

Effet du mûrissement sur les propriétés fonctionnelles des farines de baies de *Gnagnan (Solanum anguivi Lam)* cultivées en Côte d'Ivoire

Chépo Ghislaine DAN^{1*}, Louis BAN KOFFI², Kouadio YAO¹, Jean Gnopo NEMLIN²
et Patrice KOUAME¹

¹ Département des Sciences et Technologies des Aliments, Laboratoire Biocatalyse et des Bioprocédés,
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, 02 BP 801 Abidjan 02

² Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire, 01 BP 1740 Abidjan 01

* Correspondance, courriel : gisl78@yahoo.fr

Résumé

Cette présente étude a pour objectif de déterminer les propriétés fonctionnelles de la farine de baies de *Gnagnan* (espèce amère d'aubergine) au cours de ses phases de mûrissement. Elle porte sur l'analyse de la dispersibilité, la densité apparente, la porosité, la capacité d'absorption d'eau/d'huile, l'indice de solubilité, la capacité moussante et la mouillabilité des fruits. Les résultats montrent que la dispersibilité diminue avec le mûrissement avec des valeurs variant de 94 à 42 mL et de 86 mL à 32 mL pour les farines des baies vertes et rouges respectivement. Il en est de même pour la mouillabilité qui passe de 46 ± 1 s à 23 ± 2 s des farines des baies vertes à celles des baies rouges. Cependant, la densité apparente (DA) ne varie pas significativement ($p < 0,05$) au cours des trois premiers stades de mûrissement au seuil de 5 % avec la valeur moyenne de $0,56 \pm 0,03$ g/cm³ bien que la porosité des farines de baies de *S. anguivi Lam*, augmente. Le mûrissement des baies améliore propriétés fonctionnelles telles que la capacité d'absorption d'eau, l'index de solubilité dans l'eau, la capacité d'absorption d'huile, le rapport hydrophile/ lipophile et la capacité moussante.

Mots-clés : propriétés fonctionnelles, *Solanum anguivi Lam*, *Gnagnan*, farine, Côte d'Ivoire.

Abstract

Effect of ripening on the functional properties of *Gnagnan (Solanum anguivi Lam)* produced in Côte d'Ivoire

The purpose of this study is to determine the functional properties of *Gnagnan* berry flour (bitter eggplant species) during its ripening phases. It relates to the analysis of dispersibility, bulk density, porosity, water/oil absorption capacity, solubility index, foaming capacity and wettability of the fruits. The results show that dispersibility decreases with ripening with values ranging from 94 to 42 mL and from 86 mL to 32 mL for green and red berry meals respectively. The same is true for wettability, which increases from 46 ± 1 s to 23 ± 2 s from green berry flour to red berry flour. However, the bulk density (DA) did not vary significantly ($p < 0.05$) in the first three ripening stages at the 5 % threshold with the mean value of 0.56 ± 0.03 g / cm³, although porosity of the berry flours of *S. anguivi Lam*, increases. Berry ripening improves functional properties such as water absorption capacity, water solubility index, oil absorption capacity, hydrophilic / lipophilic ratio and foaming capacity.

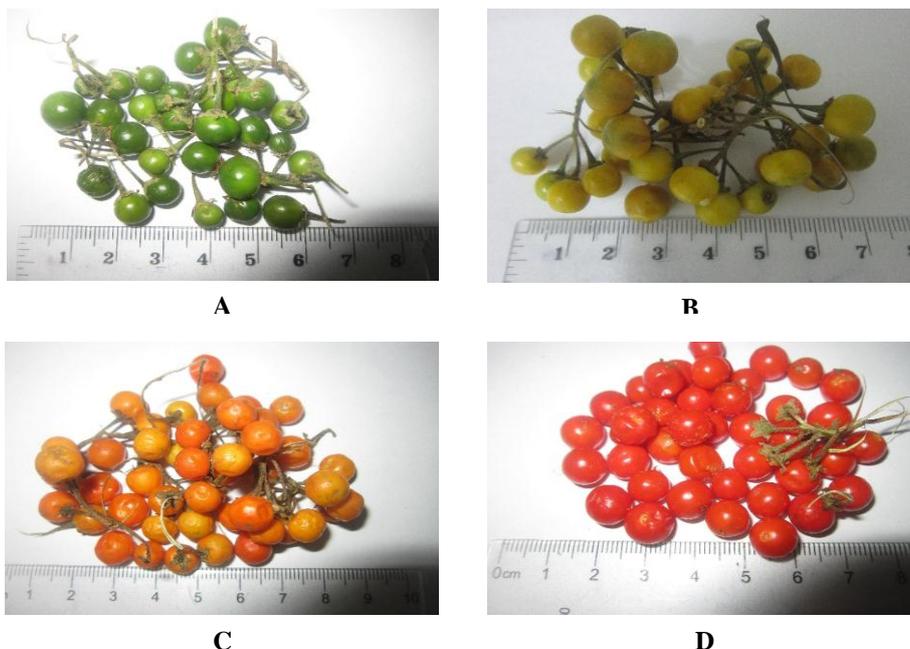
Keywords : functional properties, *Solanum anguivi Lam*, *Gnagnan*, flour, Côte d'Ivoire.

1. Introduction

En forêt ou en savane des zones tropicales d'Afrique occidentale et singulièrement en Côte d'Ivoire, de nombreux légumes tels que la tomate (*Solanum lycopersicum*), le piment (*Capsicum annuum*), le gombo (*Abelmoschus esculentus*) et les baies de *Solanum anguivi* Lam sont largement consommés. L'espèce *S. anguivi* Lam est une petite aubergine amère qui est très appréciée par les populations du centre de la Côte d'Ivoire, où les baies sont communément appelées *Gnagnan* [1, 2]. Les baies de *S. anguivi* Lam sont accessibles à n'importe quelle période de l'année. Au plan nutritionnel, elles contiendraient de nombreux nutriments [3]. Les baies sont également caractérisées par leur goût amer dû à la présence de divers composés phénoliques qui leur confèrent des propriétés antioxydantes capables de lutter contre le stress et le vieillissement des cellules [1]. L'usage des plantes non vulgarisées telles que *S. anguivi* Lam intervient dans la stratégie de préserver la sécurité alimentaire en milieux ruraux et urbains [3]. Le *Gnagnan* possède une haute valeur énergétique et joue de ce fait un rôle d'aliment de substitution mais elles restent sous exploitées [4]. Cependant, une revue exhaustive de la littérature montre que la sous exploitation concerne surtout la détermination des propriétés fonctionnelles cette aubergine amère. Pourtant, l'étude des propriétés fonctionnelles des aliments apportent des informations capitales pour leur utilisation en industries agroalimentaires. Du point de vue technologique, la diversification de l'emploi des baies de *S. anguivi* Lam serait limitée par l'absence de connaissances fonctionnelles de la farine des baies au cours du mûrissement. