

Variabilité des caractéristiques physiques et nutritionnelles des tubercules de souchet (*Cyperus esculentus* L.) cultivés au Burkina Faso

SEMDÉ Zénabou¹, PARKOUDA Charles^{1*},
TAMBOURA Djeneba¹, SAWADOGO/LINGANI Hagrétou¹

Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer les caractéristiques physiques et nutritionnelles des tubercules de souchet, *Cyperus esculentus* L., cultivés au Burkina Faso. Les tubercules de souchet ont été collectés dans trois régions productrices de souchet et les caractéristiques déterminées par des méthodes standards. Les tubercules de souchet avaient une longueur comprise entre $11,07 \pm 1,12$ mm et $18,28 \pm 2,87$ mm et une épaisseur comprise entre $6,87 \pm 0,84$ mm et $8,80 \pm 0,66$ mm avec un poids variant de 0,49 à 1,20 g. La composition biochimique moyenne des tubercules de souchet était de $6,83 \pm 0,03$ % à $9,94 \pm 0,03$ % pour l'humidité, de $1,71 \pm 0,25$ % à $3,01 \pm 0,02$ % pour les cendres, de $3,43 \pm 0,05$ % à $8,35 \pm 0,22$ % pour les protéines, de $22,40 \pm 0,55$ % à $30,08 \pm 0,50$ % pour les matières grasses, de $43,81 \pm 0,01$ % à $68,84 \pm 0,04$ % pour les sucres totaux, de $2,82 \pm 0,00$ % à $6,40 \pm 0,00$ % pour les sucres réducteurs et de $4,26 \pm 0,00$ % à $5,40 \pm 0,00$ % pour l'amidon. Les tubercules de souchet ont présenté des teneurs importantes en calcium ($701,95 \pm 27,86$ à $1215,32 \pm 46,35$ mg 100 g⁻¹), en magnésium ($895,79 \pm 41,94$ à $1344,97 \pm 69,30$ mg 100 g⁻¹) et en potassium ($418,73 \pm 41,46$ à $944,59 \pm 48,57$ mg 100 g⁻¹) et des teneurs non négligeables en fer ($3,12 \pm 0,68$ à $14,17 \pm 2,29$ mg 100 g⁻¹) et en zinc ($1,85 \pm 0,29$ à $3,77 \pm 1,73$ mg 100 g⁻¹). Les paramètres physiques déterminés constituent une base pour le dimensionnement des équipements de transformation. Les tubercules de souchet de Mangodara et Orodara sont les plus aptes pour l'extraction d'huile du fait de leurs teneurs élevées en matières grasses tandis que ceux de Loropéni conviendraient pour la production d'une boisson localement appelée « ochata » pour leurs teneurs élevées en sucres totaux et en sels minéraux. Au regard de leur composition nutritionnelle, les tubercules de souchet pourraient être mis à contribution dans la lutte contre la malnutrition au Burkina Faso.

Mots-clés : tubercules, souchet, nutriments, variabilité.

Variability of physical and nutritional characteristics of nutsedge tubers (*Cyperus esculentus* L.) cultivated in Burkina Faso

Abstract

The aim of this study was to evaluate physical and nutritional characteristics of nutsedge tubers, *Cyperus esculentus* L., grown in Burkina Faso. The nutsedge tubers were collected in three localities where the production is common in Burkina Faso. The physical and nutritional parameters were determined using standard methods. The nutsedge tubers had a length between 11.07 mm \pm 1.12 and 18.28 \pm 2.87 mm and a thickness of 6.87 \pm 0.84 mm and 8.80 \pm 0.66 mm with a weight ranging from 0.49 to 1.20 g. The average biochemical composition of nutsedge tubers was 6.83 \pm 0.03 % to 9.94 \pm 0.03 % for moisture, 1.71 \pm 0.25 % to 3.01 \pm

¹ Département Technologie Alimentaire/IRSAT/CNRST 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

* Auteur correspondant : cparkouda@yahoo.fr

0.02% for the ashes, $22.40 \pm 0.55\%$ to $30.08 \pm 0.50\%$ for protein, $22.40 \pm 0.55\%$ to $30.08 \pm 0.50\%$ for fat, $43.81 \pm 0.01\%$ to $68.84 \pm 0.04\%$ for total sugars, $2.82 \pm 0.00\%$ to $6.40 \pm 0.00\%$ for the reducing sugars and $4.26 \pm 0.00\%$ to $5.40 \pm 0.00\%$ for the starch. The nutsedge tubers showed significant levels of calcium (701.95 ± 27.86 to 1215.32 ± 46.35 mg 100g^{-1}), magnesium (895.79 ± 41.94 to 1344.97 ± 69.30 mg 100g^{-1}) and potassium (418.73 ± 41.46 to 944.59 ± 48.57 mg 100g^{-1}) and appreciable amount of iron (3.12 ± 0.68 to 14.17 ± 2.29 mg 100g^{-1}) and zinc (1.85 ± 0.29 to 3.77 ± 1.73 mg 100g^{-1}). The physical parameters obtained constitute a basis data for the design of processing equipment. Mangodara and Orodara nutsedge tubers are the most suitable for oil extraction due to their fat content while those from Loropeni are suitable for the production of a beverage locally called « ochata » due to their high levels of total sugars and minerals. Based on their nutritional composition, nutsedge tubers could contribute to fight against malnutrition in Burkina Faso.

Keywords: tubers, nutsedge, nutrients, variability.

