

EFFET DE LA GERMINATION SUR LES COMPOSES BIOCHIMIQUES, MINERAUX, ACTIVITES ENZYMATIQUES ET DIGESTIBILITE DES GRAINES D'ARACHIDES (ARACHIS HYPOGAEA L.) DE DALOA (COTE D'IVOIRE)

M. J. GNANWA¹, J. B. FAGBOHOUN², K. C. YA¹, S. H. BLEI¹, G. A. M. BEUGRE¹, L. P. KOUAME³

¹Laboratoire d'Agrovalorisation de l'UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

²Laboratoire de Biochimie-Généétique, Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire.

³Laboratoire de Biocatalyse et de Bioprocédés, Université Nanguy Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire.

E-mail : jacques_mankambou@yahoo.fr

RESUME

En ce qui concerne les changements importants de la composition biochimique, la germination peut être considérée comme une technique de traitement précieuse pour modifier les composants nutritifs des graines de légumineuses. Dans cette étude, les changements dans la composition chimique principale des graines d'arachide ont été évalués pendant la germination à court terme. Les teneurs en protéines, sucres réducteurs et totaux, en fibres brutes et en minéraux, ont augmenté de façon significative dans les germes d'arachide après la germination, tandis que les teneurs en matières grasses, en glucides totaux, taux d'amidon et pH ont diminué de façon marquée. Les activités enzymatiques notamment les activités amylasiques, cellulases, α et β -glucosidases et la digestibilité ont clairement augmenté après la germination dans les graines d'arachide. Cela suggère que les germes produits à partir de graines d'arachide pourraient servir d'aliment sain contenant moins de graisses, des niveaux élevés de minéraux et une digestibilité améliorée.

Mots clés : Graines d'arachide, germination, composés biochimiques, minéraux, activités enzymatiques.

ABSTRACT

EFFECT OF GERMINATION ON BIOCHEMICAL COMPONENTS, MINERALS, ENZYMATIC ACTIVITIES AND DIGESTIBILITY OF PEANUTS SEEDS (ARACHIS HYPOGAEA L.) FROM DALOA (COTE D'IVOIRE)

With regard to significant changes in biochemical composition, germination can be considered a valuable processing technique to modify the nutrient components of legume seeds. In this study, changes in the main chemical composition of peanut seeds were evaluated during short-term germination. The contents of protein, reducing and total sugars, crude fibre and minerals increased significantly in peanut sprouts after germination, while the contents of fat, total carbohydrates, starch and pH decreased markedly. Enzyme activities including amylase, cellulase, α and β -glucosidase activities and digestibility clearly increased after germination in peanut seeds. This suggests that sprouts produced from peanut seeds could serve as a healthy food containing less fat, high levels of minerals and improved digestibility.

Keywords : Peanut seeds, germination, biochemical compounds, minerals, enzymatic activities.

INTRODUCTION

Les légumineuses constituent la troisième plus grande famille d'angiospermes appartenant aux Fabaceae/Leguminosae (Gepts *et al.*, 2005). Les légumineuses sont les composants importants d'un régime alimentaire sain et occupent une place importante dans les régimes traditionnels à travers le Monde (Malaguti *et al.*, 2014). Cette famille comprend les pois, les lentilles, les haricots, les arachides et d'autres plantes à gousses qui sont consommées comme aliments (Messina, 1999). Les légumineuses notamment les arachides jouent un rôle important dans l'agriculture et le régime alimentaire de nombreux pays en développement et constituent une source majeure de nutriments alimentaires pour de nombreuses personnes (Ghavidel & Prakash, 2007). Les graines d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) sont une bonne source de protéines alimentaires (16 - 36 % de protéines), de lipides (36 - 54 % d'huile) (Knauff & Ozias-Akins, 1995), de minéraux tels que le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) et de vitamines (Savage & Keenan, 1994). Les graines d'arachide sont une source importante d'huile végétale et d'autres produits. Cependant, leur rôle semble être limité en raison de plusieurs facteurs, dont la faible digestibilité des protéines et de l'amidon (Negi, *et al.*, 2001), une faible biodisponibilité des minéraux (Kamchan *et al.*, 2004), et de fortes quantités de facteurs antinutritionnels (inhibiteurs de trypsine, alpha-galactosides, phosphates d'inositol, etc.) dans les graines crues. Ces facteurs antinutritionnels doivent être réduits par transformation telle que la germination avant consommation (Augustin *et al.*, 1989; Kaushik *et al.*, 2010).

En effet, le trempage est la première étape de la pénétration de l'eau, qui transforme le tissu inactif en tissu vivant. Au cours de cette étape, le métabolisme du grain est activé en vue de la germination (Maisont & Narkrugsa, 2010). On a également constaté que le trempage et la germination des céréales et des légumineuses réduisaient l'inhibition de la trypsine et des oligosaccharides responsables des flatulences (notamment le stachyose et le raffinose). Il augmente ainsi la digestibilité des protéines et de l'amidon et améliore les propriétés sensorielles (Zanabria *et al.*, 2006; Osman, 2007). La germination quant à elle, est une technologie peu coûteuse et efficace pour améliorer la disponibilité

des nutriments et diminuer les facteurs antinutritionnels présents dans les grains de légumineuses et de céréales et maximise les niveaux de certains nutriments utilisables (Inyang & Zakare, 2008; Maisont & Narkrugsa, 2010). Ces dernières années, les graines germées ont gagné en popularité et sont largement acceptées en tant qu'aliments fonctionnels en raison de leurs avantages nutritionnels et sanitaires à plusieurs égards (Moongngarm, 2011).

Ainsi, les germes d'arachide, en tant que nouveau légume sain, sont disponibles dans certains supermarchés en Chine, et de nombreux rapports sur leur processus de production ont été publiés. Divers haricots germés, notamment les haricots mungo, les lentilles et les graines de soja comestibles, sont bien connus depuis des siècles dans la culture orientale et ont également gagné en popularité dans les pays occidentaux. De nombreuses études ont indiqué des niveaux plus élevés de nutriments dans les légumineuses germées par rapport à celles qui sont non germées. Une augmentation marquée des teneurs en acides aminés essentiels a été observée dans les haricots Glycine et Phaseolus (Lee & Karunanithy, 1990). De plus, le processus de germination a augmenté de manière significative les teneurs en acide ascorbique chez le haricot mungo, le pois chiche et le niébé (Bains *et al.*, 2011), et a conduit à une augmentation significative des teneurs en riboflavine et en niacine totale chez la féverole (Prodanov *et al.*, 1997). Les graines germées de légumineuses ont également montré une augmentation des teneurs en fer (Fe) et en zinc (Zn) (Khalil & Mansour, 1995; Bains *et al.*, 2011). Cependant, il n'y a presque aucune information concernant les effets de la germination sur la qualité des nutriments et les activités enzymatiques des graines d'arachide. L'objectif de cette étude était d'examiner les effets de la germination sur les composés biochimiques, les minéraux, les activités enzymatiques et la digestibilité des graines d'arachide afin de fournir une base scientifique pour une utilisation complète des germes d'arachide.

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal (Figure 1), les graines d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) sont achetées au marché de Daloa (Côte d'Ivoire).



Figure 1 : Graines d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) non germées.

Peanut seeds (Arachis hypogaea L.) not sprouted.

METHODE DE GERMINATION

Trois cents grammes de graines d'arachide ont été triées, désinfectées à l'hypochlorite de sodium 1 % (v/v) pendant 10 minutes. Elles sont soigneusement lavées à l'eau de robinet et trempées pendant 24 heures dans 500 millilitres d'eau contenue dans un seau en plastique de 2 litres. Elles sont ensuite étalées sur une étoffe

100 % coton, et mises dans un pot en plastique dans une salle dont l'humidité et la température avoisinent respectivement 85 % et 28 °C (Figure 2). Chaque jour, les graines en germination sont arrosées une seule fois. Les graines ont germé pendant trois jours et ont été préparées pour en faire des farines et le dosage des activités enzymatiques.



Figure 2 : Graines d'arachides germées (après 3 jours de germination).

Sprouted peanut seeds (after 3 days of germination)..

PREPARATION DES FARINES DES GRAINES NON GERMEES ET GERMEES

Les échantillons de graines d'arachde (non germées et germées) ont été séchées à l'étuve pendant 48 heures à 65 °C. Elles ont été ensuite

broyées dans un mixeur de marque MOULINEX afin d'obtenir une farine selon un diagramme de préparation (Figure 3). Ces farines ont été conservées dans des pots préalablement séchés pour d'éventuelles analyses.

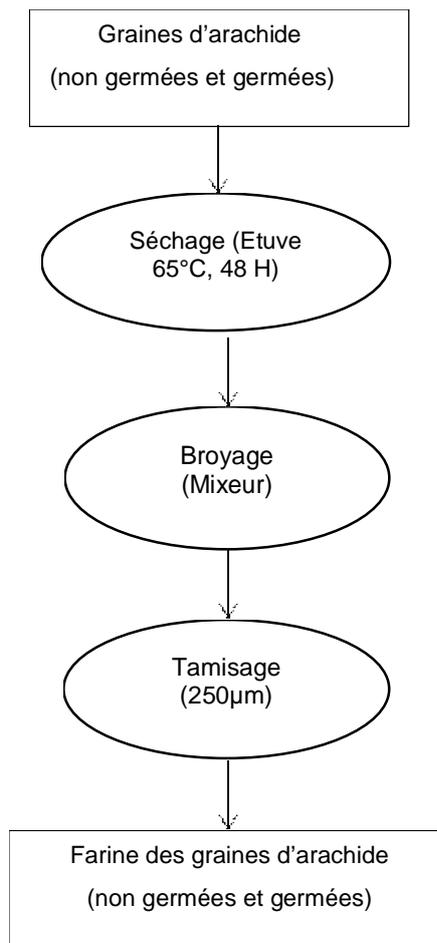


Figure 3 : Diagramme d'obtention des farines d'arachide (germées et non germées).

Diagram of obtaining peanut flour (sprouted and non-sprouted).

DETERMINATION DES COMPOSES BIO-CHIMIQUES

Sur les échantillons de farines des graines d'arachide (non germées et germées), des paramètres biochimiques tels que les taux de matière sèche, de protéines, de cendres, de matières grasses, de sucres totaux et réducteurs, de glucides totaux et le pH ont été déterminés. Les taux de matière sèche et de cendres ont été évalués selon la méthode de l'AOAC (1995) dont le principe est basé sur la déshydratation par séchage à l'étuve des échantillons jusqu'à l'obtention d'une masse constante. La matière grasse (Taux de lipides) a été déterminée par extraction au SOXHLET , la teneur en protéines brutes selon la méthode de KJELDHAL et les fibres brutes ont été déterminées selon les procédés décrits par AOAC (1990). La quantification des sucres

réducteurs a été faite selon la méthode de Bernfeld (1955) utilisant l'acide 3,5-dinitrosalicylique et les sucres totaux selon la méthode décrite par Dubois *et al.*, (1956). La teneur en glucides totaux a été calculée suivant la méthode de calcul préconisée par la FAO (1999) qui prend en compte les teneurs en matière grasse, en protéines et en cendres. Le pH a été déterminé selon la méthode AFNOR (1991).

ANALYSE DES MINERAUX

La méthode décrite par l'AOAC (1990) a été utilisée pour l'analyse des minéraux. Les farines ont été digérées avec un mélange d'acide nitrique concentré (14,44 mol/L), d'acide sulfurique (18,01 mol/L) et d'acide perchlorique (11,80 mol/L) et analysées à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.

PREPARATION DES EXTRAITS BRUTS ENZYMATIQUES

Extrait brut enzymatique des graines d'arachide (non germées et germées)

Quinze grammes de graines d'arachide crues et germées (non séchées) sont broyées dans 45 mL de tampon acétate de sodium 100 mM pH 5,0 contenant 0,9 % (m/v) de chlorure de sodium à l'aide d'un mortier et d'un pilon en porcelaine. Le broyat est centrifugé à 4000 tours par minute pendant 30 minutes. Le surnageant recueilli constitue l'extrait brut enzymatique.

