

# INFLUENCE DE LA GRANULOMETRIE SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES ET TECHNO-FONCTIONNELLES DES FARINES DE SOUCHET ( *CYPERUS ESCULENTUS* L. )

J. C. YAPI<sup>1</sup>, Z. A. B. DEFFAN<sup>1</sup>, A. C. KOKO<sup>1</sup>, J. R. DIABAGATE<sup>1</sup>, K. B. KOUAMEKAN<sup>1</sup>, L. P. KOUAME<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Agrovalorisation, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa ( RCI )

<sup>2</sup>Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, Université Nangui Abrogoua Abidjan, Côte d'Ivoire

\*Email correspondant : [yapiocelynconstant@yahoo.fr](mailto:yapiocelynconstant@yahoo.fr)

## RESUME

La présente étude a eu pour objectif de déterminer l'influence de la granulométrie sur les caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles des farines de souchet en vue d'identifier les usages appropriés (en nutrition et technologie alimentaire). Les tubercules secs de souchet ont été achetés et broyés au mixeur pour produire trois ( 3 ) types de farines ( F1, F2 et F3 ) selon différents étalements granulométriques ( 0 - 100  $\mu$ m pour F1 ; 0 - 200  $\mu$ m pour F2 et 0 - 300  $\mu$ m pour F3 ). Les paramètres physico-chimiques et les propriétés fonctionnelles sur les différentes farines ont été déterminés selon des méthodes conventionnelles. Les données obtenues ont été soumises à des traitements statistiques.

Les résultats ont révélé une influence significative (  $p < 0,05$  ) de la granulométrie sur des caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles des farines. La farine F1 a été pauvre en cendres (  $1,59 \pm 0,00$  % ) que celle des farines F2 et F3. En outre, elle a présenté les meilleures densités apparentes, capacités d'absorption en huile (  $188,62 \pm 6,62$  % ), propriétés moussantes. La caractérisation de ces farines a montré qu'elles peuvent être utilisées dans la formulation d'aliments comme agent texturant, agent épaississant. Compte tenu leur humidité relativement ( 8,03 - 8,6 % ) toutes ces farines peuvent être conservées sur une période relativement longue.

**Mots clés** : *Cyperus esculentus*, farine, fonctionnelles, granulométrie, physicochimiques.

## INFLUENCE OF GRANULOMETRY ON THE PHYSICO-CHEMICAL AND TECHNO-FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF FLOURS TIGERNUTS (*CYPERUS ESCULENTUS* L.)

### ABSTRACT

*This study was aimed to determine the physicochemical and functional characteristics of influence of particle size on the physicochemical and functional characteristics of tigernut flours ( *Cyperus esculentus* ) in order to identify appropriate uses (nutrition and food technology). The dried tigernut tubers were purchased and ground in a blender to produce three ( 3 ) type flours ( F1, F2, F3 ) in different particle size spreads ( 0 - 100  $\mu$ m for F1; 0 - 200  $\mu$ m for F2 and 0 - 300  $\mu$ m for F3). The physicochemical parameters and the functional properties on the different flours were determined according to conventional methods. The data obtained were subjected to statistical processing. The results revealed a significant influence (  $p < 0.05$  ) of the particle size distribution on the physicochemical and functional characteristics of the flours. The F1 flour was low in ash (  $1.59 \pm 0.00$  % ) than that of the F2 and F3 flours. In addition, it exhibited the best bulk densities, oil absorption capacities (  $188.62 \pm 6.62$  % ), foaming properties. The characterization of these flours has shown that they can be used in the formulation of foods as a texturizing agent, thickening agent. Given their relatively humidity ( 8.03 - 8.6 % ) all these flours can be stored for a relatively long period.*

**Keywords** : *Cyperus esculentus*, flour, functional, granulometry, physicochemical.

## INTRODUCTION

Le souchet (*Cyperus esculentus*) est une plante de la famille des Cyperaceae (Traoré 1980 ; Aké-Assi, 1984). Il produit, à maturité, des tubercules comestibles communément appelés « pois sucrés ». Ceux-ci constituent une importante source d'acides aminés (Tahiri-Zagret, 1970) et sont qualifiés de plante nourricière, à haute valeur alimentaire (Linssen *et al.*, 1989). Le souchet aurait des propriétés curatives et antioxydantes multiples. Il aurait également un effet bénéfique sur le mauvais cholestérol produit dans l'organisme. C'est un régulateur naturel pour l'estomac et l'intestin, qui peut soulager la constipation (Ade-omowage *et al.*, 2008).

Le souchet est réputé pour contenir une teneur élevée en fibres alimentaires, ce qui peut être efficace dans le traitement et la prévention de plusieurs maladies telles que le cancer de colon, les maladies cardio-vasculaires, l'obésité, le diabète et les maladies gastro-intestinales (Ade-omowage *et al.*, 2008). Ainsi, le souchet sera cultivé pour ses tubercules qui renferment une valeur nutritionnelle importante marquée par, la présence d'oligoéléments (sels minéraux et vitamines) et d'acides aminés essentiels (Koffi *et al.*, 2005 ; Belew et Belew, 2007).

Malgré leur importance, les tubercules de souchet sont très peu valorisés en Côte d'Ivoire. Et pourtant, il existe différentes voies et technologies de valorisation du souchet. En effet, le souchet est transformé en lait communément appelé « horchatta », qui est une boisson rafraîchissante très nutritive et énergique pour les jeunes et personnes âgées (Abaejoh *et al.*, 2006). Le souchet peut être aussi transformé en huile qui est considérée comme une huile de haute qualité et recommandée pour cuire certaines nourritures car elle est résistante à hautes températures (Shaker *et al.*, 2009). Une autre voie de valorisation de ces tubercules de souchet est la production de farine. Celle-ci possède un champ d'utilisation assez large. La farine de souchet possède une saveur douce unique, idéale pour diverses utilisations (Bamishaiye, 2011). Du fait qu'elle ne contient pas de gluten, elle demeure un bon substitut de diverses autres farines comme la farine de blé pour ceux qui ne peuvent pas consommer le gluten. Utilisée également en confiserie, la farine de souchet est une bonne farine ou un bon additif pour l'industrie de la boulangerie en raison de sa teneur assez élevée en sucre naturel, ce qui évite l'adjonction d'une quantité élevée de sucre