Introduction

Le souchet comestible (*Cyperus esculentus* L) également connu sous le nom d'amande de terre, est une culture mineure cultivée dans les zones tempérées et tropicales du monde. Dans les zones tempérées, il est cultivé en Espagne, en Italie et aux États-Unis. Dans les tropiques, il est retrouvé largement en Inde et en Afrique de l'Ouest (COBLEY, 1962). En Afrique sub-saharienne, le souchet est cultivé essentiellement au Mali, au Burkina Faso, au Nigéria et au Niger. En 2005, la production sous régionale se chiffrait à 24 000 tonnes au Niger, 6 500 tonnes au Mali et 1124 tonnes au Burkina (ALOU, 2005).

Les tubercules de souchet font partie des ingrédients quotidiens de nombreuses personnes en Afrique du Nord et en Espagne (BAYER *et al.*, 1959). En effet, dans plusieurs localités, les tubercules sont consommés tels quels ou transformés principalement en une boisson appelée localement « horchata de chufa » ou lait de souchet. Dans les pays européens, aux États-Unis et en Israël, les tubercules de souchet ont été promus au cours des dernières années par les organisations de végétariens comme un aliment complet. Aussi, le lait de souchet a été recommandé comme substitut complet du lait pour les bébés allergiques au lait maternel et au lait de vache (MOKADY *et al.*, 1970). Des études antérieures reportent l'utilisation des tubercules de souchet pour l'extraction d'huile et comme ingrédients dans la fabrication de savon parfumé (KILLINGER and STOKES, 1951). Au nord du Nigeria et au Ghana, les tubercules de souchet sont utilisés dans la fabrication de friandise ; au Togo ils sont utilisés principalement crus comme plat d'accompagnement (OMODE *et al.*, 1995).

Au Burkina Faso, le souchet est connu sous l'appellation pois sucré ou « thiogon » en langue Mooré et Dioula. Il est essentiellement cultivé dans les régions des Hauts Bassins, des Cascades, du Sud Ouest et de la Boucle du Mouhoun. Il est produit à près de 16 000 tonnes par an et sa contribution à l'économie nationale est d'environ 14 milliards de FCFA par an à partir de 2010 (SOU, 2018). Les tubercules de souchet sont consommés crus, torréfiés ou transformés en boissons, en farine et en huile. Ils sont également utilisés dans la fabrication de gâteaux et de biscuits. La valorisation du souchet passe nécessairement par une meilleure connaissance des caractéristiques physiques et nutritionnelles des tubercules de souchet. Si des données existent sur la composition biochimique et nutritionnelle des tubercules de souchet de différents pays (MOKADY and DOLEV, 1970 ; OLADELE and AINA, 2007 ; EKEANYANWU and ONONOGBU, 2010), peu de données existent sur la composition biochimique des tubercules de souchet produits au Burkina Faso. L'objectif de la présente étude est donc de contribuer à une meilleure connaissance des caractéristiques physiques et nutritionnelles des tubercules de souchet cultivés au Burkina Faso.

I. Méthodologie

1.1. Echantillonnage

Neuf (9) échantillons de tubercules séchés de souchet de couleur jaune ont été collectés au près des producteurs de Loropéni (Région du Sud Ouest), de Koloko, de Orodara (Région des Hauts Bassins), de Banfora et de Mangodara (Région des Cascades) qui sont les régions de grande production du souchet au Burkina Faso. Les tubercules ont été conditionnés dans des sacs puis acheminés au Département Technologie Alimentaire (CNRST/IRSAT/DTA, Ouagadougou, Burkina Faso) pour les analyses.



Figure 1: Echantillonnage des tubercules de souchet

1.2. Méthodes de détermination des caractéristiques physiques des tubercules de souchet

Les caractéristiques physiques des tubercules de souchet ont été déterminées suivant la méthode utilisée par Ban Koffi *et al.* (2005). Les dimensions (longueur et épaisseur) des tubercules de souchet ont été déterminées à l'aide d'un pied à coulisse numérique (Castorama, 10W12, Filetage Métrique ISO). Pour les échantillons de souchet provenant d'une même localité, les dimensions de 30 tubercules de souchet ont été déterminées et les dimensions moyennes d'un tubercule en sont déduites. Le poids moyen de 1 000 tubercules de souchet a été déterminé à l'aide d'une balance analytique (OHAUS Analytical plus) et le poids moyen d'un tubercule en est déduit.

1.3. Méthodes de détermination des paramètres biochimiques

1.3.1. Préparation des échantillons

Les tubercules de souchet sont triés, lavés et séchés à l'étuve (Memmert modél 600) à 60 °C jusqu'à ce que les tubercules soient bien secs. Les tubercules ainsi séchés sont broyés finement à l'aide d'un broyeur électrique (Laboratory Mill 3303, Perten instrument) pour les différentes analyses.

1.3.2. Détermination du taux d'humidité

La teneur en eau a été déterminée selon la norme française NF V 03-707 (2000). Cette méthode consiste à une dessiccation à l'étuve à 105 °C de 5 g de broyat de tubercules de souchet jusqu'à l'obtention d'un poids constant. La différence de poids correspond à la teneur en eau. Les résultats sont exprimés en g pour 100 g de tubercules de souchet.

1.3.3. Détermination des cendres totales

La teneur en cendres totales a été déterminée selon la norme ISO 2171 (2007).

Cinq grammes de broyat de tubercules de souchet sont soumis à une incinération dans un four à 550 °C pendant 12 h. Le résidu obtenu est pesé et correspond aux cendres. Les résultats sont donnés en g pour 100 g de matière sèche.