Extrait enzymatique du suc digestif d'escargot

Le suc digestif de l'escargot *Archachatina marginata* est recueilli selon la méthode décrite par Colas (1977). Le prélèvement du suc digestif s'effectue sur un lot d'escargots mis à jeun pendant trois jours afin de permettre la digestion de toute la matière organique ingérée. Ils sont décoquillés et le tube digestif est isolé. Il est ensuite sectionné puis vidé de son contenu. L'extrait obtenu est dilué dans 20 mL d'une solution de chlorure de sodium (NaCl 0,9 %). Le mélange est ensuite centrifugé à 4000 tours/min pendant 10 minutes. Le surnageant obtenu constitue l'extrait brut. Il est conservé au congélateur à -4 °C pour l'étude de la digestibilité.

MESURE DES ACTIVITES HETERO-SIDASISQUES

Le milieu réactionnel est constitué de 150 µL de tampon acétate de sodium 100 mM pH 5,0 ; au quel sont additionnés 25 µL de la préparation enzymatique et 75 µL de substrat p-nitrophényl glycoside (5 mM). Ce milieu est incubé et la réaction est arrêtée comme précédemment, et la quantité de pNP libéré est déterminée au spectrophotomètre (SPECTRONIC[®] GENESYS[™] 5) à 410 nm. Les densités optiques obtenues sont également converties en micromole de p-nitrophénol libéré par minute et par milligramme de protéines ou en pourcentage d'activité comme décrit selon les conditions standard.

MESURE DES ACTIVITES POLYSACCHARIDASISQUES

Les sucres réducteurs libérés au cours de l'hydrolyse enzymatique des polysaccharides (amidon soluble et carboxyméthylcellulose) ont

été dosés selon la méthode de Bernfeld (1955) utilisant l'acide 3,5 dinitrosalicylique (DNS).

DIGESTIBILITE DE L'AMIDON IN VITRO DES FARINES

Le test de digestibilité de l'amidon a été réalisé à l'aide d'un substrat de gel de farine préparé à 1 % et de l'extrait brut enzymatique du suc digestif d'escargot. Les sucres libérés ont été quantifiés par la méthode de Bernfeld (1955) utilisant le DNS. Le pourcentage de digestibilité a été déterminé.

ANALYSES STATISTIQUES

Toutes les mesures ont été réalisées en triple. Les analyses statistiques des données ont été effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA 7 (Statsoft Inc, Tulsa-USA Headquarters). Les comparaisons entre les variables dépendantes ont été déterminées au moyen de l'analyse de variance (ANOVA un facteur) et du test de Duncan selon le modèle linéaire général. La différence entre deux variables est significative si $p < 0,05$.

RESULTATS

COMPOSES BIOCHIMIQUES

Les teneurs moyennes en nutriments des farines d'arachide (non germée et germée) sont consignées dans le tableau 1. L'analyse montre que les composés biochimiques (matières sèches, pH, teneurs en cendres, en glucides totaux, en sucres totaux, en amidon, en sucres réducteurs, matière grasse, en fibres brutes et en protéines) des graines d'arachide non germées et germées sont statistiquement différents (au risque de 5 %). Les différents échantillons de farines d'arachide (non germée) sont tous différents de celles germées. Notons que ces composés des échantillons de l'arachide non germée et germée présentent des valeurs très variables. Ces valeurs sont : $4,30 \pm 0,30$ % (ANG) et de $6,50 \pm 0,40$ % (AG) pour les sucres réducteurs ; $3,50 \pm 0,20$ % (ANG) et de $4,70 \pm 0,20$ % (AG) pour le taux de cendres, (ANG) $3,81 \pm 0,23$ % et de $5,76 \pm 0,18$ % (AG) (fibres brutes) et de $21,07 \pm 0,47$ % (ANG) et $24,15 \pm 0,11$ % (AG) pour les protéines. Le pH, le taux d'amidon, les glucides totaux et la matière grasse diminuent de façon significative

au seuil de $p \leq 0,05$ avec les valeurs respectives de $\text{pH} = 6,27 \pm 0,05$ (ANG) à $\text{pH} = 5,41 \pm 0,03$ (AG), de $26,15 \pm 1,74$ % (ANG) à $25,68 \pm 0,53$ % (AG), de $31,59 \pm 3,75$ % (ANG) à $28,02 \pm 0,71$ % (AG) et de $44,84 \pm 3,23$ % (ANG) à $41,33 \pm 0,56$ % (AG).

Tableau 1 : Composition biochimique des farines d'arachide (non germée et germée).

Biochemical composition of peanut flour (non-germinated and sprouted).

Composition (%) MS	Arachide non germée (ANG)	Arachide germée (AG)
Matière sèche	97,12 \pm 0,30 ^b	92,86 \pm 1,46 ^a
Taux de cendre	3,50 \pm 0,20 ^a	4,70 \pm 0,20 ^b
Sucres totaux	5,43 \pm 0,41 ^a	6,85 \pm 0,09 ^b
Fibres brutes	3,81 \pm 0,23 ^a	5,76 \pm 0,18 ^b
Glucide totaux	31,59 \pm 3,75 ^b	28,02 \pm 0,71 ^a
Matière grasse	44,84 \pm 3,23 ^a	41,33 \pm 0,56 ^a
Taux d'amidon	26,15 \pm 1,74 ^b	25,68 \pm 0,53 ^a
Sucres réducteurs	4,30 \pm 0,30 ^a	6,50 \pm 0,40 ^b
Protéine	21,07 \pm 0,47 ^a	24,15 \pm 0,11 ^b
pH	6,27 \pm 0,05 ^b	5,41 \pm 0,03 ^a

Les valeurs sont la moyenne \pm l'écart type (n=3). Les teneurs avec les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$), selon le test de DUNCAN.

TENEURS EN MINÉRAUX

La germination des graines d'arachide a considérablement augmenté les teneurs en calcium ($44,66 \pm 2,51$ à $62,85 \pm 3,05$ %), cuivre ($1,71 \pm 0,07$ à $2,85 \pm 0,12$ %), fer ($2,55 \pm 0,15$

à $5,41 \pm 0,25$ %), magnésium ($112,00 \pm 3,00$ à $186,68 \pm 4,16$ %), potassium ($255,48 \pm 2,25$ à $394,65 \pm 4,18$ %), sodium ($4,13 \pm 0,30$ à $6,56 \pm 0,22$ %) et zinc ($3,92 \pm 0,76$ à $5,88 \pm 0,54$ %) (Tableau 2).

Tableau 2 : Quelques minéraux des graines d'arachide (non germées et germées).

Some minerals from peanut seeds (non-sprouted and sprouted).

Minéraux	Valeurs (% MS)		Pourcentage d'augmentation (%)
	Farine d'arachide non germée	Farine d'arachide germée	
Calcium (Ca)	44,66 \pm 2,51 ^a	62,85 \pm 3,05 ^b	141,00
Cuivre (Cu)	1,71 \pm 0,07 ^a	2,85 \pm 0,12 ^b	166,67
Fer (Fe)	2,55 \pm 0,15 ^a	5,41 \pm 0,25 ^b	212,16
Magnésium (Mg)	112,00 \pm 3,00 ^a	186,68 \pm 4,16 ^b	167,00
Potassium (K)	255,48 \pm 2,35 ^a	394,65 \pm 4,18 ^b	154,47
Sodium (Na)	4,13 \pm 0,30 ^a	6,56 \pm 0,22 ^b	158,84
Zinc (Zn)	3,92 \pm 0,76 ^a	5,88 \pm 0,54 ^b	150,00

Les valeurs sont la moyenne \pm l'écart type (n=3). Les teneurs avec les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont significativement différentes ($p \leq 0,05$), selon le test de DUNCAN.

VARIATION DES ACTIVITÉS ENZYMATIQUES

Les activités enzymatiques mises en évidence au niveau des farines d'arachide non germée et germée sont consignées dans le tableau 3. Les résultats de ce tableau révèlent que les activités enzymatiques testées sont des activités

hétérosidasiques et polysaccharidasiques. Les activités hétérosidasiques testées sont les activités α et β glucosidasiques et α et β galactosidasiques. D'une façon générale, les activités α et β glucosidasiques durant la germination de l'arachide varient de $0,20 \pm 0,01$ à $0,75 \pm 0,03$ UI/mg de protéines pour l'activité

à-glucosidasique ; et de $0,16 \pm 0,02$ à $0,42 \pm 0,02$ UI/mg de protéines pour l'activité à-glucosidasique. Cependant, il a été observé une diminution des activités de l'α et la β galactosidasiques au niveau des graines germées de l'arachide avec des valeurs qui diminuent de $1,78 \pm 0,08$ à $0,35 \pm 0,04$ UI/mg de protéines et de $1,04 \pm 0,01$ à $0,23 \pm 0,02$ UI/mg de protéines respectivement. Les activités

polysaccharidiques dosées concernent les activités amylasiques et cellulases. Ces deux activités augmentent de façon significative au cours de la germination au niveau des différents échantillons de farine de l'arachide. Les valeurs moyennes de ces activités varient respectivement de $0,23 \pm 0,02$ à $0,64 \pm 0,30$ UI/mg de protéines et de $0,15 \pm 0,01$ à $0,35 \pm 0,03$ UI/mg de protéines.

Tableau 3 : Activités enzymatiques des farines d'arachide (non germée et germée).

Enzymatic activities of peanut flour (non-germinated and sprouted).

Activité enzymatique (UI/mg de Protéine)	Arachide non germée (ANG)	Arachide germée (AG)
α-glucosidasique	$0,20 \pm 0,01^a$	$0,75 \pm 0,03^b$
β-glucosidasique	$0,16 \pm 0,30^a$	$0,42 \pm 0,02^b$
α-galactosidasique	$1,78 \pm 0,08^a$	$0,35 \pm 0,04^b$
β-galactosidasique	$1,04 \pm 0,01^a$	$0,23 \pm 0,02^b$
Amylasique	$0,23 \pm 0,02^a$	$0,64 \pm 0,30^b$
Cellulasique	$0,15 \pm 0,01^a$	$0,35 \pm 0,03^b$

Les valeurs sont la moyenne \pm l'écart type (n=3). Les teneurs avec les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont significativement différentes (p \geq 0,05), selon le test de DUNCAN.

DIGESTIBILITE DE L'AMIDON DES FARINES DE L'ARACHIDE (NON GERMEE ET GERMEE) IN VITRO

La figure 4 met en évidence l'évolution de la digestibilité des farines d'arachide (non germées et germées). A l'analyse, le taux de digestibilité

augmente avec le temps puis tend à se stabiliser après 100 minutes pour toutes les farines. Ce taux est plus élevé (environ 200 %) pour les graines germées d'arachide que celui des graines non germées dont le taux est relativement faible (100 %) après 120 min.

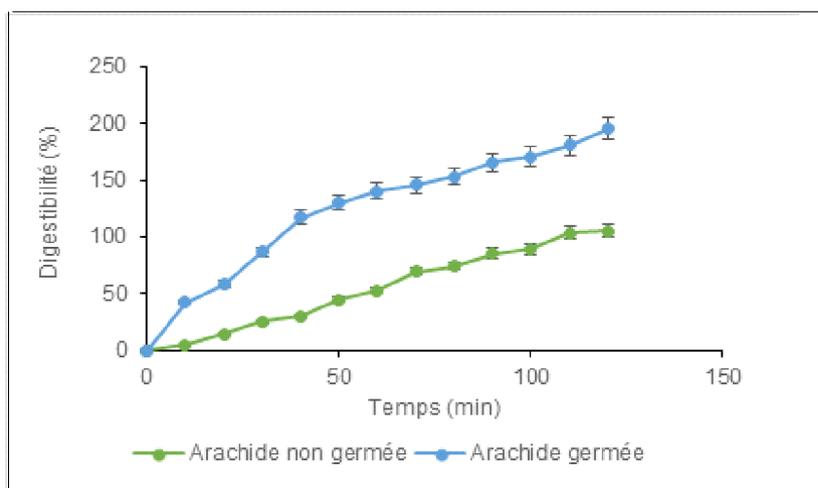


Figure 4 : Evolution de la digestibilité *in vitro* des farines d'arachide au cours du temps.

*Evolution of the *in vitro* digestibility of peanut flour over time.*

DISCUSSION

Les analyses biochimiques ont montré que toutes les farines produites à partir des différentes graines germées ont une teneur en protéines qui augmente de façon significative au seuil de 5 % et varie de $21,07 \pm 0,47$ (ANG) à $24,15 \pm 0,11$ % (AG) (Tableau 1). Cette même observation a été faite par Kassegn *et al.*, (2018). Ces auteurs ont révélé que le taux de protéine augmente de 3 à 4 % dans les graines germées de céréales et de légumineuses après 72 heures de germination. Cette augmentation du taux de protéine est due à la synthèse des enzymes protéiniques (protéases) et surtout à l'activation des endopeptidases qui augmentent après un jour de germination des légumineuses (Laxmi *et al.*, 2015). Les valeurs de protéines trouvées au sein des graines de l'arachide germée sont supérieures à celle des noix africaines *Tetracarpidium conophorum* (14,98 % soit 14,98g/100g MS) trouvées par Sahoré *et al.*, (2012) et Ihemeje *et al.*, (2015). Les protéines jouent un rôle essentiel dans la structuration et le renouvellement des tissus musculaires, des organes tels que les os, la peau, les cheveux, les ongles ainsi que les hormones. Alors les graines de l'arachide germées sont alors une bonne source de protéines.

Concernant la matière grasse des farines de l'arachide (non germée et germée), les valeurs sont respectivement : $44,84 \pm 3,23$ et $41,33 \pm 0,56$ %. En effet, les études ont révélé que la germination réduit le taux de lipides (Jan *et al.*, 2017). Cette réduction est due à l'hydrolyse de la matière grasse comme source d'énergie utilisée dans les réactions biochimiques durant la germination (Chinma *et al.*, 2009 ; Nkhata *et al.*, 2018). Ces valeurs sont supérieures à celles du *Beilschmiedia mannii* (cendres épicé) ou *Bité en bété* qui a une valeur de 2,04g/100g MS (Sahoré & Koffi, 2013). Ces graines germées pourraient être utilisées dans l'alimentation des personnes à qui, il est déconseillé de manger des aliments trop gras.

Quant aux glucides totaux, il y a une différence significative entre les valeurs de l'arachide non germée ($31,59 \pm 3,75$ %) et germée ($28,02 \pm 0,71$ %). Les teneurs en glucides totaux de ces différentes graines de l'arachide sont inférieures à celles trouvées dans le gnangnan ($40,67 \pm 0,68$ g/100g MS) par (Aberoumand, 2012). Elles sont aussi inférieures à celles obtenues par François *et al.*, (2007) dans la MISOLA (

composée de mil+soja+arachide) qui était de 61 ± 2 %. Les glucides fournissent l'énergie aux cellules telles que le cerveau, les muscles, et le sang. Ils contribuent aussi aux métabolismes des graisses et des protéines de rechanges comme sources d'énergie et agit comme un doux laxatif naturel pour les êtres humains (Gordon, 2000). Vue la teneur en glucide de ces farines ci-dessus, leur consommation doit être recommandée.

Les farines de l'arachide (non germées et germées) ont une teneur en sucres totaux qui sont supérieures à celles obtenues par Mezajoug *et al.*, (2010) dans les tourteaux de akpi qui était de (2,97 % et 5,55 %). La teneur en sucre réducteur augmente au niveau de l'arachide germée, cette valeur est de $6,50 \pm 0,40$ %. En effet, les sucres constituent la principale source d'énergie de l'organisme. Ils permettent le bon fonctionnement des muscles, des yeux. Alors la consommation de l'arachide germée est nécessaire.

Quant au taux d'amidon, il est réduit au niveau de l'arachide germée ($25,68 \pm 0,53$ %). Ces quantités d'amidon diminuent après trois jours de germination comme le signifie El-Adawy *et al.*, (2003) : la germination initie la synthèse des enzymes telles que l' α -amylase et l' α -glucosidase qui dégradent l'amidon dans les cellules (Xu *et al.*, 2012). Il y a donc hydrolyse partielle de l'amidon en glucose, maltose et maltotriose et à une large gamme de dextrine (Coulibaly & Chen, 2011).

N'Dri (2010) dans sa recherche sur les amandes de akpi a trouvé une valeur de cendres de 7,32g/100g MS. Les valeurs de cendres de l'arachide germée sont inférieures à cette valeur. Néanmoins avec une valeur de $4,70 \pm 0,20$ % pour l'arachide germée on peut supposer que la farine de ces graines germées est une bonne source d'éléments minéraux importants.

En ce qui concerne les minéraux, on note une augmentation pour ceux déterminés après le processus de germination des graines d'arachide. Selon Luo *et al.*, (2014), cette remarque serait attribuée à l'augmentation de l'activité des phytases qui sont activées pendant la germination. Selon ces auteurs, ces enzymes permettent de réduire les acides phytiques qui se lient aux minéraux, conduisant par la suite à une plus grande disponibilité des minéraux. En effet, les légumineuses contiennent une enzyme phytase endogène qui est activée par la germination pour détruire le phytate (Luo *et al.*,

2014 ; Nkhata *et al.*, 2018). En outre, il faut rappeler que l'augmentation significative de la bioaccessibilité des minéraux montre la diminution de la teneur en composés antinutritionnels (Lemmens *et al.*, 2018). Les présents résultats corroborent ceux obtenus par El-Adawy *et al.*, (2003), Laxmi *et al.*, (2015) et Nkhata *et al.*, (2018) dont les travaux ont porté sur les légumineuses. Par conséquent, la consommation des présentes graines germées d'arachide serait alors recommandée pour la prévention de certaines maladies par le renforcement du système immunitaire surtout grâce aux minéraux comme le cuivre, le magnésium et le zinc (Boislève, 2016 ; Rosique-Esteban *et al.*, 2018).

Au niveau des activités enzymatiques, plusieurs constituants des plantes tels que la lignine, la cellulose et les groupements acétyles liés aux hemicelluloses sont définis comme étant des facteurs limitant la dégradation des polysaccharides des parois cellulaires (Borneman *et al.*, 1991). L'hydrolyse de la cellulose requière l'action conjuguée de plusieurs enzymes (l'exo-1,4- β -D-glucanase, l'endo-1,4- β -D-glucanase et les β -glucosidases appelée complexe cellulastique (Woodman, 1982). La présence des activités cellulastiques est une bonne alternative pour l'utilisation des graines germées comme complément d'aliment pour les animaux monogastriques dans les systèmes d'élevage et pour l'homme qui ne possède pas ces activités enzymatiques. Il faut noter que la germination initie la synthèse de nouvelles enzymes telles que les α -amylases et les α -glucosidases qui dégradent l'amidon dans les cellules (Xu *et al.*, 2012). La présence d'activités amylastiques dans les graines germées, suggère que la dégradation de l'amidon dans les graines de l'arachide germées se produit préférentiellement par voie amylastique. L' α -amylase dégrade l'amidon en disaccharides (maltose) et en dextrine (molécules plus petites) plus assimilable par l'organisme et permet ainsi, une bonne digestibilité de ces graines.

Au niveau des céréales et des légumineuses, les α -galactosides, l'acide phytique et d'autres composés sont parmi les facteurs affectant le plus la biodisponibilité des réserves des graines. Des études antérieures ont révélé que la germination contribue à réduire les facteurs antinutritionnels des graines des céréales et de légumes secs (Viana *et al.*, 2005). En effet, la

germination induit la synthèse ou l'activation des enzymes responsables de la dégradation de plusieurs constituants des graines. En outre, ces enzymes jouent plusieurs rôles au cours de la germination des graines. On peut donc souligner l'intérêt des activités de α et β -galactosidasiques dans les graines germées de l'arachide. Rappelons que les problèmes de flatulences sont liés aux α -galactosides présents dans les graines. De ce fait la germination des graines réduisant les activités de α et β -galactosidasiques, devient une bonne technologie pour accroître la valeur nutritionnelle de l'arachide germée et ainsi diminue les effets gênants liés à leur consommation. Notons que Bryant *et al.*, (2004) ont aussi mis en évidence des activités α et β -galactosidasiques dans plusieurs cultivars d'arachides cultivées aux USA. Les activités spécifiques déterminées pour les activités β -galactosidasiques se situent entre 1,096 et 2,784UI/mg de protéines dans les graines non germées. Ces auteurs ont observé que la germination de ces graines entraîne une baisse significative de ces deux activités enzymatiques. Cette observation est tout à fait en accord avec les résultats obtenus dans les graines d'arachide germées.

Au niveau de la digestibilité, les résultats obtenus dans cette étude révèlent que la germination induit une augmentation de la digestibilité de l'amidon dans les farines de l'arachide. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Lemmens *et al.*, (2018). Ces auteurs ont montré que la digestibilité de l'amidon augmente à la suite de la germination. Cela a été principalement attribué à la dégradation d'antinuutriments tels que les inhibiteurs d'amylase, l'acide phytique qui inhibent l'action de l' α -amylase (Lemmens *et al.*, 2018). Les céréales et légumineuses germées sont généralement mieux digestibles en raison de leurs granules d'amidon endommagés par voie enzymatique, de leurs parois cellulaires plus minces et de leur teneur plus élevée en sucres facilement disponibles (Yang *et al.*, 2016). En effet la digestibilité in vitro de l'amidon des graines germées est due à la dégradation de la chaîne d'amidon par les enzymes amylolytiques ce qui rend les chaînes facilement digestibles. Cela rend les céréales et les légumineuses germées particulièrement adaptées à la production d'aliments pour nourrissons et personnes âgées (Srivastava *et al.*, 2015).

CONCLUSION

La germination de la farine de graines de l'arachide a entraîné une augmentation de la teneur en sucres réducteurs, protéines, sucres totaux, en fibres et en cendres, tandis que tandis que les teneurs en amidon, le taux de matière grasse ont diminué. Comme l'a montré cette étude, la germination de 3 jours a eu un effet sur les composés biochimiques, les minéraux, la qualité nutritionnelle et les activités amylasiques, cellulases, α et β -glucosidasiques des graines de l'arachide. Cependant, les processus de trempage (24 h) et de germination ont fortement réduit les activités α et β -galactosidasiques. En outre, la germination a aussi amélioré la digestibilité in vitro de l'amidon des graines de l'arachide. Par conséquent, le trempage et la germination pourraient être recommandés pour la préparation des graines de légumineuses dans les ménages et les restaurants pour améliorer la qualité nutritionnelle. Par conséquent, l'utilisation des farines de l'arachide transformées peut être exploitée dans les aliments fonctionnels et nutritionnels. La germination étant bon marché et plus efficace pour améliorer la valeur nutritionnelle des aliments, elle pourrait contribuer à la valorisation des gaines de légumineuse et à la nutrition et la santé des personnes.