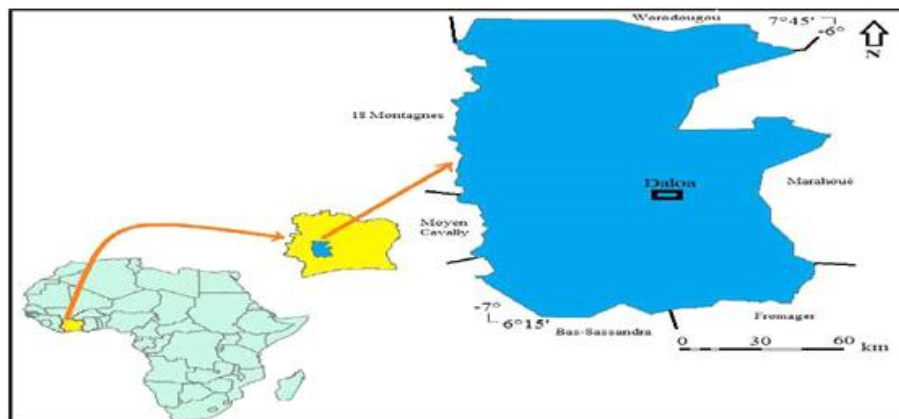
supplémentaire (Bamishaiye, 2011).

Aux fins d'identifier les usages appropriés en technologie alimentaire, la caractérisation tant physicochimique et fonctionnelle des farines de souchet est une nécessité. En effet, selon Miche (1974), la connaissance de la matière première à traiter constitue la première étape de toutes recherches de développement technologique et industriel. Par ailleurs, les farines de souchet étant des produits pulvérulents, elles sont caractérisées par leur granulométrie. Celle-ci est en relation avec les phénomènes d'échange et de réactivité, qu'ils soient physiques, chimiques ou enzymatiques (Melcion, 2000). D'ailleurs, travaillant sur la semoule de blé, Robert et Matsuo (1984) ont révélé une influence significative de la granulométrie sur les caractéristiques physicochimiques. Il en est de même des travaux de Aboubakar (2009) portant sur les farines de taro dont les granulométries oscillaient entre 75 et 250 µm. Il a montré que la composition chimique de ces farines variait. Concernant la farine de souchet, très peu de travaux y ont été consacrés. La présente étude a donc pour objectif de déterminer l'influence de la granulométrie sur les caractéristiques physicochimiques et techno-fonctionnelles des farines de souchet (*Cyperus esculentus*) en vue de sélectionner les meilleures farines pour la valorisation dans les domaines appropriés en technologie alimentaire et en nutrition.

## MATERIEL ET METHODES

### ZONE D'ETUDE

La présente étude a été réalisée à Daloa, une ville du centre-ouest de la Côte d'Ivoire. La ville se situe à 6°53 de latitude Nord et 6°27 de longitude Ouest et fait partie de la région du Haut-Sassandra. La région du Haut-Sassandra est limitée au Sud par les régions du Bas-Sassandra (actuelle région de Nawa) et du Fromager (actuelle région du Goh), au Nord par le Worodougou, à l'Ouest par les régions des 18 montagnes (actuelle région du Tonkpi) et du Moyen Cavally (actuelle région du Guémon) et à l'Est par la Marahoué. Daloa est située à 141 km de Yamoussoukro (la capitale politique) et à 383 km d'Abidjan (la capitale économique). Avec une population de 261 789 habitants et une superficie de 5,305 km<sup>2</sup>, elle est la troisième ville la plus peuplée du pays après Abidjan et Bouaké (Figure 1).



**Figure 1 :** Zone d'étude (Daloa)  
*Study area (Daloa).*

**MATERIEL**

Les tubercules secs de souchet ( Figure 2 ) achetés

au grand marché de Daloa ont constitués le matériel végétal dans cette étude.



**Figure 2 :** Tubercule secs de souchet (*Cyperus esculentus*).  
*Dried nutgrass tuber (Cyperus esculentus).*

**Echantillonnage**

Pour cette étude, trois ( 3 ) échantillons de souchet d'environ 1 Kg chacun ont été achetés sur un site du grand marché de la ville de Daloa. Ces échantillons ont été conditionnés dans des sachets PET ( Polyéthylène téréphtalate ) pour les différentes analyses.

**Fabrication des farines de souchet**

Après un tri manuel de chacun des échantillons, les tubercules de souchet ont été broyés au moyen d'un mixeur. La farine brute obtenue a été tamisée au moyen du tamis approprié pour

obtention de trois types de farines ( F1, F2 et F3 ) selon différents étalements granulométriques ( 0 - 100 µm pour F1 ; 0 - 200 µm pour F2 et 0 - 300 µm pour F3 ). Les farines obtenues ont été utilisées pour la détermination des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles.

**Caractérisation physicochimique des farines de souchet**

Sur les farines obtenues, les caractérisations physicochimiques telles que les taux d'humidité, la matière sèche, les cendre taux, le pH, l'acidité titrable, le pouvoir de gonflement et la solubilité ont été déterminés. Les teneurs en eau, en

endre, le pH et l'acidité titrable ont été quantifiés selon la méthode AOAC ( 1990 ). Le pouvoir de gonflement et la solubilité ont été déterminés par gravimétrie ( Corke *et al.*, 1999 ) selon la formule suivante:

$$S (\% ) = ( E \times 100 ) / m$$

Avec :

E : Masse du surnageant après étuvage

m : Masse de l'échantillon prélevé

### Propriétés fonctionnelles des farines de souchet

#### Capacité d'absorption en eau des échantillons de farine ( CAE )

Une quantité d'un ( 1 ) gramme de farine est pesée par échantillon et introduite dans un tube à centrifugeuse. Trois ( 3 ) essais, pour chaque type de farine, ont été réalisés. Les tubes contenant les farines ont été pesés et les masses sont notées ( me ). Ensuite, une quantité de dix ( 10 ) mL d'eau a été ajoutée dans chaque tube et le tout a été agité pendant 30 minutes. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 25 minutes à 5000 trs/min grâce à une centrifugeuse JOUAN, ( N° série 39707312, N° Reif. 11174301 ). Le surnageant de chaque tube est versé et les nouvelles masses notées ( me' ). La capacité d'absorption d'eau pour chaque échantillon est déterminée selon la formule suivante :

$$CAE = ( me' - me ) \times 100 / PE$$

avec

me : Masse du tube contenant la farine avant centrifugation ;

me' : Nouvelle masse du tube contenant la farine après centrifugation ; PE : Prise d'essai.