1.3.4. Détermination de la teneur en sucres totaux

Les sucres totaux ont été dosés par Spectrométrie en utilisant la méthode à l'orcinol sulfurique (MONTREUIL et SPIK, 1969). Brièvement 0,1 g de broyat de tubercules de souchet a été mis en suspension dans 50 ml d'eau distillée et soumis à une agitation pendant 10 min et le volume complété à 100 ml avec de l'eau distillée. A un millilitre (1 ml) de la solution ainsi obtenue, on a ajouté 2 ml du réactif à l'orcinol sulfurique et 7 ml d'acide sulfurique concentré à 60 % (V/V). Le mélange a été homogénéisé, porté à un bain marie bouillant pendant 20 min, puis placé à l'obscurité pendant 45 min. Après 10 min à la température ambiante et à la lumière, l'absorbance a été mesurée à 510 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (UNICO 1200E). Les teneurs en sucres totaux ont été déterminées à l'aide d'une courbe d'étalonnage établie avec le D-glucose comme sucre de référence. Les résultats ont été exprimés en équivalent D-glucose pour 100 g de matière sèche.

1.3.5. Détermination de la teneur en sucres réducteurs

Les sucres totaux ont été déterminés par spectrométrie en utilisant la méthode au 3,5-dinitrosalicylate (DNS) comme décrit par Kouamé *et al.* (2015) avec de légères modifications. Un gramme (1 g) de broyat de tubercules de souchet a été mis en suspension dans 25 ml d'eau distillée chaude (60 °C). La suspension a été ensuite soumise à une agitation pendant 1 h 30 min puis centrifugée et le filtrat recueilli dans une fiole jaugé de 100 ml. L'opération a été répétée deux fois et le volume du surnageant recueilli a été complété à 100 ml avec de l'eau distillée. Au millilitre (1 ml) de cette solution ont été ajoutés 2 ml de réactif au DNS, le mélange a été homogénéisé puis porté à un bain marie bouillant pendant 15 min et refroidie rapidement. Le mélange a été de nouveau homogénéisé et l'absorbance lue à 546 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (UNICO 1200E). Les concentrations en sucres réducteurs ont été déterminées à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec du D-glucose comme sucre de référence. Les résultats ont été exprimés en équivalent D-glucose pour 100 g de matière sèche.

1.3.6. Détermination de la teneur en protéines

Les protéines totales ont été déterminées par la méthode Kjeldahl selon la Norme Française NF V03 50 (1970). Cette méthode est basée sur la détermination de l'azote totale.

Un gramme de broyat de tubercules de souchet a été introduit dans un matras Kjeldahl et une pastille de catalyseur Kjeltabs ainsi que 20 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés.

La minéralisation a été effectuée à une température progressive de 100 à 550 °C pendant environ quatre heures. Le minéralisat ainsi obtenu a été refroidi et son volume complété à 50 ml avec de l'eau distillée puis neutralisée par une solution de NaOH 10N. La solution ainsi neutralisée a été distillée et le distillat recueilli dans un erlenmeyer contenant 20 ml d'acide borique et quelques gouttes d'hélianthine et de vert de bromocresol. La distillation a été arrêtée lorsque le volume du distillat atteint 150 ml. Le distillat a été ensuite titré avec de l'acide sulfurique 0,1N jusqu'au virage de la solution du vert au rose. Un blanc a été également titré dans les mêmes conditions que les échantillons. Les teneurs en protéines ont été exprimées en g pour 100 g de matière sèche.

1.3.7. Détermination de la teneur en matières grasses

Les matières grasses ont été obtenues par extraction au Soxhlet selon la norme ISO 659 (1998) en utilisant l'hexane comme solvant. Cette méthode est basée sur la capacité des matières grasses à se dissoudre dans les solvants organiques. Cinq grammes (5 g) de broyat de tubercules de souchet ont été introduits dans des cartouches d'extraction, bouchées avec du coton et mis dans des extracteurs Soxhlet. Dans des ballons préalablement lavés, séchés et pesés ont été introduits 300 ml d'hexane puis relié aux extracteurs. Les extractions ont été effectuées durant quatre heures et les matières grasses ont été séparées de l'hexane par évaporation au rotavapor. Les ballons ont été ensuite séchés à l'étuve à 105 °C pendant 1 h pour éliminer les traces d'hexane puis refroidis au dessiccateur et pesés à nouveau. Les teneurs en matières grasses ont été données en g pour 100 g de matière sèche.

1.3.8. Détermination de la teneur en amidon

La teneur en amidon a été déterminée par spectrométrie à 580 nm grâce à son interaction avec l'iode (JARVIS et WALKER, 1993). Cinq milligrammes (5 mg) de broyat de tubercules de souchet, delipidés et séchés ont été pesés et mis en suspension dans 0,5 ml de diméthylsulfoxyde (DMSO). Le mélange a été porté au bain marie bouillant pendant 45 min, après refroidissement, 0,5 ml d'eau distillée ont été ajoutés au mélange et porté à nouveau au bain marie pendant 30 min pour gélatiniser l'amidon. Après un refroidissement rapide, 0,5 ml de cette solution ont été prélevés et 0,1 ml de réactif à l'iode a été ajouté. Le mélange a été ensuite homogénéisé et l'absorbance lue à 580 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (UNICO 1200E). La teneur en amidon a été déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage établie avec de l'amidon de pomme de terre. La teneur en amidon a été donnée en g pour 100 g de matière sèche.

1.4. Méthode de détermination des teneurs en éléments minéraux

Les teneurs en macroéléments (phosphore, potassium, sodium, calcium et magnésium) des différents échantillons ont été déterminées après une minéralisation. Après la minéralisation des échantillons, le phosphore a été dosé par spectrométrie à 880 nm par la méthode au bleu de molybdène en utilisant un auto-analyseur (SKALAR 1000). Le potassium et le sodium ont été déterminés à l'aide d'un photomètre à flamme (KORNING 400). Le calcium et le magnésium ont été dosés respectivement aux longueurs d'onde de 422,7 nm et 285,2 nm à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (PERKIN ELMER 100). Les teneurs en oligoéléments (cuivre, fer, zinc et manganèse) ont été déterminées après minéralisation des échantillons, en utilisant un spectrophotomètre d'absorption atomique (PERKIN ELMER 100) respectivement aux longueurs d'onde de 324,8 nm ; de 248,3 nm ; de 219,9 nm et de 279,5 nm. Les résultats ont été exprimés en mg pour 100 g de matière sèche.

