

## **Effets de la fermentation sur les caractéristiques physico-chimiques et fonctionnelles de farines composites à base d'amande de cajou (*Anacardium occidentale*) et de blé (*Triticum aestivum*)**

### **[ Effects of fermentation on the physico-chemical and functional characteristics of composite flours made from cashew Almond (*Anacardium occidentale*) and wheat (*Triticum aestivum*) ]**

**TOUZOU Bleou Jean Jaurès<sup>1</sup>, SORO Doudjo<sup>2</sup>, SORO Soronikpoho<sup>1</sup>, and KOFFI Kouadio Ernest<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>UMRI Sciences des Procédés Alimentaires, chimiques et Environnementaux, Institut Nationale Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

---

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

**ABSTRACT:** The aim of this study is to evaluate the potential of fermented cashew kernel flour and unfermented kernel flour to be used in pastry and bakery. For this reason, these flours were produced and incorporated in varying proportions (20%, 40%, 60% and 80%) in wheat flour. The physicochemical characteristics and functional properties of cashew almond composite flours have been studied. The results showed that the fermentation of cashew kernels helped to significantly increase the protein, lipid and total polyphenol contents of cashew kernel flour. Also it was noted an improvement in the bioavailability of iron, zinc, calcium by fermentation. From 20% incorporation of cashew kernel flours, the physicochemical characteristics and functional properties studied of composite flours differed significantly ( $P < 0.05$ ) from those of wheat flour. Given the high oil absorption capacity and water absorption capacity ( $P < 0.05$ ) compared to wheat flour and the good nutritional quality of cashew kernel flours, they could be used in pastry and in bakery.

**KEYWORDS:** *Anacardium occidentale*, Cashew kernel, fermentation, flour.

**RESUME:** L'objectif de cette étude est d'évaluer les potentialités de la farine d'amande de cajou fermentée et celles de la farine d'amande non fermentée à être utilisée en pâtisserie et boulangerie. Pour cela ces farines ont été produites et incorporées à des proportions variables (20%, 40%, 60% et 80%) à la farine de blé. Les caractéristiques physico-chimiques et les propriétés fonctionnelles des farines composites amande de cajou –blé, ont été étudiées. Les résultats ont montré que la fermentation des amandes de cajou a contribué à augmenter significativement les teneurs en protéines, en lipides et en polyphénols totaux de la farine d'amande de cajou. Aussi il a été noté une amélioration de la biodisponibilité du fer, du zinc, du calcium par la fermentation. A partir de 20% d'incorporation de farines d'amandes de cajou, les caractéristiques physico-chimiques et propriétés fonctionnelles étudiées des farines composites diffèrent significativement ( $P < 0,05$ ) de celles de la farine de blé. Vu la capacité d'absorption en huile et la capacité d'absorption en eau significativement ( $P < 0,05$ ) élevées comparé à celles du blé ainsi que la bonne qualité nutritionnelle des farines d'amande cajou, elles pourraient être utilisées en pâtisserie et en boulangerie.

**MOTS-CLEFS:** *Anacardium occidentale*, amande de cajou, fermentation, farine.

## 1 INTRODUCTION

La production mondiale de noix de cajou est passée de 2.361.384 tonnes en 2002 à 4.152.315 tonnes en 2012 [1].

En Afrique, la culture de l'anacardier est devenue une importante ressource génératrice de revenu et il a été noté un accroissement de la production de 10% par an en moyenne [2].

En Côte d'Ivoire, l'anacardier a été introduit en réponse à la dégradation très avancée des terres due à la déforestation [3]. La production de noix de cajou a subi un accroissement notable passant de 6 000 tonnes en 1990 à 725 000 tonnes en 2015, faisant du pays le premier producteur mondial de noix de cajou brutes [4]. Depuis 2008, avec 380 000 tonnes de noix brute, la Côte d'Ivoire est devenue le premier exportateur africain de noix brute de cajou [5]. Les exportations de noix de cajou brutes représentent 33,4% des exportations totales en 2012 [6].

En dépit de l'évolution exponentielle de la production de noix de cajou, le niveau de transformation reste faible (5,84 % de sa production en 2015). Il est donc nécessaire de mener des actions en vue d'une meilleure dynamisation de la filière cajou. L'une des alternatives est la transformation des amandes de cajou en farine [7]. L'usage de la farine d'amande cajou en boulangerie et pâtisserie réduirait la dépendance du blé.

En effet dans les pays en développement, notamment ceux d'Afrique au sud du Sahara, des efforts de recherche sont consentis pour la substitution partielle de la farine de blé par les farines de produits locaux disponibles [8]. Ceci dans le but de réduire les importations coûteuses du blé et augmenter l'utilisation des produits locaux [9]. Des essais de substitution de la farine de blé par des farines issues de produits locaux riches en glucides tels que les céréales (maïs, riz, sorgho, mil), les tubercules (manioc, taro, patate douce, igname), et riches en protéines (niébé, soja) ont été concluants [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17]. Par ailleurs, l'amande de cajou est utilisée dans l'industrie alimentaire pour faire des gâteaux [18]. La pâte d'amande de cajou et la farine de blé ont été utilisées pour la production de biscuit [19]. De ce fait, la transformation des amandes non fermentées et des amandes fermentées en farine pourrait être envisagée pour être utilisée en pâtisserie et en boulangerie.

La présente étude a pour objectif d'évaluer les potentialités boulangère et pâtissière des farines composites à base d'amandes de cajou fermentée et non fermentée et du blé.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MATÉRIEL

Le matériel végétal est constitué de farine issue de brisures d'amande de cajou acheté à un fournisseur local basé à Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) et de farine de blé.

### 2.2 MÉTHODES

#### 2.2.1 PRODUCTION DE LA FARINE À BASE D'AMANDE DE CAJOU NON FERMENTÉE

La farine d'amande de cajou délipidée a été produite selon la méthode proposée par [20] modifiée. Les brisures d'amande de cajou sont triées pour être débarrassées des corps étrangers et des amandes malsaines. Elles sont ensuite séchées à l'étuve pendant 6 h à 60°C. L'huile des amandes précédemment traitées a été extraite deux fois de suite avec du n-hexane au rapport de 1:1 (p / p). En effet les amandes sont placées dans une cuve en inox, l'hexane est ajouté puis le tout est macéré pendant 30 minutes. La cuve hermétiquement fermée est portée à ébullition pendant 50 minutes sur une plaque chauffante. Après 24 heures d'incubation, le surnageant contenant l'huile et l'hexane est retiré, les tourteaux sont collectés dans un tissu blanc en coton et mis sous presse pendant 24 heures. Les tourteaux sont mis à l'étuve à 70°C pendant 12 heures afin d'éliminer les traces de solvant. Les tourteaux ont été réduits en farine à l'aide d'un broyeur à marteau contenant un tamis de maille 150 µm. La farine obtenue est placée dans des sachets en plastique polyéthylène et conservées à température ambiante.