#### Capacité d'absorption en huile des échantillons de farine ( CAH )

Pour chaque échantillon, une quantité de 0,5 g de farine est pesée et introduite dans un tube à centrifugeuse. Trois ( 3 ) essais, pour chaque type de farine, ont été réalisés. Les tubes contenant les farines ont été pesés et les masses notées ( me ). Ensuite, une quantité de 6 mL d'huile de tournesol a été ajoutée dans chaque tube et le tout a été agité pendant 30 minutes. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 25 minutes à 5000 trs/min grâce à une centrifugeuse JOUAN, ( N° série 39707312, N°

Reif. 11174301 ). Le surnageant de chaque tube est versé. Les tubes sont séchés à l'étuve ( à 50 °C ) et les nouvelles masses sont notées ( me'' ). La capacité d'absorption en huile pour chaque échantillon est déterminée selon la formule :

$$CAH = ( me'' - me ) \times 100 / PE$$

Avec :

me : Masse du tube contenant la farine avant centrifugation ;

me'' : Nouvelle masse du tube contenant la farine après centrifugation et étuvage ;

PE : Prise d'essai.

### Activité émulsifiante (AE) et stabilité des émulsions (SE)

Une quantité d'un (1) gramme de farine est pesée par échantillon et introduite dans un tube à centrifugeuse. Trois (3) essais sont réalisés pour chaque type de farine. Les tubes contenant les farines sont pesés et les masses sont notées. Ensuite, ont été ajoutés successivement dans chaque tube, 3 mL d'huile et 3 mL d'eau. Pendant 30 minutes, les différents tubes ont été agités. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 25 minutes à 5000 trs/min grâce à une centrifugeuse JOUAN, ( N° série 39707312, N° Reif. 11174301 ). Les tubes ont été retirés et les hauteurs ( hauteur totale et hauteur d'eau ) ont été mesurées et notées. L'activité émulsifiante est calculée selon la formule suivante :

$$AE = ( He / Ht ) \times 100$$

Avec :

He : Hauteur eau ;

Ht : Hauteur totale.

Pour la détermination de la stabilité des émulsions, les tubes à centrifugeuse ont été conduits au bain-marie bouillant à 100 °C pendant 30 minutes. Au terme de cette période, les tubes sont retirés et les nouvelles hauteurs de l'eau ont été notées ( He' ). La stabilité est calculée selon la formule suivante :

$$SE = ( He' / Ht ) \times 100$$

Avec :

He : hauteur eau ;

He' : nouvelle hauteur de l'eau.

Pouvoir moussant (PM) et stabilité de la mousse (SM)

Une quantité de trois (3) grammes de farine est pesée par échantillon et introduite dans un bécher. Ensuite, 100 mL d'eau y sont ajoutés et le tout est agité pendant quelques minutes. La solution obtenue est filtrée. Après avoir quantifié le filtrat, le liquide est agité dans une éprouvette graduée pour faire mousser et la hauteur de la mousse est notée. Le pouvoir moussant est déterminé selon la formule suivante :

$$PM = ((V2-V1)/V1) \times 100$$

Avec :

V1 : Volume du filtrat avant moussage ;

V2 : Volume du filtrat après moussage.

Après avoir agité les éprouvettes contenant les différentes solutions, les éprouvettes sont abandonnées à température ambiante pendant 30 minutes et une nouvelle lecture du niveau de la mousse est faite. La stabilité de la mousse est déterminée selon la formule :

$$SM = (V_f / (V2-V1)) \times 100$$

Avec :

V<sub>f</sub> : Volume final de la mousse après repos de 30 minutes ;

V1 : Volume du filtrat avant moussage ;

V2 : Volume du filtrat après moussage.

### Densité apparente des échantillons de farine (DA)

Pour chaque échantillon, une quantité de quinze (15) grammes de farine est pesée (m) et introduite dans une éprouvette graduée (en plastique). La farine de chaque éprouvette est tassée et le volume est lu (v). La densité en bloc est déterminée selon la formule suivante :

$$DA = \frac{m}{v}$$

Avec:

m : Masse (g) de la farine introduite dans l'éprouvette

v : Volume occupé (cm<sup>3</sup>) par la farine dans l'éprouvette.

### Rapport hydrophile-lipophile (RHL)

Le rapport hydrophile-lipophile (RHL) tel que défini par Njintang *et al.*, (2001), a été calculé en faisant le rapport de la capacité d'absorption d'eau sur la capacité d'absorption d'huile. C'est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée des farines pour l'eau et pour l'huile.

$$RHL \text{ (g/mL)} = \frac{CAE}{CAH}$$

### Traitements statistiques des données

Les données recueillies à l'issue de la caractérisation physicochimique et fonctionnelle des échantillons de farines ont été soumises à des analyses statistiques. Ainsi, une analyse de variance multidimensionnelle a été réalisée aux fins d'apprécier l'existence de différence entre les échantillons étudiés. Par ailleurs, des analyses de variance ont été également effectuées sur ces données. Des tests de comparaison multiples (Tukey HSD) ont été conduits lorsque la différence a été révélée comme significative ( $p < 0,05$ ) aux fins de séparer les différents échantillons. En addition, une analyse en composantes principales a été effectuée pour visualiser les différents échantillons dans un espace bidimensionnel. Ces traitements statistiques ont été réalisés grâce au logiciel STATISTICA 7.1.

## RESULTATS

### CARACTERISATION PHYSICOCHIMIQUE DES FARINES DE SOUCHET

La composition chimique des échantillons de farine de souchet a été déterminée. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 1. À l'analyse, les trois échantillons de farine ont une humidité qui varie de  $8,30 \pm 0,1$  à  $8,60 \pm 0,17$  %. Il a été observé une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les valeurs de l'humidité. De plus, avec une teneur en cendre de 1,59 % la farine F1 a enregistré le taux plus bas. La solubilité, le pH et l'acidité titrable des farines (F1, F2 et F3) sont statistiquement identiques. Le pH des farines varie de 6,08 à 6,27. De plus, le pouvoir gonflement ( $9,62 \pm 0,17$  %) de la farine F3 est supérieur à celui de la farine F2 ( $6,56 \pm 0,62$  %) et de la F1 ( $8,36 \pm 1,11$  %).

**Tableau 1** : Paramètres physicochimiques des farines de souchet ( *Cyperus esculentus* ).  
*Physicochemical parameters of nutsedge meal ( Cyperus esculentus )*.