1.5. Analyses statistiques des données

Les données ont été saisies à l'aide du logiciel Microsoft Excel puis analysées avec le logiciel SPSS en utilisant l'analyse des comparaisons multiples de Bonferonni pour comparer les paramètres physiques, biochimiques et les éléments minéraux des différents échantillons de tubercules de souchet avec un niveau de confiance de 95 %. Le logiciel Minitab version 18.1 a été utilisé pour faire un regroupement des échantillons de tubercules de souchet au seuil de similarité 95 % à partir de leurs caractéristiques physiques.

II. Résultats

2.1. Caractéristiques physiques des tubercules de souchet

Les caractéristiques physiques des tubercules de souchet sont reportées dans le tableau I. Les résultats montrent que les tubercules de souchet collectés ont une longueur moyenne comprise entre $11,07 \pm 1,12$ et $18,28 \pm 2,87$ mm et une épaisseur moyenne comprise entre $6,87 \pm 0,84$ et $8,80 \pm 0,66$ mm avec un poids moyen de 1000 tubercules variant entre 0,49 et 1,20 kg. Les tubercules de souchet de Loropéni (LP2) ont la longueur la plus élevée ($18,28 \pm 2,87$ mm) tandis que ceux de Koloko (KL2) ont la plus faible longueur ($11,07 \pm 1,12$ mm). Les tubercules de souchet de Banfora ont la plus grande épaisseur ($8,80 \pm 0,66$ mm) et ceux d'Orodara ont la plus petite épaisseur ($6,87 \pm 0,84$ mm). Le poids le plus élevé (1,20 g) est observé avec les tubercules de souchet de Mangodara et le poids le plus faible (0,49 g) avec ceux de Koloko (KL2).

Le dendrogramme de la figure 2 montre que les échantillons de Banfora et de Koloko (KL2) sont similaires sur le plan physique ainsi que ceux d'Orodara et de Koloko (KL3) au seuil de similarité 95 %.

Tableau I. Caractéristiques physiques des tubercules de souchet (moyenne \pm écart type) en fonction des provenances

Table I. Physical characteristics of nutsedge tubers according to the localities

Provenances	Echantillons	Longueur (mm)	Epaisseur (mm)	Poids moyen de 1000 tubercules (Kg)
Loropéni	Lp1	$13,29 \pm 1,99^a$	$8,50 \pm 0,99^a$	0,75 ^a
	Lp2	$18,28 \pm 2,87^b$	$7,36 \pm 1,00^b$	1,08 ^b
	Lp3	$11,60 \pm 1,09^c$	$7,82 \pm 0,72^c$	0,69 ^c
Koloko	K11	$17,08 \pm 1,83^d$	$7,35 \pm 0,82^d$	0,84 ^d
	K12	$11,07 \pm 1,12^e$	$7,32 \pm 0,82^e$	0,49 ^e
	K13	$11,29 \pm 2,24^f$	$7,47 \pm 0,67^f$	0,54 ^f
Banfora	Ba	$11,26 \pm 0,99^g$	$8,80 \pm 0,66^g$	0,50 ^g
Orodara	Or	$12,28 \pm 2,00^h$	$6,87 \pm 0,84^h$	0,54 ^f
Mangodara	Mg	$15,33 \pm 7,75^i$	$8,75 \pm 1,18^i$	1,20 ^h

Les moyennes affectées de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5 %.

