

Effets des traitements phytosanitaires sur les propriétés physicochimiques fonctionnelles et organoleptiques des graines de niébé cultivées au Bénin

Alice GOUGBE-SEMAKO^{1,2}, Mahouton Siméon Parfait NOUKPOZOUNKOU¹, Kowiou ABOUDOU¹, Okpeyewa Abebi Arayane YESSOUFOU¹, Kouamé Olivier CHATIGRE² et Mansourou Mohamed SOUMANOU¹

¹ Université d'Abomey-Calavi, École Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Génie de Technologie Alimentaire, Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, 01 BP 2009 Cotonou 01, Bénin

² Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Unité de Formation pour la Recherche en Biosciences, Laboratoire de Biochimie et Science des Aliments, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : msoumanoufr@yahoo.fr

Résumé

Le présent travail vise à évaluer les effets des traitements phytosanitaires sur les propriétés physicochimiques, fonctionnelles et organoleptiques des graines de niébé cultivées au Bénin. À cet effet, l'essai a été conduit suivant un dispositif de bloc aléatoire complet avec cinq (05) traitements (Virus *MaviMNPV* (ViS), Huile de neem (HnS), Topbio (TbS), Huile de neem + Virus (HnV), Topbio + Virus (TbV)). Les graines collectées ont été analysées aux plans physicochimique et fonctionnel puis la qualité des produits dérivés a été évaluée suivant une procédure d'évaluation sensorielle impliquant 30 panelistes. Les résultats obtenus indiquent que les traitements phytosanitaires ont significativement influencé les caractéristiques physicochimiques des graines de niébé traitées. Les teneurs en eau, en protéines, en lipides, en cendres et en glucides ont varié respectivement de 9,64 à 10,72 % ; 27,26 à 31,04 % ; 1,71 à 3,14 ; 3,02 à 3,37 % et de 53,24 à 58,16 %. Les graines traitées avec la combinaison de biopesticides (Topbio+Virus (TbV) et Topbio seul (TbS)) ont présenté des indices de gonflement et d'hydratation les plus élevés, et les galettes élaborées à partir de ces graines ont été globalement appréciées par 83,33 % des dégustateurs. Ainsi, l'utilisation des biopesticides pour des traitements phytosanitaires constitue donc une alternative efficace, économique et très avantageuse, dans la lutte contre les insectes ravageurs du niébé.

Mots-clés : *niébé, Vigna unguiculata, ravageurs, traitement phytosanitaire, caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles.*

Abstract

Effects of phytosanitary treatments on physicochemical, functional, and organoleptic properties of cowpea seeds grown in Benin

The present work aims to assess the effects of phytosanitary treatments on the physicochemical, functional and organoleptic properties of cowpea seeds cultivated in Benin. Thereby, the test was conducted using a complete random block device with five (05) treatments (*MaviMNPV* virus (ViS), Neem oil (HnS), Topbio (TbS), Neem oil + Virus (HnV), Topbio + Virus (TbV)). The seeds collected were analyzed at physicochemical and functional levels then the quality of the derived products was evaluated following a sensory evaluation procedure involving 30 panelists. The results obtained indicate that phytosanitary treatments significantly influenced the physicochemical characteristics of treated cowpea seeds. Water, protein, lipid, ash and carbohydrate contents varied respectively from 9.64 to 10.72 % ; 27.26 to 31.04 % ; 1.71 to 3.14 ; 3.02 to 3.37 % and from 53.24 to 58.16 %. Seeds treated with the combination of biopesticides (Topbio+Virus (TbV) and Topbio alone (TbS)) presented the highest swelling and hydration indices, and the biscuits elaborated from these seeds were globally appreciated by 83.33 % of the tasters. Thus, the use of biopesticides for phytosanitary treatments is therefore an effective, economical and very advantageous alternative, in the fight against cowpea pests.

Neem oil + Virus (HnV), Topbio + Virus (TbV)). The seeds collected were analyzed at the physicochemical and functional levels then the quality of the derived products were assessed following a sensory evaluation procedure involving 30 panelists. The results obtained show that the phytosanitary treatments significantly influenced the physicochemical characteristics of the treated cowpea seeds. The water, protein, lipids, ash and carbohydrate contents varied from 9.64 to 10.72 % respectively; 27.26 to 31.04 %; 1.71 to 3.14; 3.02 to 3.37 % and from 53.24 to 58.16 % Seeds treated with the combination of biopesticides (Topbio + Virus (TbV) and Topbio alone (TbS)) showed signs of swelling and hydration, and the cakes made from these seeds were overall appreciated by 83.33 % of tasters. Thus, the use of biopesticides for phytosanitary treatments therefore constitutes an effective, economical and very advantageous alternative in the fight against insect pests of cowpea.

Keywords : *cowpea, Vigna unguiculata, pests, phytosanitary treatment, physicochemical and functional characteristics.*

1. Introduction

Le niébé [*Vigna unguiculata*(L.) Walp.] est l'une des plus importantes légumineuses alimentaires dans certains pays d'Afrique subsaharienne, d'Amérique du Sud et de l'Inde. Il joue un rôle très important dans l'équilibre nutritionnel et dans l'économie des populations rurales [1]. En effet, le niébé constitue un apport important et peu coûteux en protéines (18 à 30 % MS), en vitamines et en minéraux [2]. Malgré son importance, la productivité du niébé est généralement très faible (100 à 350 Kg/ha), à cause de nombreuses contraintes biotiques et abiotiques [3, 4]. Cette faible productivité est due à l'attaque des insectes ravageurs (Thrips *Megalurothrips sjostedti*, ravageurs floricoles ; *Maruca vitrata*, foreur de fleurs et de gousses ; pucerons, *Aphis craccivora*, *Callosobruchus maculatus* FAB) associés à cette culture en pré et post récolte [5]. *Callosobruchus maculatus* FAB (Coléoptère, Bruchidae) est le ravageur le plus redoutable en post récolte, qui détruit d'énormes quantités de produits stockés [6]. Cependant, l'utilisation des pesticides de synthèse apparaît de nos jours comme le premier réflex du paysan, en raison de son efficacité et de son application facile et pratique [7]. Nonobstant leur efficacité, l'utilisation de ces pesticides est source des risques d'ordre sanitaire, de pollution des eaux et des sols et de développement de résistance chez les parasites ciblés par les traitements insecticides [8]. Dans ce contexte, une place de choix est accordée aux biopesticides, car les risques de santé chez l'homme et de pollution de l'environnement, associés à leur utilisation sont moindres. En effet, l'efficacité des biopesticides, dont les dérivés du neem et le virus *MaviMNPV*, n'est plus à démontrer de nos jours [9 - 13]. Ainsi, des études ont montré que les dérivés du neem utilisés seuls ou en association avec le virus *MaviMNPV* se sont révélés très efficaces contre les insectes ravageurs ciblés du niébé [14, 15]. Cependant, il s'avère que ces biopesticides utilisés au champ influencent la qualité des graines récoltées [16]. Or l'insertion du niébé dans l'amélioration de la valeur nutritionnelle des aliments à base de céréales pourrait contribuer à réduire de nombreux déficits ou carences alimentaires [17, 18]. Ainsi, après les précautions prises pour préserver ces graines de l'attaque des ravageurs, une investigation sur les propriétés de ces dernières s'impose. Mais très peu de données sont disponibles sur la composition des graines de niébé récoltées, après le traitement au champ avec les biopesticides. Il urge donc de déterminer les caractéristiques des graines récoltées après l'application des biopesticides à la culture au champ. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude qui vise à évaluer les effets des traitements phytosanitaires sur les propriétés physicochimique, fonctionnelle et organoleptique des graines de niébé cultivées au Bénin.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était constitué de la variété locale de niébé communément appelée « *TAWA* » et a été fourni par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA-Bénin). L'huile de neem et TopBio dont le principe actif est l'azadirachtine sont tous deux des biopesticides 100 % naturel et couramment utilisés dans la lutte contre les insectes ravageurs. Le virus *MaviMNPV*, isolé des larves de *M. vitrata* a été fourni par le laboratoire de phytopathologie de l'IITA-Bénin.