Paramètres	Farines		
	F1	F2	F3
Humidité (%)	8,60 ± 0,17 <sup>a</sup>	8,40 ± 0,17 <sup>ab</sup>	8,03 ± 0,15 <sup>b</sup>
TMS (%)	91,40 ± 0,17 <sup>a</sup>	91,6 ± 0,17 <sup>ab</sup>	91,96 ± 0,15 <sup>b</sup>
Cendres (%)	1,59 ± 0,00 <sup>b</sup>	2,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	2,40 ± 0,20 <sup>a</sup>
Pouvoir gonflement	8,36 ± 1,11 <sup>a</sup>	6,56 ± 0,62 <sup>a</sup>	9,62 ± 0,17 <sup>b</sup>
Solubilité	17,50 ± 3,53 <sup>a</sup>	22,50 ± 3,53 <sup>a</sup>	17,50 ± 3,53 <sup>a</sup>
pH	6,14 ± 0,31 <sup>a</sup>	6,08 ± 0,24 <sup>a</sup>	6,27 ± 0,04 <sup>a</sup>
Acidité titrable (meq.g/100g)	3,20 ± 0,40 <sup>a</sup>	2,53 ± 0,23 <sup>a</sup>	1,73 ± 0,23 <sup>a</sup>

Les valeurs avec les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont significativement différentes (  $p < 0,05$  ); pH : potentiel d'hydrogène ; TMS : Taux de matière sèche ( % ).

### Propriétés fonctionnelles des farines de souchet

Le Tableau 2 présente les propriétés fonctionnelles des farines issues des tubercules de *Cyperus esculentus*. Il ressort de l'analyse que les activités émulsifiantes, les stabilités des émulsions, les capacités d'absorption en eau et les rapports hydrophile-lipophiles des différentes farines ( F1, F2 et F3 ) sont statistiquement identiques. En revanche, des différences significatives ont été révélées au niveau du pouvoir moussant et de la stabilité de la mousse des farines analysées. Le pouvoir

moussant (  $13,33 \pm 0,88$  % ) et la stabilité de la mousse (  $73,07 \pm 5,78$  % ) de la F1 sont significativement supérieurs (  $p < 0,05$  ) à ceux des farines F2 et F3. La densité apparente des farines a varié de  $0,50 \pm 0,00$  g/mL ( F1 ) à  $0,54 \pm 0,00$  g/mL ( F3 ) en passant par  $0,52 \pm 0,00$  g/mL ( F2 ). Cette variation s'est révélée significative (  $p < 0,05$  ). Ainsi, la farine F1 a enregistré la valeur la plus faible de DA. Concernant la capacité d'absorption en huile, des différences significatives ont été observées. La farine F2 a obtenu la valeur la plus faible (  $167,78 \pm 4,61$  % ) pendant que F1 (  $188,62 \pm 6,62$  % ) et F3 (  $173,70 \pm 10,37$  % ) ont des valeurs statistiquement

**Figure 5** : Cercle de corrélation entre les variables.

*Correlation circle between variables.*

Propriétés	Farines		
	F1	F2	F3
DA (g/mL)	0,50 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,54 ± 0,00 <sup>c</sup>
AE (%)	64,44 ± 3,84 <sup>a</sup>	62,59 ± 3,57 <sup>a</sup>	62,80 ± 4,86 <sup>a</sup>
SE (%)	75,18 ± 7,14 <sup>a</sup>	78,88 ± 9,49 <sup>a</sup>	62,71 ± 7,50 <sup>a</sup>
PM (%)	13,33 ± 0,88 <sup>a</sup>	11,28 ± 0,88 <sup>ab</sup>	10,25 ± 0,88 <sup>b</sup>
SM (%)	73,07 ± 5,78 <sup>a</sup>	45,45 ± 4,12 <sup>b</sup>	40 ± 5,49 <sup>b</sup>
CAE (%)	119,83 ± 40,76 <sup>a</sup>	132,41 ± 17,70 <sup>a</sup>	146,87 ± 8,73 <sup>a</sup>
CAH (%)	188,62 ± 6,62 <sup>a</sup>	167,78 ± 4,61 <sup>b</sup>	173,7 ± 10,37 <sup>ab</sup>
RHL	0,63 ± 0,23 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,84 ± 0,08 <sup>a</sup>

identiques.

**Effet de la granulométrie sur les caractéristiques des farines de souchet**

Une analyse de variance multidimensionnelle a été réalisée sur les caractéristiques physico-chimiques et fonctionnelles des échantillons de farine. Les résultats ont montré que la granulométrie a un effet significatif ( $p < 0,05$ ) sur l'ensemble des caractéristiques physico-chimiques et fonctionnelles des farines (Tableau 3). Par ailleurs, une classification hiérarchique des échantillons de farine de tubercules de *Cyperus esculentus* a été réalisée (Figure 3). L'analyse du dendrogramme obtenu a révélé des différences existant entre les échantillons au point où trois classes peuvent être distinguées:

- la classe 1, composée d'un échantillon de la farine F1 ;
- la classe 2, composée d'échantillons de farines F2 et F3 ;
- la classe 3, constituée d'échantillons de farines

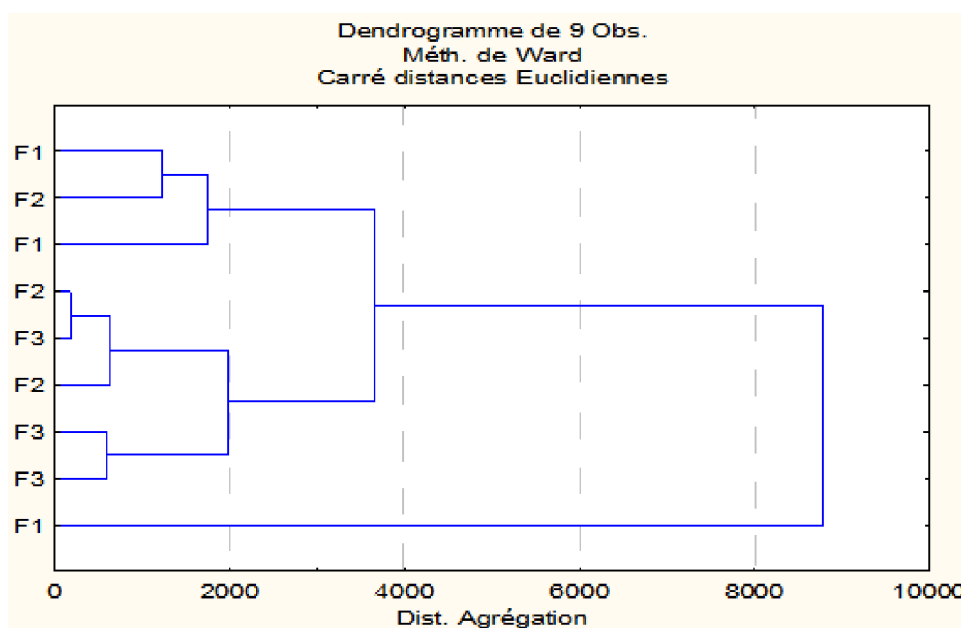
F1 et F2.