#### 2.2.2 PRODUCTION DE LA FARINE À BASE D'AMANDE DE CAJOU FERMENTÉE

Les amandes triées sont mises à fermenter en utilisant la méthode décrite par [21] modifiée. Les amandes (1 kg) sont bouillies à 100 ° C avec de l'eau distillée pendant 30 minutes. Elles sont enveloppées dans des feuilles de plantain pour être fermentées pendant 72 heures. Les amandes fermentées sont séchées à l'étuve ventilée à 65 ° C pendant 48 heures. L'huile des amandes fermentée a été ensuite extraite deux fois de suite avec du n-hexane au rapport de 1:1 (p / p), dans une cuve en inox (se conférer à la méthode d'extraction d'huile d'amande de cajou non fermentée). Les tourteaux sont broyés à l'aide d'un

broyeur à marteau contenant un tamis de maille 150 µm. La farine obtenue est placée dans des sachets en plastique polyéthylène et conservées à température ambiante.

### 2.2.3 FORMULATION DES FARINES COMPOSITES

Les farines composites blé/amande de cajou non fermentée et blé/amande de cajou fermentée ont été constituées aux proportions suivantes: (p/p) 20/80, 40/60, 60/40 et 80/20. (Voir tableau 1).

**Tableau 1. Code des différentes farines formulées**

Code	Farine
FANF	Farine d'amande de cajou non fermentée
FANF 20	Farine de blé à 80 % et d'amande de cajou non fermentée à 20%
FANF 40	Farine de blé à 60% et d'amande de cajou non fermentée à 40%
FANF 60	Farine de blé à 40 % et d'amande de cajou non fermentée à 60%
FANF 80	Farine de blé à 20 % et d'amande de cajou non fermentée à 80%
FAF	Farine d'amande de cajou fermentée
FAF 20	Farine de blé à 80 % et d'amande de cajou fermentée à 20%
FAF 40	Farine de blé à 60 % et d'amande de cajou fermentée à 40%
FAF 60	Farine de blé à 40 % et d'amande de cajou fermentée à 60%
FAF 80	Farine de blé à 20 % et d'amande de cajou fermentée à 80%
FB	Farine de blé

### 2.2.4 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

#### 2.2.4.1 TAUX D'HUMIDITÉ

Les teneurs en eau des farines ont été obtenues par dessiccation des échantillons à l'étuve (Memmert UL 30, Allemagne) à 105 °C jusqu'à un poids constant. La différence de poids avant et après dessiccation de chaque échantillon a donné le taux d'humidité [22].

#### 2.2.4.2 TAUX DE CENDRES

Les taux de cendres des différents échantillons de farines ont été déterminés par incinération dans un four à moufle (Nabertherm GmbH, Allemagne) à 550°C pendant 6 h [23].

#### 2.2.4.3 DOSAGE DES PROTÉINES BRUTES

Les teneurs en protéines totales (N×6,25) des échantillons ont été déterminées suivant la méthode de Kjeldahl après la détermination de l'azote totale [24].

#### 2.2.4.4 TENEUR EN LIPIDES

La teneur en lipides est déterminée en utilisant l'extraction par l'hexane dans un extracteur de type Soxhlet (Unid Tecator, System HT2 1045, Suède). Après évaporation du solvant et séchage de la capsule à l'étuve (Memmert 854 Schwabach, Allemagne) à 105°C pendant 30 min; la différence de poids a donné la teneur en lipides de l'échantillon [25].

#### 2.2.4.5 TENEURS EN GLUCIDES TOTAUX

La teneur en glucides a été estimée par la méthode de différence. Elle a été calculée en soustrayant de la somme du pourcentage d'humidité, matière grasse, protéine et cendres contenu dans 100 % de matières selon la méthode [26].

#### 2.2.4.6 TAUX DE FIBRES BRUTES

Les fibres brutes regroupent la cellulose, quelques hémicelluloses et la lignine. Les teneurs en fibres brutes des farines ont été déterminées par la méthode de [27].

### 2.2.4.7 DOSAGE DES MINÉRAUX

La teneur en fer, calcium et zinc a été déterminée par spectrophotométrie d'absorption atomique [28].

### 2.2.5 DOSAGE DE POLYPHÉNOLS TOTAUX ET FACTEURS ANTINUTRITIONNELS

#### 2.2.5.1 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN OXALATES TOTAUX

Le dosage des oxalates est réalisé selon la méthode décrite par [29] utilisant le permanganate de potassium.

#### 2.2.5.2 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN POLYPHÉNOLS TOTAUX

Les polyphénols totaux ont été extraits puis dosés selon la méthode de [30]. La teneur en phénols totaux a été exprimée en milligramme d'équivalent d'acide gallique(EAG) pour 100 g de poids sec (mg EAG/100g MS).

#### 2.2.5.3 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN TANNINS

Le dosage des tannins a été effectué suivant la méthode décrite par [31].

#### 2.2.5.4 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN PHYTATES

Les phytates ont été quantifiés selon la méthode de [32] basé sur la décoloration du réactif de Wade par les phytates.

### 2.2.6 EVALUATION DES PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES DES FARINES

La capacité d'absorption d'eau et la capacité d'absorption d'huile des farines ont été évaluées. La capacité d'absorption d'eau (CAE) a été déterminée suivant la méthode de [33]. La capacité d'absorption d'huile a été déterminée suivant la méthode de [34].

### 2.2.7 ANALYSE STATISTIQUE

Les données de l'étude ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes a été réalisée selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1.

