

Effet de la potasse artisanale végétale sur les propriétés fonctionnelles de cinq farines de céréales utilisées pour la confection de mets traditionnel ivoirien, le " Tôh "

Chépo Ghislaine DAN*, Kouadio YAO et Memel Ako Claude NOMEL

Université Nangui Abrogoua, Département des Sciences et Technologies des Aliments, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

(Reçu le 08 Mars 2021 ; Accepté le 10 Mai 2021)

* Correspondance, courriel : gisln78@yahoo.fr

Résumé

La potasse artisanale alimentaire est l'un des ingrédients utilisé dans les farines de céréales pour la confection des mets locaux en Côte d'Ivoire tels que le « Tôh ». Malheureusement, la teneur convenable de cette potasse à incorporer reste méconnue et empirique. Le présent travail a été mené dans le but de montrer l'influence de la proportion de la potasse sur les propriétés physico-fonctionnelles des farines de céréales utilisées. Les résultats ont montré que les propriétés fonctionnelles de ces farines diffèrent significativement au seuil de 5 % selon qu'ils soient avec ou sans potasse. La farine de sorgho blanc a présenté la capacité d'absorption d'eau la plus élevée suivie des maïs jaune, blanc, du riz et du mil. Les indices de solubilité dans l'eau des farines sans potasse étaient plus élevés (maïs jaune) et compris entre $5,67 \pm 0,58$ % et $21,00 \pm 1,00$ %. De même, la clarté du gel, a augmenté de façon considérable avec l'incorporation de la potasse ($1,11 \pm 0,02$ %T et $7,95 \pm 0,02$ %T). Quant à la capacité d'absorption de l'huile de palme raffinée des farines sans potasse, elle a diminué significativement ($p < 0,05$) de $123,33 \pm 1,53$ % à $80,33 \pm 1,53$ % sauf celle de la farine de riz. L'incorporation de potasse augmente la clarté en passant de 1-1,7 % T à 1,4-8 % T. Par ailleurs, le rapport hydrophile/lipophile était supérieur à 1. Ainsi, l'ajout de potasse a amélioré les propriétés organoleptiques des farines de céréales ce qui pourrait être conseillé en pâtisserie et boulangerie.

Mots-clés : *céréales, potasse, farines de céréales, propriétés physico-fonctionnelles.*

Abstract

Effect of artisanal vegetable potash on the functional properties of five cereal flours used in the preparation of the traditional Ivorian dish " Tôh "

Artisanal food potash is one of the ingredients used in cereal flours for the preparation of local dishes in Côte d'Ivoire such as "Tôh". Unfortunately, the appropriate content of this potash to be incorporated remains unknown and empirical. The present work was carried out with the aim of showing the influence of the proportion of potash on the physical-functional properties of the cereal flours used. According to the results, the functional properties of these flours, with or without potash, revealed significant differences at the 5 %

threshold. Indeed, the water absorption capacities of maize (white and yellow), millet, rice and white sorghum flours containing potash varied between 82.96 ± 0.05 and 149.95 ± 0.18 % against 111.92 ± 0.94 and 146.12 ± 0.58 %. White sorghum flour had the highest water absorption capacity followed by yellow and white maize, rice, and millet. The water solubility indices of potash-free flours were higher (yellow maize) and ranged from 5.67 ± 0.58 % to 21.00 ± 1.00 %. Similarly, gel clarity increased significantly with the incorporation of potash (1.11 ± 0.02 %T and 7.95 ± 0.02 %T). As for the absorption capacity of refined palm oil from flours without potash, it decreased significantly ($p < 0.05$) from 123.33 ± 1.53 % to 80.33 ± 1.53 % except for that of rice flour. In addition, the hydrophilic/lipophilic ratio was greater than 1, so the addition of potash improved the organoleptic properties of the cereal flours, which could be recommended for use in pastry and bakery products.

Keywords : *cereals, potash, cereal flours, physico-functional properties.*

1. Introduction

Les céréales sont des plantes de la famille des Poacées, cultivées principalement pour leurs grains riches en amidon [1]. Les céréales ne constituent qu'environ 30 % des sources énergétiques alimentaires dans les pays développés, contre plus de 50 % dans les pays en voie de développement, atteignant parfois 80 voire 90 % dans certains pays d'Afrique en situation de sous-nutrition [2]. En effet, elles constituent l'alimentation de base de nombreux peuples à cause de leur valeur énergétique [3]. Les plus cultivées dans le monde sont le maïs, le blé, le riz, l'orge, le sorgho et le mil [4]. Par ailleurs, l'importance économique, alimentaire et culturelle de ces céréales varie d'une région à l'autre avec un fort lien avec les traditions ethniques [5]. Les surfaces rizicoles occupent 11 % des terres cultivables du monde dans des zones géographiques et climatiques très diverses. En Côte d'Ivoire, les systèmes céréaliers sont centrés sur le riz (*Oryza sativa* L.), le maïs (*Zea mays*), le mil (*Pennisetum typhoides*) et le sorgho (*Sorghum bicolor*) [6,7]. Les céréales constituent non seulement la base traditionnelle de l'alimentation mais aussi un aliment de soudure important chez les populations du nord (Sénoufo, Malinké et Mahouka) et les populations étrangères émigrées des pays d'Afrique Sud Sahélienne [8, 9]. En Côte d'Ivoire, la transformation des céréales en farines se fait selon les procédés traditionnels et biologiques tels que la germination, la fermentation et le trempage, ou souvent utilisés en tant qu'étapes préliminaires. Ces procédés peuvent entraîner un début de réduction des teneurs en facteurs anti-nutritionnels [9 - 11]. Les critères d'appréciation de ces farines tiennent essentiellement compte des caractéristiques organoleptiques des produits et celles qui sont liées aux pratiques culinaires [12]. Selon [13], le « Tôh » une pâte de céréales se consomme de préférence avec de la sauce aux ingrédients alimentaires tels que la poudre de gombo séché, la poudre de baobab et le « soumbala » (épice fabriquée traditionnellement avec des graines de l'arbre néré). Sa préparation nécessite du jus de citron, du gingembre, d'autres ingrédients et surtout de la potasse artisanale alimentaire. Cette potasse est principalement fabriquée à partir de matière première de type végétale [14]. La potasse agit sur la texture du tôh en la rendant plus tendre, plus molle et plus facile à la digestibilité enzymatique [15]. Cependant, les proportions de cette potasse artisanale alimentaire à incorporer dans les farines de maïs (blanc, jaune), de riz, de sorgho blanc et de mil pour améliorer les propriétés organoleptiques ne sont pas connues ce qui pourrait affecter les paramètres fonctionnels des « Tôh » dérivés. L'objectif de cette étude vise à améliorer la qualité fonctionnelle d'un mets traditionnel le « Tôh ».

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans ce travail est constitué de maïs blanc et jaune (*Zea mays*), de riz (*Oriza sativa*), de mil (*Pennisetum glaucum*) et de sorgho blanc (*Sorghum bicolor*) (**Figure 1**). Ils ont été achetés au marché de Wassakara sis dans la commune de Yopougon Abidjan (Latitude 5°20'11" et longitude 4°01'36") (Côte d'Ivoire). Ces grains de céréales ont été ensuite transportés dans des sacs en jute jusqu'au Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés où ils ont été stockés à la température ambiante (28° C).



Figure 1 : Grains de maïs blanc (A); Grains de maïs jaune (*Zea mays*) (B); Grains de mil (*Pennisetum glaucum*) (C); Grains de sorgho blanc (*Sorghum bicolor*) (D); Grains de riz (*Oriza sativa*) (E); Potasse artisanale alimentaire (F)

2-2. Méthodes

La préparation de toutes les farines de céréales étudiées a été réalisée selon la méthode décrite par [16]. Deux (2) kg de grains de céréales ont été soigneusement lavés avec 5 L d'eau de robinet puis trempés pendant 16 H pour faciliter la mouture. Ils ont été ensuite broyés à l'aide de broyeuse de type BLENDOR (Lyon-France). Le broyat obtenu a été tamisé sur un tamis AFNOR de maille 90 µm. La farine a été étalée sur du papier aluminium à la température ambiante (28° C) pendant 15 min. Elle a été ensuite séchée à l'étuve ventilée (Memento) à 45° C pendant deux jours. Cette farine a été conditionnée dans des flacons en verre stérile et

conservée dans la même étuve à 37°C pour les futures analyses. La quantité de farine de céréales utilisée pour la préparation du *tôh*, au laboratoire, est de 500 g sans potasse artisanale alimentaire. Pour les Tôh à base de potasse, des quantités respectives de 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35 g de potasse artisanale alimentaire ont été ajoutées respectivement à 495, 490, 485, 480, 475, 470 et 465 g de farine de céréale maïs (blanc et jaune), riz, mil et sorgho blanc. Dans chaque cas, le mélange obtenu a été bien homogénéisé avec une spatule pendant 15 min et conditionné dans des flacons en verre et conservée dans l'étuve ventilée à 37°C pour les futures analyses. Pour préparer chaque « Tôh », 1500 mL d'eau de robinet ont été mis à ébullition dans une casserole placée sur une plaque chauffante de marque SCHOTT (Lyon-France). Ensuite, 250 mL de celle-ci ont été mélangées à 250 mL d'eau de robinet. Aux 500 mL d'eau, 500 g de farine de céréales (sans potasse artisanale) y ont été ajoutées. Le mélange a été homogénéisé grâce à une spatule jusqu'à ce que les grumeaux aient disparu. Ce mélange ainsi obtenu a été ajouté doucement au reste de l'eau en ébullition dans la casserole sur la plaque chauffante sous agitation manuelle comme précédemment. Le nouveau mélange a été ensuite laissé à ébullition pendant six min. Puis, pour permettre une cuisson uniforme du gel d'amidon, 250 mL d'eau de robinet y ont été ajoutés. Le gel d'amidon formé a été laissé mijoter pendant six min. La cuisson a été alors complète lorsque le gel d'amidon s'est détaché des parois de la casserole. Pour confirmer cette cuisson (12 min), une cuillerée de ce gel en préparation a été prélevée et plongée dans de l'eau froide. Lorsque ce gel cuit « Tôh » flotte dans cette eau. À l'aide d'une louche, il est servi dans des assiettes et laissé refroidir pendant 25 min à la température ambiante (28°C). Les techniques de [17, 18] ont été utilisées pour déterminer respectivement les capacités d'absorption d'eau et les indices de solubilité dans l'eau des farines de céréales. Une suspension farineuse de 10 % (p/v), préparée dans 10 mL d'eau distillée contenus dans un tube à centrifuger, a été agitée pendant 30 min par un agitateur électrique pendant deux min à la température ambiante (28°C). Ensuite, elle a été laissée incuber au bain-marie à 37°C pendant 30 min. Puis, ce mélange a été centrifugé à 10000 g pendant 15 min dans une centrifugeuse de marque ORTO ALRESA. Le culot obtenu a été pesé au laboratoire sur une balance électronique et séché à l'étuve à 105°C jusqu'à une masse constante. La capacité d'absorption d'eau et l'indice de solubilité dans l'eau des farines ont été calculés à partir des **Expressions** mathématiques suivantes :

$$CAE (\%) = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

$$ISE (\%) = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

CAE : Capacité d'absorption d'eau ; *M₁* : Masse du culot après étuvage; *M₂* : Masse du culot avant étuvage; *ISE* : Index de solubilité dans l'eau; *M₀* : Masse de l'échantillon; 100 : Pourcentage.

La méthode de [19] a été utilisée pour déterminer les capacités d'absorption d'huile des farines. Une suspension farineuse de 10 % (p/v) préparée dans 10 mL d'huile a été agitée pendant 30 min à la température ambiante (28°C) à l'aide d'un agitateur magnétique, puis centrifugé à 10000 g pendant 10 min dans une centrifugeuse de marque ORTO ALRESA. Le culot récupéré a été pesé à l'aide d'une balance de précision (Sartorius). L'expérience a été reprise plusieurs fois. La capacité d'absorption d'huile a été calculée à partir de la **Formule** mathématique suivante :

$$\text{CAH (\%)} = \frac{M_1 - M_0}{M_1} \times 100 \quad (3)$$

CAH : Capacité d'absorption d'huile ; M₁ : Masse du culot après centrifugation ; M₀ : Masse de l'échantillon ; 100 : Pourcentage.

Les clartés des pâtes des farines ont été mesurées selon la méthode de [20]. Une suspension farineuse de 1 % (p/v) préparée dans 20 mL d'eau distillée contenue dans un tube à centrifuger a été homogénéisée au vortex pendant deux min puis chauffée dans une eau bouillante pendant 30 min. Au cours de ce chauffage, le milieu réactionnel a été homogénéisé à chaque 5 min. Après ce traitement thermique, le milieu réactionnel a été refroidi sur la pailleuse pendant 10 min à la température ambiante (28° C). La clarté de la pâte de l'échantillon a été déterminée par la mesure de la transmittance à 650 nm au spectrophotomètre contre de l'eau distillée. L'effet de la concentration de la farine sur la clarté du gel a été aussi déterminé en répétant la procédure décrite ci-dessus pour des concentrations de 2, 4, 6, 8 et 10 % (p/v). Le rapport hydrophile/lipophile des farines a été calculé à partir de la formule de [21]. Elle repose sur le rapport de la capacité d'absorption d'eau et 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.

