

Caractérisation physicochimique des farines dérivées d'ignames de sous-bois cultivées en association avec l'hévéa dans deux localités du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire)

[Physicochemical characterization of flours derived from undergrowth yams cultivated in association with rubber trees in two locations in Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire)]

N'GORAN M'Modjou Flora¹, KOKO Anauma Casimir¹, DIGBEU Dogoré Yolande², SOUMAHIN Eric Francis³, and KOUAME Kan Benjamin¹

¹Département de Biochimie et Microbiologie, Université Jean LOROUGNON GUEDE, Daloa, Côte d'Ivoire

²Département des Sciences et Technologies des Aliments, Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Département de Génétique, Biologie et Physiologie, Université Jean LOROUGNON GUEDE, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2025 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: *Cocoassié* undergrowth yam tubers, recently cultivated in association with rubber trees in the Haut-Sassandra region, are used as staple foods. They are highly perishable once harvested. Processing them into flour could help reduce post-harvest losses and be a means of adding value. This study aimed to determine the physicochemical characteristics of undergrowth yam flour for value addition purposes. Untreated, bleached, and citric acid-treated flours were produced from yam tubers from the localities of Gonaté and Séria and characterized using conventional methods. The results revealed that yam flours are energy-rich foods high in total carbohydrates (92.77-94.31% DM), low in ash (0.99-1.98% DM) and lipids (0.14-0.25% DM). These flours contain proteins (4.40-5.21% DM), polyphenols (27.90-50.97 mg EAG/100 g), including flavonoids (2.53-7.32 mg EQ/100 g). Their tannin, phytate, and oxalate contents are 15.09-28.22 mg EAT/100 g, 12.41-16.04 mg/100 g, and 25.50-54.06 mg/100 g, respectively. In addition, anti-browning treatments, particularly bleaching and citric acid treatment of the tubers, had a significant impact on the physicochemical characteristics determined. Untreated flours generally had the highest ash, protein, and lipid contents, unlike acid-treated flours. As for bleached flours, they had the lowest levels of antinutritional compounds. For the efficient use of these flours in the food industry, their functional and rheological properties must be determined.

KEYWORDS: energy food, anti-browning, whitening, *Cocoassié*, *Dioscorea*, anti-nutritional factor.

RESUME: Les tubercules d'ignames de sous-bois *Cocoassié*, cultivés depuis peu, en association à l'hévéa dans la région du Haut-Sassandra constituent des aliments de soudure. Ils sont très périssables une fois récoltés. Leur transformation en farines pourrait contribuer à réduire les pertes post-récoltes et être une des voies de valorisation. L'objectif de cette étude a été de déterminer les caractéristiques physicochimiques des farines d'ignames de sous-bois à des fins de valorisation. Des farines non traitées, blanchies et traitées à l'acide citrique ont été produites à partir de tubercules d'ignames provenant des localités de Gonaté et Séria, et caractérisées suivant des méthodes conventionnelles. Les résultats ont révélé que les farines d'ignames sont des aliments énergétiques riches en glucides totaux (92,77-94,31 %MS), pauvres en cendres (0,99-1,98 %MS) et lipides (0,14-0,25 %MS). Ces farines renferment des protéines (4,40-5,21 %MS), des polyphénols (27,90-50,97 mg EAG/100 g) dont les flavonoïdes (2,53-7,32 mg EQ/100 g). Leurs teneurs en tanins, phytates et oxalates sont respectivement de 15,09-28,22 mg EAT/100 g, 12,41-16,04 mg/100 g et 25,50-54,06 mg/100 g. Par ailleurs, les traitements anti brunissements notamment le blanchiment et le traitement à l'acide citrique des tubercules ont impacté significativement les caractéristiques physicochimiques déterminés. Les farines non traitées ont globalement enregistré les teneurs les plus élevées en cendres, protéines et lipides contrairement aux farines traitées à l'acide. Quant aux farines blanchies, elles ont obtenu les taux de composés antinutritionnels les plus faibles. Pour une utilisation efficiente de ces farines en industries agroalimentaires, leurs propriétés fonctionnelles et rhéologiques doivent être déterminées.

MOTS-CLEFS: aliment énergétique, anti brunissement, blanchiment, *Cocoassié*, *Dioscorea*, facteur antinutritionnel.

1 INTRODUCTION

Les plantes à tubercules et racines constituent une source importante de calories pour de nombreuses populations vivant en Afrique de l'Ouest [1], [2]. Parmi ces plantes, figure l'igname, une culture vivrière de première importance. L'igname est une monocotylédone appartenant au genre *Dioscorea* qui comprend une grande diversité d'espèces végétales à tige généralement grimpante [3]. En Côte d'Ivoire, elle contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle [4] avec une production annuelle de 7,9 millions de tonnes de tubercules. Du point de vue de la production, l'igname occupe le premier rang devant le manioc (7,2 millions de tonnes), la banane plantain (2,1 millions de tonnes) et le riz (2,01 millions de tonnes) [5].

Cultivée généralement pour ses tubercules riches en nutriments, l'igname est utilisée en alimentation humaine comme animale, en médecine et a également une valeur socio-culturelle [6]. Elle est riche en glucides et renferme des protéines, des minéraux et des vitamines [7]. En alimentation humaine, les tubercules d'ignames sont consommés sous forme bouillie, pilée (foutou), braisée ou frite. En outre, les tubercules d'igname peuvent être utilisés pour produire de la farine qui est un produit de diversification des formes d'utilisation [8]. En effet, la farine peut être utilisée en panification, en pastification, en viennoiserie, dans la production d'énergies renouvelables (Bioéthanol) [9], [10], etc. C'est d'ailleurs un produit très stable en comparaison aux tubercules frais qui sont périssables [11].

Parmi les variétés d'ignames, certaines dont les ignames dites « de sous-bois » sont très périssables après la récolte. En effet, elles subissent une oxydation rapide de leur chair et sont en proie à de nombreuses pertes post-récoltes. De plus, ces ignames cultivées en association avec différents vergers sont très peu valorisées. C'est le cas d'ailleurs de celles cultivées en association avec l'hévéa dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). Elles sont encore mal connues [12]. Ces ignames pourraient donc être transformées en farines à des fins de valorisation. Par ailleurs, la connaissance de la matière première à traiter constitue la première étape de toute recherche de développement technologique et industriel [13]. C'est pour cela que la caractérisation physicochimique des farines dérivées de ces ignames de sous-bois s'avère indispensable. Cela permettra d'envisager les différentes voies de valorisation et d'orienter le choix des consommateurs.

La présente étude a pour objectif de déterminer les caractéristiques physicochimiques de différentes farines produites à partir d'ignames de sous-bois cultivées en association avec l'hévéa dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). Les effets de traitements anti brunissements sur la composition chimique de ces farines issues de tubercules provenant de deux localités doivent être également déterminés. Les résultats permettront de sélectionner les meilleures farines pour les usages les plus appropriées en alimentation humaine.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Des tubercules d'ignames de sous-bois du cultivar *Cocoassié* à chair blanche ont été utilisés dans cette étude (Figure 1). Ils ont été récoltés 12 mois après le semis dans des plantations d'hévéa de deux localités de la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). Il s'agit des localités de Gonaté et de Séria. Dans chaque localité, une plantation est choisie pour y faire l'échantillonnage.



Fig. 1. Tubercule d'igname de sous-bois du cultivar *Cocoassié*

2.2 MÉTHODES

2.2.1 ÉCHANTILLONNAGE

Dans chaque plantation d'hévéa à laquelle est associée en culture l'igname *Cocoassié*, trois échantillons de tubercules de 30 kg chacun ont été prélevés et acheminés au laboratoire. Au total, six (6) échantillons de tubercules d'ignames ont été collectés à raison de trois par localité. Après un séjour de 24 h au laboratoire, les échantillons ont été apprêtés pour la transformation en farines.

2.2.2 PRODUCTION DES FARINES D'IGNAMES DE SOUS-BOIS COCOASSIE

Trois types de farines d'ignames ont été produits suivant le diagramme présenté sur la figure 2. Il s'agit des farines non traitées (FHGBr et FHSBr), des farines blanchies (FHGBl et FHSBl) et des farines traitées à l'acide citrique (FHGAc et FHSAc). Pour ce faire, chaque échantillon de tubercules d'ignames *Cocoassie* a été préalablement lavé à l'eau courante. Ensuite, les ignames ont été épluchées au moyen d'un couteau en acier inoxydable, parées et découpées en tranches d'environ 2 mm d'épaisseur. Ces tranches ont été placées dans différentes conditions en fonction du type de farines à fabriquer. Pour la production de farines non traitées, les tranches ont été rincées à l'eau et séchées à l'étuve de marque MEMMERT à 55 °C pendant 24 h. Concernant les farines blanchies, ces tranches ont été immergées dans de l'eau maintenue à 70 °C au bain marie pendant 1 min. Au terme de cette période, les tranches ont été retirées, laissées égoutter pendant 1 min à température ambiante et séchées à l'étuve à 55 °C pendant 24 h. Pour les farines traitées à l'acide, les tranches d'ignames ont été immergées aussitôt après le tranchage dans une solution d'acide citrique à 1 % (m/v) pendant 30 min à la température de 60 °C, maintenue constante au bain marie. Après le traitement, les tranches ont été égouttées et séchées à l'étuve à 55 °C pendant 24 h. A la fin de l'opération de séchage, les produits secs ont été retirés et broyés au mixeur. Le produit broyé a été tamisé à l'aide d'un tamis PROLABO de 200 µm de mailles pour obtenir la farine d'ignames. Cette farine a été emballée dans des sachets en polyéthylène et entreposée au réfrigérateur (+ 4 °C) pour les analyses ultérieures.

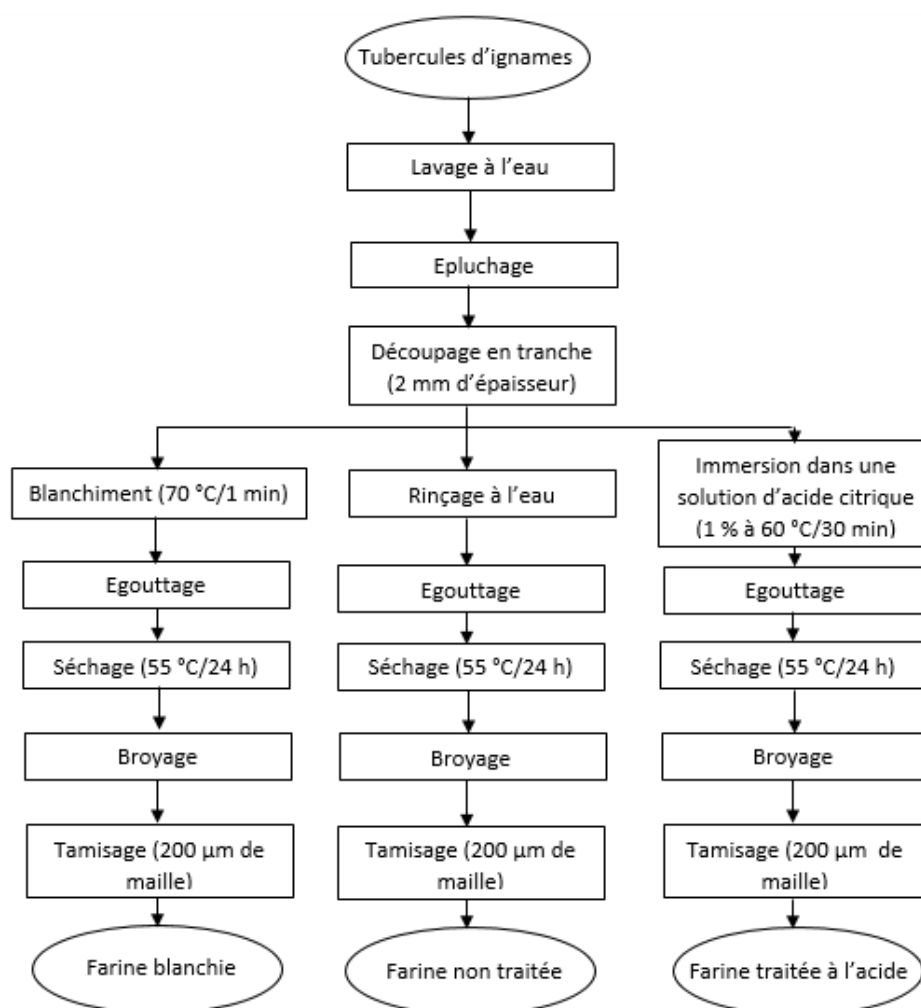


Fig. 2. Diagramme de fabrication des farines d'igname de sous-bois *Cocoassie*

2.2.3 ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES DES FARINES DÉRIVÉES

Les analyses physicochimiques ont porté sur les farines dérivées des tubercules d'ignames de sous-bois cultivées en association avec l'hévéa dans deux localités (Gonaté et Séria). Les paramètres tels que l'humidité, le pH et l'acidité titrable ont été déterminés selon la méthode décrite par [14]. Les teneurs en cendres et en lipides ont été déterminées en suivant la méthode décrite par [15]. Pour le dosage des protéines, la méthode Kjeldahl [16] a été utilisée. Les taux de glucides totaux ont été calculés par la méthode des différences [17]. Par ailleurs, les coefficients d'Atwater et Rosa ont été utilisés pour le calcul de la valeur énergétique. La référence [18] a été suivie pour quantifier la teneur en sucres totaux. Quant aux sucres réducteurs, leurs teneurs ont été déterminées selon la méthode proposée par [19]. La teneur en amidon a été déterminée par calcul en utilisant la

formule décrite par [20]. Pour la cellulose, elle a été dosée par la méthode décrite par [21]. Les teneurs en composés antioxydants tels que les polyphénols totaux et les flavonoïdes ont été dosées par les méthodes respectives de [22] et [23]. Pour le dosage des minéraux, la spectrométrie d'émission optique avec plasma à couplage inductif (ICP-OES) a été la méthode utilisée. Les composés antinutritionnels notamment les tanins, les phytates et les oxalates ont été dosés par les méthodes respectives de [24], [25] et de [26].

2.2.4 TRAITEMENTS STATISTIQUES

Des analyses de classification hiérarchique ascendante (ACH) ont été réalisées sur les caractéristiques physicochimiques des farines produites aux fins de regrouper en classes ces farines en tenant compte de leur similarité. La méthode de Ward et le carré de la distance Euclidienne ont été utilisés respectivement pour l'agrégation et la distance métrique. En outre, des analyses de variance (ANOVA) à un facteur ont été effectuées en vue de comparer les moyennes des paramètres physicochimiques déterminés au niveau des farines produites. Lorsque la différence est significative ($p < 0,05$), des tests de comparaison multiple (Tukey HSD) ont été conduits pour séparer les échantillons de farines. Par ailleurs, le test de Kruskal-wallis a été réalisé lorsque les conditions d'application de l'ANOVA n'étaient pas vérifiées. Pour ces analyses, le logiciel STATISTICA 7 Release a été utilisé.

