rapide de l'indice d'iode initiale de l'huile réfrigérée était due à une faible oxydation catalysée.

4.3 PROPRIÉTÉS DES MÉTHYL ESTERS DE L'HUILE DE BAOBAB

Le **Tableau 9** présente quelques propriétés de différents esters méthyliques. L'ester méthylique de baobab présente une densité de 882 kg.m⁻³ [78] comparable à celle de l'ester méthylique de colza (880 kg.m⁻³) [79]. La viscosité de l'ester méthylique de baobab est de 4,46 mm².s⁻¹. Elle est inférieure à l'ester méthylique de colza (7 mm².s⁻¹) largement utilisé en Europe tandis que l'huile de colza présente une viscosité de 78 mm².s⁻¹ [79]. Le point d'éclair de l'ester méthylique de baobab est de 192 °C. Il est supérieur à ceux du beurre de karité (171 °C), du maïs (168 °C) et du caoutchouc (130 °C) [78].

Tableau 9. Comparaison de quelques propriétés des esters méthyliques des huiles de baobab, de colza, de coton et de jatropha

	Baobab	Colza	Coton	Jatropha
Densité kg/m ³ (à 20 °C)	882	880	870	862
Viscosité mm ² /s (à 20 °C)	4,46	7	7	4,0
Point d'écoulement (°C)	-1	-12	1	2
Point de trouble (°C)	2	-4	2	6
Point d'éclair (°C)	192	183	178	135
Indice cétane (min)	57	52	54	57
Pouvoir calorifique (MJ/kg)	-	41	40	39,230
Stabilité oxydative (h)	3,09	-	-	-
Références	[78]	[79]	[79]	Ong et al., 2011

5 PRINCIPALES UTILISATIONS DE L'HUILE DE BAOBAB

5.1 UTILISATIONS TRADITIONNELLES

Les huiles de baobab ont été utilisées pendant des siècles par les communautés locales dans leur alimentation, comme des médicaments, dans des applications cosmétiques et dans la production de lubrifiants, de savon et des produits de soins personnels. Aussi, elles ont été utilisées dans le traitement de diverses affections telles que les pellicules des cheveux, des spasmes musculaires, des varices et des plaies [13]. Vermaak *et al.* [11] indiquent que l'huile des graines de baobab est utilisée

seule ou en combinaison avec d'autres parties de la plante pour traiter diverses affections telles que la fièvre, la diarrhée, la toux, la dysenterie, l'hémoptysie et les vers. L'huile est également utilisée pour traiter l'inflammation des gencives et pour soulager les maux de dents [3].

5.2 UTILISATIONS PHARMACEUTIQUES ET COSMÉTIQUES MODERNES

Durant ces dernières années, en raison de la recherche d'alternatives naturelles de l'industrie, la demande pour les huiles de graines comme ingrédients pour la nourriture, les cosmétiques et les biocarburants a considérablement augmenté (Rahul et al., 2015). L'huile des graines de baobab est utilisée dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques en raison de sa teneur en acides gras essentiels et en vitamines A, D, E et F (Bamalli et al., 2014 ; Vermaak et al., 2011). L'acide linoléique est l'acide le plus fréquemment utilisé dans les produits cosmétiques (Kamatou et al., 2011). En effet, elle permet le rajeunissement et le renouvellement des cellules, améliore donc l'élasticité de la peau et réduit l'apparence des vergetures. Après le traitement de l'huile, la partie résiduelle est mélangée avec de l'huile de noix de coco pour la fabrication de savon qui aide à lutter contre les maladies de la peau comme l'eczéma, les coups de soleil, l'acné et les éruptions cutanées (Namratha et Sahithi, 2015). L'huile de baobab est connue par sa haute perméabilité, ses propriétés nourrissantes, son pouvoir émoullit et ses capacités adoucissantes sur la peau et la cuir chevelu (Kamatou et al., 2011 ; Cissé, 2012). D'après Cissé (2012), l'huile de baobab, utilisée comme crème de massage, assouplit la peau et permet de soulager les douleurs, les blessures, de traiter certaines affections dermatiques notamment le psoriasis et l'eczéma. Il souligne aussi que les femmes enceintes appliquent cette huile sur le ventre et les seins, afin de permettre à la peau de garder son élasticité.