2-3. Outils d'analyses statistiques

Toutes les mesures ont été réalisées en triple. Les analyses statistiques des données ont été effectuées à l'aide des logiciels STATISTICA 7 (Statsoft Inc, Tulsa-USA Headquarters) et XLSTAT-Pro7.5.2 (AddinsoftSarl, Paris-France). Les comparaisons entre les variables dépendantes ont été déterminées au moyen de l'analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs et du test de Duncan. La signification statistique a été définie à $p \leq 0,05$.

3. Résultats

3-1. Capacités d'absorption d'eau

L'incorporation de la potasse artisanale alimentaire de 2 à 7 % dans ces farines a entraîné une augmentation significative ($p < 0,05$) de l'indice de solubilité dans l'eau. L'ordre décroissant des indices de solubilité dans l'eau (ISE) à 7 % de potasse artisanale alimentaire est le suivant : ISE de maïs blanc > ISE de maïs jaune > ISE de mil > ISE de riz > ISE de sorgho blanc (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Influence de l'incorporation de la potasse artisanale alimentaire sur la capacité d'absorption d'eau des farines de céréales de maïs (blanc et jaune) de riz, de mil et de sorgho blanc utilisées dans la préparation du Tôh

Capacité d'absorption d'eau des farines de céréales (%)					
(%) Potasse incorporée	Maïs blanc	Maïs jaune	Mil	Riz	Sorgho blanc
0 %	134,25 ± 0,56 ⁱ	139,30 ± 1,08 ^m	82,96 ± 0,05 ^a	116,56 ± 0,50 ⁱ	149,95 ± 0,18 ^q
1 %	135,42 ± 0,56 ⁱ	138,17 ± 0,76 ^m	85,60 ± 0,06 ⁱ	115,23 ± 0,50 ⁱ	148,80 ± 0,18 ^q
2 %	135,83 ± 1,59 ^l	114,50 ± 0,92 ^g	93,45 ± 4,76 ^b	111,15 ± 0,52 ^b	128,95 ± 1,58 ^k
3 %	137,18 ± 2,96 ^m	123,19 ± 0,85 ⁱ	95,30 ± 0,86 ^b	111,56 ± 0,92 ^c	129,97 ± 1,72 ^k
4 %	141,43 ± 0,57 ^o	129,48 ± 3,92 ^k	97,98 ± 0,45 ^c	112,19 ± 0,97 ^f	130,31 ± 0,61 ^k
5 %	141,67 ± 0,58 ^o	130,77 ± 0,83 ^k	102,63 ± 0,41 ^d	117,57 ± 1,44 ⁱ	130,56 ± 0,78 ^k
6 %	142,05 ± 1,60 ^p	130,93 ± 0,88 ^k	107,70 ± 0,71 ^e	118,93 ± 1,63 ⁱ	134,40 ± 2,10 ^l
7 %	146,12 ± 0,58 ^q	131,67 ± 1,35 ^k	111,92 ± 0,94 ^f	122,71 ± 1,07 ⁱ	135,72 ± 1,31 ^m

Les valeurs obtenues sont des moyennes ± écart-type déterminées en trois essais. Sur les lignes de chaque paramètre, les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes entre elles au seuil de 5 % selon le test de Duncan.

3-2. Indice de solubilité dans l'eau

Les indices de solubilité dans l'eau de ces farines sans potasse artisanale alimentaire varient entre 5,67 ± 0,58 % et 21,00 ± 1,00 % (Tableau 2). L'indice de solubilité dans l'eau le plus élevé est celui de la farine de maïs jaune, suivent ensuite dans l'ordre décroissant ceux des farines de maïs blanc, de riz, de sorgho blanc et de mil. L'incorporation de la potasse artisanale alimentaire de 2 % à 7 % dans ces farines a entraîné une augmentation significative ($p < 0,05$).

Tableau 2 : Influence de l'incorporation de la potasse artisanale alimentaire sur l'indice de solubilité dans l'eau des farines de céréales utilisées pour la confection du « Tôh »

Indice de solubilité dans l'eau des farines de céréales (%)					
(%) Potasse incorporée	Maïs blanc	Maïs jaune	Mil	Riz	Sorgho blanc
0 %	15,00 ± 1,00 ^l	21,00 ± 1,00 ^o	5,67 ± 0,58 ^a	12,67 ± 0,58 ^e	10,33 ± 0,58 ^c
1 %	16,03 ± 1,00 ^l	20,06 ± 1,00 ^o	5,67 ± 0,08 ^a	13,20 ± 0,28 ^e	10,33 ± 1,58 ^c
2 %	22,67 ± 0,58 ^p	8,67 ± 0,58 ^b	5,67 ± 0,58 ^a	16,67 ± 0,58 ^m	11,00 ± 1,00 ^c
3 %	23,00 ± 1,00 ^p	11,33 ± 0,58 ^c	10,67 ± 0,58 ^c	11,67 ± 0,58 ^c	11,33 ± 0,58 ^c
4 %	23,67 ± 0,58 ^p	11,67 ± 0,58 ^c	10,67 ± 0,58 ^c	12,33 ± 0,58 ^d	13,00 ± 1,00 ^f
5 %	24,00 ± 1,00 ^p	14,00 ± 1,00 ^h	14,00 ± 1,00 ^h	12,33 ± 0,58 ^d	13,33 ± 0,58 ^g
6 %	24,33 ± 1,15 ^q	15,67 ± 0,58 ^l	14,33 ± 0,58 ⁱ	13,67 ± 0,58 ^g	13,33 ± 0,58 ^g
7 %	24,67 ± 1,53 ^r	18,67 ± 1,15 ⁿ	15,00 ± 1,00 ^k	14,67 ± 0,58 ^j	14,33 ± 0,58 ⁱ

3-3. Capacité d'absorption de l'huile de palme raffinée

Les capacités d'absorption de l'huile de palme raffinée des farines de maïs (blanc et jaune), de mil, de riz et de sorgho blanc sans potasse artisanale alimentaire sont statistiquement différentes ($p < 0,05$) les unes des autres (**Tableau 3**). Elles sont respectivement de $123,33 \pm 1,53 \%$; de $99,33 \pm 1,53 \%$; de $95,00 \pm 1,73 \%$; de $80,33 \pm 1,53 \%$ et de $86 \pm 1 \%$. L'ordre décroissant des capacités d'absorption de l'huile de palme raffinée est le suivant : CAHD de maïs blanc > CAHD de maïs jaune > CAHD de mil > CAHD de sorgho blanc > CAHD de riz.