2-2. Traitements phytosanitaires des cultures du niébé

Sept traitements phytosanitaires à raison de cinq formulations de biopesticides et deux témoins ont été appliqués à la culture du niébé au champ (*Tableau 1*).

Tableau 1 : *Traitements appliqués à la culture du niébé au champ*

Traitements	Codes	Formulations
1	T0	Témoin absolu (traitement à l'eau potable)
2	PS	1000 mL du pesticide de synthèse (LAMBDA CE 25 EC) / hectare
3	HnV	1000 mL d'huile de neem + 106 mL du Virus MaviMNPV/ hectare
4	TbS	1000 mL de Topbio seul / hectare
5	HnS	1000 mL d'huile de neem seul / hectare
6	ViS	106 mL du Virus MaviMNPV seul / hectare
7	TbV	1000 mL de Topbio + 106 mL du Virus MaviMNPV / hectare

2-3. Procédés de production des galettes de niébé

Les procédés de production des galettes de niébé sont résumés dans le diagramme de la *Figure 1* suivante.

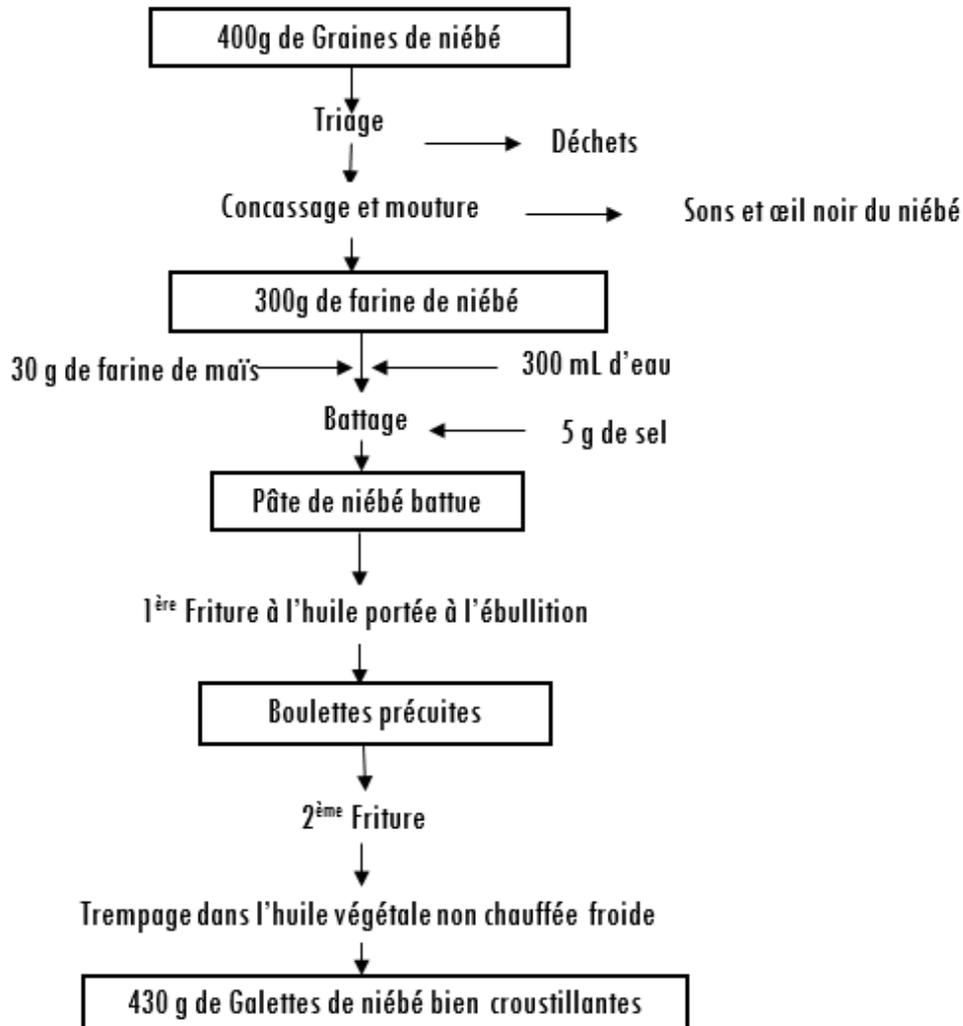


Figure 1 : Diagramme de production des galettes de niébé (Ataclê)

2-4. Analyses physicochimiques des graines de niébé

Les dimensions moyennes (longueur, la largeur et l'épaisseur) de 25 graines saines, et le poids de 100 graines ont été déterminés à l'aide d'un pied à coulisse (DIGITAL CALIPER : 0-150 mm) et d'une balance électronique de précision 0,001. La teneur en eau des graines de niébé a été déterminée selon la méthode proposée par [19]. Quant aux cendres, elles ont été déterminées selon la méthode décrite par [20]. Le principe consiste à incinérer les matières organiques au four à moufle à 550°C pendant 12h, jusqu'à l'obtention de résidu blanchâtre. La méthode utilisée pour déterminer la teneur en lipide est celle de Soxhlet. Elle a consisté à extraire les lipides libres de l'échantillon avec l'hexane à une température de 40-60 °C. La détermination de la teneur en protéines a été faite par la méthode de Kjeldhal [20]. Les glucides totaux et la valeur énergétique ont été déterminés par calcul en suivant la méthode préconisée par [21], en considérant les teneurs en humidité, en lipides, en protéines et en cendres. La valeur énergétique a été exprimée en kilocalories pour 100 g d'aliment.