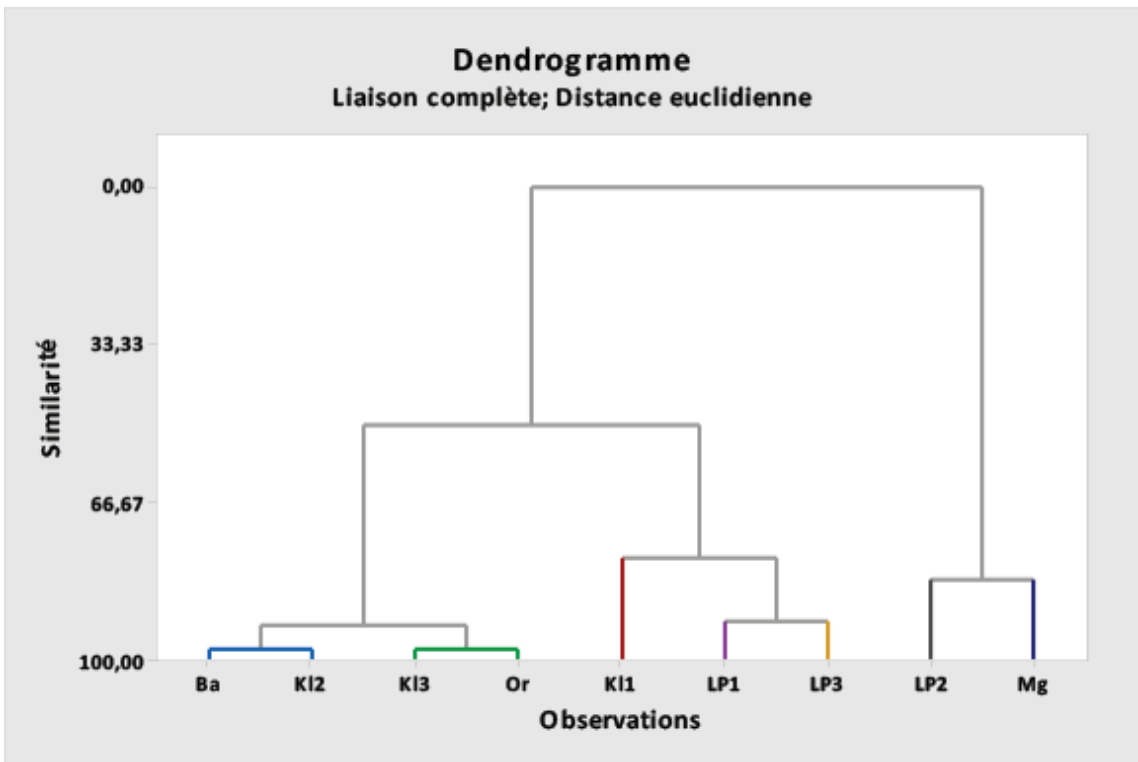


Figure 2. Regroupement des échantillons de tubercules de souchet à partir de leurs caractéristiques physiques.

2.2. Composition biochimique des tubercules de souchet

La composition biochimique des tubercules de souchet est reportée au niveau du tableau II. Les tubercules de souchet ont présenté une humidité comprise entre $6,83 \pm 0,03 \%$ et $9,94 \pm 0,03 \%$, le plus faible taux d'humidité a été obtenu avec l'échantillon d'Orodara et le taux le plus élevé avec l'échantillon de Loropéni (LP1). Le taux de cendres des tubercules de souchet a varié de $1,71 \pm 0,25 \%$ à $3,01 \pm 0,02 \%$ obtenus respectivement avec les échantillons de Koloko (KL1) et de Loropéni (LP3). Les teneurs en protéines des tubercules de souchet étaient comprises entre $3,43 \pm 0,05 \%$ et $8,35 \pm 0,22 \%$ avec une teneur en matières grasses variant entre $22,40 \pm 0,55 \%$ et $30,08 \pm 0,50 \%$. La plus faible teneur en protéines a été obtenue avec les échantillons de Loropéni (LP1) et la teneur la plus élevée avec ceux de Koloko (KL1). Les tubercules de souchet de Loropéni (LP3) ont donné la plus faible teneur en matières grasses et ceux de Mangodara, la plus forte teneur. Les teneurs en amidon des tubercules de souchet étaient comprises entre $4,26 \pm 00 \%$ et $5,40 \pm 00 \%$ obtenus avec les échantillons KL3 et KL1 provenant de Koloko. Les tubercules de souchet ont eu des teneurs en sucres totaux variant entre $43,81 \pm 0,01 \%$ et $68,84 \pm 0,04 \%$ obtenus respectivement avec les échantillons d'Orodara et de Loropéni (LP3). Les teneurs en sucres réducteurs des tubercules de souchet étaient comprises entre $2,82 \%$ (Loropéni LP1 et Koloko KL2) et $6,40 \%$ (Mangodara).

Tableau II. Composition biochimique des tubercules de souchet (g/100 g de matière sèche) en fonction des provenances
Table II. Biochemical characteristics of nutsedge tubers according to the localities

Provenances	Echantillons	Humidité (%)	Cendres (%)	Amidon (%)	Protéines (%)	Matières grasses (%)	Sucres totaux (%)	Sucres réducteurs (%)
Loropéni	LP1	9,94±0,03 ^a	2,15±0,1 ^a	4,49±0,00 ^a	4,79±0,23 ^a	23,88±0,31 ^a	64,35±0,01 ^a	2,82±0,00 ^a
	LP2	9,49±0,08 ^b	2,04±0,03 ^b	5,00±0,00 ^b	3,43±0,05 ^b	26,39±0,38 ^b	64,51±0,03 ^b	3,66±0,00 ^b
	LP3	8,92±0,07 ^c	3,01±0,02 ^c	5,09±0,00 ^c	6,31±0,08 ^c	22,40±0,55 ^c	68,84±0,04 ^c	2,89±0,00 ^c
Koloko	KL1	9,01±0,08 ^d	1,71±0,25 ^d	5,40±0,00 ^d	8,35±0,22 ^d	24,21±0,27 ^d	48,76±0,04 ^d	2,87±0,01 ^d
	KL2	8,61±0,01 ^e	1,98±0,06 ^e	4,65±0,00 ^e	6,87±0,09 ^e	23,72±0,17 ^e	49,80±0,01 ^e	2,82±0,01 ^a
	KL3	8,84±0,10 ^f	1,83±0,06 ^f	4,26±0,00 ^f	6,81±0,18 ^f	22,85±0,40 ^f	49,51±0,04 ^f	4,29±0,01 ^e
Banfora	Ba	8,57±0,08 ^g	1,85±0,07 ^g	5,37±0,00 ^g	6,23±0,03 ^g	27,67±0,03 ^g	46,63±0,03 ^g	3,37±0,00 ^f
Orodara	Or	6,83±0,03 ^h	1,91±0,06 ^h	4,71±0,00 ^h	6,46±0,11 ^h	28,30±0,13 ^h	43,81±0,01 ^h	3,78±0,01 ^g
Mangodara	Mg	9,03±0,03 ⁱ	2,02±0,00 ⁱ	4,37±0,00 ⁱ	5,84±0,1 ⁱ	30,08±0,50 ⁱ	43,90±0,01 ⁱ	6,40±0,02 ^h

Les moyennes affectées de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5 %.