## 3 RÉSULTATS

**Tableau 2. Paramètres physico-chimiques des différentes farines**

Echantillons	Paramètres					
	Humidité (g/100g)	Lipides (g/100g)	Protéines (g/100 g)	Cendres (g/100g)	Glucides (g/100g)	Fibres (g/100g)
FANF	3,88±0,1 <sup>a</sup>	22,79±0,23 <sup>a</sup>	28,06±0,1 <sup>a</sup>	3,15±0,05 <sup>a</sup>	42,12±0,09 <sup>a</sup>	6,65±0,15 <sup>a</sup>
FBANF 80	4,17±0,11 <sup>b</sup>	18,58±0,19 <sup>b</sup>	23,72±0,12 <sup>b</sup>	2,62±0,1 <sup>b</sup>	46,74±0,11 <sup>b</sup>	5,8±0,32 <sup>b</sup>
FBANF 60	6,27±0,16 <sup>c</sup>	14,38±0,2 <sup>c</sup>	20,92±0,17 <sup>c</sup>	2,3±0,09 <sup>c</sup>	52,73±0,15 <sup>c</sup>	4,93±0,25 <sup>c</sup>
FBANF 40	8,19±0,2 <sup>d</sup>	10,18±0,4 <sup>d</sup>	17,26±0,28 <sup>d</sup>	1,59±0,07 <sup>d</sup>	60,82±0,07 <sup>d</sup>	4,03±0,29 <sup>d</sup>
FBANF 20	10,21±0,25 <sup>e</sup>	5,96±0,15 <sup>e</sup>	12,3±0,4 <sup>e</sup>	1,09±0,03 <sup>e</sup>	69,31±0,06 <sup>e</sup>	3,19±0,1 <sup>e</sup>
FAF	4,39±0,4 <sup>f</sup>	25,08±0,26 <sup>f</sup>	34,96±0,21 <sup>f</sup>	2,28±0,02 <sup>c</sup>	30,29±0,1 <sup>f</sup>	4,4±0,17 <sup>f</sup>
FBAF 80	5,79±0,15 <sup>g</sup>	22,86±0,1 <sup>g</sup>	29,04±0,28 <sup>g</sup>	2±0,08 <sup>f</sup>	40,30±0,03 <sup>g</sup>	4,03±0,65 <sup>d</sup>
FBAF 60	7,57±0,17 <sup>h</sup>	17,53±0,2 <sup>h</sup>	24,05±0,16 <sup>h</sup>	1,69±0,05 <sup>g</sup>	49,14±0,1 <sup>h</sup>	3,58±0,52 <sup>g</sup>
FBAF 40	9,18±0,22 <sup>i</sup>	11,09±0,1 <sup>i</sup>	20,18±0,31 <sup>i</sup>	1,33±0,04 <sup>h</sup>	56,80±0,04 <sup>i</sup>	3,16±0,55 <sup>h</sup>
FBAF 20	10,62±0,25 <sup>j</sup>	6,43±0,26 <sup>j</sup>	15,63±0,13 <sup>j</sup>	0,98±0,06 <sup>i</sup>	66,59±0,05 <sup>j</sup>	2,72±0,24 <sup>i</sup>
FB	12,18±0,2 <sup>k</sup>	1,77±0,25 <sup>k</sup>	8,85±0,11 <sup>k</sup>	0,66±0,01 <sup>j</sup>	76,53±0,1 <sup>k</sup>	2,33±0,45 <sup>j</sup>

Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à  $P < 0,05$ .

Le taux d'humidité des farines varie de 3,88±0,1 à 12,18±0,2. Celui de la farine d'amande de cajou non fermentée (3,88±0,1 g/100g) est bas par rapport à celui de la farine d'amande de cajou fermentée qui est de 4,39±0,4 g/100g. La farine de blé a la

teneur en humidité la plus élevée (12,18±0,2 g/100g). Une baisse du taux d'humidité comparée à celle de la farine de blé est observée au fur et à mesure que le taux d'incorporation de la farine d'amande de cajou fermentée ou non fermentée augmente.

Les farines ont des teneurs en lipides comprises entre 1,77±0,25 et 25,08±0,26 g/100g.

La teneur en lipide de la farine d'amande de cajou non fermenté (22,79±0,2 g/100g) est significativement ( $P < 0,05$ ) inférieure celle de la farine d'amande de cajou fermentée qui est de 25,08±0,26 g/100g. La farine de blé a la teneur en matière grasse la plus faible (1,77±0,25 g/100g). L'augmentation du taux de substitution de la farine de blé contribue à augmenter la teneur en matière grasse dans les différentes farines composites.

La teneur en protéines des farines se situe entre 8,85±0,01 et 34,96±0,21 g/100 g.

Celle de la farine d'amande de cajou fermentée et de la farine d'amande de cajou non fermentée sont respectivement de 34,96±0,21 g/100 g et de 28,06±0,07 g/100g. La teneur en protéines des farines composites est significativement ( $P < 0,05$ ) plus élevée comparé à la teneur en protéine de la farine de blé (8,85±0,01 g/100g).

La farine d'amande de cajou non fermentée a une teneur en cendres de 3,15±0,05 g/100g et celle de la farine d'amande de cajou fermentée est de 2,28±0,02 g/100g. La farine de blé a la plus faible teneur en cendres qui est de 0,66±0,01 g/100g. La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou contribue à augmenter la teneur en cendres.

Le taux de glucides totaux des farines varie entre 30,29±0,1 et 76,53±0,1 g/100g Une différence significative ( $P < 0,05$ ) est observée entre les différentes farines. La farine de blé a la teneur la plus élevée en glucides totaux (76,53±0,1 g/100g). Celle de la farine d'amande de cajou non fermentée est de 42,12±0,09 g/100 g. Cette teneur diminue significativement ( $p < 0,05$ ) dans la farine d'amande de cajou fermentée, elle est de 30,29±0,1 g/100g. Les résultats indiquent que la teneur en glucides totaux des farines composites baisse avec l'incorporation des farines d'amande de cajou.

La teneur en fibres de la farine l'amande de cajou non fermentée (6,65±0,15 g/100g) est significativement ( $p < 0,05$ ) supérieure à celle de la farine d'amande cajou fermenté qui est de 4,4±0,17 g/100g. Toutefois la teneur en fibres de la farine d'amande fermentée reste significativement ( $p < 0,05$ ) supérieure à celle de la farine de blé (2,33±0,45 g/100g). La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou contribue à augmenter la teneur en fibres.

**Tableau 3. Teneur en polyphénols et facteurs antinutritionnels des différentes farines**

Echantillons	Paramètres			
	Polyphénol (mgEAG/100gMS)	Tanin (mgEAG/100gMS)	Phytate (mg/100g)	Oxalate (mg/100g)
FANF	181,73±0,02 <sup>a</sup>	18,31±0,03 <sup>a</sup>	34,57±0,02 <sup>a</sup>	210,75±0,53 <sup>a</sup>
FBANF 80	197,79±0,03 <sup>b</sup>	23,03±0,01 <sup>b</sup>	34,01±0,04 <sup>b</sup>	176,78±0,01 <sup>b</sup>
FBANF 60	212,63±0,01 <sup>c</sup>	27,71±0,1 <sup>c</sup>	33,49±0,03 <sup>c</sup>	144,98±0,03 <sup>c</sup>
FBANF 40	228,01±0,07 <sup>d</sup>	32,46±0,9 <sup>d</sup>	32,97±0,06 <sup>d</sup>	115,56±0,01 <sup>d</sup>
FBANF 20	240,75±0,28 <sup>e</sup>	35,96±0,59 <sup>e</sup>	32,45±0,05 <sup>e</sup>	87,16±0,17 <sup>e</sup>
FAF	248,58±0,01 <sup>f</sup>	7,22±0,02 <sup>f</sup>	20,73±0,01 <sup>f</sup>	144,78±0,02 <sup>f</sup>
FBAF 80	251,23±0,71 <sup>g</sup>	13,51±0,3 <sup>g</sup>	22,78±0,01 <sup>g</sup>	136,60±0,61 <sup>g</sup>
FBAF 60	253,91±0,11 <sup>h</sup>	18,20±0,23 <sup>a</sup>	25,08±0,01 <sup>h</sup>	107,06±0,05 <sup>h</sup>
FBAF 40	256,53±0,02 <sup>i</sup>	25,14±0,01 <sup>h</sup>	27,12±0,02 <sup>i</sup>	85±0,14 <sup>i</sup>
FBAF20	260,51±0,05 <sup>j</sup>	32,49±0,15 <sup>d</sup>	28,91±0,02 <sup>j</sup>	64,01±0,06 <sup>j</sup>
FB	261,90±0,01 <sup>k</sup>	41,43±0,39 <sup>i</sup>	30,86±0,01 <sup>k</sup>	48±0,03 <sup>k</sup>

Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à  $P < 0,05$ .