2-5. Détermination des propriétés fonctionnelles des graines de niébé

Le test de cuisson a été réalisé selon la méthode de la référence [2] qui consiste à introduire 100 graines de niébé dans un bécher contenant 100 mL d'eau préalablement portée à ébullition sur une plaque chauffante.

Les 100 graines ont été introduites dans le bécher au début de l'ébullition de l'eau et le chronomètre a été déclenché. Après la 15^{ème} minute, 4 graines ont été prélevées et coupées en deux grâce à une lame et les observations sur leur état de cuisson ont été notées. La présence de tache blanchâtre à l'intérieur des cotylédons signifie la non-gélatinisation complète de l'amidon. Tandis que les graines cuites sont tendres à l'écrasement entre deux doigts et un amidon gélatinisé. Le prélèvement et les observations des graines ont été répétés toutes les cinq minutes, jusqu'à la cuisson complète et on note le temps de cuisson. L'indice de gonflement à la cuisson correspond au rapport entre le volume des graines cuites et celui des graines avant cuisson. Le volume des graines a été déterminé grâce à l'élévation de l'eau dans une éprouvette de 100 mL suite à l'immersion de ces graines selon la méthode de la référence [2]. La capacité d'hydratation et l'index d'hydratation ont été déterminés suivant les méthodes de [22]. Les graines de niébé ont été trempées suivant un ratio graine/eau : 1/4 (m/v) dans l'eau distillée pendant 16 heures. Les graines ont été entreposées dans des bassines puis placées dans une enceinte climatique régulée à 25 °C. Pour chaque lot, l'évolution de la masse avant et après le trempage ainsi que le volume d'eau résiduel ont été mesurés afin de pouvoir calculer l'index d'hydratation tout en passant par le calcul de la capacité d'hydratation. La capacité d'hydratation représente le gain de masse durant le trempage par graine exprimé en g d'eau / graine. L'index d'hydratation est représenté quant à lui par le gain de masse par gramme de légumineuse exprimée en g d'eau /g de graine par *l'Equation (3)* proposée par [22] :

$$\text{Index d'hydratation} = \frac{\text{Capacité d'hydratation d'une graine}}{\text{Masse d'une graine crue}} \quad (1)$$

Les capacités d'absorption d'eau et d'huile ont été déterminées suivant la méthode QQCC 56-20 [19] modifiée par [23]. Un gramme (1 g) de farine de graines de niébé est dispersé dans 7 mL d'eau/d'huile. Après agitation pendant 30 min, le mélange est centrifugé à 4500 trs/min pendant 10 min et le culot est récupéré puis pesé.

2-6. Analyse sensorielle des galettes du niébé

Le test de classement a été utilisé pour l'évaluation de la qualité organoleptique des galettes issues des différents échantillons de niébé. C'est un test hédonique qui consiste à donner simultanément et dans un ordre aléatoire, les différents échantillons codés par 4 chiffres (distribution monadique séquentielle) à chaque dégustateur. Cette technique permet de décrire objectivement et de mesurer les caractéristiques organoleptiques des galettes de niébé. Ainsi, 30 dégustateurs ont apprécié les galettes issues des différents échantillons du niébé selon les paramètres goût, arôme, couleur, et appréciation globale.

2-7. Analyse statistique des données

Les analyses statistiques descriptives ont été effectuées en utilisant le tableur Microsoft Excel 2016. Les données obtenues ont été analysées en utilisant une analyse de variance (ANOVA) à un niveau de confiance de 95 % avec le logiciel SPSS version 17.0. Les valeurs des paramètres mesurés sur les différents échantillons ont été comparées. Les appréciations sensorielles individuelles ont été analysées par ANOVA à un facteur pour déterminer la variation significative entre les scores sensoriels moyens.

3. Résultats et discussion

3-1. Caractéristiques physiques des graines de niébé traitées et non traitées au champ

Les caractéristiques physiques des graines de niébé traitées sont présentées par *le Tableau 2*. Le poids et la longueur ont oscillé respectivement de 10,35 à 12,10 g et de 6,63 à 7,23 mm tandis que la largeur et l'épaisseur ont varié de 5,23 à 5,56 mm et de 4,15 à 4,42 mm. L'analyse des résultats indique que les traitements phytosanitaires n'influencent pas les caractéristiques physiques des graines de niébé. Statistiquement, on remarque qu'il existe une différence significative au seuil de 5 % entre les dimensions des graines de niébé traitées. Les graines traitées avec l'huile de neem (HnS) et le virus *MaviMNPV* (ViS) ont présenté des valeurs élevées pour le poids de 100 graines (12,10 g) contrairement aux graines non traitées (TO) et traitées avec pesticides chimiques (PS). Toutefois, ces valeurs déterminées étaient inférieures à celles trouvées pour le niébé de la variété N14BBoBg [1]. Concernant les dimensions moyennes, les valeurs obtenues dans cette étude sont supérieures à celles rapportées par la référence [24] pour la longueur des graines de la variété NKT7. Les auteurs [25] ont trouvé 9,42 mm et 5,73 mm respectivement pour la longueur et l'épaisseur du niébé de la variété locale VT. Ces résultats sont par contre supérieurs à ceux trouvés dans la présente étude. Cette différence pourrait être due aux conditions agroécologiques du sol.

Tableau 2 : *Caractéristiques physiques des graines de niébé traitées et non traitées*

Échantillons	Poids de 100 graines (g)	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Épaisseur (mm)
TO	11,45 ± 0,00 ^{bc}	6,86 ± 0,13 ^{ab}	5,23 ± 0,02 ^a	4,15 ± 0,02 ^a
PS	10,35 ± 0,00 ^a	7,18 ± 0,02 ^b	5,42 ± 0,03 ^b	4,29 ± 0,06 ^{ab}
TbS	10,50 ± 0,00 ^a	7,23 ± 0,22 ^b	5,56 ± 0,07 ^b	4,42 ± 0,02 ^b
HnS	12,10 ± 0,00 ^c	6,63 ± 0,14 ^a	5,43 ± 0,05 ^b	4,28 ± 0,02 ^{ab}
HnV	11,00 ± 0,00 ^{ab}	7,04 ± 0,01 ^b	5,45 ± 0,00 ^b	4,31 ± 0,03 ^{ab}
ViS	12,10 ± 0,00 ^c	7,05 ± 0,08 ^b	5,42 ± 0,06 ^b	4,29 ± 0,04 ^{ab}
TbV	10,65 ± 0,00 ^a	7,16 ± 0,12 ^b	5,50 ± 0,04 ^b	4,30 ± 0,1 ^{ab}

Les valeurs portant des lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de 5 %

3-2. Caractéristiques biochimiques des graines de niébé traitées et non traitées au champ