2.3. Composition en éléments minéraux des tubercules de souchet

La composition en éléments minéraux des tubercules de souchet est donnée dans le tableau III. Les tubercules de souchet ont eu des teneurs en fer comprises entre $3,12 \pm 0,69$ et $14,17 \pm 2,29$ mg/100g⁻¹, des teneurs en zinc qui ont varié de $1,85 \pm 0,29$ mg/100 g à $3,73 \pm 1,57$ mg/100g, des teneurs en phosphore de $7,68 \pm 1,10$ mg/100 g à $14,73 \pm 0,64$ mg/100 g, des teneurs en cuivre de $0,54 \pm 0,06$ mg/100 g à $0,78 \pm 0,01$ mg/100 g, des teneurs en sodium de $31,87 \pm 1,88$ mg/100 g à $70,34 \pm 0,64$ mg/100 g, des teneurs en potassium comprises entre $418,73 \pm 41,46$ mg/100 g et $944,60 \pm 48,57$ mg/100 g et des teneurs en magnésium de $895,79 \pm 41,94$ mg/100 g à $1\ 344,98 \pm 69,30$ mg/100 g. Les tubercules de souchet de Loropéni ont eu les teneurs les plus élevées en phosphore (LP2), en potassium (LP1), en magnésium (LP2), en sodium (LP2) et en Zinc (LP3) tandis que les plus faibles teneurs ont été obtenues avec les tubercules de souchet provenant de Koloko. La teneur la plus élevée en fer a été enregistrée avec les tubercules de souchet d'Orodara et la plus faible teneur avec ceux de Koloko (KL3).

Les teneurs en calcium des tubercules de souchet ont varié de $701,95 \pm 27,86$ mg/100 g à $1\ 215,32 \pm 46,35$ mg/100 g avec des teneurs en manganèse de $7,61 \pm 2,75$ mg/100 g à $15,81 \pm 4,10$ mg/100 g. La plus faible teneur en calcium a été obtenue avec les tubercules de souchet de Koloko (KL1) et la plus élevée avec ceux d'Orodara. La teneur la plus élevée en manganèse a été obtenue avec les tubercules de souchet de Koloko (KL3) et la plus faible teneur avec ceux de Mangodara.

III. Discussion

Les caractéristiques physiques des tubercules de souchet indiquent une variation des dimensions des tubercules en fonction des localités. Ces résultats sont en conformité avec ceux obtenus par Bado *et al.* (2015) qui ont rapporté des valeurs comprises entre 9,8 et 13,1 mm pour la longueur, entre 9,00 et 11,9 mm pour la largeur et entre 598 g et 1 044 g pour le poids moyen de 1 000 tubercules de souchet collectés dans différentes localités du Burkina Faso. Coşkuner *et al.* (2002) ont trouvé des diamètres moyens compris entre 5,40 et 6,69 mm, une longueur moyenne située entre 10,56 et 12,88 mm avec un poids variant entre 0, 229 g et 0,277 g pour les tubercules de souchet cultivé en Turquie. Les tubercules de souchet du Burkina Faso sont donc plus gros que ceux de la Turquie.

Les caractéristiques biochimiques des tubercules de souchet ont varié d'un échantillon à l'autre. Le taux d'humidité des tubercules de souchet sont similaires à ceux rapportés par Ban-Koffi *et al.* (2005) en Côte d'Ivoire, Chukwu *et al.* (2013), Monago and Uwakwe (2009) au Nigeria qui étaient respectivement de 8,3 % ; 9,327 % et 9,74 %. Bado *et al.* (2015) au Burkina Faso et Shaker *et al.* (2009) en Egypte ont trouvé des taux d'humidité de 4,56 %-5,19 % et 3,75 % respectivement. Ces différences peuvent être liées au degré de séchage des tubercules de souchet. De faibles taux d'humidité permettent une bonne conservation des tubercules de souchet. Les tubercules de souchet ont eu des taux de cendres similaires à ceux de 1,69 %-2,21 % ; 2,17 % ; et 1,79 % rapportés respectivement par Bado *et al.* (2015), Ban-Koffi *et al.* (2005) et Monago and Ukwakwe (2009). Coskuner *et al.* (2002) et Chukwu *et al.* (2013) ont rapporté des taux de cendres plus élevés de 13,96 %-14,67 % et 9,69 % respectivement. Le taux de cendres étant une indication de la teneur en matières minérales, les tubercules de souchet du Burkina Faso ont une faible teneur en éléments minéraux par rapport à ceux de la Turquie et ceux de l'Etat d'Eboniyi

Tableau III. Composition en éléments minéraux des tubercules de souchet (mg/100 g de matière sèche) en fonction des provenances
 Table III. Mineral elements content of nutsedge tubers according to the localities

Provenances	Echantillons	Mn	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu
Loropéni	LP1	13,73±2,00 ^a	12,58±0,64 ^a	944,60±48,57 ^a	55,52±3,35 ^a	1047,52±73,85 ^a	1336,58±7,73 ^a	12,04±2,69 ^a	1,85±0,29 ^a	0,54±0,06 ^a
	LP2	14,73±1,85 ^b	14,73±0,64 ^b	841,16±41,84 ^b	70,34±0,64 ^b	946,13±27,38 ^b	1344,98±69,30 ^b	14,03±2,24 ^b	2,94±0,09 ^b	0,57±0,04 ^b
	LP3	10,95±4,04 ^c	13,91±1,26 ^c	696,42±63,27 ^c	56,73±1,64 ^c	1083,25±72,47 ^c	1152,09±20,53 ^c	12,66±1,55 ^c	3,77±1,73 ^c	0,62±0,04 ^c
Kotoko	KL1	8,86±2,83 ^b	9,52±1,67 ^b	418,73±41,46 ^d	31,87±1,88 ^d	701,95±27,86 ^d	1030,91±34,85 ^d	5,22±1,42 ^d	2,05±0,15 ^d	0,78±0,01 ^a
	KL2	13,18±1,98 ^c	13,86±0,63 ^c	486,18±23,93 ^e	44,13±1,67 ^e	794,01±72,94 ^e	985,50±49,85 ^e	3,51±0,32 ^e	2,13±0,35 ^e	0,64±0,02 ^e
	KL3	15,81±4,11 ^f	7,68±1,10 ^f	501,26±41,19 ^f	37,66±3,14 ^f	828,21±55,93 ^f	895,79±41,94 ^f	3,12±0,69 ^f	1,99±0,40 ^f	0,76±0,06 ^f
Banfora	BA	15,21±20 ^e	13,13±2,20 ^e	486,03±63,85 ^e	41,20±4,93 ^e	1092,33±52,90 ^e	1080,64±46,09 ^e	6,15±1,43 ^e	2,93±1,23 ^e	0,71±0,09 ^e
	OR	14,03±4,59 ^b	11,45±2,48 ^b	449,70±40,66 ^b	35,06±3,08 ^b	1215,32±46,35 ^b	1019,63±10,89 ^b	14,17±2,29 ^b	2,35±0,67 ^b	0,70±0,09 ^b
Mangodara	MG	7,61±2,75 ^f	12,82±1,68 ^f	627,67±0,1 ^f	52,76±4,80 ^f	781,92±73,07 ^f	901,75±35,58 ^f	8,38±1,65 ^f	2,53±0,38 ^f	0,77±0,04 ^f