Les teneurs en polyphénols des farines sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ). La teneur en polyphénols de la farine blé (261,90±0,01 mgEAG/100gMS) est la plus élevée. La farine d'amande de cajou fermentée a une teneur en polyphénol (248,58±0,01 mgEAG/100gMS) supérieure à celle de la farine d'amande de cajou non fermentée qui est de 181,73±0,02 mgEAG/100gMS. L'incorporation des farines d'amande de cajou entraîne la réduction la teneur en polyphénols par rapport à celle de la farine de blé

Les teneurs en tanins (7,22±0,02 mgEAG/100gMS), phytates (20,73±0,01 mg/100g) et en oxalates (144,78±0,02 mg/100g) de la farine d'amande de cajou fermentée sont significativement ( $p < 0,05$ ) inférieures à celles de la farine d'amande de cajou non fermentée qui sont respectivement de 18,31±0,03 mgEAG/100gMS, 34,57±0,02 mg/100g et de 210,75±0,53 mg/100g. La

plus faible teneur en oxalate ( $48 \pm 0,03$  mg/100g) est obtenue avec la farine de blé. La farine à base d'amande fermentée a la plus faible teneur en tanin, contrairement à la farine de blé qui a la plus forte teneur en tanin ( $41,43 \pm 0,39$  mgEAG/100gMS). L'incorporation des farines d'amande de cajou entraîne la réduction de la teneur en tanin par rapport à celle de la farine de blé. La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou fermentée contribue à diminuer significativement ( $p < 0,05$ ) la teneur en phytates par rapport à celle de la farine de blé.

**Tableau 4. Teneur en minéraux et rapports molaires des différentes farines**

Echantillons	Paramètres						
	Fe (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Phy/Fe	Phy/Zn	Phy*Ca/Zn	TAO/TCa
FANF	$6,51 \pm 0,26^a$	$1,82 \pm 0,57^a$	$74,93 \pm 0,1^a$	$0,45 \pm 0,14^a$	$1,88 \pm 0,87^a$	$3,43 \pm 0,11^a$	$2,81 \pm 0,77^a$
FBANF 80	$5,28 \pm 0,25^b$	$1,47 \pm 0,17^b$	$62,51 \pm 0,3^b$	$0,54 \pm 0,57^a$	$2,29 \pm 0,25^b$	$3,48 \pm 0,35^b$	$2,84 \pm 0,27^a$
FBANF 60	$3,9 \pm 0,2^c$	$1,06 \pm 0,19^c$	$50,04 \pm 0,72^c$	$0,73 \pm 0,76^b$	$3,13 \pm 0,3^c$	$3,81 \pm 0,18^c$	$2,92 \pm 0,65^b$
FBANF 40	$2,68 \pm 0,15^d$	$0,73 \pm 0,25^d$	$37,64 \pm 0,44^d$	$1,03 \pm 0,97^c$	$4,6 \pm 0,11^d$	$4,32 \pm 0,10^d$	$3,07 \pm 0,28^c$
FBANF 20	$1,4 \pm 0,1^e$	$0,37 \pm 0,31^e$	$25,21 \pm 0,26^e$	$1,95 \pm 0,13^d$	$8,69 \pm 0,23^e$	$5,46 \pm 0,45^e$	$3,45 \pm 0,69^d$
FAF	$4,60 \pm 0,7^f$	$1,4 \pm 0,2^f$	$70,25 \pm 0,49^f$	$0,38 \pm 0,01^a$	$1,47 \pm 0,2^f$	$2,57 \pm 0,53^f$	$2,06 \pm 0,38^e$
FBAF 80	$3,89 \pm 0,52^c$	$1,15 \pm 0,5^g$	$58,75 \pm 0,53^g$	$0,49 \pm 0,58^a$	$1,96 \pm 0,85^g$	$2,87 \pm 0,12^g$	$2,32 \pm 0,18^f$
FBAF 60	$2,99 \pm 0,35^g$	$0,86 \pm 0,28^h$	$47,77 \pm 0,14^h$	$0,71 \pm 0,18^b$	$3,08 \pm 0,77^h$	$3,66 \pm 0,22^h$	$2,31 \pm 0,41^f$
FBAF 40	$2,08 \pm 0,56^h$	$0,60 \pm 0,66^i$	$35,84 \pm 0,16^i$	$1,11 \pm 0,26^c$	$4,46 \pm 0,18^i$	$3,98 \pm 0,15^i$	$2,37 \pm 0,9^g$
FBAF20	$1,21 \pm 0,28^i$	$0,30 \pm 0,56^j$	$24,59 \pm 0,47^e$	$2,06 \pm 0,32^d$	$9,70 \pm 0,83^j$	$5,95 \pm 0,63^j$	$2,6 \pm 0,65^h$
FB	$0,31 \pm 0,11^j$	ND	$12,8 \pm 0,4^i$	$8,42 \pm 0,27^e$	ND	ND	$3,44 \pm 0,11^d$

ND : Non déterminé

Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à  $P < 0,05$ .

La farine d'amande de cajou non fermentée a une teneur en fer ( $6,51 \pm 0,26$  mg/100g), zinc ( $1,82 \pm 0,57$  mg/100g) et calcium ( $74,93 \pm 0,1$  mg/100g) significativement ( $P < 0,05$ ) supérieure à celle de la farine d'amande de cajou fermentée qui est de  $4,60 \pm 0,7$  mg/100g pour le fer,  $1,4 \pm 0,2$  mg/100g pour le zinc et de  $70,25 \pm 0,49$  mg/100g pour le calcium.

La teneur en fer ( $0,31 \pm 0,11$  mg/100g) et en calcium ( $12,8 \pm 0,4$  mg/100g) de la farine de blé sont significativement ( $P < 0,05$ ) les plus faibles. Le zinc n'a pas été déterminé dans la farine de blé. La teneur en fer, en zinc et en calcium des farines composites augmente lorsque le taux d'incorporation des farines d'amande de cajou augmente.

Les rapports molaires phytates/fer des farines oscillent entre  $0,38 \pm 0,01$  et  $8,42 \pm 0,27$ . La farine d'amande de cajou non fermentée a le rapport molaire phytates/fer ( $0,45 \pm 0,14$ ) significativement ( $P < 0,05$ ) plus élevé que celui de la farine d'amande de cajou fermentée ( $0,38 \pm 0,01$ ). La farine de blé a le rapport molaire phytates/fer le plus élevé ( $8,42 \pm 0,27$ ).