Tableau 3 : *Influence de l'incorporation de la potasse artisanale alimentaire sur la capacité d'absorption de l'huile de palme raffinée « Dinor » des farines de céréales de maïs étudiées*

Capacité d'absorption de l'huile raffinée Dinor des farines de céréales (%)					
(%) Potasse incorporée	Maïs blanc	Maïs jaune	Mil	Riz	Sorgho blanc
0 %	$123,33 \pm 1,53^r$	$99,33 \pm 1,53^g$	$95,00 \pm 1,73^f$	$80,33 \pm 1,53^b$	86 ± 1^c
1 %	$122,33 \pm 1,23^r$	$99,05 \pm 2,53^g$	$94,44 \pm 2,73^f$	$81,52 \pm 2,53^b$	$87 \pm 1,1^c$
2 %	$107,33 \pm 3,21^p$	$98,67 \pm 3,51^g$	$91,00 \pm 2,65^e$	$102,67 \pm 1,53^i$	92 ± 1^e
3 %	$102,00 \pm 3,61^g$	$99,33 \pm 2,08^g$	$91,00 \pm 1,00^e$	109 ± 2^p	$93,33 \pm 0,58^e$
4 %	$101,33 \pm 1,15^g$	$100,67 \pm 3,79^g$	$86,67 \pm 2,08^d$	$110,67 \pm 0,58^p$	$95,33 \pm 1,53^f$
5 %	$102,00 \pm 2,65^g$	$102,33 \pm 2,52^h$	$84,67 \pm 0,58^c$	111 ± 1^q	$98,67 \pm 0,58^g$
6 %	$104,67 \pm 0,58^n$	$102,67 \pm 0,58^i$	$83,00 \pm 2,00^b$	112 ± 1^q	$99,33 \pm 0,58^g$
7 %	$102,33 \pm 2,52^p$	$103,33 \pm 2,08^i$	$77,00 \pm 2,00^a$	126 ± 1^r	101 ± 1^g

Les valeurs obtenues sont des moyennes \pm écart-type déterminées en trois essais. Sur les lignes de chaque paramètre, les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes entre elles au seuil de 5 % selon le test de Duncan

3-4. Rapport hydrophile/lipophile

Ils sont tous statistiquement différents ($p < 0,05$) entre eux. Le rapport hydrophile/lipophile le plus élevé est celui de la farine de sorgho blanc (**Tableau 4**). L'incorporation de la potasse artisanale alimentaire de 2 % à 7 % de potasse artisanale alimentaire des farines de maïs jaune, de maïs blanc et de mil a permis d'améliorer de façon significative ($p < 0,05$) pour atteindre les valeurs respectives de $1,44 \pm 0,03 \%$; de $1,69 \pm 0,04 \%$ et de $1,26 \pm 0,02 \%$. Ceux des farines de riz et de sorgho blanc ont diminué de façon significative ($p < 0,05$).

Tableau 4 : Influence de l'incorporation de la potasse artisanale alimentaire sur le rapport hydrophile/lipophile (eau/huile de palme raffinée « Dinor ») des farines de céréales étudiées

Rapport hydrophile/lipophile (eau/huile de palme raffinée « Dinor ») <u>des farines de céréales</u>					
(%) Potasse incorporée	Maïs blanc	Maïs jaune	Mil	Riz	Sorgho blanc
0 %	1,09 ± 0,02 ^d	1,40 ± 0,02 ⁿ	1,47 ± 0,03 ^q	1,45 ± 0,02 ^p	1,74 ± 0,02 ^t
1 %	1,10 ± 0,02 ^d	1,38 ± 0,02 ⁿ	1,46 ± 0,03 ^q	1,44 ± 0,02 ^p	1,73 ± 0,02 ^t
2 %	1,38 ± 0,05 ^m	1,16 ± 0,05 ^e	1,26 ± 0,03 ^h	1,19 ± 0,02 ^f	1,51 ± 0,03 ^r
3 %	1,38 ± 0,09 ⁿ	1,24 ± 0,04 ^g	1,35 ± 0,03 ^k	1,01 ± 0,02 ^b	1,36 ± 0,04 ^l
4 %	1,40 ± 0,09 ^o	1,12 ± 0,05 ^f	1,29 ± 0,03 ^h	1,01 ± 0,01 ^b	1,36 ± 0,02 ^k
5 %	1,43 ± 0,10 ^a	1,28 ± 0,03 ^h	1,55 ± 0,03 ^s	1,00 ± 0,01 ^a	1,33 ± 0,01 ⁱ
6 %	1,43 ± 0,06 ⁱ	1,22 ± 0,01 ^f	1,51 ± 0,04 ^r	1,06 ± 0,02 ^c	1,35 ± 0,02 ^k
7 %	1,44 ± 0,03 ⁱ	1,26 ± 0,02 ^h	1,69 ± 0,04 ^t	0,98 ± 0,02 ^a	1,34 ± 0,03 ^k

Les valeurs obtenues sont des moyennes ± écart-type déterminées en trois essais. Sur les lignes de chaque paramètre, les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes entre elles au seuil de 5% selon le test de Duncan.

3-5. Clarté du gel

La clarté des gels des céréales étudiées contenant 0 % à 7 % de potasse artisanale alimentaire varie entre 1,11 ± 0,02 % T et 7,95 ± 0,02 % T. Celles des gels des farines obtenues en l'absence de potasse alimentaire sont de 1,11 ± 0,02 % T; 3,08 ± 0,02 % T; 1,48 ± 0,01 % T; 1,66 ± 0,03 % T et 1,44 ± 0,05 % T respectivement pour le maïs blanc, le maïs jaune, le mil, le riz et le sorgho blanc (**Tableau 5**). Les clartés des gels des farines de mil et de sorgho blanc sans potasse artisanale alimentaire sont statistiquement similaires ($p < 0,05$).

Tableau 5 : Influence de l'incorporation de la potasse artisanale alimentaire sur la clarté des farines de céréales de maïs (blanc et jaune) de riz, de mil et de sorgho blanc utilisées dans la préparation du Tôh

Clarté des farines de céréales (%T)					
(%) Potasse incorporée	Maïs blanc	Maïs jaune	Mil	Riz	Sorgho blanc
0 %	1,11 ± 0,02 ^a	3,08 ± 0,02 ^k	1,48 ± 0,01 ^c	1,66 ± 0,03 ^d	1,44 ± 0,05 ^c
1 %	1,12 ± 0,02 ^a	3,09 ± 0,02 ^k	1,49 ± 0,01 ^c	1,67 ± 0,03 ^d	1,45 ± 0,05 ^c
2 %	1,16 ± 0,02 ^a	3,10 ± 0,01 ^k	2,21 ± 0,03 ^h	4,29 ± 0,07 ⁿ	1,53 ± 0,05 ^c
3 %	1,17 ± 0,01 ^a	3,13 ± 0,02 ^k	2,54 ± 0,04 ⁱ	4,43 ± 0,03 ^o	1,63 ± 0,05 ^d
4 %	1,17 ± 0,01 ^a	3,15 ± 0,03 ^k	2,61 ± 0,02 ⁱ	5,64 ± 0,13 ^p	1,65 ± 0,06 ^d
5 %	1,25 ± 0,05 ^a	3,21 ± 0,02 ^k	2,81 ± 0,03 ⁱ	6,83 ± 0,18 ^q	1,77 ± 0,09 ^e
6 %	1,25 ± 0,02 ^b	3,36 ± 0,07 ^l	2,85 ± 0,04 ⁱ	7,58 ± 0,29 ^r	1,83 ± 0,02 ^f
7 %	1,44 ± 0,03 ^c	3,42 ± 0,02 ^l	3,61 ± 0,14 ⁿ	7,95 ± 0,02 ^s	1,99 ± 0,09 ^g

Les valeurs obtenues sont des moyennes \pm écart-type déterminées en trois essais. Sur les lignes de chaque paramètre, les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes entre elles au seuil de 5 % selon le test de Duncan.