Les moyennes affectées de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5 %.

au Nigeria. Les teneurs en protéines et en matières grasses des tubercules de souchet sont similaires à celles rapportées par plusieurs auteurs. Coskuner *et al.* (2002) ont rapporté des teneurs en protéines comprises entre 43,4 g/Kg et 57,5 g/Kg et des teneurs en matières grasses de 244,3 g/Kg à 245,6 g/Kg ; Ban-Koffi *et al.*, (2005) des teneurs de 6,04 % en protéines et de 24,70 % en matières grasses; Shaker *et al.* (2009) des teneurs de 5 % en protéines et de 30 % en matières grasses ; Monago et Ukwakwe (2009) des teneurs de 3,94 % en protéines et de 27,54 % en matières grasses et Bado *et al.* (2015) des teneurs en protéines de 3,3 % à 4,33 % et en matières grasses de 24,91 % à 28,94 %. Chukwu *et al.* (2013) au Nigeria ont rapporté une teneur en matières grasses très faible, de 2,147 %. Les tubercules de souchet du Burkina sont plus riches en matières grasses que ceux de l'Etat d'Ebonyi au Nigeria. Les teneurs en sucres réducteurs des tubercules de souchet sont similaires à celles de 11,8 g/Kg-22,2 g/Kg et 25 g/Kg trouvés respectivement par Coşkuner *et al.* (2002) et Shaker *et al.* (2009). Les tubercules de souchet ont des teneurs en sucres totaux supérieures aux taux de 124,1 g/Kg-184,4 g/Kg et de 20,2 % rapportés respectivement par Coşkuner *et al.* (2002) et Ban-Koffi *et al.* (2005). Les taux d'amidon des tubercules de souchet sont très faibles par rapport aux taux de 240,7 g/Kg-272,7 g/Kg ; de 32 % ; de 295 g/Kg et de 30,54 %-33,21 % rapportés respectivement par Coşkuner *et al.*, 2002 ; Ban-Koffi *et al.*, 2005 ; Shaker *et al.*, 2009 et Bado *et al.*, 2015.

La composition en éléments minéraux des tubercules de souchet montre qu'ils contiennent plusieurs minéraux dont certains sont très importants pour l'organisme humain. Les teneurs en fer, en zinc, en cuivre et en potassium des tubercules de souchet sont en accord avec celles trouvées par Ban-Koffi *et al.* (2005) ; Shaker *et al.* (2009) et Bado *et al.* (2015) mais diffèrent de celles trouvées par Monago and Ukwakwe (2009) et Chukwu *et al.* (2013). Les teneurs en calcium sont largement supérieures aux taux de 4,09 g/Kg, de 1 ppm et de 19,09 %-32,27 % trouvés respectivement par Ban-Koffi *et al.* (2005), Shaker *et al.* (2009) et Bado *et al.* (2015). Les teneurs en phosphore des tubercules de souchet sont proches des teneurs de 123 ppm rapportées par Shaker *et al.* (2009) mais inférieures aux taux de 1,82 g/Kg et de 229,6 %-283,7 % trouvés par Ban-Koffi *et al.* (2005) et Bado *et al.* (2015).

Les différences observées au niveau des caractéristiques biochimiques et de la composition en éléments minéraux des tubercules de souchet pourraient être liées aux variétés de souchet, aux conditions de culture et au type de sol sur lequel le souchet est cultivé. En effet, Ejoh *et al.* (2006) ont montré que le site, la variété de souchet ont une influence significative sur la composition chimique des tubercules de souchet. Schirra and Agabbio (1989) et Kazantzis *et al.* (2003) ont montré que l'irrigation, le moment de la récolte et les conditions de stockage peuvent également influencer la composition biochimique des amandes ainsi que la stabilité de l'huile extraite de ces amandes.

Conclusion

Au terme de notre étude, il ressort que les plus gros tubercules de souchet sont ceux de Loropéni mais les tubercules de Mangodara ont le poids moyen le plus élevé. Les tubercules de souchet des cinq localités ont des quantités relativement importantes de matières grasses et de carbohydrates avec un faible taux de protéines. Les tubercules de souchet de Mangodara et Orodara sont les plus riches en matière grasse et seraient donc intéressantes pour l'extraction d'huile. Les tubercules de souchet de Loropéni ont une teneur élevée en sucres totaux et sont riches en minéraux et conviendraient donc à la production de boisson appelée localement « ochata ».