3 RÉSULTATS

3.1 COMPOSITION CHIMIQUE MOYENNE DES FARINES PRODUITES

Les teneurs moyennes des caractéristiques physicochimiques des farines non traitées sont présentées dans le tableau 1. Leur pH a oscillé entre 6 et 6,24 avec une moyenne de $6,09 \pm 0,09$. L'acidité est de l'ordre de $50,54 \pm 22,16$ meq/100 g pendant que la teneur en eau est de $7,82 \pm 0,46$ %. Ces farines renferment des protéines, cendres, glucides totaux avec des teneurs respectives de $4,81 \pm 0,09$ %, $1,94 \pm 0,06$ % et $92,99 \pm 0,14$ % MS. Parmi les glucides, l'amidon est le plus abondant ($83,67$ % MS) pendant que la teneur en cellulose est de $1,01 \pm 0,11$ %. De faibles teneurs en lipides ($0,24 \pm 0,02$ % MS) ont été enregistrées dans les farines non traitées d'ignames de sous-bois. Par ailleurs, elles contiennent des polyphénols ($45,72 \pm 3,00$ mg EAG/100 g) dont les flavonoïdes ($5,35$ mg EQ/100 g). Les teneurs en tanins, phytates et oxalates pour ces farines sont respectivement $19,18 \pm 3,05$ mg AT/100 g MS, $15,36 \pm 0,74$ mg/100 g et $51,46 \pm 2,84$ mg/100 g. Leur valeur énergétique est de $393,45 \pm 0,22$ kcal/100 g.

Tableau 1. Composition physicochimique moyenne des farines d'ignames de sous-bois Cocoassié non traitées

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
pH	6,00	6,24	6,09	0,09
Acidité (meq/100 g)	32,67	86,39	50,54	22,16
Humidité (%)	7,33	8,29	7,82	0,46
Cendres (%)	1,87	2,03	1,94	0,06
Protéines (%)	4,68	4,93	4,81	0,09
Cellulose (%)	0,87	1,13	1,01	0,11
Glucides totaux (%)	92,83	93,17	92,99	0,14
Amidon (%)	83,52	83,84	83,67	0,13
Lipides (%)	0,22	0,28	0,24	0,02
Polyphénols totaux (mg EAG/100 g)	42,92	48,50	45,72	3,00
Flavonoïdes (mg EQ/100 g)	4,91	5,78	5,3519	0,44
Sucres réducteurs (mg/100 g)	0,008	0,01	0,01	0,003
Tanins (mg EAT/100 g)	16,35	21,99	19,18	3,05
Sucres totaux (mg/100 g)	0,01	0,02	0,02	0,004
Phytates (mg/100 g)	14,61	16,06	15,36	0,74
Oxalates (mg/100 g)	48,83	54,15	51,46	2,84
Valeur énergétique (kcal/100 g)	393,13	393,65	393,45	0,22

Tout comme les farines non traitées, celles ayant subi un blanchiment ont un pH légèrement acide ($6,07 \pm 0,07$) avec une acidité de l'ordre de $50,56 \pm 13,37$ meq/100 g (Tableau 2). Leurs teneurs en humidité, cendres et protéines sont respectivement de $7,59 \pm 0,57$ %, $1,67 \pm 0,12$ % MS et $4,98 \pm 0,26$ % MS. Ces farines contiennent des teneurs élevées en glucides totaux ($93,12 \pm 0,39$ % MS) dont l'amidon ($83,78 \pm 0,35$ % MS) et la cellulose ($1,07 \pm 0,16$ % MS). Pauvres en lipides ($0,21 \pm 0,02$ % MS), les farines blanchies sont des aliments énergétiques fournissant une énergie de $394,38 \pm 0,37$ kcal/100 g. Elles renferment également des polyphénols totaux ($31,31 \pm 3,73$ mg EAG/100 g), des flavonoïdes ($3,49 \pm 1,05$ mg EQ/100

g) et des tanins ($16,04 \pm 1,04$ mg EAT/100 g). Des composés antinutritionnels tels les phytates et les oxalates y ont été dosés avec des teneurs respectives de $12,82 \pm 0,45$ et $26,78 \pm 1,40$ mg/100 g.

Tableau 2. Composition physicochimique moyenne des farines d'ignames de sous-bois Cocoassié blanchies

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
pH	5,95	6,14	6,07	0,07
Acidité (meq/100 g)	32,29	65,30	50,56	13,37
Humidité (%)	7,03	8,21	7,59	0,57
Cendres (%)	1,53	1,86	1,67	0,12
Protéines (%)	4,68	5,22	4,98	0,26
Cellulose (%)	0,88	1,23	1,07	0,16
Glucides totaux (%)	92,64	93,54	93,12	0,39
Amidon (%)	83,34	84,15	83,78	0,35
Lipides (%)	0,19	0,26	0,21	0,02
Polyphénols totaux (mg EAG/100 g)	27,88	34,77	31,31	3,73
Flavonoïdes (mg EQ/100 g)	2,51	4,46	3,49	1,05
Sucres réducteurs (mg/100 g)	0,01	0,02	0,01	0,005
Tanins (mg EAT/100 g)	15,04	17,03	16,04	1,04
Sucres totaux (mg/100 g)	0,03	0,03	0,03	0,003
Phytates (mg/100 g)	12,37	13,25	12,82	0,45
Oxalates (mg/100 g)	25,42	28,11	26,78	1,40
Valeur énergétique (kcal/100 g)	393,89	394,84	394,38	0,37

A côté de ces farines, celles issues d'un traitement à l'acide citrique de tubercules d'ignames ont un bas pH ($4,46 \pm 0,05$) et une acidité élevée ($141,05 \pm 13,98$ meq/100 g) (Tableau 3). Leur teneur en eau est de $7,22 \pm 0,18$ %. De faibles teneurs en cendres et en lipides y ont été enregistrées avec respectivement $0,99 \pm 0,04$ % MS et $0,15 \pm 0,02$ % MS. Par ailleurs, elles contiennent des taux élevés de glucides totaux ($94,38 \pm 0,10$ % MS). Les teneurs en amidon et cellulose de ces farines sont respectivement $84,91 \pm 0,09$ et $1,30 \pm 0,15$ % MS. Avec une valeur énergétique de $396,46 \pm 0,28$ kcal/100 g MS, ces farines renferment des facteurs antinutritionnels notamment des tanins ($27,31 \pm 0,99$ mg/100 g), des phytates ($14,17 \pm 0,87$ mg/100 g) et des oxalates ($40,00 \pm 8,98$ mg/100 g). Leurs teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes sont respectivement $48,24 \pm 2,99$ mg EAG/100 g et $7,08 \pm 0,26$ mg EQ/100 g.

Tableau 3. Composition physicochimique moyenne des farines d'ignames de sous-bois Cocoassié traitées à l'acide citrique

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
pH	4,40	4,53	4,46	0,05
Acidité (meq/100 g)	118,39	151,23	141,05	13,98
Humidité (%)	7,03	7,43	7,22	0,18
Cendres (%)	0,94	1,05	0,99	0,04
Protéines (%)	4,40	4,55	4,46	0,06
Cellulose (%)	1,14	1,47	1,30	0,15
Glucides totaux (%)	94,22	94,48	94,38	0,10
Amidon (%)	84,77	85,01	84,91	0,09
Lipides (%)	0,11	0,18	0,15	0,02
Polyphénols totaux (mg EAG/100 g)	45,47	51,01	48,24	2,99
Flavonoïdes (mg EQ/100 g)	6,81	7,36	7,08	0,26
Sucres réducteurs (mg/100 g)	0,01	0,01	0,01	0,002
Tanins (mg EAT/100 g)	26,40	28,28	27,31	0,99
Sucres totaux (mg/100 g)	0,02	0,03	0,02	0,002
Phytates (mg/100 g)	13,34	15,06	14,17	0,87
Oxalates (mg/100 g)	31,06	48,21	40,00	8,98
Valeur énergétique (kcal/100 g)	396,56	397,21	396,86	0,28

3.2 DIFFERENCIATION ENTRE LES FARINES PRODUITES

Le regroupement par ACH sur la base des paramètres physicochimiques des farines d'ignames de sous-bois produites a révélé des différences entre ces farines. Ainsi, trois groupes distincts ont été formés à l'issue de la troncature du dendrogramme à une distance d'agrégation voisin de 5000 (Figure 2). Il s'agit de:

- La classe 1 comprenant les échantillons de farines traitées à l'acide citrique issus des deux localités (fhsac1, fhsac2, fhsac3, fhgac1, fhgac2, fhgac3);
- La classe 2 composée de farines d'ignames blanches provenant des deux localités échantillonnées (fhgbl1, fhgbl2, fhgbl3, fhsbl1, fhsbl2, fhsbl3);
- La classe 3 renfermant les échantillons de farines non traitées issus des deux localités (fhgbr1, fhgbr2, fhgbr3, fhsbr1, fhsbr2, fhsbr3).