6 CONCLUSION

Avec cette revue bibliographique, il convient de noter que les résultats recensés dans la littérature ont fini de montrer toute la variabilité morphologique et phénologique du baobab. *La production fruitière est attribuée à des caractères génétiques, des phénomènes physiologiques et des conditions pédoclimatiques.* Les graines de baobab sont très riches en protéines, en lipides et en glucides. L'huile des graines de baobab extraite le plus souvent, de manière artisanale, par pression ou par solvant est actuellement très prisée par les industries pharmaceutiques et cosmétiques. En effet, la composition de sa fraction saponifiable et insaponifiable ainsi que ses propriétés physico-chimiques permet de ressortir toute la qualité de cette huile. Par ailleurs, les propriétés des méthyl esters de l'huile sont très similaires de celles du colza. Ainsi, l'huile est reconnue pour ces propriétés nourrissantes, émoullitantes et adoucissantes sur la peau. Elle est utilisée dans le traitement des blessures, des douleurs, des affections dermatiques, des cheveux, des ongles, de l'acné, de l'eczéma et du psoriasis.

REFERENCES

- [1] Korbo, A. , Kjær, E. D. , Sanou, H. , Ræbild, A. , Jensen, J. S. , and Hansen, J. K. Breeding for high production of leaves of baobab (*Adansonia digitata* L) in an irrigated hedge system. *Tree Genetics & Genomes* 2013, 9, 779–793.
- [2] Assogbadjo, A. E. and Loo, J. *Adansonia digitata*. African baobab. Conservation and sustainable use of genetic resources of priority food tree species in sub-Saharan Africa. Bioversity International, Italy: 2011.
- [3] Gebauer, J., El-Siddig, K., and Ebert, G. Baobab (*Adansonia digitata* L.): A review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan. *Gartenbauwissenschaft* 2002, 67, 155–160.
- [4] Diop, A. G., Sakho, M., Dornier, M., Cisse, M., and Reynes, M. Le baobab africain (*Adansonia digitata* L.) : principales caractéristiques et utilisations. *Fruits* 2005, 61, 55–69.
- [5] Wickens, G. E. The baobab: Africa's upside-down tree. *Kew Bulletin* 1982, 37, 173–209.
- [6] Cissé, I., Montet, D., Reynes, M., Danthu, P., Yao, B., and Boulanger, R. Biochemical and nutritional properties of baobab pulp from endemic species of Madagascar and the African mainland. *African Journal of Agricultural Research* 2013, 8, 6046–6054.
- [7] Sidibe, M. and Williams, J. T. Baobab, *Adansonia Digitata* L. Fruits for the future 4. International Center for Underutilized Crops (ICUC): University of Southampton, Southampton, UK 2002.
- [8] Wickens, G. E. and Lowe, P. *The Baobabs: pachycauls of Africa, Madagascar and Australia*. Springer: Berlin] 2008.
- [9] De Caluwé, E. , Halamová, K. , and Van Damme, P. *Tamarindus indica* L.: a review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Afrika focus* 2010, 23, 53–83.
- [10] Buchmann, C., Prehler, S., Hartl, A., and Vogl, C. R. The Importance of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in Rural West African Subsistence—Suggestion of a Cautionary Approach to International Market Export of Baobab Fruits. *Ecology of Food and Nutrition* 2010, 49, 145–172.
- [11] Cisse, M., Sakho, M., Dornier, M., Diop, C. M., Reynes, M., and Sock, O. Caractérisation du fruit du baobab et étude de sa transformation en nectar. *Fruits* 2009, 64, 19–34.

- [12] Osman, M. A. Chemical and nutrient analysis of baobab (*Adansonia digitata*) fruit and seed protein solubility. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)* 2004, 59, 29–33.
- [13] Kamatou, G. P. P., Vermaak, I., and Viljoen, A. M. An updated review of *Adansonia digitata*: A commercially important African tree. *South African Journal of Botany* 2011, 77, 908–919.
- [14] Vermaak, I., Kamatou, G. P. P., Komane-Mofokeng, B., Viljoen, A. M., and Beckett, K. African seed oils of commercial importance - Cosmetic applications. *South African Journal of Botany* 2011, 77, 920–933.
- [15] Cissé, I. 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, 2012. "f
- [16] Zahra'u, B., Mohammed, A. S., Ghazali, H. M., and Karim, R. Baobab Tree (*Adansonia digitata* L) Parts: Nutrition, Applications in Food and Uses in Ethno-medicine—A Review. *Ann Nutr Disord & Ther* 2014, 1, 1011.
- [17] Namratha, V. and Sahithi, P. Baobab: A review about "The Tree of Life." *International Journal of Advanced Herbal Science and Technology* 2015, 1, 20–26.
- [18] Kaboré, D., Sawadogo-Lingani, H., Diawara, B., Compaoré, C. S., Dicko, M. H., and Jakobsen, M. A review of baobab (*Adansonia digitata*) products: effect of processing techniques, medicinal properties and uses. *African Journal of Food Science* 2011, 5, 833–844.
- [19] Birnin-Yauri, U. A. and Garba, S. Comparative studies on some physicochemical properties of baobab, vegetable, peanut and palm oils. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences* 2011, 19, 64–67.
- [20] Abubakar, S., Etim, V., Bwai, D., and Afolayan, M. Nutraceutical evaluation of baobab (*Adansonia digitata* L.) seeds and physicochemical properties of its oil. *Annals of Biological Sciences* 2015, 3, 13–19.
- [21] Danbature, W. L., Yirankinyuki, F. F., Magaji, B., and Mela, Y. Effect of seed storage on the physico-chemical properties of its oil (*Adansonia digitata*). *International Interdisciplinary Journal of Scientific Research* 2015, 2, 1–7.
- [22] Baum, D. A. A Systematic Revision of *Adansonia* (Bombacaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 1995, 82, 440–471.
- [23] Soloviev, P., DaoudaNiang, T., Gaye, A., and Totte, A. Variabilité des caractères physico-chimiques des fruits de trois espèces ligneuses de cueillette récoltés au Sénégal: *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca* et *Tamarindus indica*. *Fruits* 2004, 59, 109–119.
- [24] Kerharo, J. and Adam, J. G. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle: Plantes médicinales et toxiques. Paris, France: 1974.
- [25] Baum, D. A., Small, R. L., and Wendel, J. F. Biogeography and floral evolution of baobabs (*Adansonia*, Bombacaceae) as inferred from multiple data sets. *Systematic Biology* 1998, 47, 181–207.
- [26] Pettigrew, J. D., Bell, K. L., Bhagwandin, A., Grinan, E., Jillani, N., Meyer, J., Wabuye, E., and Vickers, C. E. Morphology, ploidy and molecular phylogenetics reveal a new diploid species from Africa in the baobab genus *Adansonia* (Malvaceae: Bombacoideae). *Taxon International Journal of Taxonomy, Phylogeny and Evolution* 2012, 61, 1240–1250.
- [27] Bell, K. L., Rangan, H., Kull, C. A., and Murphy, D. J. The history of introduction of the African baobab (*Adansonia digitata*, Malvaceae: Bombacoideae) in the Indian subcontinent. *Royal Society Open Science* 2015, 2, 1–15.
- [28] Assogbadjo, A. E., Kyndt, T., Sinsin, B., Gheysen, G., and Van Damme, P. Patterns of Genetic and Morphometric Diversity in Baobab (*Adansonia digitata*) Populations Across Different Climatic Zones of Benin (West Africa). *Annals of Botany* 2006, 97, 819–830.
- [29] Samba, S. A. N. *Adansonia digitata*, le baobab. Dakar, Sénégal. 1995.
- [30] Parsa, A. Medicinal plants and drugs of plant origin in Iran. I. *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* 1959, 5, 375–394.
- [31] Assogbadjo, A. E., Sinsin, B., and Van Damme, P. Caractères morphologiques et production des capsules de baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. *Fruits* 2005, 60, 327–340.
- [32] Sanogo, D., Badji, M., Diop, M., Samb, C., Tamba, A., and Gassama, Y. Évaluation de la production en fruits de peuplements naturels de Baobab (*Adansonia digitata* L.) dans deux zones climatiques au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences* 2015, 85, 7838.
- [33] Niang, M., Diouf, M., Samba, S. A. N., Ndoye, O., Cissé, N., and Van Damme, P. Difference in germination rate of Baobab (*Adansonia digitata* L.) provenances contrasting in their seed morphometrics when pretreated with concentrated sulfuric acid. *African Journal of Agricultural Research* 2015, 10, 1412–1420.
- [34] Douie, C., Whitaker, J., and Grundy, I. Verifying the presence of the newly discovered African baobab, *Adansonia kilima*, in Zimbabwe through morphological analysis. *South African Journal of Botany* 2015, 100, 164–168.
- [35] Sanogo, D.; Diedhiou, B.; Diop, A.; Sanou, H.; Thiome, M.; Gassama, Y. K.; and Bassène, E. Morphologic and Biochemical Diversity of Peasant's Baobab Tree (*Adansonia digitata* L.) Morphotypes in Senegal. In *African Natural Plant Products Volume II: Discoveries and Challenges in Chemistry, Health, and Nutrition*; Juliani, H. R., Simon, J. E., Ho, C.-T., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC, 2013; Vol. 1127, pp. 255–271.