Par ailleurs, une analyse en composantes principales a été effectuée (Figure 4). Dans le plan factoriel (1 x 2) obtenu, les différenciations entre les farines F1, F2 et F3 sont visualisées à 100%. Le cercle de corrélation des variables caractérisant ces farines est présenté sur la figure 5. A l'analyse, la première composante est caractérisée par les paramètres tels que le pouvoir moussant, l'acidité titrable, l'humidité, le taux de cendres, la CAH, l'AE, la CAE, la DA, le RHL, la TMS et la SM. La composante 2 est caractérisée par la solubilité, la SE, le pH et le pouvoir de gonflement. En tenant compte du cercle de corrélation et de la représentation des individus dans l'espace bidimensionnel, les échantillons de farine F3 sont caractérisés par une teneur en cendres, une DA, un TMS et un pouvoir de gonflement élevés. En outre, les échantillons de la farine F1 sont associés à une capacité d'absorption d'huile, un PM et une SM élevée.

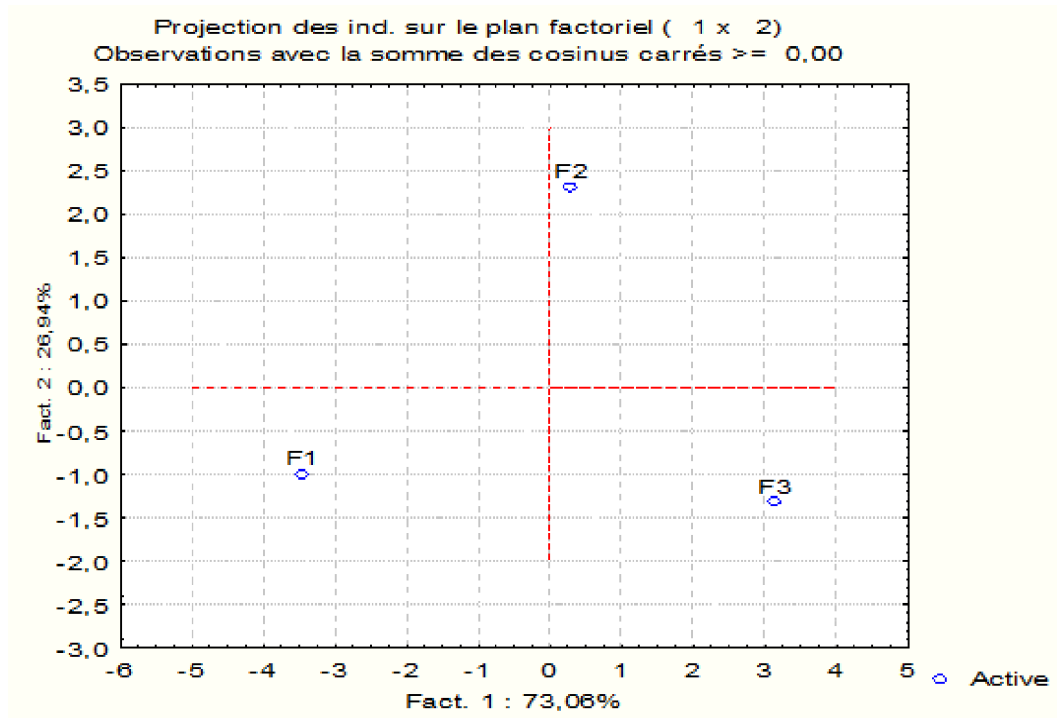
**Tableau 3 :** Résultats de l'analyse de variance multidimensionnelle sur les paramètres physicochimiques et fonctionnelle des farines.

*Results of the multidimensional analysis of variance on the physicochemical and functional parameters of flour.*

Source de variation	Test	Valeur	F	Effet	Erreur	p
Granulométrie	Wilk	0,000037	23,26336	14	2	0,041949

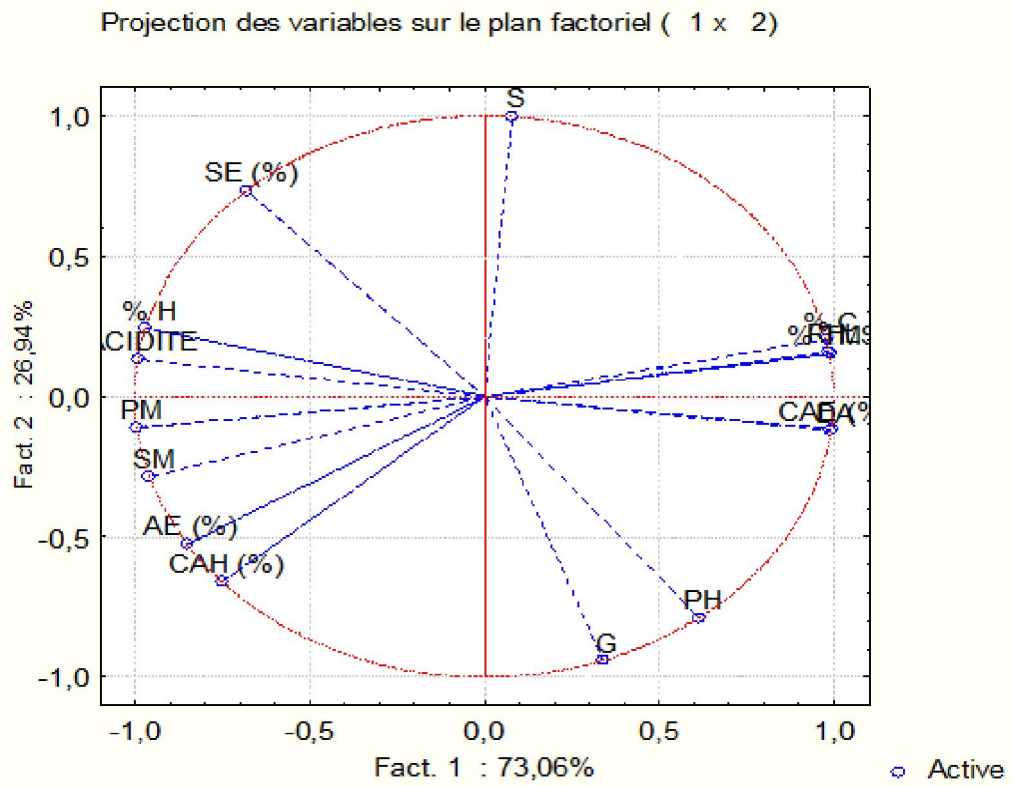


**Figure 3 :** Dendrogramme des échantillons de farine de tubercules de *Cyperus esculentus*  
*Dendrogram of Cyperus esculentus tuber meal samples.*



**Figure 4 :** Résultats de l'analyse en composantes principales sur les échantillons de farine de souchet (*C. esculentus*).