En outre, les farines produites à partir de tubercules d'ignames provenant de la localité de Gonaté peuvent être regroupées en trois classes en tenant compte des paramètres physicochimiques (Figure 3). Ces classes sont:

- La classe 1 formée par les échantillons de farines traitées à l'acide citrique;
- La classe 2 renfermant les farines blanches;
- La classe 3 composée de farines non traitées.

Ces différentes classes de farines ont été également obtenues avec les tubercules issus de la localité de Séria (Figure 4). Ces regroupements semblent mettre en évidence une influence des traitements anti brunissements et accessoirement un effet localité sur les paramètres physicochimiques déterminés au niveau des farines d'igname de sous-bois *Cocoassié*.

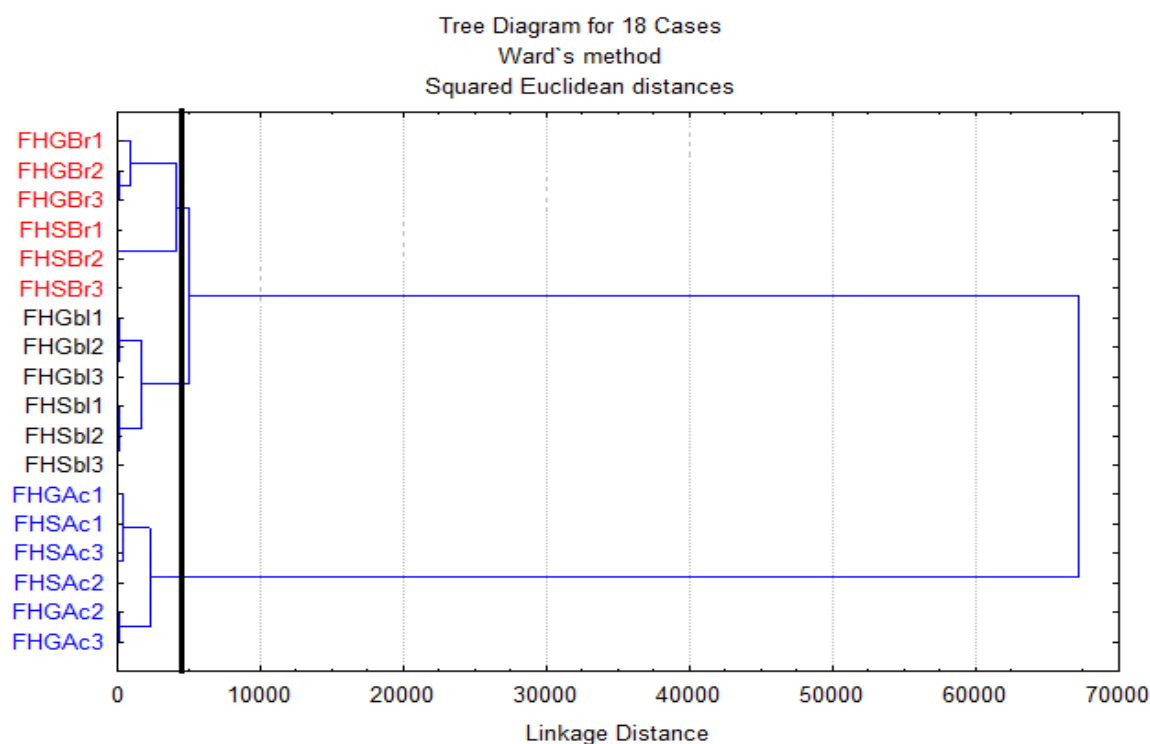


Fig. 3. Regroupement des échantillons de farines produits à partir de tubercules d'ignames de sous-bois issus des localités de Gonaté et Séria

FHGBr: Echantillon de farine non traitée issu de la localité de Gonaté

FHGBl: Echantillon de farine blanchie issu de la localité de Gonaté

FHGAcl: Echantillon de farine traitée à l'acide issu de la localité de Gonaté

FHSBr: Echantillon de farine non traitée issu de la localité de Séria

FHSbl: Echantillon de farine blanchie issu de la localité de Séria

FHSacl: Echantillon de farine traitée à l'acide issu de la localité de Séria

Les chiffres 1, 2 et 3 rattachés à chaque type de farine sont les numéros d'échantillons collectés.

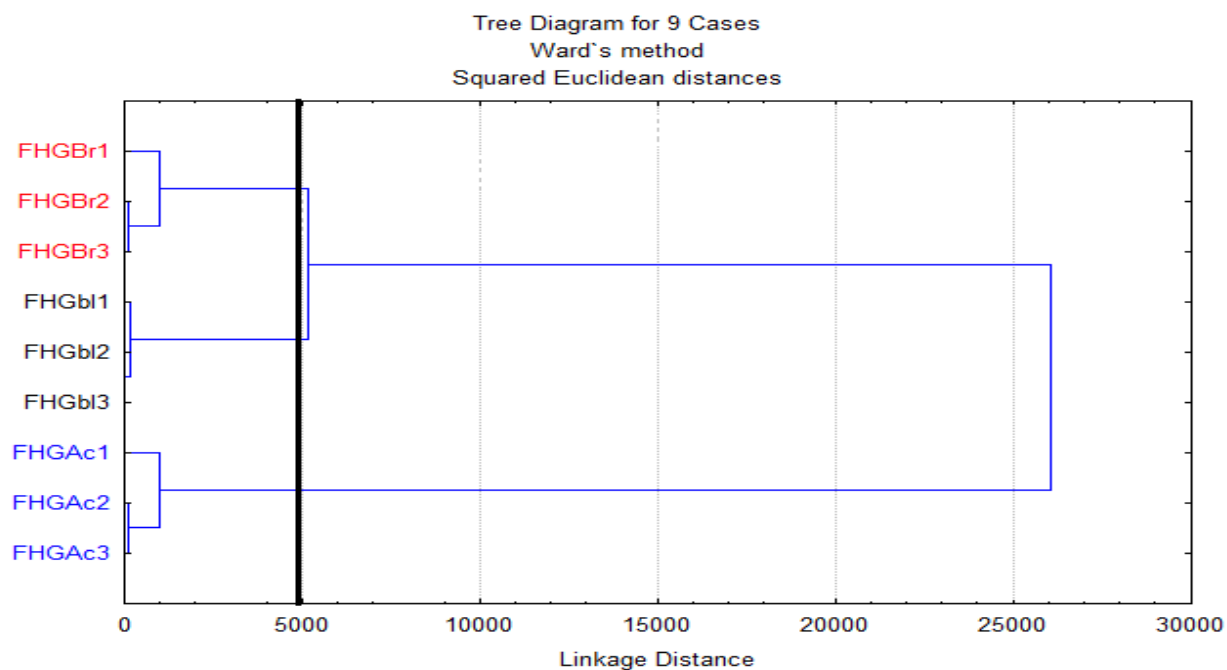


Fig. 4. Regroupement des échantillons de farines produits à partir de tubercules d'ignames de sous-bois issus de la localité de Gonaté

FHGBr: Echantillon de farine non traitée issu de la localité de Gonaté

FHGb1: Echantillon de farine blanchie issu de la localité de Gonaté

FHGAc: Echantillon de farine traitée à l'acide issu de la localité de Gonaté

Les chiffres 1, 2 et 3 rattachés à chaque type de farine sont les numéros d'échantillons collectés.