- [36] Codjia, J. T. C.; Fonton, B. K.; Assogbadjo, A.; and Ekue, M. R. M. Le baobab, une espèce à usage multiple au Bénin. Cotonou, Bénin, 2001.
- [37] Jensen, J. S. , Bayala, J. , Sanou, H. , Korbo, A. , Ræbild, A. , Kambou, S. , Tougiani, A. , Bouda, H.-N. , Larsen, A. S. , and Parkouda, C. A research approach supporting domestication of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in West Africa. *New Forests* 2011, 41, 317–335.
- [38] Assogbadjo, A. E. , Kyndt, T. , Chadare, F. J. , Sinsin, B. , Gheysen, G. , Eyog-Matig, O., and Van Damme, P. Genetic fingerprinting using AFLP cannot distinguish traditionally classified baobab morphotypes. *Agroforestry Systems* 2009, 75, 157–165.
- [39] Kyndt, T. , Assogbadjo, A. E. , Hardy, O. J. , Glele Kakai, R. , Sinsin, B. , Van Damme, P., and Gheysen, G. Spatial genetic structuring of baobab (*Adansonia digitata*, Malvaceae) in the traditional agroforestry systems of West Africa. *American Journal of Botany* 2009, 96, 950–957.
- [40] Zhigila, D. A. , Sawa, F. B. , Oladele, F. A. , and Abdullahi, A. NUMERICAL TAXONOMY ON VARIETIES OF ADANSONIA DIGITATA L. *Annals. Food Science and Technology* 2015, 16, 157–167.
- [41] Sharma, B. K. , Bhat, A. been A. , and Jain, A. K. *Adansonia digitata* L. (Malvaceae) a threatened tree species of medicinal importance. *Medicinal Plants - International Journal of Phytomedicines and Related Industries* 2015, 7, 173.
- [42] Parkouda, C. , Sanou, H. , Tougiani, A. , Korbo, A. , Nielsen, D. S. , Tano-Debrah, K. , Ræbild, A. , Diawara, B. , and Jensen, J. S. Variability of Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruits' physical characteristics and nutrient content in the West African Sahel. *Agroforestry Systems* 2012, 85, 455–463.
- [43] Arbonnier, A. Arbustes, Arbres et Lianes dans les zones sèches d'Afrique de l'ouest. 2000.
- [44] Haddad, C. Fruitiers Sauvages Du Sénégal. Thèse de doctorat de l'université de pharmacie, 2000.
- [45] Gebauer, J. , Assem, A. , Busch, E. , Hardtmann, S. , Möckel, D. , Krebs, F. , Ziegler, T. , Wichern, F. , Wiehle, M. , and Kehlenbeck, K. Der Baobab (*Adansonia digitata* L.): Wildobst aus Afrika für Deutschland und Europa?! *Erwerbs-Obstbau* 2014, 56, 9–24.
- [46] Gebauer, J. , Adam, Y. O. , Sanchez, A. C. , Darr, D. , Eltahir, M. E. S. , Fadl, K. E. M. , Fernsebner, G. , Frei, M. , Habte, T.-Y. , Hammer, K. , Hunsche, M. , Johnson, H. , Kordofani, M. , Krawinkel, M. , Kugler, F. , Luedeling, E. , Mahmoud, T. E. , Maina, A. , Mithöfer, D. , Munthali, C. R. Y. , Noga, G. , North, R. , Owino, W. O. , Prinz, K. , Rimberia, F. K. , Saied, A. , Schüring, M. , Sennhenn, A. , Späth, M. A. , Taha, M. E. N. , Triebel, A. , Wichern, F. , Wiehle, M. , Wrage-Mönnig, N. , and Kehlenbeck, K. Africa's wooden elephant: the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in Sudan and Kenya: a review. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2016, 63, 377–399.