4. Discussion

4-1. Capacité d'absorption d'eau

L'augmentation de la concentration de la potasse artisanale alimentaire de 0 à 7 % dans les farines de maïs blanc et de mil a entraîné une amélioration significative des capacités d'absorption d'eau de ces aliments. Ce résultat pourrait s'expliquer par une augmentation des groupements hydrophiles [22] des fibres alimentaires solubles [23], des grains d'amidon [24] et des protéines dans ces aliments [25] et une diminution de groupements hydrophobes (matières grasses et de protéines). Ce phénomène d'absorption s'est soldée par la formation de liaisons hydrogènes entre les molécules d'eau et les groupements OH libres de l'amylose et de l'amylopectine [25, 26] d'une part et d'autre part par les groupements polaires et charges libres des protéines. Tous ces phénomènes chimiques sus-mentionnés ont pu se réaliser grâce au pH du milieu aqueux devenu alcalin par la présence de la potasse artisanale alimentaire [27]. Ils s'augmentent non seulement avec le temps mais aussi avec le taux de potasse artisanale alimentaire incorporé dans ces farines. L'augmentation de la capacité d'absorption d'eau suite à l'ajout de produit chimique dans une farine (ou une poudre alimentaire) a été déjà mise en évidence par de nombreux auteurs. En effet, [28] ont obtenu une amélioration des capacités d'absorption d'eau des poudres de plusieurs variétés de champignons avec 0,5 % de sulfate de sodium. Par contre, l'augmentation de la capacité d'absorption d'eau, suite à l'ajout de la potasse artisanale alimentaire dans les farines de céréales étudiées est un résultat différent de ceux obtenus par [29] qui ont travaillé respectivement sur la farine de blé et la poudre des graines de bennise (*Sesamum radiatum*). Ils ont montré que la farine de blé enrichie en lactate de calcium ou en citrate de calcium (1080-2520 ppm de Ca^{2+}) en présence d'inuline (1 à 13 %, p/p) a présenté une capacité d'absorption d'eau inférieure à celle de la farine de blé ne contenant pas de produits chimiques étudiés.

A de faibles concentrations en sels (le chlorure de potassium, le chlorure de sodium, le sulfate de potassium, le sulfate de sodium ou l'acétate de sodium à 0,5 %, 1,0 % ou 2,0 %), la capacité d'absorption d'eau diminue. Elle se situe entre $89,8 \pm 0,5$ % et $85,0 \pm 0,6$ % alors qu'elle était de 182,0 % en l'absence de sels. La capacité d'absorption d'eau de la farine de riz a diminué de façon significative jusqu'à 4 % avant d'augmenter significativement pour atteindre une capacité d'absorption d'eau de $122,71 \pm 1,07$ % à 7 % d'incorporation de potasse artisanale alimentaire. Cette situation pourrait être due au fait qu'aux taux de potasse artisanale alimentaire inférieures à 4 %, la fixation des ions sur les protéines n'affecte pas la couche d'hydratation des groupes chargés, et l'augmentation de la capacité de liaison à l'eau est principalement due au lien entre les ions associés. Cependant, aux fortes concentrations de sel, une grande partie de l'eau présente dans le milieu se lie aux ions de sel, ce qui détermine la déshydratation des protéines [30]. Dans le cas des farines de maïs jaune et de sorgho blanc, une diminution significative de la capacité d'absorption d'eau a été observée. Ce résultat se traduit par une diminution de la capacité de rétention de l'eau des protéines [31], des fibres alimentaires et des grains d'amidon résultant de la diminution de la quantité de constituants hydrophiles [23]. Ce résultat est similaire à celui rapporté par [32]. En effet, selon ces auteurs, la capacité d'absorption d'eau de la poudre des graines de *Daniellia oliveri* a diminué suite à l'ajout des produits chimiques tels que le chlorure de sodium, le chlorure de calcium, le chlorure de potassium, l'acétate de sodium ou le nitrate de sodium. Elle est passée de $413 \pm 0,4$ % à $292 \pm 0,2$ % et à $392 \pm 0,4$ % selon

le type et la concentration du sel. Selon [32], le pourcentage de diminution ou d'augmentation de la capacité d'absorption d'eau varie selon le type de sel. Cela peut être dû au fait que les effets des sels varient en fonction des espèces de cations et d'anions concernés [33]. Les capacités d'absorption d'eau des farines de maïs blanc, de maïs jaune, de mil, de riz et de sorgho blanc avec de la potasse ou sans potasse artisanale alimentaire varient entre 81 % et 150 %. Ce résultat montre que ces farines ne sont pas favorables pour la préparation d'aliments visqueux tels que les soupes, les sauces et les produits de boulangerie car celles qui sont destinées à la préparation de ces aliments ont une capacité d'absorption d'eau comprise entre 149,1 % et 471,5 % [34]. Ces farines sont par contre favorables à la préparation des bouillies de sevrage comme cela avait été signalé par [35]. En effet, selon ces auteurs, un aliment de sevrage doit avoir de faibles capacités d'absorption d'eau et de densité apparente afin d'avoir des aliments à haute densité énergétique qui conviennent mieux comme aliments de sevrage. Cette assertion est aussi soutenue par [36] qui ont affirmé qu'une capacité d'absorption d'eau plus faible est souhaitable pour la fabrication de bouillies plus minces avec une densité calorique élevée par unité de volume. Les capacités d'absorption d'eau obtenues dans ce travail (81 % - 150 %) sont inférieures à celles rapportées par [36 - 38] sur les poudres de blé (161 %), de Voandzou (199,26 % à 239,75 %) et de pomme de terre (752 ± 21.68 %). L'indice de solubilité dans l'eau de la farine de mil ($5,67 \pm 0,58$ %) étudié est inférieur à ceux enregistrés par [39,40] qui ont trouvé respectivement sur la farine de blé acheté au Nigeria (9,84 %) et sur l'amidon natif du tubercule de pomme de terre cultivée en Roumanie ($77,23 \pm 11,53$ %).

4-2. Indice de solubilité dans l'eau

L'incorporation de la potasse artisanale alimentaire jusqu'à 7 % dans les farines de maïs blanc, de mil, de riz et de sorgho blanc a entraîné une augmentation significative de l'indice de solubilité dans l'eau. L'ajout d'eau dans les farines contenant de la potasse artisanale alimentaire va créer un milieu alcalin dans lequel l'amidon peut subir une gélatinisation partielle, ce qui entraînera une solubilisation plus élevée avec l'augmentation de la quantité de potasse alimentaire [41]. Cette situation s'exprimera suite à un affaiblissement de la structure des granules. De tels changements dans la stabilité des granules d'amidon pendant la modification peuvent les rendre plus solubles dans des conditions hautement alcalines que l'amidon natif. Les molécules de protéines et de celluloses pourront dans ces conditions subir des dégradations pour donner naissance à des molécules constitutives hydrosolubles qui vont participer à l'augmentation de la solubilité de ces farines, de la potasse artisanale alimentaire dans les farines de maïs blanc, de mil, de riz et de sorgho blanc a provoqué donc une augmentation du mouvement des molécules de farine, permettant ainsi la dispersion d'un plus grand nombre d'échantillons dans l'eau. L'augmentation de la solubilité dans l'eau d'une poudre suite à l'ajout d'un produit chimique a été mise en évidence par [42]. Dans le cas de la farine de maïs jaune, une diminution significative de l'indice de solubilité a été observée jusqu'à 2 % avant d'augmenter significativement jusqu'à 7 % d'incorporation de potasse artisanale alimentaire. Cette fluctuation d'indice de solubilité pourrait s'expliquer par une variation de pH du milieu réactionnel de mesure de ce paramètre physico-fonctionnel passant certainement d'un pH acide (supérieur à 2) à un pH très alcalin (vers pH 10). En effet, [43] ont montré que la solubilité des aliments augmente aux pH très acides (pH 2) et très alcalins (pH 10). Aux pH éloignés de ceux-ci, les indices de solubilité diminuent ou augmentent très peu. Les faibles valeurs de solubilité de protéine peuvent être dues à certains groupes hydrophobes produits à la suite de la faible dissociation du sel, par conséquent, la potasse artisanale alimentaire a pu diminuer l'effet de liaison préférentielle de l'eau de la farine de maïs jaune.

4-3. Capacité d'absorption d'huile

L'augmentation de la concentration de potasse artisanale alimentaire de 0 % à 7 % dans les farines de maïs jaune, de mil et de riz a entraîné une amélioration significative de la capacité d'absorption de l'huile. Ce résultat pourrait s'expliquer par une augmentation des groupements hydrophobes dans ces farines en présence de la potasse artisanale alimentaire [44]. Cela dépend donc de la composition en acides aminés, de la conformation des protéines et de la polarité de la surface [45] qui montre que les protéines hydrophobes jouent un rôle important dans l'absorption de l'huile [46]. Dans le cas des farines de maïs blanc et de sorgho blanc, une diminution significative de ce paramètre physico-fonctionnel a été observée suite à l'ajout de la potasse artisanale alimentaire. Cela suggère que les acides aminés des protéines de ces farines ont un caractère plus hydrophile qu'hydrophobe. Cette situation peut se traduire par un masquage ou une destruction des groupements hydrophobes de ces farines par l'apport de la potasse artisanale alimentaire. Les capacités d'absorption d'huile des farines contenant ou pas de la potasse artisanale alimentaire (140 % et 462 %) sont supérieures à celles de la farine de blé ($106,5 \pm 1,5$ %) rapportée par [50]. Une forte absorption de l'huile de palme rouge non raffinée par les farines de maïs jaune, de maïs blanc, de mil, de sorgho blanc et de riz contenant ou pas de la potasse artisanale alimentaire a été observée. Ce comportement pourrait s'expliquer par la composition chimique de cette huile brute qui contient beaucoup de molécules hydrophobes que les autres huiles raffinées. En plus, il faut noter qu'une capacité d'absorption d'huile élevée indique un caractère hydrophobe élevé des protéines dans la farine. S'agissant de la clarté, le pourcentage de transmission de la lumière à travers le gel de la farine de maïs jaune ($3,08 \pm 0,02$ %T) est supérieur à ceux des gels des farines de maïs blanc ($1,11 \pm 0,02$ %T), de mil ($1,48 \pm 0,01$ %T), de riz ($1,66 \pm 0,03$ %T) et de sorgho blanc ($1,44 \pm 0,05$ %T). Cela voudrait dire que le gel de la farine de maïs jaune est plus transparent que ceux des farines de maïs blanc, de mil, de riz et de sorgho blanc. En effet, [51] ont observé qu'un gel plus opaque donnait un pourcentage de transmittance inférieur. Cette situation pourrait être due aux granules d'amidon non gonflés des gels des farines de maïs blanc, de mil, de riz et de sorgho blanc qui sont restés denses que ceux de la farine de maïs jaune, reflétant ainsi le maximum de lumière pénétrant dans le milieu [52]. Par conséquent, les gels de ces farines seront troubles ou opaques.

4-4. Clarté des gels

Le pourcentage de transmission de la lumière à travers le gel de la farine de maïs jaune ($3,08 \pm 0,02$ %T) est supérieur à ceux des gels des farines de maïs blanc ($1,11 \pm 0,02$ %T), de mil ($1,48 \pm 0,01$ %T), de riz ($1,66 \pm 0,03$ %T) et de sorgho blanc ($1,44 \pm 0,05$ %T). Cela voudrait dire que le gel de la farine de maïs jaune est plus transparent que ceux des farines de maïs blanc, de mil, de riz et de sorgho blanc. En effet, [52] ont observé qu'un gel plus opaque donnait un pourcentage de transmittance inférieur. Cette situation pourrait être due aux granules d'amidon non gonflés des gels des farines de maïs blanc, de mil, de riz et de sorgho blanc qui sont restés denses que ceux de la farine de maïs jaune, reflétant ainsi le maximum de lumière pénétrant dans le milieu [52]. Par conséquent, les gels de ces farines seront troubles ou opaques [51].

5. Conclusion

Les farines de maïs (blanc et jaune) de riz, de mil et de sorgho blanc ont des propriétés physico-fonctionnelles intéressantes sur le plan alimentaire. Ces propriétés physico fonctionnelles qui sont, l'indice de solubilité dans l'eau, la densité hydratée, la clarté du gel, la stabilité de la mousse, la capacité d'absorption des huiles de maïs, de soja et d'olive, de la mouillabilité, de la porosité ont été significativement améliorées avec l'incorporation de la potasse artisanale alimentaire de 1 à 7 %. En revanche, la présence de cette substance alimentaire a réduit significativement la capacité d'absorption d'eau des farines de maïs jaune et de sorgho blanc et a augmenté l'indice de solubilité dans l'eau des farines de maïs blanc, de mil, de riz et de sorgho blanc. Cette forte augmentation de l'indice de solubilité dans l'eau dans ces farines fait d'elles une poudre alimentaire plus digeste et pourrait donc être utilisée comme ingrédient dans les préparations alimentaires pour les nourrissons. Par contre, une réduction de la capacité d'absorption d'eau donne une poudre alimentaire qui pourrait être utilisée en tant qu'ingrédient fonctionnel dans divers produits alimentaires. En se basant sur ces résultats, nous pouvons conclure que les farines de maïs (blanc et jaune) de riz, de mil et de sorgho blanc ont un bon potentiel pour être utilisés dans l'industrie alimentaire, notamment dans le développement de nouveaux produits alimentaires.