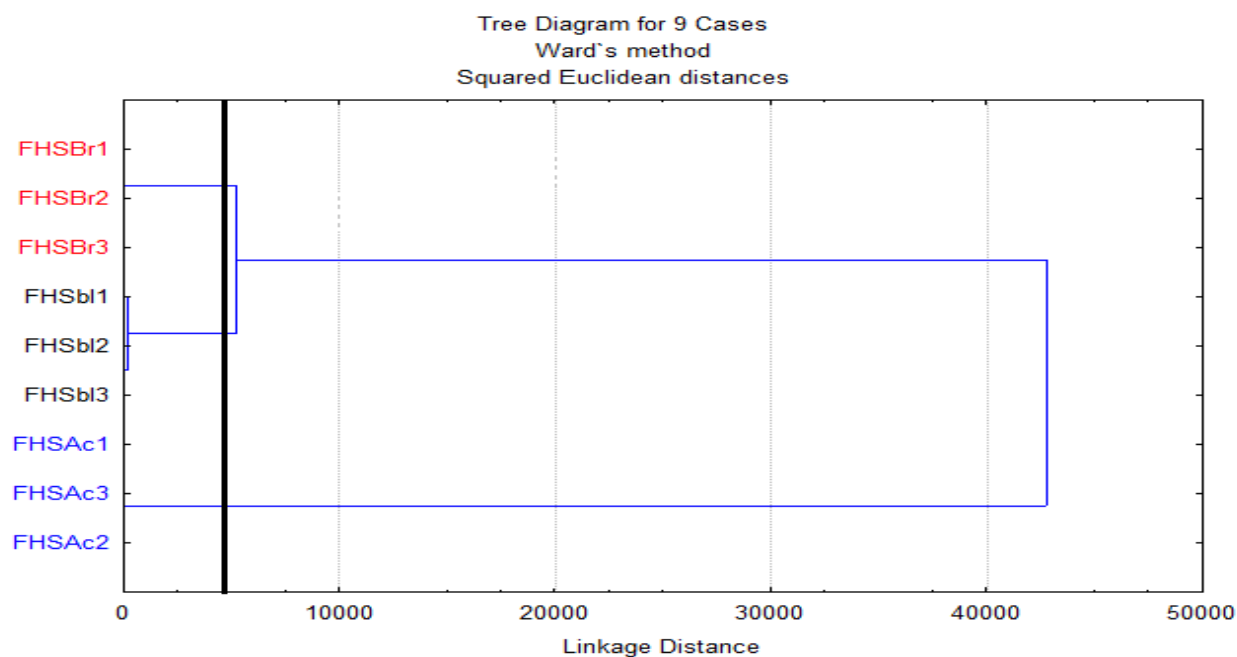


Fig. 5. Regroupement des échantillons de farines produits à partir de tubercules d'ignames de sous-bois issus de la localité de Séria

FHSBr: Echantillon de farine non traitée issu de la localité de Séria

FHSb1: Echantillon de farine blanchie issu de la localité de Séria

FHSAc: Echantillon de farine traitée à l'acide issu de la localité de Séria

Les chiffres 1, 2 et 3 rattachés à chaque type de farine sont les numéros d'échantillons collectés.

3.3 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DES FARINES PRODUITES

Les farines produites diffèrent significativement entre elles sur la base des caractéristiques physicochimiques déterminées (Tableau 4). Les valeurs de pH les plus basses ont été obtenues dans les farines traitées à l'acide notamment FHGAc ($4,44 \pm 0,02$) et FHSaC ($4,48 \pm 0,07$). Ces deux types de farines ont enregistré les acidités les plus élevées avec $149,37 \pm 3,10$ meq/100 g pour FHSaC. Les farines ont une faible humidité avec les valeurs les plus faibles enregistrées au niveau de FHGBI ($7,07 \pm 0,04$ %) et FHGAc ($7,06 \pm 0,05$ %). La farine FHSBr a eu le taux d'humidité le plus élevé avec $8,23 \pm 0,05$ %. Au niveau des teneurs en cendres, les farines traitées à l'acide ont enregistré les valeurs les plus faibles ($0,99$ % MS). La farine non traitée FHGBr a obtenu le taux le plus élevé ($1,98 \pm 0,06$ % MS). De même, les farines traitées à l'acide ont enregistré les taux les plus faibles de protéines avec $4,40$ % MS pour FHSaC et $4,51$ % MS pour FHGAc. Les taux les plus élevés ont été notés dans les farines blanchies ($5,21 \pm 0,01$ % MS) suivies des farines non traitées avec $4,89 \pm 0,04$ % MS (FHGBr). Les farines brutes et blanchies issues de la localité de Séria ont eu les plus faibles taux de cellulose avec respectivement $0,90 \pm 0,03$ et $0,93 \pm 0,07$ % MS. Les teneurs en glucides totaux des farines produites sont élevées et comprises entre $92,77 \pm 0,14$ et $94,45 \pm 0,05$ % MS. Les farines traitées à l'acide ont enregistré les taux les plus élevées avec $94,45 \pm 0,05$ % pour FHSaC et $94,31 \pm 0,09$ % pour FHSaC. Il en est de même pour les teneurs en amidon où les valeurs les plus élevées ont été obtenues avec les farines traitées à l'acide. Contrairement aux teneurs en glucides totaux, les plus faibles taux de lipides ont été enregistrés dans les farines traitées à l'acide notamment FHSaC avec $0,14 \pm 0,02$ % MS. Les farines non traitées FHGBr et FHSBr ont eu des taux relativement plus élevés en lipides avec des valeurs respectives de $0,25 \pm 0,03$ % et $0,23 \pm 0,006$ % MS. Les composés antioxydants tels que les polyphénols totaux et les flavonoïdes varient significativement d'une farine à l'autre. A ce propos, les farines traitées à l'acide (FHGAc) ont enregistrées les teneurs les plus élevées avec respectivement $50,97 \pm 0,04$ mg EAG/100 g et $7,32 \pm 0,05$ mg EQ/100 g. Quant aux valeurs les plus faibles, elles ont été déterminées dans les farines blanchies FHGBI pour les polyphénols totaux ($27,90 \pm 0,03$ mg EAG/100 g) et FHSBI pour les flavonoïdes ($2,53 \pm 0,02$ mg EQ/100 g). Pour les sucres totaux et les sucres réducteurs, les teneurs les plus élevées ont été obtenues dans les farines blanchies (FHGBI) avec les valeurs respectives de $39,01 \pm 0,02$ mg/100 MS et $21,13 \pm 0,04$ mg/100 MS. Les teneurs les plus faibles ont été enregistrées dans les farines non traitées (FHSBr) avec $17,94 \pm 0,02$ mg/100 g pour les sucres totaux et $8,33 \pm 0,03$ mg/100 g pour les sucres réducteurs. Concernant les composés antinutritionnels, les teneurs les plus élevées ont été enregistrées par les farines brutes avec $16,04 \pm 0,03$ mg/100 g pour les phytates (FHGBr) et $54,06 \pm 0,09$ mg/100 g pour les oxalates (FHSBr). Quant aux tanins, la farine traitée à l'acide FHGAc a eu la teneur la plus élevée ($28,22 \pm 0,06$ mg AT/100 g) pendant que la farine blanchie FHSBI a obtenu la teneur la plus faible ($15,09 \pm 0,04$ mg AT/100 g). Les farines produites sont riches en énergie avec des valeurs oscillant entre $393,34 \pm 0,27$ et $396,97 \pm 0,33$ % MS. Toutefois, les taux les plus élevés ont été obtenus au niveau des farines traitées à l'acide FHGAc et FHSaC avec respectivement $396,97 \pm 0,33$ et $396,74 \pm 0,23$ % MS. Les valeurs les plus faibles $393,34 \pm 0,27$ et $393,56 \pm 0,12$ % MS reviennent aux farines non traitées FHGBr et FHSBr, respectivement.