Le rapport molaire phytate/zinc de la farine d'amande non fermentée ( $1,88 \pm 0,87$ ) est significativement supérieur à celui de la farine d'amande fermentée ( $1,47 \pm 0,2$ ).

Les résultats obtenus, indiquent que la farine d'amande de cajou fermentée a le rapport  $Ca \times Phytate/Zn$  ( $2,57 \pm 0,53$ ) le plus faible. Le rapport  $Ca \times Phytate/Zn$  de la farine d'amande de cajou non fermentée est de  $3,43 \pm 0,11$ .

L'indice d'assimilation du calcium qui est le rapport teneur en acide oxalique/teneur en calcium (TAO/TCa), des différentes farines a été déterminé. Les résultats indiquent que les valeurs des rapports TAO/TCa oscillent entre  $2,06 \pm 0,38$  et  $3,44 \pm 0,11$ . La farine de blé a l'indice d'assimilation de calcium le plus élevé ( $3,44 \pm 0,11$ ). L'indice d'assimilation du calcium le plus faible est obtenu avec la farine d'amande de cajou fermentée ( $2,06 \pm 0,38$ ). La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou permet une réduction du rapport TAO/TCa comparé à celui de la farine de blé.

Au même taux de substitution de la farine de blé, les farines composites comportant la farine fermentée ont les rapports phytates/fer, phytate/zinc,  $Ca \times Phytate/Zn$  et TAO/TCa significativement ( $p < 0,05$ ) les plus faibles.

**Tableau 5. Propriétés fonctionnelles des farines composites**

Echantillons	Paramètres	
	CAE (%)	CAH (%)
FANF	144,01±0,11 <sup>a</sup>	135,87±0,83 <sup>a</sup>
FBANF 80	133,12±0,5 <sup>b</sup>	126,28±0,55 <sup>b</sup>
FBANF 60	128,21±1,3 <sup>c</sup>	118,79±0,64 <sup>c</sup>
FBANF 40	116±1,2 <sup>d</sup>	110,03±0,88 <sup>d</sup>
FBANF 20	110,68±0,59 <sup>e</sup>	98,75±0,1 <sup>e</sup>
FAF	154,83±0,89 <sup>f</sup>	123,40±0,28 <sup>f</sup>
FBAF 80	148,19±1,1 <sup>g</sup>	116,07±0,9 <sup>g</sup>
FBAF 60	139,33±1,24 <sup>h</sup>	111,98±0,95 <sup>h</sup>
FBAF 40	128,92±0,94 <sup>c</sup>	107,22±0,7 <sup>i</sup>
FBAF20	120,75±1,2 <sup>i</sup>	96,17±0,4 <sup>g</sup>
FB	109,75±1,01 <sup>e</sup>	89,52±0,9 <sup>k</sup>

Les valeurs de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes à  $P < 0,05$ .

L'analyse statistique a montré une différence significative ( $P < 0,05$ ) de la capacité d'absorption en eau (CAE) de la farine de blé, amande de cajou non fermenté et d'amande de cajou fermentée. La capacité d'absorption en eau des différentes farines est comprise entre 109,75±1,01 et 154,83±0,89 %. La farine de blé a la plus faible capacité d'absorption en eau (109,75±1,01 %). La farine d'amande de cajou fermentée a la capacité d'absorption en eau la plus élevée (154,83±0,89 %). Les farines composites ont une capacité d'absorption en eau significativement ( $P < 0,05$ ) supérieure à celle de la farine de blé.

Concernant la capacité d'absorption en huile (CAH) des farines, elles sont comprises entre 89,52±0,9 % et 135,87±0,83 % de farine. La farine de blé a la capacité d'absorption en huile significativement ( $P < 0,05$ ) la plus faible (89,52±0,9 %). La farine d'amande de cajou non fermentée présente la capacité d'absorption en huile significativement ( $P < 0,05$ ) la plus élevée (135,87±0,83 %). Les farines composites ont une capacité d'absorption en huile significativement ( $P < 0,05$ ) supérieure à celle de la farine de blé.

Au même taux de substitution de la farine de blé, les farines composites comportant la farine d'amande de cajou fermentée ont une capacité d'absorption en eau significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée et ont une capacité d'absorption en huile significativement ( $p < 0,05$ ) plus faible.

#### 4 DISCUSSION

L'augmentation de la teneur en matière grasse due à la fermentation concorde avec les travaux de [35]. Cette augmentation pourrait être un résultat de la décomposition de molécules de graisses en unités d'acides gras plus simples en raison de la forte activité des enzymes lipolytiques lors de fermentation [36]. En outre, la fermentation a permis une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de la teneur en protéines. Ces résultats sont en accord avec les travaux de [37]. Cette augmentation de la teneur en protéines pourrait être attribuée à l'augmentation de la masse microbienne pendant la fermentation. Ces microorganismes causent l'hydrolyse des molécules de protéines en acides aminés et en d'autres peptides simples [38]. La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou a entraîné une augmentation de la teneur en protéines. Cela pourrait être attribué à l'amande de cajou qui est une bonne source de protéines (20-24g / 100 g) [39]. La diminution de la teneur en cendres de la farine d'amande de cajou fermentée peut être attribuée à l'activité des microorganismes lors de la fermentation [40]. Ce résultat est conforme au rapport [41] sur la diminution de la teneur en cendres pendant la fermentation de "Gowe", un aliment traditionnel à base de sorgho, de millet ou de maïs. La diminution de la teneur en glucides au cours de la fermentation pourrait être due à l'activité des microorganismes qui utilisent les glucides comme source d'énergie lors de la fermentation [42]. La baisse de la teneur en fibres dans la farine d'amande fermentée serait due à la production d'enzymes de dégradation (cellulases et hémicellulases) de la cellulose et de l'hémicellulose par les microorganismes au cours de la fermentation [43], [44]. Tous les paramètres physicochimiques des farines composées présentent une différence significative ( $P < 0,05$ ) comparés aux paramètres de la farine de blé. Cette tendance a été relevée par [45], [46] et [47] qui ont substitué respectivement la farine de blé par la farine d'igname, de *Cajanus cajan* et de voandzou.