REFERENCES

- Aberoumand Ali. (2012). Energy and Nutrient Intake and Food Diets among Iranian University Students. *American Journal of Food Technology*, 7 (6) : 380 - 385 p.
- AFNOR (Association Française de Normalisation) (1991). Recueil des normes françaises des céréales et des produits céréaliers. Troisième édition, 1 - 422 p.
- Agostini Juliana Da Silva., Nogueira Rosicler Balduino & Ida Elza louko. (2010). Lowering of phytic acid content by enhancement of phytase and acid phosphatase activities during sunflower germination. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 53 : 975 - 980.
- Agustin, J., Klein, B.P., & Matthews, R.H. (1989). Nutrient composition of raw cooked canned and sprouted legumes. In: Agustin, J., Klein, B.P., Matthews, R.H. (Eds.), *Legumes Chemistry Technology and Human Nutrition*. Marcel Dekker, New York.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis (vol 2, 15th ed). Washington DC : Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). (1995). *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Washington (USA) 7 : 37- 60 p.
- Bains, K., Uppal, V., & Kaur, H. (2011). Optimization of germination time and heat treatments for enhanced availability of minerals from leguminous sprouts. *Journal of Food Science and Technology*., Published online 12 November.
- Bernfeld Peter. (1955). Amylase α and β Methods in enzymology. *Trufts University School of Medecine*, 1 : 149 - 58.
- Boislève J. (2016). Fouiller et lire les decors peints pour révéler l'architecture. *Methodologie appliquée à l'archeologie préventives*, 34 : 88 - 101.
- Borneman S. & Akin D.E. (1991). The nature of anaerobic fungi and their polysaccharide degrading enzymes. *Mycoscience*, 35 (2) : 199 - 221 p.
- Bora Parul. (2014). Anti-nutritional factors in food and their effects. *Journal of Academia Indian Research*. 3 (6) : 285 - 290.
- Bryant Rolfe J., Rao Damanna R., & Ogutu Stephen. (2004). Alpha and beta-galactosidase activities and oligosaccharide content in peanuts. *Plant Foods of Human Nutrition*. 58 : 213 - 223
- Chinma Chiemela Enyinnaya ., Adewuyi Olufemi. & Abu Joseph Oneh. (2009). Effect of germination on the chemical, functional and pasting properties of flour from brown and yellow varieties of tiger nut (*Cyperus esculentus*). *Food Research International*, 42, 1004 –1009. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.04.024>
- Colas Bernard. (1977). Purification et caractérisation des propriétés cinétiques et moléculaires de α - glycosidases du suc digestif de *Archachatina ventricosa*. Thèse de doctorat d'Etat, Institut Sciences Physique, Université de Provence (France), 155 p.
- Coulibaly Abdoulaye. & Chen Jie. (2011). Evolution of energetic compounds, antioxidant capacity, some vitamins and minerals, phytase and amylase activity during the germination of foxtail millet. *American Journal of Food Technology*, 6, 40 – 51.
- Dubois Michel., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A. & Smith Fred. (1956). *Colorimetric Ed. Academic Press Inc. New-York*. 149 - 154.

- El-Adawy Tarek A., Rahma E.H., El-Bedawey A.A., El-Beltagy A.E. (2003). Nutritional potential and functional properties of germinated mung bean, pea and lentil seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58 : 1 – 13.
- FAO (1999). Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture: recul régulier de la faim. Conférence trentième session de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 12 - 13 Novembre 1999, (Rome, Italie), 23 p.
- François Laurent., Lionel Sockeel., Jean M. S. & Ali Cissé. (2007). Utilisation de la farine MISOLA dans l'alimentation du nourrisson et du jeune enfant. Association MISOLA, 12 rue des Soupirants 62100 CALAIS (France), 35 p.
- Gepts, P., Beavis, W. D., Brummer, E. C., Shoemaker, R. C., Stalker, H. T., Weeden, N. F., & Young, N. D. (2005). Legumes as a model plant family. Genomics for food and feed report of the cross-legume advances through genomics conference. *Plant Physiology*, 137(4), 1228 -1235. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.105.060871>. PMID:15824285.
- Ghavidel, R.A. & Prakash, J. (2007). The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *LWT* 40 : 1292 - 1299
- Gordon M.Wardlaw. (2000). Contemporary nutrition: Issues and Insights. Fourth Edition, Boston (USA). *College Mc-Graw Hill*, 576 p.
- Ihemeje, A. Ukauwa, O. & Ekwe Chiwundu Charles. (2015). Effects of cooking and germination on physicochemical properties and sensory attributes of african walnut (*Tetracarpidium conophorum*). *International Journal of Pharmacology, Phytochemistry and Ethnomedicine*; Vol. 1, pp 93 - 102. doi:10.18052/www.scipress.com/IJPPE.1.93
- Inyang, C.U. & Zakari, U.M. (2008). Effect of Germination and fermentation of pearl millet on proximate, chemical and sensory properties of instant «Fura»- A Nigerian cereal food. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7 : 9 - 12.
- Jan Romee., Saxena D. C., Singh Sukhcham. (2017). Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten e Free cookies made from raw and germinated *Chenopodium album* (*Chenopodium album*) flour. *LWT – Food Science and Technology*, 71 : 281 – 287.
- Kamchan, A.; Puwastien, P.; Sirichakwal, P. P. & Kongkachuichai, R. (2004). In vitro calcium bioavailability of vegetables, legumes and seeds. *Journal of Food Composition and Analysis* 17 : 311 – 320
- Kassegn Hagos Hailu., Atsbha Teklebrhan Welday. & Weldeabezgi Lijalem Tareke. (2018). Effect of germination process on nutrients and phytochemicals contents of faba bean (*Vicia faba* L.) for weaning food preparation. *Cogent Food & Agriculture*, 4 : 1 - 13.
- Kaushik, G., Satya, S. & Naik, S.N. (2010). Effect of domestic processing techniques on the nutritional quality of soybean. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 3, 39 - 46.
- Khalil, A.H. & Mansour, E.H. (1995). The effect of cooking, autoclaving and germination on the nutritional quality of faba beans. *Food Chemistry*, 54, 177 - 182.
- Knauff, D.A. & Ozias-Akins, P. (1995). Recent methodologies for germplasm enhancement and breeding. In «Advances in peanut science. American peanut research and education society,» ed. by Pattee H.E. and Stalker H.T. Still water, Oklahoma, pp. 54 - 94.
- Laxmi Gautam., Chaturvedi N., Richa S. (2015). The impact of malting on nutritional composition of foxtail millet, wheat and chickpea. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5 (5) : 407. doi:10.4172/2155-9600.1000407.
- Lee, C.K. & Karunanithy, R. (1990). Effects of germination on the chemical composition of glycine and phaseolus beans. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 51, 431 - 445
- Lemmens Elien., Alice V.Moroni., Jennifer Pagand., Pieter Heirbaut., Anneli Ritala., Yann Karlem., Kim-Anne Lé., Hetty C., Van den Broech., Fred J.P.H., Brouns Niels de Brier. & Delcour A. Jar. (2018). Impact of Cereal Seed Sprouting on its Nutritional and Technological Properties: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18 (1) : 305 - 328 p.
- Luo, Y., Xie, W., Jin, X., Wang, Q., & He, Y. (2014). Effects of germination on iron, zinc, calcium, manganese, and copper availability from cereals and legumes. *CyTA- Journal of Food*, 12, 22 – 26.
- Maisont, S. & Narkrugsa, W. (2010). The effect of germination on GABA content, chemical composition, total phenolics content and antioxidant capacity of Thai waxy paddy rice. *Kasetsart Journal-Natural Science*, 44 : 912 - 923.
- Malaguti, M., Dinelli, G., Leoncini, E., Bregola, V., Bosi, S., Cicero, A. F., & Hrelia, S. (2014).