Les caractéristiques biochimiques des graines de niébé traitées sont présentées dans *le Tableau 3*. Les teneurs en eau, en cendres, en protéines, en lipides, en glucides et la valeur énergétique ont varié respectivement entre 9,64 et 10,72 ; 3,02 et 3,14 ; 27,26 % et 31,04 % ; 1,71 et 2,24 ; 53,24 et 58,16 ; et 354,10 et 363,07. Excepté la teneur en cendres, l'analyse statistique indique que les traitements phytosanitaires influencent significativement les caractéristiques biochimiques des graines de niébé au seuil de 5 %. Cette différence pourrait être due à la composition chimique des biopesticides utilisés au champ, qui de par leur rôle de biofertilisant pourraient influencer les caractéristiques de ces graines [16]. En effet, la modification

de la salinité du sol due aux produits de traitement, fragilise les liaisons protéiques des pigments verts et provoque ainsi une diminution aigue de la teneur en chlorophylle, donc une modification de la composition biochimique des légumineuses et précisément de l'espèce *Vigna radiata*(L.) [26]. Les teneurs en eau obtenues sont similaires à celles obtenues par [27]. Généralement, les graines de niébé sont connues pour leurs faibles humidités. Ceci représente un véritable atout pour la conservation de ces graines sur une période relativement longue, car selon les recommandations du Codex Alimentarius, une teneur en eau inférieure à 12 % est idéale pour la conservation des graines de niébé. Les mêmes observations ont été faites par [28] qui ont rapporté qu'une forte teneur en humidité diminue le temps de stockage et impacte la qualité des graines [28]. Concernant la teneur en cendres, la forte valeur (3,14 %) était obtenue pour les graines traitées avec le biopesticide Topbio (TbS). Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par les auteurs [29] qui ont obtenu 4,56 % pour les graines de niébé de la variété locale *Kpayo*. Les mêmes observations ont été faites pour la variété *Dannoukoun* originaire du Bénin, dont la teneur en cendre est de 4,17 % [29]. La teneur en matières grasses des graines (1,71 - 3,37 %) est relativement faible comme pour la plupart des légumineuses. Les graines traitées avec topbio seul ont présenté la forte teneur en lipides ($3,35 \pm 0,15$) comparativement aux graines non traitées (1,85 %) et traitées (1,71 %) avec du pesticide chimique. Ces résultats sont en accord avec ceux de [30, 31] qui ont trouvé des valeurs de $2,1 \pm 0,1$ % et de 1,95 à 4,01 % respectivement pour la farine de niébé produite au Soudan et en Côte d'Ivoire. Selon les auteurs [32], les graines de légumineuses, à l'exception du soja et de l'arachide, contiennent de façon générale peu de lipides. La différence significative observée entre les différents échantillons de niébé pourrait être liée aux biopesticides utilisés au cours de cette étude. La teneur en lipides la plus élevée a été observée au niveau des graines traitées avec Topbio seul qui est une formulation à base d'huile de neem dont l'azadirachtine est le principe actif, et qui est conditionné dans un emballage opaque, donc à l'abri de la lumière.

En outre, certaines formulations à base de neem conservent leur teneur en azadirachtine pendant au moins un an lorsqu'elles sont stockées dans le noir, donc à l'abri de la lumière [33]. De même, plusieurs auteurs ont rapporté que les biopesticides notamment l'huile de neem peuvent rehausser la teneur en huile des graines de maïs et de niébé [34, 35]. Les acides gras contenus dans Topbio pourraient donc s'accumuler progressivement dans les graines de niébé pendant toute la durée des traitements au champ, car l'huile de neem a la capacité d'infiltrer les graines de niébé [36]. Quant aux teneurs en protéines, les graines traitées avec l'huile de neem (HnS) ont présenté une forte valeur ($31,04 \pm 0,06$ %) comparativement à celles (20,90 et 22,88 %) trouvées par la référence [29] mais en similaires accords avec celles rapportées par les auteurs [37] pour les graines de niébé. La forte teneur en protéines observée au niveau de HnS contrairement aux autres échantillons traités avec les combinaisons de biopesticides pourrait être liée à l'effet inhibiteur des terpénoïdes contenus dans le neem sur le processus de nitrification des bactéries [16]. Ainsi, la disponibilité de l'azote est prolongée au cours de la vie des plantes. En somme, la forte teneur en protéine des graines de l'échantillon HnS par rapport aux autres échantillons peut s'expliquer par ce mécanisme, car le traitement à l'huile de neem seul est plus concentré en terpénoïdes, contrairement aux autres échantillons traités avec des combinaisons d'huile avec d'autres biopesticides. Par ailleurs, les plus faibles (53,24 % et 354,10 Kcal/100 g) teneurs en glucides et valeur énergétique étaient obtenues pour les graines traitées avec l'huile de neem seul. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par les auteurs [38] mais inférieurs à ceux (614,4 % - 658,1 %) trouvés par [31] pour les graines de niébé provenant de la Côte d'Ivoire. Les valeurs énergétiques des graines de niébé obtenues dans la présente étude sont en accord avec ceux de la référence [38] mais inférieurs à ceux rapportés par les auteurs [16] (61,44 % - 65,81 %). Cette différence pourrait s'expliquer par les variations observées au niveau des autres composants biochimiques de ces graines, car l'énergie des légumineuses provient de l'apport des protéines, des lipides et des glucides [39].

Tableau 3 : Caractéristiques biochimiques des graines de niébé

Échantillons	Teneur en eau (%)	Teneur en cendre (%)	Teneur en lipide (%)	Teneur en protéine (%)	Teneur en glucide (%)	Valeur énergétique
TO	9,70 ± 0,10 ^a	3,05 ± 0,19 ^a	1,85 ± 0,00 ^a	27,26 ± 0,13 ^a	58,16 ± 0,43 ^e	358,25 ± 0,01 ^b
HnS	10,19 ± 0,03 ^b	3,11 ± 0,02 ^a	2,44 ± 0,06 ^{bc}	31,04 ± 0,06 ^f	53,24 ± 0,01 ^a	359,00 ± 0,01 ^b
HnV	10,72 ± 0,16 ^c	3,02 ± 0,10 ^a	2,24 ± 0,19 ^b	28,41 ± 0,02 ^c	55,62 ± 0,28 ^c	356,26 ± 0,00 ^{ab}
ViS	10,64 ± 0,05 ^c	3,03 ± 0,08 ^a	2,50 ± 0,05 ^{bc}	28,54 ± 0,04 ^c	55,29 ± 0,11 ^c	357,78 ± 0,01 ^b
TbV	9,64 ± 0,11 ^a	3,02 ± 0,15 ^a	2,62 ± 0,00 ^c	27,55 ± 0,04 ^b	57,18 ± 0,09 ^d	362,26 ± 0,00 ^c
PS	10,48 ± 0,11 ^{bc}	3,13 ± 0,12 ^a	1,71 ± 0,01 ^a	30,40 ± 0,03 ^e	54,28 ± 0,20 ^b	354,10 ± 0,00 ^a
TbS	10,32 ± 0,12 ^b	3,14 ± 0,15 ^a	3,37 ± 0,15 ^d	29,20 ± 0,02 ^d	53,99 ± 0,11 ^b	363,07 ± 0,00 ^c

Les valeurs portant des lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de 5 %

3-3. Propriétés fonctionnelles des graines de niébé traitées et non traitées au champ

Les **Figures 2 et 3** présentent les caractéristiques technologiques des différentes graines de niébé traitées et non traitées. Le temps de cuisson des graines a varié de 43,50 à 57,50 min (**Figure 2**). Les graines de niébé non traitées ont présenté un temps de cuisson assez long (57 min) comparativement à ceux trouvés pour les graines de niébé traitées avec l'huile de neem (HnS), avec la combinaison huile de neem+Virus (HnV) et le pesticide chimique (PS). Ces résultats sont en accord avec ceux de [2] qui ont trouvé 40 min comme temps de cuisson, pour le niébé de la variété TN-27-80 issue du Niger. Ces auteurs ont rapporté que la texture des graines exercerait une grande influence sur le temps de cuisson des graines, en particulier sur leur mode d'hydratation et les caractéristiques des produits cuits. En effet, la dureté des graines influence le degré de cuisson en raison du gradient de cuisson depuis la surface jusqu'au cœur de la graine. Ce qui indique que le temps de cuisson du niébé est influencé par l'effet variétal [40]. L'indice de gonflement quant à elle, a varié de 2,02 à 2,63 (**Figure 2**). La valeur la plus élevée est obtenue pour les graines traitées avec la combinaison de Topbio+Virus (TbV) ($2,63 \pm 0,02$) et corrobore les résultats de la référence [2] qui ont rapporté que les indices de gonflement à la cuisson étaient compris entre 2 et 3 pour les quatre variétés de niébé analysées. Cet indice traduit le degré de gélatinisation de l'amidon contenu dans la graine de niébé, pendant la cuisson.

En effet, plus l'amidon contenu dans la graine se gélatinise sous l'effet de la chaleur, plus la graine gonfle et plus la masse de graine obtenue en fin de cuisson est considérable. Ce paramètre constitue pour les consommateurs et femmes transformatrices du niébé, un critère très déterminant de choix, lors des approvisionnements en matières premières (graines sèches de niébé). L'index d'hydratation et la capacité d'absorption d'eau et d'huile des graines ont varié respectivement de 0,89 à 1,03 ; 2,27 à 2,70 g/gMS et de 1,14 à 1,95 g/gMS. Ces valeurs sont supérieures à celles des auteurs [41] qui ont obtenu des valeurs comprises entre 199,26 et 239,75 mL/100 g de farine pour la capacité d'absorption d'eau et 2 et 2,12 mL / g de farine pour la capacité d'absorption d'huile, sur sept cultivars de voandzou en Côte d'Ivoire. Cependant, la valeur la plus élevée de l'index d'hydratation est enregistrée au niveau des graines traitées avec Topbio seul (TbS), tandis que la plus faible valeur a été obtenue avec les graines traitées avec le pesticide de synthèse (PS). Ces paramètres constituent un indicateur utile à déterminer, car il permet de savoir si les farines issues de ces graines de niébé peuvent être incorporées dans des formulations alimentaires aqueuses [32]. Les paramètres constitués de l'index d'hydratation, la capacité d'absorption d'eau et d'huile, l'indice de gonflement à la cuisson sont tous liés à la teneur en protéines des graines de niébé, c'est-à-dire, plus un échantillon de graine est riche en protéines, plus la capacité d'absorption d'eau de ce dernier augmente [42]. De plus, la capacité

d'absorption d'eau d'une légumineuse est liée à la capacité de gonflement des granules d'amidon contenus dans cette légumineuse [43]. En outre, plus les protéines contiennent des acides aminés polaires, plus elles deviennent hydrophiles, donc absorbent plus d'eau, car l'interaction eau-protéines se fait au niveau des acides aminés polaires. Par conséquent, les valeurs élevées de l'index d'hydratation, de la capacité d'absorption d'eau et d'huile, et indice de gonflement, enregistrées au niveau des graines traitées avec l'huile de neem seul et Topbio seul, pourraient s'expliquer par ces mécanismes ; car ces échantillons présentent les teneurs les plus élevées en protéines. Cela suggère que la farine de niébé peut être utilisée dans la formulation de certains aliments comme les saucisses, les pâtes, le fromage fondu, les soupes et les produits de boulangerie. La capacité d'absorption d'huile est d'une importance capitale puisqu'elle permet de retenir la saveur des aliments [44].

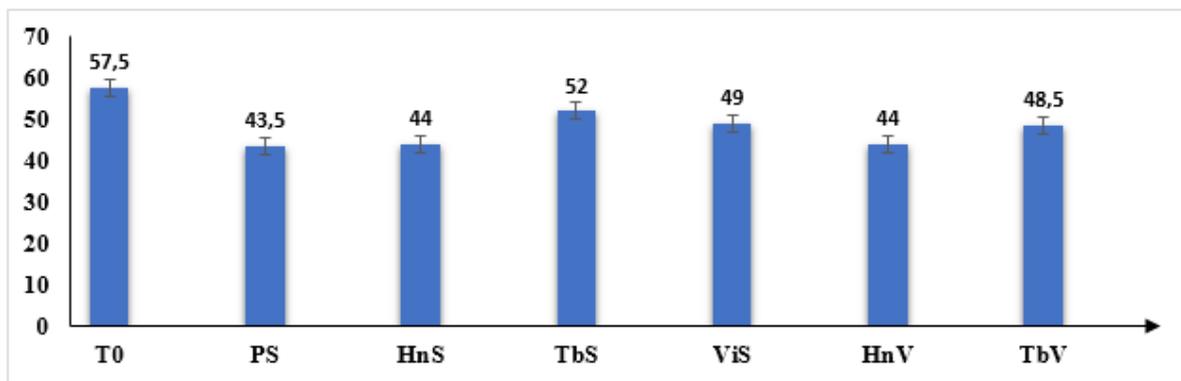


Figure 2 : Temps de cuisson des graines de niébé traitées et non traitées

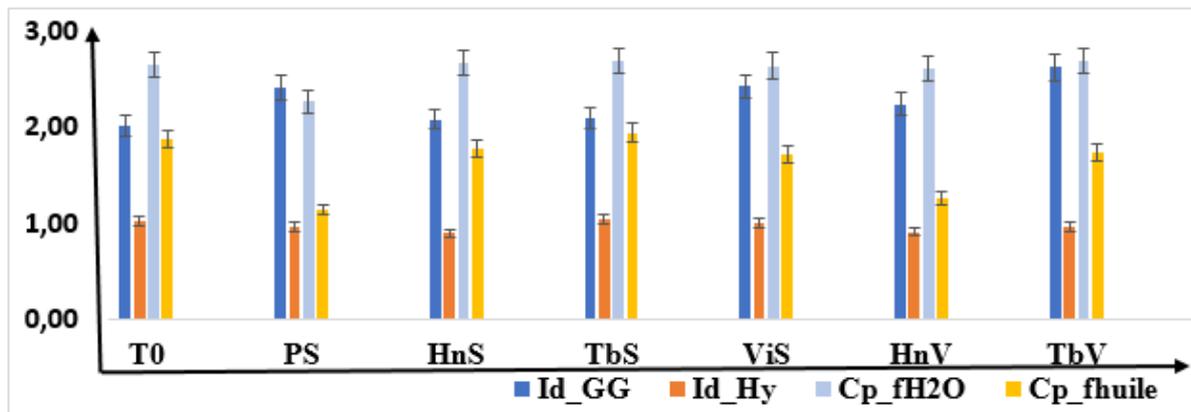


Figure 3 : Propriétés fonctionnelles des graines de niébé traitées et non traitées