- [47] Venter, S. M. , Glennon, K. L. , Witkowski, E. T. F. , Baum, D. , Cron, G. V. , Tivakudze, R. , and Karimi, N. Baobabs (*Adansonia digitata* L.) are self-incompatible and 'male' trees can produce fruit if hand-pollinated. *South African Journal of Botany* 2017, 109, 263–268.
- [48] Venter, S. M. and Witkowski, E. T. F. Baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit production in communal and conservation land-use types in Southern Africa. *Forest Ecology and Management* 2011, 261, 630–639.
- [49] De Smedt, S. , Alaerts, K. , Kouyaté, A. M. , Van Damme, P. , Potters, G. , and Samson, R. Phenotypic variation of baobab (*Adansonia digitata* L.) fruit traits in Mali. *Agroforestry Systems* 2011, 82, 87–97.
- [50] Global Forest Resources Assessment. <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/> (accessed May 31, 2018).
- [51] UICN Evaluation économique des ressources sauvages au Sénégal. Evaluation préliminaire des produits forestiers non ligneux, de la chasse et de la pêche continentale,. (2006).
- [52] Commission of the European Communities, Commission Decision 27/June/2008, authorising the placing on the market of Baobab dried fruit pulp as a novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council, Official Journal of the European Union, 11/7/2008. CEC, Ed.; London, 2008; pp. 183–186.
- [53] US Food and Drug Administration. Nutrition, Center for Food Safety and Applied Nutrition, GRAS Notice Inventory > Agency Response Letter GRAS Notice No. GRN 000273. <https://wayback.archive-it.org/7993/20171031014202/https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm174945.htm> (accessed May 31, 2018).
- [54] Modiba, E. , Osifo, P. , and Rutto, H. Biodiesel production from baobab (*Adansonia digitata* L.) seed kernel oil and its fuel properties. *Industrial Crops and Products* 2014, 59, 50–54.
- [55] Sanchez, A. C. , Osborne, P. E. , and Haq, N. Identifying the global potential for baobab tree cultivation using ecological niche modelling. *Agroforestry Systems* 2010, 80, 191–201.
- [56] Sanchez, A. C. , De Smedt, S. , Haq, N. , and Samson, R. Comparative study on baobab fruit morphological variation between western and south-eastern Africa: opportunities for domestication. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2011, 58, 1143–1156.
- [57] Gaiwe, R., Nkulinkiy-Nfura, T., Bassene, E., Olschwang, D., Ba, D., and Pousset, J. L. Calcium et mucilage dans les feuilles de *Adansonia digitata* (Baobab). *International Journal of Crude Drug Research* 1989, 27, 101–104.