Références

- [1] - J. DOEBLE, H. ILLIS "Taxonomy of *Zea* (Gramineae)". I. A subgeneric classification with key to taxa, *Americ. J. Bot.*, 67 (1980) 982 -993
- [2] - L. ROUDART, "Terres cultivables non cultivées: des disponibilités suffisantes pour la sécurité alimentaire durable de l'humanité" Centre d'études et de prospective, Ministère français de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (2010) 176
- [3] - J. ADRIAN, J. POTUS and R. FRANGINE, 2^{ème} Ed. Lavoisier, Technique et documentation, Paris (France) (1995) 477 p.
- [4] - B. CHEN and S. SAGHAIAN, "Market Integration and Price Transmission in the World Rice Export Markets", *J. Agric. and Res. Eco.*, Vol. 41, (2016) 444 - 457
- [5] - A.D.R.A.O., "Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest. Stratégie de l'ADRAO 1980-2000, Bouaké, Côte d'Ivoire, ADRAO (1988) 76 p.
- [6] - M.BENINGA, A. ASSAMOI and L. KONE, "La prospection du sorgho, Bouaké, Côte d'Ivoire, IDESSA/DCV (1990) 7 p.
- [7] - S. DOUMBIA, "Trente années d'introduction et de diffusion de variétés de riz pluvial par la recherche en zone forestière de Côte d'Ivoire : Bilan et perspectives" Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) / Direction régionale de Man, République de Côte d'Ivoire, (2003) 27 p.
- [8] - B. BAMBA, "Impact des pistes rurales du projet Nord-est sur l'évolution des systèmes de production Lobi : cas de la sous-préfecture de Bouna", Mémoire pour un diplôme d'ingénieur agronome, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Chaire d'agriculture comparée et de développement agricole, Bouaké, Côte d'Ivoire, CIDT, (1985) 104 p.
- [9] - K. FREDLUND, N. ASP, M. LARSSON, I. MARKLINDER and A. SANDBERG, "Phytate reduction in whole grains of wheat, rye, barley and oats after hydrothermal treatment" *J. of Cereal. Sci.*, Vol 25 (1997) 83 - 91
- [10] - R. GIBSON and C. HOTZ, "Dietary diversification/modification strategies to enhance micronutrient content and bioavailability of diets in developing countries", *Bri. J. Nutr.*, 85 (2) (2001) 59 - 66

- [11] - A. DUHAN, N. KHETARPAUL and S. BISHNOI "Content of phytic acid and HCl-extractability of calcium, phosphorus and iron as affected by various domestic processing and cooking method" *Food Chem.*, Vol 78 (2002) 9 - 14
- [12] - N. BRICAS, "L'évolution des styles alimentaires. In Le développement des pays sahéliens et soudaniens d'Afrique" Montpellier, France, Cirad (1992) 310
- [13] - C. KONKOBO "Etude des situations alimentaires des ménages et les pratiques d'alimentation dans l'espace de la restauration alimentaire: le cas de Ouagadougou ", Mémoire de sociologie, option sociologie urbaine, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. Flashs (1999) 210
- [14] - A. UMEH-IDIKA, and M. MADUAKOR, "Soap production using waste materials of cassava peel and plantain peel ash as an alternative active ingredient, implication for entrepreneurship", *IOSR J.VLSI and Signal Processing*, Vol 3, N°3 (2013) 1 - 5
- [15] - N. BRICAS and E. CHEYNESH "La construction de la qualité comme angle d'analyse des interactions entre consommation alimentaire et savoir-faire agro-alimentaires, Études de cas autour des produits alimentaires sur le marché de Ouagadougou" (2002) 102 p.
- [16] - T. TRAORE, C. MOUQUET, C. ICARD-VERMIERE, S. TRAORE and S. TRECHE, "Changes in nutrient composition, phytate and cyanide contents and α -amylase activity during cereal malting in small production units in Ouagadougou (Burkina Faso)", *Food Chem.*, Vol 88 (2004) 105 - 114
- [17] - R. PHILLIPS, M. CHINNAN, A. BRANCH, J. MILLER and K. MCWATTERS, "Effect of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal", *J. Food Sci.*, Vol 15 (1988) 805 - 809
- [18] - R. ANDERSON, H. CONWAY, V. PFEIFFER, and E. GRIFFIN, "Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits", *Cereal Sci. Today*, Vol 14 (1969) 372 - 375
- [19] - O. EKE and E. AKOBUNDU, "Functional properties of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) seed flour as affected by processing", *Food Chem.*, Vol 48 (1993) 337 - 340
- [20] - S. CRAIG, C. MARINGAT, and P. SEIB, R. HOOSENEY, "Starch paste clarity", *Cereal Chem.*, Vol 66 (1989) 173 - 182
- [21] - N. NJINTANG, C. MBOFUNG and K. WALDRON, "In vitro protein Digestibility and physicochemical properties of dry red bean flour (*Phaseolus vulgaris*) flour: effect of processing and incorporation of soybean and cowpea flour". *J. Agric. Food Chem.*, Vol 49 (2001) 2465 - 2471
- [22] - A. WANI, P. SINGH, M. SHAH, U. SCHWEIGGERTt-WEISZ, K. GUL and A. WAN, "Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties-a review", *Comp. Rev. Food Sci. and Food Saf.*, Vol 11 (2012) 417 - 436
- [23] - P. AKUBOR and G. BADIFU "Chemical composition, functional properties and baking potential of African bread fruit kernel and wheat flour blends", *Int. J. Food Sci. and Technol.*, Vol 39 (2001) 223 - 229
- [24] - Z. FAROOQ and J. BOYE, "Novel food and industrial applications of pulse flours and fractions", In : Tiwari B. K., Gowen A. and McKenna B. (Eds), *Pulse Foods : Processing, Quality and Nutraceutical Applications*, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, Elsevier, (2011) 283 - 323
- [25] - G. SINGH, A. BAWA, C. RIAR and D. SAXENA, "Influence of heat-moisture treatment and acid modifications on physicochemical, rheological, thermal and morphological characteristics of indian water chestnut (*Trapa natans*) starch and its application in biodegradable films", *Biosynt. Nutr. Biomed.* Vol 61, N° 9, (2009) 503 - 513
- [26] - M. Nicole, H. Yu-Fei, C. Pierre, "Characterization of ready-to-eat composite porridge flours made by soy-maize-sorghum-wheat extrusion cooking process", *Pakis. J. Nutr.*, Vol 9, N°2 (2010) 171 - 178
- [27] - V. EZEOCHA, R. OMODAMIRO, E. OTI, and G. CHUKWU, "Développement de l'igname trifoliée: farine composite de cocoyam pour la production de fufu", *J. Stor. Prod. and Postharv.Res.*, Vol 2 (2011) 184 - 188