- Bioactive peptides in cereals and legumes: agronomical, biochemical and clinical aspects. *International Journal of Molecular Sciences*, 15 (11), 21120-21135. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms151121120>. PMID:25405741.
- Messina, M. J. (1999). Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70 (3, Suppl), 439S - 450S. <http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/70.3.439s>. PMID:10479216.
- Mezajoug Kenfack Laurette Blandine., Linder Michel. & Tchiégang Clergé. (2010). Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines de tourteaux, de concentrats et d'isolats de deux Ricinodendron heudelotii (*Bail*) Pierre ex Pax et de Tetracarpidium conophorum (*Müll. Arg*). Thèse de doctorat, laboratoire de Biochimie et de Technologie Alimentaire, Procédés biotechnologiques et Alimentaire, Institut National Polytechnique de Lorraine (France), 188 p.
- Moongngarm, A. (2011). Influence of germination conditions on starch, physicochemical properties and microscopic structure of rice flour. In: *Conference on Biology Environment & Chemistry*, 1 : 78 – 82
- Negi, A.; Boora, P. & Khetarpaul, N. (2001). Starch and protein digestibility of newly released moth bean cultivars: Effect of soaking, germination and pressure-cooking. *Nahrung* 45 : 251 – 254.
- N'Dri Denis Yao. (2010). Potentialités nutritionnelles et antioxydantes de certaines plantes alimentaires spontanées et de quelques légumes et céréales cultivés en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Department of Public Health, University of Parma, (Italy) 112 p.
- Oghbaei Morteza. & Prakash Jamuna. (2016). Effect of primary processing of cereals and legumes on its nutritional quality : A comprehensive review. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1136015.
- Nkhata S. G., Ayua E., Kamau E. H. & Shingiro J. B. (2018). Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Science and Nutrition*, 6 : 2446 – 2458.
- Osman, M.A. (2007). Effect of different processing methods, on nutrient composition, antinutritional factors, and in vitro protein digestibility of Dolichos Lablab sweet bean (*Lablab purpureus* L). *Journal of Nutrition*, 6 : 299 - 303.
- Prodanov, M., Sierra, I., & Vidal-Valverde, C. (1997). Effect of germination on the thiamine, riboflavin and niacin contents in legumes. *Z. Lebensm. Unters. F. A*, 205, 48 - 52
- Rosique-Esteban, N., Guasch-Ferré, M., Hernández-Alonso, P., Salas-Salvadó, J. (2018). Dietary Magnesium and Cardio-vascular Disease: A Review with Emphasis in *Epidemiological Studies*. *Nutrients*, 10 (2), 168. doi:10.3390/nu10020168
- Sahoré Alexis Drogba., Nemlin Jean Gnompo., Tetchi Achile Fabrice. (2012). Study of physicochemical properties of some traditional vegetables in Ivory Coast: seeds of *beilschmiedia mannii* (lauraceae), seeds of *irvingia gabonensis* (irvingiaceae) and *volvarella volvaceae*. *Food and Nutrition Sciences*, 3 : 14 - 17.
- Sahoré Alexis Drogba. & Koffi Ban Louis. (2013). Technical sheet of *Beilschmiedia mannii* (*Lauraceae*) seed preparation in Ivory Coast. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation*, 2 (4) : 62 - 64 p.
- Savage, G.P. & Keenen, J.L. (1994). The composition and nutritive value of groundnut kernels. In «The Groundnut Crop: a scientific basis of improvement,» ed. by Smart J. Chapman and Hall, London, pp. 173 - 213.
- Srivastava Shipra., Singh Neerubala Shikha., & Shamim Mohamed Zaki. (2015). Nutritional composition of weaning food using malted cereal and pulses flour for infants. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 3, 171 – 185.
- Viana Di Prisco G., Boutin T. & Dubuc R. (2005). The trigeminal sensory relay to reticulospinal neurones in lampreys. *Neuroscience*, 131 (2) : 535 - 546 p.
- Woodman Richard W. & Muse William V. (1982). Organization development in the profit sector : Lessons learned. *New Directions for Community Colleges*, 1982 (37) : 23 - 44 p.
- Xu Jie., Zhang Hui., Guo Xiaona. & Qian Hafeng. (2012). The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 380 – 387.
- Yang Runqiang., Wang Peng., Elbaloula Maha. F., & Zhenxin Gu. (2016). Effect of germination on main physiology and biochemistry metabolism of sorghum seeds. *Bioscience Journal*, 32, 378 – 383.
- Zanabria, E.R.; Katarzyna, N.; De Jong, L.E.Q.; Birgit, H.B.E. & Robert, M.J.N. (2006). Effect of food processing of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) on the level of phenolics, phytate, iron and zinc. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 86 : 1391-1398.