*Principal component analysis results on tigernuts (C. esculentus) flour samples.*



**Figure 5 :** Cercle de corrélation entre les variables.

*Correlation circle between variables.*



## DISCUSSION

Pour une valorisation des farines de tubercules de souchet (*Cyperus esculentus*) en technologie alimentaire, les propriétés physicochimiques et fonctionnelles ont été caractérisées. Cette étude a montré que les farines analysées ont des teneurs en eau faibles et varient de 8,03 (F3) à 8,6 % (F1). Cette faible teneur en eau ( $d > 12\%$ ) est due au fait que ces farines sont issues des tubercules secs. En effet, avec un taux d'humidité inférieur à 12 %, les farines sont favorables à une conservation de longue durée. Car sur le plan microbiologique, ces faibles taux en humidité limitent la croissance des microorganismes, même les moisissures (Aryee *et al.*, 2006). Ces farines ont des teneurs en eau supérieures à celle de la farine de souchet (3,78 %) trouvée par Oladele *et al.*, (2007).

Par ailleurs, la farine F3 a présenté la teneur en cendres la plus élevée (2,40 %) tandis que la farine F1 a enregistré la valeur la plus faible (1,59 %). Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par Dossou *et al.*, (2014) qui sont de 8,68 %. Il a été recommandé que les teneurs en cendres des écrous, de la graine et des tubercules devraient être situés dans la gamme de 1,5 - 2,5 % afin de convenir à l'alimentation des animaux (Pearson, 1976). La teneur en cendres (1,59 - 2,4 %) obtenues pour les farines de souchet se situe dans cette marge, par conséquent elles peuvent être recommandées pour l'alimentation des animaux. Ces valeurs sont supérieures à celle trouvée par Ponka *et al.*, (2015) dans les bouillies de mil) qui est de 1,35 %. La différence entre la teneur en cendres des farines F1, F2 et F3 est due à leurs étalements granulométriques différents. En effet, les farines produites avec des tamis de 300  $\mu\text{m}$  sont beaucoup plus riches en éléments minéraux et celles produites avec des tamis de mailles plus fines sélectionnent préférentiellement les particules notamment l'amidon.

Les pH des farines de souchet sont statistiquement identiques. Toutefois, ces produits sont faiblement acides. En effet, selon Soares *et al.*, (1992), les produits sont classés en tenant compte du pH. Tout comme le pH, l'acidité titrable n'est pas influencée par la granulométrie.

La capacité d'absorption en eau (CAE) est un indice de la quantité maximum de l'eau qu'un produit alimentaire absorberait et maintiendrait

(Marero *et al.*, 1988). Les farines de souchet ont présenté une CAE comprise entre 119,83 et 146,87 %. Ces valeurs sont inférieures à celles du riz non cuit (225 %) et cuit (250 %) rapportées par (Abulude, 2004). Cette différence serait due à la teneur en lipides élevée au niveau des farines de souchet. En effet, selon Nelson-Quartey *et al.* (2007) la présence des lipides dans une farine réduit la capacité de liaison de l'eau à des substances particulières limitant ainsi la CAE. De plus, La disponibilité des groupements fonctionnels des protéines dans les farines gouvernerait la capacité d'absorption d'eau (Wolf, 1970). Selon cet auteur elle constitue une importante propriété pour les farines utilisées en pâtisserie. Aussi, permet-elle d'ajouter beaucoup d'eau à la pâte tout en améliorant sa manipulation. Ainsi, la farine de souchet pourrait être utilisée en pâtisserie. Les résultats indiquent que ces farines peuvent être utilisées dans les formulations comme agents épaississants.

La capacité d'absorption en huile (CAH) est une importante propriété dans la conservation des aliments car elle empêche le développement du rancissement oxydatif (Siddiq *et al.*, 2010). Les CAH des farines analysées ont présenté des différences significatives ( $p < 0,05$ ). La farine F1 avec un étalement granulométrique de 0-100  $\mu\text{m}$  a enregistré la valeur de CAH la plus élevée ( $188,62 \pm 6,62\%$ ). En effet, les granules d'amidon sont préférentiellement sélectionnés dans ce type de farine du fait de leur taille variant entre 2 et 17  $\mu\text{m}$  (Manek *et al.*, 2012). Les valeurs enregistrées dans la présente étude sont largement inférieures à celles des farines de champignons comestibles qui sont comprises entre 450 – 480 % (Aremu *et al.*, 2009). La CAH donne une indication sur la capacité de rétention de la saveur de la farine (Narayana et Narasimha, 1982). D'ailleurs, elle est utile sur une longue période de conservation des aliments en particulier dans des produits de boulangerie ou à base de viande (Adebowale et Lawal, 2003).

La densité apparente (DA) des farines a été mesurée. Elle est très importante pour des exigences d'emballage en industrie alimentaire (Zayas *et al.*, 1997). La DA détermine la convenance d'une farine à être facilement emballée, ce qui faciliterait le transport d'une grande quantité de nourriture (Shittu *et al.*, 2005). La densité apparente obtenue pour les différentes farines de souchet est significativement influencée par la granulométrie. Ainsi, la faible DA ( $0,50 \pm 0,00 \text{ g/cm}^3$ ) de la farine F1 serait due à la taille des

particules. Plus les particules sont petites, plus elles se regroupent facilement. Ces valeurs sont inférieures à celle rapportée par Akpoussan *et al.*, ( 2015 ) qui ont travaillé sur les chenilles (  $1,00 \pm 0,0005 \text{ g/cm}^3$  ) et proches de celles des farines de maïs (  $0,60 \text{ g/cm}^3$  ) et de blé (  $0,62 \text{ g/cm}^3$  ) trouvée par la FAO ( 2015 ).