- [28] - M. NDAMITSO and F. ABULUDE, "Effect of different salt concentrations on protein solubility of mushroom varieties obtained in Akure", *Am. J. Food and Nutr.*, Vol 2, N°1(2014) 7 - 10
- [29] - H. OGUNBENLE, A. OSHODI, and M. OLADIMEJII, "Effect of salts on the functional properties of benniseed seed flour", *Inter. J. Food Sci. and Nutr.*, Vol 53 (2002) 5 - 14
- [30] - O. FENNEMA, "*Química de los Alimentos*", Editorial Acribia, (2000) 434 - 444
- [31] - O. LUKOW, and W. BUSHUK, "Influence of germination on wheat quality, I. Functional and biochemical properties", *Cereal Chem.*, Vol 61(1984) 336 - 339
- [32] - H. ADUBIARO, O. OLAOFE and T. SANNI, "Effects of salts on the functional properties of Daniellia oliveri seeds flour" *FUW Trends Sci. & Technol. J.*, Vol 3, N°1 (2018) 329 - 334
- [33] - J. KINSELLA, D. SRINIVASAN and G. BRUCE, "*Physico-chemical and functional properties of oil seed protein with emphasis on soy proteins*", In: *New Protein Foods*, Vol. 5. Edn. A. M. Altschul and H. L. Wilks. Academic Press, New York, (1995) 107 p.
- [34] - S. ANON, "Improvement of tropical and subtropical rangelands", National Academy press, Washington DC, USA vii, (1990) 379 p.
- [35] - I. THEODORE, M. IKENBOMEH, and S. EZEIBE, "Evaluation of mineral content and functional properties of fermented maize (Generic and Specific) flour blended with Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*)", *Afri. J. Food Sci.*, Vol 3 (2009) 107 - 112
- [36] - O. OMUETI, B. OTEGBAYO, O. JAIYEOLA and O. AFOLABI, "Functional properties of complementary diets developed from Soybean (*Glycine max*), Groundnut (*Arachis hypogea*) and Crayfish (*Macrobrachium spp.*)", *J. Envir. Agric. Food Chem.*, Vol 8, N°8 (2009) 563 - 573
- [37] - K. DIALLO, K. KONE, D. SORO, N. ASSIDJO, K. YAO, and D. GNAKRI, "Caractérisation biochimique et fonctionnelles des graines de sept cultivars de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verdc. fabaceae] cultivés en Côte d'Ivoire", *Eur. Sc journal*, Vol 11, N°27 (2015) 1857 - 7881
- [38] - S. CHANDRA and S. SAMSHER, "Assessment of functional properties of different flours" *Afri. J. Agric. Res.*, Vol 8, N°38 (2013) 4849 - 4852
- [39] - A. ADEBOWALE, M. ADDEGOKE, S. SANNI, M. ADEGUNWA and G. FETUGA, "Functional properties and biscuit making potentials of sorghum-wheat flour composite", *Am. J. Food Technol.*, Vol 7, N°6 (2012) 372 - 379
- [40] - M. NEMTANU, and M. BRASOVEANU "Functional Properties of Some Non-Conventional Treated Starches" *Biopolymers*, Magdy Elnashar (Ed.), (2010) ISBN : 978-953-307-109-1
- [41] - S. OLAYIDEI, "Succinyl and acetyl starch derivatives of a hybrid maize: physicochemical characteristics and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry", *Carbohydrate Res.*, Vol 339, N°16 (2004) 26 - 73
- [42] - O. OLUWOLEI, T. AKINWALE, T. ADESIOYE, O. ODEDIRAN, J. ANULUWATELEMI, O. IBIDAPO, F. OWOLABI, and S. OWOLABI, T. SULAIMAN (2016). *Some functional properties of flours from commonly consumed selected Nigerian Food Crops. Inter. Res. J. of Agric. Food Sci.*, Vol 1, N°5 (2016) 92 - 98
- [43] - H. OGUNBENLE, A. OSHODI, M. OLADIMEJII, "Effect of salts on the functional properties of benniseed seed flour", *Inter. J. Food Sci. and Nutr.*, Vol 53 (2002) 5 - 4
- [44] - A. SUBAGO, "Characterization of hyacinth bean (*Lablab purpureus* (L.) sweet) seeds from Indonesia and their protein", *Food Chem.*, Vol 95, N°1 (2006) 65 - 70
- [45] - C. SURESH and C. SAMSHER, "Assessment of functional properties of different flours", *Afric. J. Agric. Res.*, Vol 8, N°38, (2013) 4849 - 4852
- [46] - J. KINSELLA, N. MELACHOURIS, "Functional properties of proteins in foods," *A survey. Critical Rev. in Food Sci. Nutr.*, Vol 7, (1976) 219 - 232

- [47] - D. KONE, M. KONE, K. DJE, S. DABONNE and P. KOUAME, "Effect of cooking time on biochemical and fonctional properties of flours from yam kponan (*Dioscorea cayenensis- rotundata*)" *British J. Applied Sci. Technol.*, Vol 4, N° 23 (2014) 3402 - 3418
- [48] - C. ASSA, K. KONAN, K. DJE, and P. KOUAME "Effect of boiling time on some biochemical parameters of yam specie (*Dioscorea alata* variety bètè-bètè) tubers". *Inter. J. Adv. Res.*, Vol 2 N°11 40-50
- [49] - J. ACHY, E. EKISSI, B. KOFFI, T. KONE and L. KOUAME, "Effect of boiling and baking times on the functional properties of aerial yam (*Dioscorea bulbifera*) flours cv Dugu- won harvested in Côte d'Ivoire", *Inter. J. Agro. Agric. Res.*, Vol 10, N°2 (2017) 1 - 12
- [50] - A. AJANI, S. FASOYIRO, K. AROWORARO, O. AJANI, C. POPOOLA, and K. ZAKA, " Functional properties of composite flour made from wheat and breadfruit", *A. Tropic. Agric.*, Vol 21, N°2 (2016) 89 - 93
- [51] - S. STUART, M. CLADUALDOCI, A. PAUL and R. HOSENNE, "Starch paste clarity", *Cereal Chem.*, Vol 66 (1989) 173 - 182
- [52] - F. TETCH, N. AMANI, A. KAMENA, "Contribution to light transmittance modelling in starch media", *Afric. J. Biotechnol.*, Vol 6, N°5 (2007) 569 - 575