Tableau 4. Composition physicochimique moyenne des farines d'ignames produites à partir de tubercules issus des localités de Gonaté et Séria (Côte d'Ivoire)

Paramètres	FHGBr	FHGBI	FHGAc	FHSBr	FHSBI	FHSaC
pH	$6,01 \pm 0,01bc$	$6,13 \pm 0,01de$	$4,44 \pm 0,02a$	$6,17 \pm 0,06e$	$6,02 \pm 0,06cd$	$4,48 \pm 0,07ab$
Acidité (meq/100 g)	$68,39 \pm 16,50b$	$39,45 \pm 6,19a$	$132,73 \pm 16,48bc$	$32,69 \pm 0,02a$	$61,67 \pm 6,23b$	$149,37 \pm 3,10c$
Humidité (%)	$7,40 \pm 0,07b$	$7,07 \pm 0,04a$	$7,06 \pm 0,05a$	$8,23 \pm 0,05c$	$8,12 \pm 0,09bc$	$7,39 \pm 0,04b$
Cendres (%)	$1,98 \pm 0,06e$	$1,76 \pm 0,11cd$	$0,99 \pm 0,05ab$	$1,89 \pm 0,02de$	$1,58 \pm 0,06bc$	$0,99 \pm 0,04a$
Protéines (%)	$4,89 \pm 0,04c$	$5,21 \pm 0,01d$	$4,51 \pm 0,04a$	$4,74 \pm 0,05b$	$4,74 \pm 0,05b$	$4,40 \pm 0,004a$
Cellulose (%)	$1,11 \pm 0,02bc$	$1,21 \pm 0,02de$	$1,44 \pm 0,03e$	$0,90 \pm 0,03a$	$0,93 \pm 0,07ab$	$1,17 \pm 0,03cd$
Glucides totaux (%)	$92,86 \pm 0,03ab$	$92,77 \pm 0,14a$	$94,31 \pm 0,09de$	$93,12 \pm 0,07bc$	$93,46 \pm 0,08cd$	$94,45 \pm 0,05e$
Amidon (%)	$83,55 \pm 0,03ab$	$83,46 \pm 0,13a$	$84,85 \pm 0,08de$	$83,79 \pm 0,06bc$	$84,09 \pm 0,07cd$	$84,98 \pm 0,04e$
Lipides (%)	$0,25 \pm 0,03d$	$0,23 \pm 0,03cd$	$0,17 \pm 0,01ab$	$0,23 \pm 0,006cd$	$0,19 \pm 0,006bc$	$0,14 \pm 0,02a$
Polyphénols totaux (mg EAG/100 g)	$48,46 \pm 0,05e$	$27,90 \pm 0,03a$	$50,97 \pm 0,04f$	$42,98 \pm 0,06c$	$34,71 \pm 0,05b$	$45,51 \pm 0,03d$
Flavonoïdes (mg EQ/100 g)	$5,75 \pm 0,03d$	$4,45 \pm 0,02b$	$7,32 \pm 0,05f$	$4,95 \pm 0,05c$	$2,53 \pm 0,02a$	$6,84 \pm 0,03e$
Sucres réducteurs (mg/100 g)	$13,83 \pm 0,03d$	$21,13 \pm 0,04f$	$15,10 \pm 0,03e$	$8,33 \pm 0,03a$	$11,23 \pm 0,03c$	$10,10 \pm 0,03b$
Tanins (mg EAT/100 g)	$21,97 \pm 0,02d$	$16,99 \pm 0,04c$	$28,22 \pm 0,06f$	$16,40 \pm 0,04b$	$15,09 \pm 0,04a$	$26,40 \pm 0,001e$
Sucres totaux (mg/100 g)	$25,95 \pm 0,02b$	$39,01 \pm 0,02f$	$31,57 \pm 0,05d$	$17,94 \pm 0,02a$	$32,46 \pm 0,02e$	$27,15 \pm 0,04c$
Phytates (mg/100 g)	$16,04 \pm 0,03f$	$13,23 \pm 0,02b$	$14,97 \pm 0,07e$	$14,68 \pm 0,06d$	$12,41 \pm 0,04a$	$13,37 \pm 0,03c$
Oxalates (mg/100 g)	$48,87 \pm 0,04e$	$28,07 \pm 0,03b$	$31,81 \pm 0,65c$	$54,06 \pm 0,09f$	$25,50 \pm 0,07a$	$48,20 \pm 0,01d$
Valeur énergétique (kcal/100 g)	$393,34 \pm 0,27a$	$394,12 \pm 0,31bc$	$396,97 \pm 0,33e$	$393,56 \pm 0,12ab$	$394,64 \pm 0,22cd$	$396,74 \pm 0,23de$

Sur une même ligne, les valeurs ayant des lettres alphabétiques différentes sont statistiquement différentes ($p < 0,05$).

FHGBr: Echantillon de farine non traitée issu de la localité de Gonaté

FHGBI: Echantillon de farine blanchie issu de la localité de Gonaté

FHGAc: Echantillon de farine traitée à l'acide issu de la localité de Gonaté

FHSBr: Echantillon de farine non traitée issu de la localité de Séria

FHSBI: Echantillon de farine blanchie issu de la localité de Séria

FHSaC: Echantillon de farine traitée à l'acide issu de la localité de Séria

4 DISCUSSION

Pour réduire les pertes post-récoltes et fournir un produit plus stable capable d'être un moyen alternatif de diversification des formes d'utilisation des ignames de sous-bois Cocoassié, des farines ont été produites. A cet effet, Trois types de farines dérivées de ces ignames ont été fabriqués et caractérisés en vue de leur valorisation efficiente. Il s'agit de farine non traitée, de farine blanchie et de farine traitée à l'acide citrique. Ces farines sont riches en glucides, pauvres en lipides et en cendres. Ce sont des aliments énergétiques. Ces caractéristiques générales des ignames ont déjà été rapportées [27], [28]. Les teneurs en protéines des farines d'ignames de sous-bois *Cocoassié* sont proches de celles des ignames *Dioscorea alata* à chair blanche (6,96 %) de l'île Banggai en Indonésie signalées par [27]. En outre, ces farines ont des teneurs en protéines (4,4-5,21 %) relativement plus élevées que celles des farines de manioc [8]. Ces auteurs ont rapporté dans les farines fermentées de manioc ont des teneurs comprises entre 1,12 et 1,57 % lorsqu'ils travaillaient sur la caractérisation de celles-ci dans quatre localités de Côte d'Ivoire. Le pH des farines non traitées et blanchies dérivées de ces ignames est voisin de celui des farines de l'igname Bètè-bètè en Côte d'Ivoire qui est de l'ordre de 6,6 rapporté par [29]. En tenant compte des valeurs de pH, les farines non traitées et celles blanchies sont des aliments faiblement acides ($\text{pH} > 4,5$) pendant que les farines traitées à l'acide ($\text{pH} < 4,5$) sont acides [30]. Les différences entre les farines, portant sur le pH, sont dues aux traitements anti brunissements effectués. D'ailleurs, le regroupement des farines en trois groupes sur la base des caractéristiques physicochimiques confirme bien l'existence de différences entre elles. Les farines produites ont été regroupées en trois classes selon les traitements réalisés. En effet, une classe renferme uniquement les farines traitées à l'acide, une autre prend en compte seulement les farines blanchies et la dernière est composée d'échantillons de farines non traitées. De plus, quelle que soit la localité d'où provient l'igname, cette typologie en 3 classes est également perceptible. Les traitements anti brunissements des tubercules influenceraient les paramètres physicochimiques des farines dérivées. A ce propos, les analyses statistiques ont révélé que les caractéristiques physicochimiques des farines produites varient significativement d'une farine à l'autre. L'utilisation de l'acide citrique pour le traitement anti brunissement expliquerait le pH acide enregistré au niveau des farines traitées à l'acide. Il en est de même pour l'acidité élevée. Par ailleurs, les farines diffèrent par leur teneur en eau. Comme, l'on devait s'y attendre, ce sont les farines blanchies (FHGBI) et celles traitées à l'acide (FHGAC) qui ont enregistrées les teneurs les plus faibles ($7,07 \pm 0,04$ %). En effet, le blanchiment est un traitement thermique qui peut augmenter la perméabilité des parois cellulaires du végétal et faciliter le séchage ultérieur du produit [31]. Ainsi, une plus grande quantité d'eau serait libérée plus facilement expliquant de fait les faibles teneurs en eau dans ces farines. Toutefois, les teneurs en eau des farines produites sont inférieures à 13 % recommandé dans les farines comestibles [32]. Ces farines peuvent donc se conserver sur une période relativement longue.