Les propriétés moussantes des farines ( F1, F2 et F3 ) ont été aussi déterminées. Elles sont significativement influencées par la granulométrie. Les résultats ont révélé que la capacité moussante et la stabilité de la mousse de la farine F1 qui sont respectivement de  $13,33 \pm 0,88 \%$  et de  $73,07 \pm 5,78 \%$  ont présenté les plus fortes valeurs. Cependant la farine F3 a présenté les valeurs (  $10,25 \pm 0,88 \%$  ;  $40 \pm 5,49 \%$  ) les plus faibles. Cette différence serait due à la composition des farines. La capacité moussante d'une farine est liée à la nature et à la structure des protéines de cette farine alors que la stabilité de la mousse est liée à la capacité de la protéine à faire face aux contraintes gravitationnelles et mécaniques ( Fennema, 1996 ). Des valeurs plus élevées de la capacité moussante (  $18 \pm 2,37 \%$  ) ont été rapportées par Akpoussan *et al.*, ( 2015 ) dans la farine de chenille délipidée. Cette faible capacité moussante pourrait être due à une importance des protéines globulaires dans ces farines qui résisteraient plus à la tension superficielle. En effet, il a été établi un lien entre la forte capacité moussante et la flexibilité des molécules protéiques qui réduit la tension superficielle ( Graham *et al.*, 1976 ).

L'activité émulsifiante des farines ne varie pas significativement d'un échantillon à l'autre. Il en est de même pour la stabilité de l'émulsion des farines souchet. Les valeurs des propriétés émulsifiantes déterminées dans la présente étude sont supérieures à celles rapportées par Akpoussan *et al.*, ( 2015 ) qui sont de l'ordre de 16,84-46,66 % pour l'AE. La farine de souchet peut bien être utilisée dans la fabrication des vinaigrettes ( Fekria *et al.*, 2012 ).

L'étude des rapports hydrophile-lipophile ( RHL ) a révélé que les différentes farines ont les mêmes affinités tant pour l'eau que pour l'huile quelle que soit la granulométrie. Sur la base de l'ensemble des caractéristiques étudiées, la comparaison entre les différents échantillons de farines ( F1, F2 et F3 ) a montré des différences. En effet, la classification hiérarchique ascendante ( CHA ) effectuée sur les différents échantillons a permis de distinguer trois groupes

: l'un formé par la farine F1, le deuxième formé par les composantes de la farine F2 et F3 et le troisième composé les farines F1 et F2. Ce regroupement prend en compte plus de 60 % des différenciations entre les farines, attestant de l'existence de différences. De plus, des groupes distincts ont été visualisés suite à l'analyse en composantes principales. Dès lors, la granulométrie affecte les caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles des farines. L'analyse de variance multidimensionnelle a confirmé cette influence de la granulométrie. Ces différences seraient liées aux constituants de ces produits ( Dehnad *et al.*, 2016 ). Selon Moure *et al.*, ( 2006 ), la connaissance des propriétés fonctionnelles d'un produit donne accès à son domaine d'utilisation et permet de prévoir ses principaux effets dans la formulation.

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont révélé que certains paramètres tant physicochimiques que fonctionnels des farines sont significativement affectés par la granulométrie. Il s'agit de la teneur en eau, du taux de cendres et du pouvoir de gonflement pour les paramètres physicochimiques. Au niveau des propriétés fonctionnelles, la densité apparente, la capacité d'absorption en huile, le pouvoir moussant et la stabilité de la mousse ont varié significativement d'une farine à l'autre. Ainsi, la farine F1 a été pauvre en cendres (  $1,59 \pm 0,00 \%$  ) que celle des farines F2 et F3. En outre, elle a présenté les meilleures densités apparentes, capacités d'absorption en huile (  $188,62 \pm 6,62 \%$  ), propriétés moussantes. La farine F3 qui a enregistré une teneur en cendres plus élevée pourrait être recommandée dans la fabrication d'aliment pour nourrissons et enfants. En alimentation animale, cette farine peut être utilisée dans les rations du poulet de chair. Par ailleurs, la faible teneur en eau de ces trois farines, tout comme leur pH faiblement acide, est un atout pour leur conservation sur une période relativement longue. Les propriétés fonctionnelles des farines ont montré qu'elles peuvent être utilisées dans la formulation d'aliments comme agent texturant, agent épaississant. L'utilisation des farines de *Cyperus esculentus* dans ces domaines pourrait ajouter de la valeur à ce produit très peu valorisé.