L'augmentation de la teneur en polyphénols totaux suite à la fermentation pourrait être due à la libération des composés phénoliques pendant la fermentation [48]. Agissant particulièrement en tant qu'antioxydants, les polyphénols sont connus pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine [49]. La réduction de la teneur en phytates au cours de la fermentation peut

être attribuée à l'activité de la phytase contenu dans l'amande de cajou et des micro-organismes capables d'hydrolyser l'acide phytique en inositol et en orthophosphate [50], [51]. En effet la fermentation confère un pH optimal aux phytases présentes dans les graines, induisant ainsi leur activation et une diminution des teneurs en phytates. L'activité de la phytase végétale est optimale aux alentours du pH 5,5 et celle des phytases microbiennes principalement issues des bactéries lactiques est maximale à pH 4,5) [52]. Ces résultats sont en accord avec les travaux de [53] et [54] qui ont respectivement rapporté que la fermentation réduit la teneur en phytate de 96,3% dans l'arachide et de 54,77% dans le soja. La propriété anti nutritionnelle de l'acide phytique est liée à son pouvoir chélateur vis-à-vis des minéraux, spécifiquement les cations divalents ( $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ) en formant des sels (phytates), il peut aussi se complexer avec les protéines et l'amidon, diminuant leur absorption et leur biodisponibilité [55]. L'un des mécanismes possibles pouvant expliquer la diminution de la teneur en oxalates dans la farine d'amande fermentée pourrait être sa solubilisation dans l'eau [56]. En effet, les amandes de cajou sont précuites pendant 30 minutes dans de l'eau avant d'être mise à fermenter. L'acide oxalique forme des complexes insolubles avec les cations bivalents (fer, calcium, zinc, et magnésium) ce qui limite la biodisponibilité de ces minéraux pouvant entraîner des carences [57]. La réduction de la teneur en tanins lors de la fermentation peut être attribuée à l'activité de la tanase. Cette enzyme peut catalyser la réaction d'hydrolyse de liaisons ester au niveau des tanins hydrolysables [58]. Les tanins se lient aux protéines de l'aliment mais également aux sucs digestifs (enzymes) bloquant ainsi leurs sites actifs. Il en résulte une forte baisse de la digestibilité notamment des protéines mais aussi de l'amidon et donc de l'énergie de l'aliment [59].

La diminution significative de la teneur en fer, zinc et en calcium dans la farine d'amande de cajou fermentée traduit la diminution significative de la teneur en cendres obtenue avec la farine d'amande de cajou fermentée.

Sans tenir compte des quantités absolues de phytates ou de zinc dans les farines, l'absorption du zinc est considérée élevée, modérée ou faible lorsque le rapport molaire phytates/zinc est respectivement  $< 5$ , se situe entre 5 et 15 ou  $> 15$  [60], [61].

Le rapport molaire phytate/fer supérieure à 0,5 pourrait entraîner une déficience marginale en fer résultant de la faible assimilation du fer [62].

En se fondant sur cette hypothèse, les résultats indiquent que les teneurs en phytates des farines d'amande de cajou fermentée ou non fermentée, ne pourraient pas interférer avec l'assimilation du fer et du zinc. Les rapports molaires phytates/fer des farines composites sont supérieurs à 0,5. Seule la formulation contenant 80% de farine d'amande de cajou fermenté a le rapport molaire phytates/fer ( $0,49 \pm 0,58$ ) inférieure à 0,5. Quant aux rapports molaires phytate/zinc des différentes formulations, ils sont tous compris entre 5 et 15. Par conséquent dans ces farines la teneur en phytate ne pourrait donc pas interférer avec l'assimilation du zinc. La biodisponibilité du fer et du zinc est améliorée significativement après fermentation. Aussi la substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou contribue à améliorer la biodisponibilité du fer et du Zinc.

[63] ont aussi suggéré que l'on pouvait estimer l'assimilabilité du zinc dans un aliment consommé par l'homme de façon plus satisfaisante en calculant le rapport de concentration molaire ( $Ca \times Phytate / Zn$ ). Selon [64], si ce rapport est supérieur à 3,5 l'assimilabilité, chez l'homme, du zinc contenu dans les aliments considérés, risque d'être relativement faible. En se fondant sur cette hypothèse, une analyse des résultats obtenus, indique que le rapport  $Ca \times Phytate / Zn$  de la farine d'amande de cajou non fermentée ( $3,43 \pm 0,11$ ), farine composite contenant 80% de farine d'amande non fermentée ( $3,48 \pm 0,35$ ), farine d'amande de cajou fermentée ( $2,57 \pm 0,53$ ) et la farine composite contenant 80 % de farine d'amande de cajou fermenté ( $2,87 \pm 0,12$ ) sont inférieure à 3,5. Il ressort donc de ces résultats que les teneurs en phytates de ces farines seraient acceptables et ne pourraient pas interférer avec l'absorption du zinc et du calcium. Par contre les farines composites à 60, 40 et 20 % de farine d'amande de cajou fermentée ou non fermentée ont des rapports ( $Ca \times Phytate / Zn$ ) supérieures à 3,5. Ces farines pourraient donc avoir des teneurs en phytate qui interféreraient avec l'absorption du zinc et du calcium. En tenant compte des rapports teneurs en oxalates/teneurs en calcium (TAO/TCa), il ressort que la valeur de ce rapport devrait être de l'ordre de 2 pour que l'acide oxalique interfère significativement dans l'absorption du calcium [65]. Pourtant, les résultats indiquent que les valeurs des rapports (TAO/TCa) oscillent entre  $2,06 \pm 0,11$  et  $3,4 \pm 0,77$ ; elles sont supérieures à 2, ce qui indiquerait que les teneurs en oxalates de toutes les farines pourraient interférer dans la biodisponibilité du calcium.

La capacité d'une protéine à se lier à l'eau est une indication de sa capacité d'absorption de l'eau. La variation observée dans l'absorption de l'eau parmi les farines peut être due à la différence de teneur en protéines, de leur degré d'interaction avec l'eau et de leur conformation [66]. La fermentation a permis d'améliorer la capacité d'absorption d'eau de la farine d'amande de cajou du fait qu'elle ait permis d'augmenter la teneur en protéines. La Capacité d'Absorption en Eau (CAE) est un indicateur utile à déterminer car il permet de savoir si les farines peuvent être incorporées dans des formulations alimentaires utilisant l'eau [67]. Les CAE élevées dans la présente étude suggèrent que les farines d'amande de cajou peuvent être utilisées dans la formulation de produits de boulangerie [68]. En effet, une CAE élevée permet d'ajouter plus d'eau à la pâte, améliorant ainsi sa maniabilité et le maintien de la fraîcheur dans le pain. La fermentation entraîne une baisse de la capacité d'absorption en huile. La diminution de la capacité d'absorption en huile lors de la fermentation a été observée par [69]. Toutefois l'augmentation du taux d'incorporation de la farine à base d'amande de cajou non fermentée ou fermentée



entraîne une augmentation de la capacité d'absorption en huile des différentes farines composites comparées à celle de la farine de blé. La capacité adsorption d'huile (CAH) des farines alimentaires est importante dans l'industrie alimentaire car elle permet l'absorption d'huile par un processus complexe de la capillarité. La capacité d'un composant alimentaire à piéger l'huile est une caractéristique importante dans les formulations d'aliments gras car elle agirait comme un dispositif de retenue de saveur et exhausteur de sensation en bouche [70]. Les farines d'amande de cajou pourraient donc être utilisées en biscuiterie et en boulangerie.