3-4. Caractéristiques sensorielles des galettes des différents échantillons de niébé

La **Figure 4** présente l'appréciation globale des galettes produites à partir des différents échantillons de graines de niébé traités et non traités. Ces galettes ont été diversement appréciées par le panel de dégustateurs. La couleur d'un aliment constitue le premier élément d'attirance de ce dernier par le consommateur. Ainsi, les galettes élaborées à partir des graines traitées avec les combinaisons d'huile de neem + Virus (HnV), Topbio + virus (TbV), et Topbio seul (TbS) ont été appréciées en termes de couleur, respectivement par 63,33 %, 73,33 %, 83,33 % des dégustateurs. Selon la référence [45], la couleur des couscous produits à partir du sorgho est fonction du degré de décortiquage de ses grains. De même, une

appréciation très agréable a été attribuée à l'arôme des galettes produites à partir des graines traitées avec la combinaison de Topbio et de virus (TbV), par 24 sur 30 dégustateurs. Cela pourrait être dû à l'arôme citronnelle associé à Topbio. Les galettes produites à partir des graines traitées avec le virus seul (ViS) et celles issues des graines traitées avec l'huile de neem seule (HnS) se démarquent ainsi des autres galettes par leurs goûts selon 85 % des dégustateurs. Globalement, les galettes produites à partir des graines traitées avec les biopesticides ont été très appréciées par les dégustateurs. Les mêmes observations ont été faites par la référence [7] qui a montré que les huiles essentielles améliorent les caractéristiques des produits dérivés du niébé, et augmentent la préférence des consommateurs.

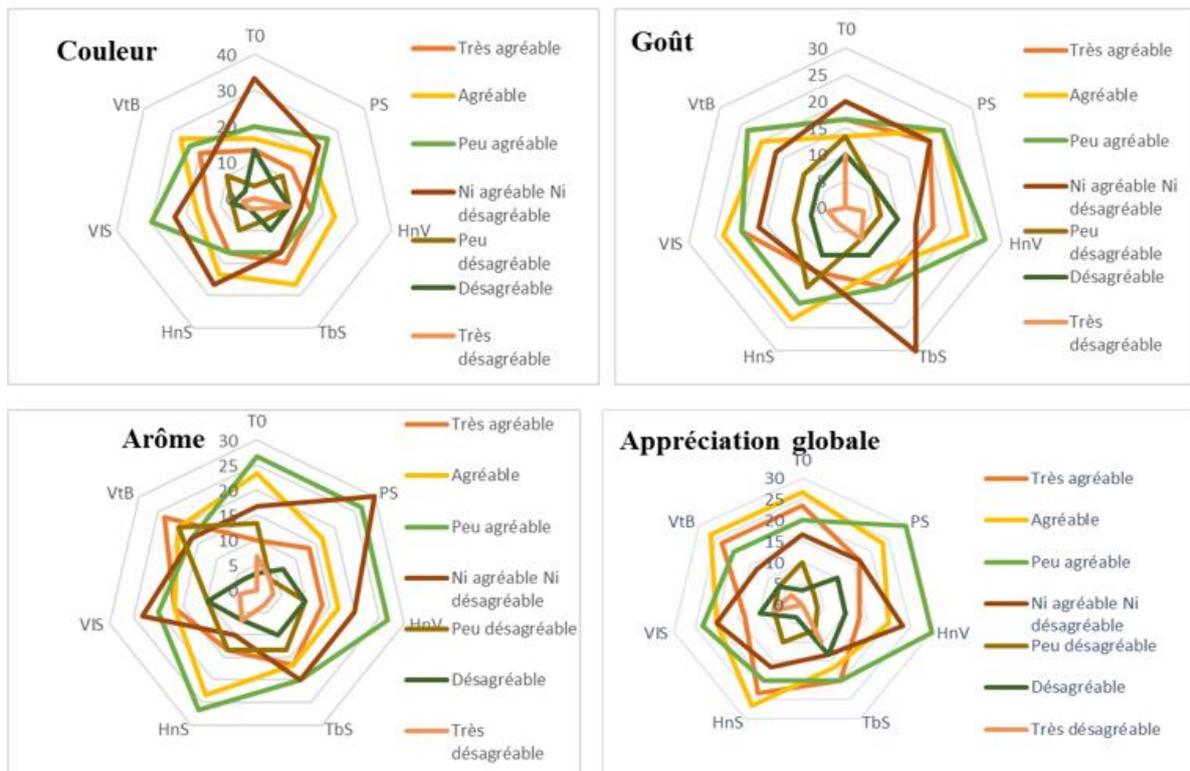


Figure 4 : Appréciation de la couleur, du goût, de l'arôme et de l'appréciation globale des galettes

T0 : Témoin absolu sans traitement ; *PS* : Graines traitées avec le pesticide de synthèse ; *HnS* : Graines traitées avec l'huile de neem seul ; *ViS* : Graines traitées avec le virus seul ; *TbS* : Graines traitées avec Topbio seul ; *HnV* : Graines traitées avec l'huile de neem + Virus ; *TbV* : Graines traitées avec la combinaison de Topbio et du virus.

4. Conclusion

Les graines de niébé traitées au champ avec les biopesticides sont caractérisées aux plans physicochimique et fonctionnel et les galettes issues de ces graines sont élaborées et appréciées par un panel de dégustateurs. Les résultats ont révélé que les graines traitées avec Topbio (TbS), une combinaison d'huile de neem + virus (HnV), et une combinaison de Topbio + virus (TbV) ont présenté les meilleures propriétés physicochimiques et fonctionnelles. De plus, les galettes issues des graines traitées avec la combinaison des Topbio+Virus ont été globalement appréciées par la majorité des dégustateurs. La teneur en protéines des graines traitées

avec les biopesticides a sérieusement augmenté comparativement aux graines non traitées. Ces traitements peuvent être donc conseillés aux agriculteurs familiaux. En somme, les biopesticides utilisés dans la présente étude se positionnent comme une alternative aux pesticides chimiques en ce sens qu'ils permettent d'améliorer les teneurs en protéines, en lipides, en glucides et la valeur énergétique des graines récoltées. Ils seraient donc un produit phytosanitaire sans impact négatif sur la santé humaine et sur les animaux et peuvent contribuer à la sauvegarde de l'environnement.