Concernant les teneurs en cendres et en protéines, les farines traitées à l'acide ont encore obtenu les plus faibles valeurs. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le traitement à l'acide citrique combiné au traitement thermique a entraîné des pertes en minéraux, des dissolutions et des dénaturations de protéines. Des pertes en minéraux lors des traitements hydrothermiques, ont déjà été signalées dans des racines et tubercules [7]. Tout comme pour les cendres et les protéines, le traitement à l'acide a affecté les taux de lipides aboutissant à des farines (FHGAC et FHSAC) ayant les taux les plus faibles. L'acide citrique pourrait entraîner la dégradation des lipides dont ceux membranaires justifiant les faibles teneurs relevées au niveau des farines traitées à l'acide. Ces faibles teneurs en lipides dans les farines traitées à l'acide peuvent s'expliquer également par le fait que les refus de tamisage en contiendraient plus que les autres types de farines. En alimentation humaine, l'acide citrique est bien connu comme un additif alimentaire [33]. Il est utilisé entre autre comme conservateur et pour son rôle contre le brunissement enzymatique (antioxydant). Dans la présente étude, il a permis de réduire l'oxydation des polyphénols permettant ainsi d'avoir des farines traitées avec les taux les plus élevés pour ces composés. En comparaison aux farines non traitées, celles issues du blanchiment de tubercules à 70 °C pendant 1 min ont eu des teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes les plus faibles. Le blanchiment a donc induit une diminution des teneurs en polyphénols. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les polyphénols étant hydrosolubles, se dissolvent lors de cette opération. Ils seraient lessivés [34]. La référence [35] a rapporté de telles pertes de polyphénols dans des légumes-feuilles. Selon cet auteur, ces pertes ont atteint 15 % pour les oseille, corètes et des épinards lors d'une cuisson par ébullition. Par ailleurs, les teneurs en sucres totaux et sucres réducteurs des farines traitées ont été plus élevées que celles des farines non traitées. Ceci serait dû aux traitements subis par les tranches d'ignames de sous-bois lors de la fabrication des farines. En effet, les tubercules ont été soumis à un blanchiment d'une part pour obtenir des farines blanchies et d'autre part à un traitement à l'acide citrique combiné à un traitement hydrothermique pour donner les farines traitées à l'acide. Les effets de la température et ou de l'acide citrique expliqueraient ces valeurs élevées [36]. Ces facteurs expliqueraient également le fait que les farines blanchies et celles traitées à l'acide aient des teneurs en composés antinutritionnels (phytates et oxalates) inférieures à celles des farines non traitées. Les traitements ont induit une diminution des teneurs en composés antinutritionnels dans les farines. L'effet des traitements hydrothermiques sur la baisse des teneurs en phytates et en oxalates a déjà été signalé [35]. C'est certainement pour ces mêmes raisons que les farines blanchies ont eu de faibles teneurs en tanins. En addition, les farines produites sont riches en glucides totaux dont l'amidon est le constituant principal (83-85 % MS). Du fait de leur richesse en amidon, ces farines pourraient être utilisées entre autres dans les industries agroalimentaires, les industries pharmaceutiques et les industries chimiques. Les variations significatives de teneur en amidon, constatées entre les farines peuvent être dues aux traitements anti brunissements qui ont entraîné une baisse de teneur en protéines, en cendres et en lipides dans certaines farines. En effet, ces paramètres sont utilisés pour le calcul de la teneur en glucides totaux et par conséquent de la teneur en amidon. Une fluctuation de teneur de ces paramètres au niveau des farines auraient un impact sur la teneur en amidon de celles-ci. De plus, ces farines étant très pauvres en lipides, un aliment simple hautement énergétique, la valeur énergétique calculée est fortement dépendant du taux de glucides totaux. C'est pourquoi les farines traitées à l'acide ont enregistré les valeurs énergétiques les plus élevées.

5 CONCLUSION

Les farines non traitées, blanchies et traitées à l'acide dérivées d'ignames de sous-bois Cocoassié provenant de deux localités ont été caractérisées. Les effets des traitements anti brunissements sur la composition physicochimique de ces farines ont été également déterminés. Il ressort de cette étude que les farines produites sont des aliments énergétiques, riches en glucides totaux dont l'amidon est l'un des principaux constituants. Ils sont en outre, pauvres en lipides et en cendres. En comparaison aux farines de manioc, leur teneur en protéines est plus élevée. En addition, les traitements anti brunissements ont affecté l'ensemble des paramètres analysés au niveau des farines d'ignames. Ils ont entraîné une diminution du pH, des teneurs en humidité, en cendres, en protéines, en lipides, en composés antinutritionnels (oxalates et phytates). En revanche, les traitements ont induit une augmentation des teneurs en sucres totaux, en sucres réducteurs, en glucides totaux et de l'acidité dans les farines traitées. Au niveau de certains composés, les traitements ont entraîné une augmentation de teneurs dans certaines farines et une diminution dans d'autres. C'est le cas des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des tanins pour lesquels les farines traitées à l'acide ont enregistré les teneurs les plus élevées pendant que celles blanchies ont eu les valeurs les plus basses. Les farines non traitées ont globalement enregistré les teneurs les plus élevées en cendres, en protéines et en lipides. Toutefois, leur teneur en oxalates et phytates sont les plus élevées. Les différentes variations des teneurs des paramètres physicochimiques entre les farines sont à relier aux effets des traitements anti brunissements subis par les tubercules d'ignames de sous-bois utilisés comme matières premières. En conséquence, les utilisations alimentaires les plus appropriées de ces farines doivent être déterminées en tenant compte en plus des caractéristiques physicochimiques, de leurs propriétés fonctionnelles et rhéologiques.