## **5 CONCLUSION**

Cette étude a montré que la fermentation augmente significativement la teneur en protéines, lipides et en polyphénols de la farine d'amande de cajou. La fermentation a contribué à l'amélioration de la biodisponibilité du fer, du zinc, du calcium et de la capacité d'absorption en eau de la farine d'amande de cajou. La substitution de la farine de blé par les farines d'amande de cajou a permis d'améliorer la teneur en protéines, lipides, cendres et en fibres des farines composites par rapport à celle du blé. Les farines composites ont les propriétés fonctionnelles améliorées comparé à celles de la farine de blé. Au regard des caractéristiques nutritionnelles et des propriétés fonctionnelles des farines d'amande de cajou produites, elles pourraient être utilisées en pâtisserie et en boulangerie.

## REFERENCES

- [1] FAO (Food and Agriculture Organization); Base des données de la FAO 2011. <http://faostat3.fao.org>. (4 Septembre 2014 à 13 heures).
- [2], [3], [7] O A A Adouko, T Souleymane, E A Agbo, and B Kouakou, "Functional Properties and *in vitro* Digestibility of Cashew Nut Flour", *Journal of Food and Nutrition Research*, vol. 4, no. 5 pp. 282-288, 2016.
- [4] CCA (Conseil Coton Anacarde en Côte d'Ivoire), Publié le lundi 15 février 2016.
- [5] J B A Djaha, A K N'guessan, C K Ballo, S Aké, "Germination des semences de deux variétés d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) élites destinés à servir de porte-greffe en Côte d'Ivoire " *Journal of Applied Biosciences*, 32: 1995-2001, 2010.
- [6] Anonyme, Programme d'appui au commerce et à l'intégration régionale (pacir) : évaluation du potentiel à l'exportation des noix de cajou, 2013.
- [8] T A Shittu, A O Raji, L O Sanni, "Bread from composite cassava-wheat flour: Effect of baking time and temperature on some physical properties of bread loaf". *Food Res. Inter.* 40, 280 – 290, 2007.
- [9] C A Ikpeme-Emmanuel, N C Osuchukwu and L Oshiele. "Functional and sensory properties of wheat (*Aestium triticum*) and taro flour (*Colocasia esculenta*) composite bread", *Afr J Food Sci.*, 4, 248-253, 2010.
- [10] M Siddiq, M Nasir, R Ravi, M S Butt, K D Dolan and J.B. Harte, "Effect of defatted maize germ flour addition on the physical and sensory quality of wheat bread", *LWT -Food Science and Technology*, 42, 464–470, 2009.
- [11] O O Oladunmoye, R Akinoso, and A A Olapade. Evaluation of some physical-chemical properties of wheat, cassava, maize and cowpea flours for bread making. *Journal of Food Quality*, 33, 693-708, 2010.
- [12] R J Mongi, B K Ndabikunze, B E Chove, P Mamiro, C C Ruhembe, and J G Ntwenya. Proximate composition, bread characteristics and sensory evaluation of cocoyam-wheat composite breads. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 11(7), 5586-5599, 2011.
- [13] C Nindjin, G N Amani and M Sindic. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality. *Carbohydrate Polymers*, 86, 1637– 1645, 2011
- [14] S Rai, A Kaur, B Singh And K S Minhas. Quality characteristics of bread produced from wheat, rice and maize flours. *Journal of Food Science and Technology*, 49(6), 786–789, 2012.
- [15] R Begum, M J Uddin, M A Rahman and , M S Islam. Comparative study on the development of maize flour based composite bread. *J Bangladesh Agr Univ*, 11(1), 133–139, 2013.
- [16] I Bibiana, N Grace and A Julius. Quality evaluation of composite bread produced from wheat, maize and orange fleshed sweet potato flours. *American Journal of Food Science and Technology*, 2(4), 109-115, 2014.
- [17] A S Trejo-González, A G Loyo-González, and M R Munguía-Mazariegos, " Evaluation of bread made from composite wheat-sweet potato flours", *International Food Research Journal*, 21(4), 1683-1688, 2014.
- [18] Soro, Couplage De Procédés Membranaires Pour La Clarification Et La Concentration Du Jus De Pomme De Cajou : Performances Et Impacts Sur La Qualite Des Produits P 156, 2013.
- [19] M C Ojinnaka and F U Agubolum, "Nutritional and sensory properties of cashew nut-wheat based cookies", *american journal of food and nutrition*.33,127-134, 2013.
- [20] K W C Sze-Tao and S K Sathe, "Functional properties and in-vitro digestibility of Almond (*Prunusdulcis* L) protein isolate", *Food chemistry* 69, 153- 160, 2004.
- [21] O S Ijarotimi, I B Oluwalana and M O Ogunedojutimi, "Nutrient composition, functional, sensory and microbial status of popcorn based (*zea may everta*) complementary foods enriched with cashew nut (*anacardium occidentale* l.) flour", *African Journal of Food Science* vol. 12, no. 5, pp 6424-6446, 2012.
- [22], [25] AOAC, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, , 16 th edn Arlington, V. A. USA, 250 p, 1995.
- [23], [26] AOAC, Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemist, 5th ad. AOAC Press, Arlington, Virginia, USA, 2005.
- [24], [28] AOAC, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15<sup>th</sup> ed, Washington DC, 1230p, 1990.
- [27] P.S Van Soest, "Use of detergents in the analysis of fibrous feeds II- A rapid method for the determination of fiber and lignin", *Journal of Association of Official Analytical Chemistry*, 46: 829-835, 1963.
- [29] R.A. Day and A.L Underwood, Quantitive analysis 5th ed. Prentice. Hall publication p. 701, 1986.
- [30] V.L Singleton, R Orthofer, R.M. Lamuela-raventos, "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent", *Methods Enzymol*, 299, 152-178, 1999.
- [31] Bainbridge Z, Tomlins K, Willings K, Westby A, Methods for assessing quality characteristics of non grain starch staple. Part 4 advanced methods, National ressources institute, University of Greenwich, UK ISBN 0 – 85954 – 400 – 1, 43–79, 1996.