## REFERENCES

- Abaejoh R., Djomdi I. and Ndojouenkeu R. 2006. Characteristics of tigernut ( *Cyperus esculentus* ) tubers and their performance in the production of a milky drink. J. of Food Proc. and Pres. 30 : 145 - 163.
- Aboubakar B. 2009. Optimisation des paramètres de production et de conservation de la farine de taro ( *Colocasia esculentus* ). Thèse de doctorat en procédés biotechnologiques et alimentaires, Université de Ngaoundéré ( Cameroun ), 207 p.
- Abulude F.O. 2004. Effects of processing on nutritional composition, phytate and functional properties of rice ( *Oryza sativa* ) flour. Nigerian Food Journal, 22 : 97 - 104
- Ade-omowaye B.I.O., Akinwande B.A., Bolarinwa I.F. and Adebisi A.O.O. 2008. Evaluation of tiger nut ( *Cyperus esculentus* ). Wheat composite flour and bread. Afric. J. of food sci. 2: 087 - 091.
- Adebowale K.O., Olu-Owolabi B.1., Olawumi E.K. & Lawal O.S. 2005. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit ( *Artocarpus altilis* ) starch. Lnd. Cro. and Prod. 21 : 343 - 351.
- Aké-Assi L. 1984. Flore de la Côte d'Ivoire: Etude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse de doctorat d'Etat, Université d'Abidjan ( Abidjan, Côte d'Ivoire ), 120 p
- Akpossan R.A., Digbeu Y.D., Koffi M.D., Kouadio J.P.E.N., DUE A.E. and Kouamé P.L. 2015. Protein fractions and functional properties of dried *Imbrasia Oyemensis* larvae full fat and defatted flours. Int. J. of Biochem. Res. and Rev. 5(2) : 116 - 126.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 14 th édition, Washington (USA), 150 p.
- Aremu M.O., Basu S.K., Gyar S.D., Goyal A., Bhowmik P.K. and Banik S.D. 2009. Proximate composition and functional properties of Mushroom flours from *Ganoderma spp.*, *Omphalolus olearius* (DS) Sing. and *Hebeloma mesophaeum* (pers.) Qué. used in Nasarawa State, Nigeria. Mal. J. of Nutr. 15 (2) : 233 - 241
- Aryee F.N.A., Oduro I., Ellis W.O. and Afuakwa J.J. 2006. The physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava. Food Contr. 17 : 916 - 922.
- Bamishaiye, E.I. and Bamishaiye O.M. 2011. Tigernut as a plant, its derivatives and benefits. Afri. J. of Food, Agri., Nutr. and Devel. 2 (5) : 14.
- Belew M.A. and Belew K.Y. 2007. Comparative physico-chemical evaluation of tigernut, soybean and coconut milk. Int. J. of Agri. and Biol. 9 : 785 - 787.
- Corke H. and Li J. 1999. Physicochemical properties of normal and low-amylose job's Tears ( *Coix lachryma-job L.* ). Starch Cereal. chem. 76 (3) : 413 - 416.
- Dehnad D., Jafari M.S. and Afrasiabi M. 2016. Influence of drying on functional properties of food biopolymers: from traditional to novel dehydration techniques. Trends in Food Sci. & Technol. 57 : 116 - 131.
- Dossou V.M., Agbenorhevi J.K., Combey S. and Afi-Koryoe S. 2014. Ackee ( *Blighia sapida* ) fruit arils : Nutritional, phytochemicals and antioxidant properties. Int. J. of Nutri. and Food Sci., 3 (6) : 534 - 537.
- FAO. 2015. Bases de données FAO/INFOODs sur la densité –Version 2.0, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome ( Italie ), 25 p
- Fekria A.M., Isam A.M.A., Suha O.A. and Elfadil E.B. 2012. Nutritional and functional characterization of defatted seed cake flour of two Sudanese groundnut ( *Arctis hypogea* ) Cultvars. J. of the Ameri. Oil Chem. Soci. 56 : 242 - 258.
- Fennema R.O. 1996. Food chemistry, 3rd Ed. Marcel Dekker. Inc., Basel, New York ( USA ), 1069 p
- Graham. D.E. and Phillips M.C. 1976. Foams. Academic press, London, 237 p.
- Holm Plucknett L.G.L., Pancho J.V. and Herberger J.P. 1977. The world's worst weeds. Distribution and biology. Hawaii University Press. Honolulu, 621 p.
- Koffi B.L., Nemlin G.J., Lefevre S. and Kamenan A. 2005. Caractérisation physico- chimique et potentialités thérapeutiques du pois sucre ( *Cyperus esculentus L.*, Cyperaceae ). Agron. Africa., 17 (1) : 63 - 71.
- Linssen J.P.H., Cozijnsen J.L. and Pilnik W. 1989. Chufa ( *Cyperus esculentus* ), a new source of dietary fibre. J. Sci. of Food Agri. 49 : 291 - 296.
- Manek R.V., Builders P.F., Kolling W.M., Emeje M. and Kunle O.O. 2012. Physicochemical and binder properties of starch obtained from *Cyperus esculentus*. AAPS Pharm. Sci. Technol. 13 (2) : 379 - 88.
- Marero L.M., Pajumo E.M. and Librando E.C. 1988. Technology of weaning food formulation

- prepared from germinated cereals and legumes. *J. of Food Sci.* 53 : 1391 - 1395.
- Melcion J.-P. 2000. La granulométrie de l'aliment: principe, mesure et obtention. Institut National de la Recherche Agronomique. *Production Animals*. 13 ( 2 ) : 81 - 97.
- Moure A., Sineiro J., Dominguez H. and Parajo J.C. 2006. Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Res. Int.* 39 : 945 -963.
- Narayana K. and Narasimga R.N.M.S. 1982. Functional propertie of raw and heat processed winged bean flour. *J. of Food Sci.* 47 : 1534 - 1538.
- Nelson-Quartey F.C., Amagloh F.K., Oduro I. and Ellis W.O. 2007. Formulation of an infant food based on breadfruit and breadnut. *Act. Horticult.* 757: 212 - 224.
- Njintang Y.N., Mbofung C.M.F. and Waldron K.W. 2001. In vitro protein digestibility and physicochemical properties of dry red bean flour: effect of processing and incorporation of soybean and cowpea flour. *J. of Agri. and Food Chem.* 49 : 2465 - 2471.
- Oladele A.K. and Aina J.O.K. 2007. Chemical composition and functional properties of flour from two varieties of tigernut ( *Cyperus esculentus* ). *Afric. J. of Biotechnol.* 6 ( 21 ) : 2473 - 2476.
- Pearson D. 1976. *Chemical Analysis of Foods*. 7th Edition, Church Hill Livingstone. London ( Royaume-Uni ), 496 p
- Ponka R., Abdou B.A., Fokou E., Beaucher E., Piot M., Leonil J. and Gaucheron F. 2015. Nutritional composition of five varieties of pap commonly consumed in Maroua ( Far-North, Cameroon ). *Polish J. of Food and Nutri. Sci.* 65 : 183 - 19.
- Robert R. and Matsuo R. 1984. le blei dur, production et transformation. In: ceireïales et oleiagineux. 123 p
- Shaker M.A., Ahmed M.G., Amany M.B. and Shereen L.N. 2009. Chufa tubers (*Cyperus esculentus* L.) : As a new source of food. *World Appli. Sci.ences J.* 2 : 151 - 156.
- Shittu T.A., Sanni L.O., Awonorin S.O., Maziya-Dixon B. and Dixon A. 2005. Use of multivariate techniques in studying fleur making characteristics of some Cassava Mosaic Disease resistant cassava clones. *African Crop Science Conference Proceedings*, 1 : 621 - 630.
- Siddiq M., Ravi R., Harte J.B. and Dolan K.D. 2010. Physical and functional cbaracteristics of selected dry bean ( *Phaseolus vulgaricus* L.) flour. *LWT- J. Food Sci. and Technol.* 43 : 232 - 237.
- Soares A.G., Junior M. and Freire R.S. 1992. Curso de higiene sanificaçao na industria de alimentos. *Embrapa-CTAA*, Rio de Janeiro ( Brazil ), 97 p.
- Tahiri-Zagret M. 1970. Etudes des acides aminés de *Cyperus esculentus* pour sa valeur nutritionnelle dans les aliments de sevrage. *Bulletin de la société de pathologie exotique*, 63 ( 2 ) : 279 - 286.
- Traoré D. 1980. Contribution à l'étude monographique des *Cyperus* de Côte d'Ivoire. Doctorat 3è cycle, Faculté des Sciences, Université d'Abidjan ( Abidjan, Côte d'Ivoire ), 72 p
- Wolf W. 1970. Soybean proteins: their functional chemical and physical properties. *J. of Agri. and Food Chem.* 18 : 965 - 969.
- Zayas J.F. 1997. Water holding capacity of proteins. In: *functionality of proteins in food*, Springer, Heidelberg, Berlin ( Allemagne ) : 76 - 133.