Remerciements

Le présent travail a été financé par l'Association de Recherche Ouest Africaine (West African Research Association : WARA). Les auteurs remercient également la Banque Mondiale pour le soutien financier accordé au premier auteur de cet article, à travers le Centre d'Excellence Africain sur les Changements Climatiques la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD) de la Côte d'Ivoire.

Références

- [1] - M. A. D. BOYE, S. E. S. YAPO, N. B. C. KOFFI, N. J. KOUASSI, D. C. TONESSIA, D. F. SOKO BALLO, E. K. SEU, J. G. AYOLIE and K. Y. J. KOUADIO, Etude de la qualité agronomique et biochimique de quelques variétés de niébé (*Vigna Unguiculata* (L) Walp (Fabaceae) provenant de la Côte d'Ivoire ; *European Scientific Journal*, vol 12(24) (2016) 362 - 375
- [2] - A. BALLA and M. BARAGÉ, Influence de la variété, du temps de stockage et du taux de natron sur la cuisson des graines de niébé, *TROPICULTURA*, Vol 24 (1) (2006) 39 - 44
- [3] - R. MUKENDI, P. TSHLENGE, C. KABWE and T. B. M. MUNYULI, Efficacité des plantes médicinales dans la lutte contre *ootheca mutabilis* sahlb. (chrysomelidae) en champ de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Stabilisation d'extrait aqueux de feuilles et efficacité sur culture de niébé 201 Walp.) en RD du Congo. *Lebanese Science Journal*(1) (2014) 15
- [4] - W. M. DIANDA, Etude de l'efficacité et de la sélectivité de Imazétabapyr 240g/l contre les adventices du niébé (*Vigna unguiculata* (L.)) et ses effets sur les propriétés chimiques du sol, Université Polytechnique De Bobo-Dioulasso (Upb), (2016) 81
- [5] - D. A. KPOVIESSI, J. DOSSOU, D. C. CHOUGOUROU, A. H. BOKONON-GANTA, R. A. FRANCISCO and N. V. FASSINOU-HOTEGNI, Evaluation de L'effet insecticide et insectifuge du Baume de Cajou sur les Insectes nuisibles du Niébé *Vigna Unguiculata*(L.) Walp. au Champ, *European Journal of Scientific Research*, Vol 146 (4), (2017) 417 - 432
- [6] - F. JOHNSON, B. SERI-KOUASSI, L. R. N. ABOUA, and K. FOUA-BI, *Agronomie Africaine* vol 18 (3) (2006) 221 - 233
- [7] - R. F. HOUINSOU, E. S. ADJOU, E. DAHOUEON-AHOUSI, C. K. D. SOHOUNHLOUÉ and M. M. SOUMANOU, Caractéristiques biochimique et sensorielle du niébé (*Vigna unguiculata*) conservé au moyen des huiles essentielles extraites de plantes de la famille des Myrtaceae, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol 9(1) (2014) 428 - 437
- [8] - B. KPATINVOH, E. S. ADJOU, E. DAHOUEON-AHOUSI, T. R. C. KONFO, B. C. ATREVY, and D. SOHOUNHLOUE, Problématique de la conservation du niébé (*Vigna unguiculata* (L), Walp) en Afrique de l'Ouest : étude d'impact et approche de solution, *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol 31 (1), (2016) 4831 - 4842

- [9] - P. A. E. DANNON, D. Y. ARODOKOUN and M. TAMO, Distribution and sampling of *Maruca vitrata* (FABRICIUS) (Lep., Pyralidae) larve on *Lonchocarpus sericeus* (PÜIR) H. B. and K. *J appl. Ent.* 126 (2002) 188 - 193
- [10] - I. BAOUA, M.B. NIANGO, A. A. TOLULOPE, V. MARGAM, C. DABIRE, A. SANON, and R. P. BARRY, Potential use of *Sesbania pachycarpa* (Fabaceae: Papilionoideae) as a refugia for the legume pod borer *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae). *International Journal of Tropical Insect Science* Vol. 31, n° 4 (2011) 212 - 218
- [11] - A. S. FAMATA, S. M. H. M. MODU, H. HAJJAGANA, L. A. Y. SHETTIMA, and A. HADIZA, Chemical composition and mineral element content of two cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp) varieties as food supplement, *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, Vol. 3, (4) (2013) 93 - 96
- [12] - B. R. TAMGNO, and S.L.N. TINKEU, Utilisation des produits dérivés du neem *Azadirachta indica* A. Juss comme alternatifs aux insecticides synthétiques pour la protection des semences de maïs et de sorgho dans la Vallée du Logone. *Sciences, Technologies et Développement* 15 (2014) 1 - 8
- [13] - O. ABDOULAYE, I. Z. BAOUA, S. BOUREIMA, L. AMADOU, M. TAMO, S. MAHAMANE, A. MAHAMANE and B. R. PITTENDRIGH, Étude de l'efficacité des biopesticides dérivés du Neem et de l'entomopathogène *MaviMNPV* pour la gestion des insectes ravageurs du niébé au Niger ; *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* (BRAB) Numéro 83 (2018) 1840 - 7099
- [14] - J. T. MEHINTO, P. ATACHI, M. ELEGBEDE, O. K. D. KPINDOU, M. TAMO, Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au Centre du Bénin. *Journal Appliqué de Bioscience* Vol. 84, n°1, (2014) 7695 - 7706
- [15] - B. M. SOKAME, A. K. TOUNOU, B. DATINON, E. A. DANNON, C. AGBOTON, R. SRINIVASAN, M. TAMO, Combined activity of *Maruca vitrata* multi-nucleopolyhedrovirus, MaviMNPV, and oil from neem, *Azadirachta indica* Juss and *Jatropha curcas* L., for the control of cowpea pests. *Crop Protection*, Vol. 72, (2015) 150 - 157
- [16] - N. J. KOUASSI, D. C. TONESSIA, J. G. SEU, D. F. SOKO, K. AYOLIE, Influence du décalage de semis du maïs (*Zea mays* L.) et du bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) sur leur production en zone savanicole de la Côte d'Ivoire ; *Journal of Applied Biosciences* 102 (2016) 9745 - 9755
- [17] - E. O. AFOAKWA, S. SEFA-DEDEH and E. SAKYI-DAWSON, Effects of cowpea fortification, dehydration method and storage time on some quality characteristics of maize-based traditional weaning foods, *AJFAND*, Vol. 4, (1) (2004) 1 - 15
- [18] - I. I. KHALID, B. ELHARDALLOU and E. A. ELKHALIFA, Composition and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp) flour and protein isolates, *American Journal of food technology*.7, (3) (2012) 113 - 122 I. I. KHALID, B. ELHARDALLOU and E. A. ELKHALIFA, Composition and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp) flour and protein isolates, *American Journal of food technology*.7, (3) (2012) 113 - 122
- [19] - AOAC, Official method of analysis of the Association of official Analytical Chemist, 5th ad. AOAC Press, Arlington, Virginia, USA (2005)
- [20] - AOAC, Official methods of analysis (13th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA (1990)
- [21] - FAO, Légumineuses. FAO/SMIAR. Perspectives de l'alimentation N°4 (2004) 15
- [22] - M. C. MARQUEZ and R. ALONSO, Inactivation of Trypsin inhibitor in chickpea. *Journal of food composition and analysis*, 12 (1999) 211 - 217
- [23] - O. M. AGBOGIDI, Response of six cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) to spent engine oil, *African Journal of Food Science and Technology*, vol 1(6) (2010) 139 - 142