- [58] Wickens, G. A. The Uses of the Baobab (*Adansonia digitata* L.) in Africa. Dans : Browse in Africa. ILRI (aka ILCA and ILRAD): Addis-Ababa, Ethiopia 1980.
- [59] Salih, N. and Yahia, E. M. Phenolics and fatty acids compositions of vitex and baobab seeds used as coffee substitutes in Nuba Mountains, Sudan. *Agriculture And Biology Journal Of North America* 2015, 6, 90–93.
- [60] Parkouda, C., Thorsen, L., Compaoré, C. S., Nielsen, D. S., Tano-Debrah, K., Jensen, J. S., Diawara, B., and Jakobsen, M. Microorganisms associated with Maari, a Baobab seed fermented product. *International Journal of Food Microbiology* 2010, 142, 292–301.
- [61] Nkafamiya, I. I., Osemeahon, S. A., Dahiru, D., and Umaru, H. A. Studies on the chemical composition and physicochemical properties of the seeds of baobab (*Adansonia digitata*). *African Journal of Biotechnology* 2007, 6, 756–759.
- [62] Parkouda, C., Nielsen, D. S., Azokpota, P., Ivette Irène Ouoba, L., Amoa-Awua, W. K., Thorsen, L., Hounhouigan, J. D., Jensen, J. S., Tano-Debrah, K., Diawara, B., and Jakobsen, M. The microbiology of alkaline-fermentation of indigenous seeds used as food condiments in Africa and Asia. *Critical Reviews in Microbiology* 2009, 35, 139–156.
- [63] Parkouda, C., Ba/Hama, F., Ouattara/Songre, L., Tano-Debrah, K., and Diawara, B. Biochemical changes associated with the fermentation of baobab seeds in Maari: An alkaline fermented seeds condiment from western Africa. *Journal of Ethnic Foods* 2015, 2, 58–63.
- [64] Chadare, F. J., Hounhouigan, J. D., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., and Boekel, M. A. J. S. van Indigenous Knowledge and Processing of *Adansonia Digitata* L. Food Products in Benin. *Ecology of Food and Nutrition* 2008, 47, 338–362.
- [65] Chadare, F. J., Gayet, D. P., Azokpota, P., Nout, M. J. R., Linnemann, A. R., Hounhouigan, J. D., and Boekel, M. A. J. S. van Three Traditional Fermented Baobab Foods from Benin, *Mutchayan, Dikouanyouri*, and *Tayohounta* : Preparation, Properties, and Consumption. *Ecology of Food and Nutrition* 2010, 49, 279–297.
- [66] Chadare, F. J., Linnemann, A. R., Hounhouigan, J. D., Nout, M. J. R., and Van Boekel, M. A. J. S. Baobab Food Products: A Review on their Composition and Nutritional Value. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2009, 49, 254–274.
- [67] Ramadan, A., Harraz, F. M., and El-Mougy, S. A. Anti-inflammatory, analgesic and antipyretic effects of the fruit pulp of *Adansonia digitata*. *Fitoterapia* 1994, 65, 418–422.
- [68] Masola, S. N., Mosha, R. D., and Wambura, P. N. Assessment of antimicrobial activity of crude extracts of stem and root barks from *Adansonia digitata* (Bombacaceae) (African baobab). *African Journal of Biotechnology* 2009, 8, 5076–5083.
- [69] Tanko, Y., Yerima, M., Mahdi, M. A., Yaro, A. H., Musa, K. Y., and Mohammed, A. Hypoglycemic activity of methanolic stem bark of *adansonia digitata* extract on blood glucose levels of streptozocin-induced diabetic wistar rats. *International Journal of Applied Research in Natural Products* 2008, 1, 32–36.
- [70] Singh, S., Parasharami, V., and Rai, S. Medicinal uses of *adansonia digitata* L.: an endangered tree species. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation* 2013, 2, 14–16.
- [71] Yusha'u, M., Hamza, M. M., and Abdullahi, N. Antibacterial activity of *Adansonia digitata* stem bark extracts on some clinical bacterial isolates. *International Journal of Biomedical and Health Sciences* 2010, 6, 129–135.
- [72] Al-Qarawi, A. A., Al-Damegh, M. A., and El-Mougy, S. A. Hepatoprotective Influence of *Adansonia digitata* Pulp. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 2003, 10, 1–6.
- [73] Sulaiman, L. K., Oladele, O. A., Shittu, I. A., Emikpe, B. O., Oladokun, A. T., and Meseko, C. A. In-ovo evaluation of the antiviral activity of methanolic root-bark extract of the African Baobab (*Adansonia digitata* Lin). *African Journal of Biotechnology* 2011, 10, 4256–4258.
- [74] Vimalanathan, S. and Hudson J. B. Multiple inflammatory and antiviral activities in *Adansonia digitata* (Baobab) leaves, fruits and seeds. *Journal of Medicinal Plants Research* 2009, 3, 576–582.
- [75] Atawodi, S. E., Bulus, T., Ibrahim, S., Ameh, D. A., Nok, A. J., Mamman, M., and Galadima, M. In vitro trypanocidal effect of methanolic extract of some Nigerian savannah plants. *African Journal of Biotechnology* 2003, 2, 317–321.
- [76] Ogbaga, C. C., Nuruddeen, F. A., Alonge, O. O., and Nwagbara, O. F. Phytochemical, Elemental and Proximate Analyses of Stored, Sun-Dried and Shade-Dried Baobab (*Adansonia Digitata*) Leaves. 2017
- [77] Edogbanya, O. P. Comparative Study of the Proximate Composition of Edible Parts of *Adansonia digitata* L. obtained from Zaria, Kaduna State, Nigeria. *MAYFEB Journal of Biology and Medicine* 2016, 1
- [78] Abiona, D., Adedapo, Z., and Suleiman, M. Proximate Analysis, Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Baobab (*Adansonia digitata*) Leaves. *IOSR JAC* 2015, 8, 60–65.
- [79] Abioye, V. F., Adejuyitan, J. A., and Idowu, C. F. Effects of different drying methods on the nutritional and quality attributes of baobab leaves (*Adansonia digitata*). *Agric. Biol. J. N. Am* 2014, 5, 104–108.