- [32] M., Latta and M. Eskin, "A simple and rapid colorimetric method for phytate determination"; *J Agric. Food Chem*, 28, 313-315, 1980.
- [33] R D Philips, M S Chinnan, A L Branch, J Miller and K H Mcwatters, "Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpeameal", *Journal of Food Science*, vol 53, pp 805–809, 1988.
- [34] F W Sosulski, "The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheat", *Cereal Chemistry*, vol. 39 pp 344-350, 1962.
- [35] U S Onoja and I C Obizoba, "Nutrient composition and organoleptic attributes of gruel based on fermented cereal, legume, tuber and root flour", *J. Trop. Agric., Food, Environ. Extension*, pp 162-168, 2009
- [36], [38], [40], [69] B D Igbabul, J Amove. and I Twadue, "Effect of fermentation on the proximate composition, antinutritional factors and functional properties of cocoyam (*Colocasia esculenta*) flour". *Afr. J. Food Sci. Technol.* Vol. 5, no. 3 pp 67-74, 2014.
- [37] I Fofana, D Soro, M A Yeo et E K Koffi, "Influence de la fermentation sur les caractéristiques physicochimiques et sensorielles de la farine composite à base de banane plantain et d'amande de cajou" *European Scientific Journal* 13 (30) pp 1857 – 7881, 2017.
- [39] A N Nascimento, J Naozuka and P V Oliveira, "In vitro evaluation of Cu and Fe bioavailability in cashew nuts by off-line coupled SEC-UV and SIMAAS", *Microchemical Journal*, vol. 96, pp 58-63, 2010.
- [41] De Michodjehoun LH, O Joseph, M Christian, "Physical, chemical and microbiological changes during natural fermentation of "gowe" a sprouted or non-sprouted Sorghum beverage from West Africa". <http://www.academicjournal.org>. pp. 677-768, 2005.
- [42] C Onyango, H Noetzold, T Bley and T Henle, "Proximate composition and digestibility of fermented and extruded uji from maize–finger millet blend", *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, vol. 37, pp 827–832, 2004.
- [43] J Moore, Z Cheng, J Hao, G Guo, J Guo-Liu, C Lin and L Yu, "Effects of solid-state yeast treatment on the antioxidant properties and protein and fiber compositions of common hard wheat bran", *J. Agric. Food Chem*, vol 55 pp10173-10182, 2007.
- [44] A Lateef, J K Oloke, E B. Gueguim Kana, O OyenyiS, O R Onifade, A O Oyeleye, O C Oladosu, and A O. Oyelami, "Improving the quality of agro-wastes by solid-state fermentation: Enhanced antioxidant activities and nutritional qualities", *World J. Microbiol. Biotechnol* vol. 24 pp 2369-2374, 2008.
- [45] N G J M Medoua, Potentiels nutritionnel et technologique des tubercules durcis de l'igname *Dioscorea dumetorum* (Kunth) pax : étude du durcissement post-récolte et des conditions de transformation des tubercules durcis en farine- Thèse de Doctorat/PhD, 2005, p. 254, 2005.
- [46] F M Abu-Salem and A A Abou-Arab, "Effect of supplementation of Bambara ground nut (*Vigna subterranean* L.) flour on the quality of biscuits" *Afr. J. Food Sci.* vol. 5 no. 7 pp 376-383, 2011.
- [47] S Fasoyiro, W Yudi and K Taiwo, Processing and Utilization of Legumes in the Tropics, Trends in Vital Food and Control Engineering, Prof. Ayman Amer Eissa (Ed.), ISBN: 978-953-51- 0449-0, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/trends-in-vital-food-and-control-engineering/processing>, 2012.
- [48] F Sosulki, K Krygier and L Hogge. "Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids. Composition of phenolic acids in cereal and potato flours", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol 30, pp 330–340, 1982.
- [49] L Suntornsuk, W Gritsanapun, S Nilkamhank and A Paochom, "Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration", *J. Pharm. Biomed. Anal*, vol. 28 pp 849–855, 2002.
- [50] N R Reddy and M D Pierson, "Reduction in antinutritional and toxic components in plant foods by fermentation", *Food Res. Int* 27: 281 – 290, 1994.
- [51] A S Sandberg and T Andlid, "Phytogenic and microbial phytases in human nutrition", *Int. J. Food Sci. Technol.* Vol.37, pp 823-83, 2002.
- [52] F Leenhardt, M-A Levrat-Verny, E Chanliaud and C Rémésy, "Moderate decrease of pH by sourdough fermentation is sufficient to reduce phytate content of whole wheat flour through endogenous phytase activity". *J. Agric Food Chem* 12; 53 (1) pp 98-102, 2005.
- [53] D Fardiaz and P Markakis, "Degradation of phytic acid in on con (fermented peanut press cake) ", *J. Food Sci.*, vol. 46. pp 523- 525 1981.
- [54] A Sutardi and K A Buckel, "Phytic acid changes in soyabeans fermented by traditional inoculum and six strain of rhizopusoligospores", *Journal of applied bacteriology*. Vol. 58: pp 539- 543, 1985.
- [55] L Oatway, T Vasanthan, and J H Helm, "Phytic acid", *Food Reviews International*, vol. 17, no. 4, pp 419-431, 2001.
- [56] A B Ross, G PSavaga, R J Martin and L Vanhanen, "Oxalates in oca (*New Zealand yam*) (*Oxalis tuberosa* Mol.)", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, vol.47 pp 5019-5022, 1999.
- [57] F O Omoruyi, L Dilworth and H N Asemota, "Antinutritional factors, zinc, iron and calcium in some Caribbean tuber crops and the effect of boiling or roasting", *Nutrition and Food Science*, vol. 37, no. 1, pp 8-15, 2007.

- [58] H Rodríguez, J A Curiel, J M Landete, B de las Rivas, F L de Felipe, C. Gómez Cordovés, J M Mancheño, R Muñoz, "Food phenolics and lactic acid bacteria", *Int. J. Food Microbiol.* Vol.132, 79–90, 2009.
- [59] M Carbonaro, M Cappelloni, S Nicoli, M. Lucarini, and, E Carnovale. "Solubility-Digestibility Relationship of Legume Proteins", *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, vol.45, no 9 pp 3387-3394, 1997.
- [60] World Health Organization (WHO), *The treatment of diarrhea: a manual for physicians and other senior health workers*, Geneva, 2004.
- [61] R S Gibson and V P Anderson, "A review of interventions based on dietary diversification or modification strategies with the potential to enhance intakes of total and absorbable zinc", *Food Nutr Bull*; vol.176 no.30 pp 108S–143S, 2009.
- [62] I Lestienne, C Icard-Vernière, C Mouquet, C Picq and S Trèche, "Effect of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents", *Food Chemistry*, vol. 89 pp 421-425, 2005.
- [63], [64] E N Mills, J A Jenkins, M .J Alcocer, and P R Shewry, "Structural, biological, and revolutionary relationships of plant food allergens sensitizing via the gastrointestinal tract", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 44 pp 379-407, 2004.
- [65] C Tchiégang et K Aissatou, "Données ethno-nutritionnelles et les caractéristiques physico- chimiques des légumes feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun) ", *Tropicultura*, vol. 22, no. 1, pp 11-18, 2004.
- [66] S M Butt and R Batool, "Nutritional and Functional Properties of Some Promising Legumes Protein Isolates", *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 9, pp 373-379 2010.
- [67] M A Boateng, J K Addo, H Okyere, H Adu-Dapaah, J N Berchie and A Tetteh, "Physicochemical and functional properties of proteinates of two Bambara groundnut (*vigna subterranean*) landraces", *African Journal of Food Science and Technology*, vol. 4, no 4, pp 64-70, 2013.
- [68] O Olaofe, L A Arogundade, E I Adeyeye and O M Falusi. "Composition and food properties of the variegated grasshopper", *Trop.Sci*, Vol. 38, pp 233-237, 1998.
- [70] N Yadahally and Sreerama, "Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality", *Food Chemistry*, vol. 131 pp 462–468, 2012.