- [24] - N. GHALMI, M. MALICE, J. M. JACQUEMIN, S. M. OUNANE, L. MEKLCHE, J. P. BAUDOIN, Morphological and molecular diversity within Algerian cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) landraces. *Genetic Ressources and Crop Evolution*, 57 (3) (2010) 371 - 386
- [25] - K. M. G. FROTA, R. A. M. SOARES and J. A. G. ARÊAS, Chemical composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), BRS-Milênio cultivar, *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28, (2) (2008) 470 - 476
- [26] - S. PRABHATI, M. R. MAHANANDA, A. RANI, Morphological and Biochemical Changes in Mung Plant (*Vigna radiata*(L.) Wilczek): Respond to Synthetic, *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, Sambalpur University, Jyoti-Vihar, Odisha-768019, India, Volume 1, Issue 6, (2014) 2348 - 3997
- [27] - B. KPATINVOH, E. ZANNOU, E. AHOUSI-DAHOUEON, Biological efficacy of three essential oils and *azadirachta indica* vegetable oil in control of an insect pest of cowpea grain: *Callosobruchus maculatus* (coleoptera: bruchidea). *Int. J. Adv. Res.* 5(5) (2017) 1080 - 1089
- [28] - B. A. ANHWANGE and G. H. ATOO, Proximate Composition of Indigenous Bambara nuts (*Vigna subterranean* (L.) Verdc). *SCSR Journal of Pure and Applied Science*. 2 (1) (2015) 11 - 16
- [29] - R. F. HOUINSOU, E. S. ADJOU, E. DAHOUEON-AHOUSI, C. K. D. SOHOUNHLOUÉ and M. M. SOUMANOU, Caractéristiques biochimique et sensorielle du niébé (*Vigna unguiculata*) conservé au moyen des huiles essentielles extraites de plantes de la famille des Myrtaceae, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol 9(1), (2014) 428 - 437
- [30] - I. I. KHALID, B. ELHARDALLOU and E. A. ELKHALIFA, Composition and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp) flour and protein isolates, *American Journal of food technology*, 7, (3) (2012) 113 - 122
- [31] - A. K. CASIMIR, M. DIOMANDE, B. K. KOUAME, E. S. S. YAPO and J. N. KOUASSI, Caractérisation physicochimique des graines de quatorze variétés de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) de Côte d'Ivoire, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol 17 (2) (2016) 496 - 505
- [32] - M. A. BOATENG, J. K. ADDO, H. OKYERE, H. ADU-DAPAAH, J. N. BERCHIE, A. TETTEH, Physicochemical and functional properties of proteinates of two Bambara groundnut (*vigna subterranean*) landraces. *African Journal of Food Science and Technology*, 4 (4) (2013) 64 - 70
- [33] - W. F. BARBOSA, L. De MEYER, R. N. C. GUEDES and G. SMAGGHE, Lethal and sublethal effects of azadirachtin on the bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera : apidae). *Ecotoxicology* 24 (2015) 130 - 142
- [34] - E. N. NUKENINE, H. K. TOFEL, C. ADLER, Comparative efficacy of Neem Azal and local botanicals derived from *Azadirachta indica* and *Plectranthus glandulosus* against *Sitophilus zeamais* on maize. *J. Pest Sci.* 84 (2011) 479 - 486
- [35] - L. J. BAMAIYI, I. S. NDAMS, W. A. TORO, and S. ODEKINA, Effect of mahogany *Khaya senegalensis* seed oil in the control of *Callosobruchus maculatus* on stored cowpea. *Plant Prot. Sci.* 42, (2006) 130 - 134
- [36] - C. E. CHINMA, I. C. ALEMEDE and I. G. EMELIFE, Physicochemical and Functional Properties of Some Nigerian Cowpea Varieties," *Pakistan Journal mof Nutrition*, 7, (1) (2008) 186 - 190
- [37] - A. A. YUSUF, H. AYEDUN and L. O. SANNI, Chemical composition and functional properties of raw and roasted Nigerian benni seed (*Sesamum indicum*) and bambara groundnut (*Vigna subterranean*). *Food Chemistry*. 111 (2008) 277 - 282
- [38] - Z. M. OFUYA, V. AKHIDUE, The role of pulses in human nutrition: A review. *Journal of Applied.Of Science and Environment Management* 9 (2005) 99 - 104
- [39] - M. AVANZA, B. ACEVEDO, M. CHAVES, M. AÑÓN, Nutritional and anti-nutritional components of four cowpea varieties under thermal treatments : Principal component analysis. *Food Science and Technology*, 51 (2013) 148 - 157

- [40] - K. S. DIALLO, K. Y. S. D. KONE, N. E. Y. K. B. ASSIDJO, D. GNAKRI, Caractérisation biochimique et fonctionnelle des graines de sept cultivars de voandzou [*vigna subterranea (l.)* verdc. fabaceae] cultivés en Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal*, édition vol.11, No.27 (2015) 7881 - 7431
- [41] - C. W. HUTTON, A. M. CAMPBELL, Water and fat absorption. In Protein Functionality in Foods, Ed.: Cherry, J. P., American Chemical Society, Washington, (1981) 177 - 200
- [42] - W. PRINYAWIWATKUL, K. H. MCWATTERS, L. R. BEUCHAT, R. D. PHILLIPS, Changes in fatty acid, simple sugar, and oligosaccharide content of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour as a result of soaking, boiling, and fermentation with *Rhizopus microspores* var. *oligosporus*. *Food Chemistry*, 57, 3 (1996) 405 - 413
- [43] - M. O. AREMU, O. OLAOFE, E. T. AKINTAYO, Functional properties of some Nigerian varieties of legume seed flours and flour concentration effect on foaming and gelation properties. *Journal of Food Technology* 5 (2) (2007) 109 - 115
- [44] - A. ABOUBACAR, N. YAZICI and B. R. HAMAKER, Extent of decortication and quality of flour, couscous and porridge made from different sorghum cultivars, *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 41, (2006) 698 - 703