Du fait de leur composition biochimique et de leur richesse en éléments minéraux importants pour le fonctionnement de l'organisme, les tubercules de souchet pourraient contribuer à la lutte contre la malnutrition au Burkina Faso.

Remerciements

Ces travaux ont été financés par le Projet Valorisation des Produits locaux (PVPL-MRSI/DGAN-VAR).

Références bibliographiques

- ALOU A.-K., 2005.** Plan d'affaires de la fédération SA'A de Maradi pour la commercialisation du souchet à l'export 2009-2013. Extrait étude de marché 2008. Fédération Nigérienne des Organisations Professionnelles Agricoles (SA'A), Maradi, Niger.
- BADO S., BAZONGO P., SON G., KYAW T. M., FORSTER P. B., NIELEN S., LYKKE M. A., OUEÐRAOGO A., BASSOLÉ I. H. N., 2015.** Physicochemical characteristics and composition of three morphotypes of *Cyperus esculentus* tubers and tuber oils. *Journal of Analytical Methods in Chemistry* 2015.
- BAN-KOFFIL., NEMLIN G. J., LEFEVRE S., KAMENAN A., 2005.** Caractérisation physico-chimique et potentialités thérapeutiques du pois sucré (*Cyperus esculentus* L. Cyperaceae). *Agronomie Africaine* 17 (1), 63-71.
- BAYER G., 1959.** 'Die Erdmandel', Heft 35 (Berliner Gartner Bucher: Deutscher Bauerverlag).
- CHUKWU M. O., IBIAM O. F. A., OKOI A., 2013.** Studies on the fungi and phytochemical and proximate composition of dry and fresh tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.). *International Research Journal of Biotechnology* 4 (1), 11-14.
- COBLEY S. L., 1962.** *Introduction to the botany of tropical crops*. London, Longman.
- COŞKUNER Y., ERCAN R., KARABABA E., NAZLICAN A. N., 2002.** Physical and chemical properties of chufa (*Cyperus esculentus* L.) tubers grown in the Çukurova region of Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 625-631.
- DUKE J. A., 1992.** Handbook of Edible Weeds. Boca Raton, FL: CRC Press, 246 p.
- EJOH A. R., NDJOUENKEU D., NDJOUENKEU R., 2006.** Characteristics of tigernut (*Cyperus esculentus*) tubers and their performance in the production of a milky drink. *Journal of Food Processing and Preservation* 30, 145-163.
- EKEANYANWU R. C., ONONOGBU C. I., 2010.** Nutritive value of Nigerian tiger nut, *Cyperus esculentus* L. *Agricultural journal* 5 (5), 297-302.
- HOLM L. G., PANCHO J. V., HERBERGER J. P., PLUCKNETT D. L., 1991.** A Geographical Atlas of World Weeds. Malabar, FL: Krieger Publishing., 391 p.
- JARVIS E. C., WALKER R. L. J., 1993.** Simultaneous, rapid, spectrophotometric determination of total starch, amylose and amylopectin. *Journal of the Science of the Food and Agriculture* 63, 53-51.
- KAZANTZIS I., NANOS D. G., STAVROULAKIS G. G., 2003.** Effect of harvest time and storage conditions on almond kernel oil and sugar composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83, 354-359.
- KILLINGER G. B., STOKES W. E., 1951.** Chufas in Florida. *Bulletin* 419, University of Florida, Agriculture Experimental Station, Gainesville, FL.
- KOUAME N. M. T., SORO K., MANGARA A., DIARRASSOUBA N., KOULIBALY A. V., BORAUD N. K. M., 2015.** Étude physico-chimique de sept (7) plantes spontanées alimentaires du centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 90, 8450-8463.
- MICHAEL S. D., 2002.** Yellow Nutsedge, *Cyperus esculentus* L., snack food of the Gods. *Weed Technology* 16, 901-907.

- MOKADY S. H., DOLEV A., 1970.** Nutritional evaluation of tubers of *Cyperus esculentus* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 21, 211-214.
- MONAGO C. C., UWAKWE A. A., 2009.** Proximate composition and in-vitro anti sickling property of Nigerian *Cyperus esculentus* (tiger nut sedge). *Trees for Life Journal* 4 (2).
- MONTREUIL J., SPIK G., 1969.** Microdosage des glucides. Méthodes colorimétriques de dosage des glucides totaux. *Faculté des Sciences, Université de Lille, France*.
- NEGBI M., 1992.** A sweetmeat plant, a perfume plant and their weed relatives: a chapter in the history of *Cyperus esculentus* L. and *C. rotundus* L. *Economic Botany* 46, 64-71.
- OLADELE A. K., AINA J. O., 2007.** Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). *African Journal of Biotechnology* 6 (21), 2473-2476.
- OMODE A., FATOKI O. S., OLAOGUN K. A., 1995.** Physicochemical properties of some underexploited and non-conventional oilseeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43 (11), 2850-2853.
- SCHIRRA M., AGABBIO M., 1989.** Influence of Irrigation on Keeping Quality of Almond Kernels. *Journal of food science* 54 (6), 1642-1645.
- SHAKER M. A., AHMED M. G., AMANY M. B., SHEREEN L. N., 2009.** Chufa Tubers (*Cyperus esculentus* L.): As a New Source of Food. *World Applied Sciences Journal* 7 (2), 151-156.
- SOU T., 2018.** Valorisation de la culture du souchet: un moyen de lutte contre la pauvreté des femmes. Economie rurale et statistiques agricoles, Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-agricoles, Burkina Faso (www.agriculture.bf).
- TEITEH J. P., OFORI E., 1998.** A baseline survey of tiger nut (*Cyperus esculentus*) production in the Kwahu Soqth District of Ghana. *Ghana Journal agriculture Science* 31, 211-216.