REFERENCES

- [1] R. Asiedu and A. Sartie, «Crops that feed the World 1. Yams,» *Food Security*, vol. 2, pp. 305-315, 2010.
- [2] Mordor, Intelligence, *Analyse de la taille et de la part du marché de l'igname – Tendances et prévisions de croissance (2024-2029)*, 2023. [Online] Disponible sur: <https://www.mordorintelligence.com/fr/industry-reports/yams-market> (09/09/2025).
- [3] Z. Wang, Z. Shengnan, T. Siyu, H. Guige, Z. Fenglan, T. Shenpeng and M. Qingguo, «Dioscorea spp.: Bioactive Compounds and Potential for the Treatment of Inflammatory and Metabolic Diseases,» *Molecules*, vol. 28, 2878. 2023. <https://doi.org/10.3390/molecules28062878>.
- [4] K.E.B Dibi, E.A. Ehounou, S.B. Essis, A.K. Hala, K.T. Kouamé, B. N'zué, M.A. Kouakou, «Bien produire des semences de qualité de l'igname kponan par fragmentation précoce de tubercules». Fiche technique, Direction de la Recherche et de l'Innovation – Service Publications et Informations Scientifiques, CNRA, 2p, 2024. https://cnra.ci/wp-content/uploads/2024/09/ftec_igname_bien_produire_semences_kponan.pdf (20/08/2025).
- [5] FAOSTAT, *Statistiques de production*. FAO. [Online] Disponible sur: <https://www.fao.org/faostat/fr/#data> (09/08/2025).
- [6] M.R. Lombe, J.I. Bekemo, O.K. Ngandu, K.J-P. Ngbolua, «Les espèces du genre Dioscorea (Ignames) en Afrique tropicale et subtropicale,» *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol. 12, no. 4, pp. 240-251, 2024.
- [7] Trèche S., *Potentialités nutritionnelles des ignames (Dioscorea spp.) cultivées au Cameroun*. Volume I. Editions de l'ORSTOM, Collection ETUDES et THESES, Paris (France), 1989.
- [8] A.C. Koko, B.K. Kouamé, E. Assidjo and G. Amani, «Characterization and utilization of fermented cassava flour in breadmaking and placali preparation,» *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 8, no. 6, pp. 2478-2493, 2014.
- [9] H.I. Randrianarivelo, Optimisation de fabrication de l'éthanol à partir de la farine de manioc par voie enzymatique, Université Antananarivo, Madagascar, 2022.
- [10] R.T.F.B. Rampanarivo, Contribution à la valorisation d'igname ou ovala de Madagascar (*Dioscorea alata* et *Dioscorea cayenensis*) pour la production de bioéthanol, Université Antananarivo, Madagascar, 2023.
- [11] Hounhouigan, D., Akissoe, H.N., Bricas, N., and Vernier, P., Diagnostic des systèmes techniques de transformation de l'igname en cossettes séchées au Bénin. In: Berthaud and J-L Marchand (Eds.), *L'igname, plante séculaire et culture d'avenir*, Actes du séminaire International Cirad-Inra-Orstom-Coraf, Montpellier, France, pp. 349-351, 1997.
- [12] F.M. N'Goran, Y.D. Digbeu, B.K. Kouamé, E.F. Soumahin and C.A. Koko, « Composition nutritive des ignames de sous-bois cultivées en association avec l'hévéa et le cacao à Gonaté dans la Région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, vol. 18, no. 10, pp. 35-41, 2024.
- [13] J. J. Miche, Conservation des aliments, composition, qualité, biodisponibilité, PUF, 1974.
- [14] AOAC, *Official Methods Of Analysis, 14th Edition*, Association Of Official Analytical Chemists, Washington Dc, 1984.
- [15] BIPEA, *Recueil des méthodes d'analyses des Communautés Européennes*, Bureau Inter Professionnel D'études Analytiques, Bipea, 1976.
- [16] AOAC, *Official Methods Of Analysis Chemists*, Association Of Official Analytical Chemists, Washington Dc, 1999.
- [17] K. S. Diallo, K. Koné, D. Soro, N. E. Assidjo, K. B. Yao and D. Gnagri, «Caractérisation Biochimique Et Fonctionnelle Des Graines De Sept Cultivars De Voandzou [*Vigna Subterranea* (L.) Verdc. Fabaceae] Cultivés En Côte D'Ivoire,» *European Scientific Journal*, vol. 11, no. 27, pp. 288-304, 2015.
- [18] M. Dubois, K. Gilles, J. K. Hamilton, P. Rebers and F. Smith, «Colorimetric Method For Determination Of Sugars And Related Substances,» *Analytical Chemistry*, vol. 28, pp. 350-356, 1956.
- [19] Bernfeld, P., *Amylase And Proteases*, In: S. Colswick, and N. Kaplan (Eds.), *Methods In Enzymology*, Academic Press: New-York, USA, pp. 149-154, 1955.
- [20] G. Bertrand and P. Thomas, Guide Pour Les Manipulations De Chimie Biologie, Dunod, Paris, 1910.

- [21] AOAC, Official Method Of Analysis, 15th Edition, vol. 2, K. C. Helrich, USA, 1990.
- [22] J. Wood, S. Senthilmohan and A. Peskin, «Antioxidant Activity Of Procyanidin-Containing Plant Extracts At Different Phases,» *Food Chemistry*, vol. 77, no. 2, pp. 155-161, 2002.
- [23] D. Marinova, F. Ribarova and M. Atanassova, «Total Phenolics and Total Flavonoids In Bulgarian Fruits And Vegetables,» *Journal Of The University Of Chemical Technology And Metallurgy*, vol. 40, no. 3, pp. 255-260, 2005.
- [24] Z. Bainbridge, K. Tomlins, K. Willings and A. Westby A, «Methods For Assessing Quality Characteristic Of Non Grain Starch Staple,» Part 4 Advanced Methods, National Ressources Institute, University Of Greenwich, vol. 1, pp. 43-79, 1996.
- [25] M. Latta and M. Eskin, «A Simple and Rapid Colorimetric Method for Phytate Determination,» *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 28, pp. 1313-1315, 1980.
- [26] R. Day and A. Underwood, *Analyse Quantitative. 5e Edition*, Prentice Hall Publication, Upper Saddle River, 1986.
- [27] A. Yalindua, N. Manampiring, F. Waworuntu and F. Y. Yalindua, «Physico-chemical exploration of Yam Flour (*Dioscorea alata* L.) as a raw material for processed cookies,» *Journal of Physics: Conference Series* 1968, 012004, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1968/1/012004.
- [28] R. M. Lolge, B. S. Agarkar, R. M. Kshirsagar and B. M. Patil, «Evaluation of Nutritional, Physicochemical and Functional properties of Yam Flour,» *Biological Forum—An International Journal*, vol. 14, no. 4a, pp. 258-263, 2022.
- [29] S. Soro, G. Konan, E. Elleingand, D. N'guessan and E. Koffi, «Formulation d'aliments infantiles à base de farines d'igname enrichies au soja,» *African journal of food, Agriculture, Nutritional and Development*, vol. 13, no. 5, pp. 8313-8339, 2013.
- [30] A. G. Soares, M. Freire-Júnior and R. S. Siquiera, *Curso de higiene e sanificação na indústria de alimentos*, Embrapa-CTAA: Rio de Janeiro, 1992.
- [31] R. Nout, D. Hounhouigan and T. Boekel, *Les aliments, transformation, conservation et Qualité*, Backhuys Publishers, CTA, Wageningen, The Netherlands, 2003.
- [32] Commission Codex Alimentarius, Norme Codex pour la farine comestible de manioc (Norme régionale africaine), CODEX STAN 176, 1991.
- [33] Commission Codex Alimentarius, Demande d'observations et informations sur les dispositions pour les additifs alimentaires pour certains fruits et légumes traités, CL 2014/17-PFV, FAO, Rome (Italie), 2014.
- [34] J. M. Lorenzo, M. Estévez, F. J. Barba, R. Thirumdas, D. Franco, P. E. S Munekata, Polyphenols: Bioaccessibility and bioavailability of bioactive components, In: F.J. Barba et al. (Eds), *Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds*, Woodhead Publishing, pp. 309-332, 2019.
- [35] N. Fioroni, Evaluation de la capacité antioxydante de légumes-feuilles africains riches en composés bioactifs et micronutriments et étude de leur effet sur la modulation de l'état inflammatoire de l'intestin au moyen d'un modèle in vitro de triculture cellulaire, *Ingénierie des aliments*, Université de Montpellier, 2023.
- [36] A. M. Rodriguez-Sibaja and A. C. Segreda-Rodriguez, «Caracterization y almacenamiento de los almibares residuales de la deshidratación osmótica (*Ananas comosus*) y papaya (*Carica papaya*),» *Reviteca*, vol. 1, no. 2, pp 1-7, 1992.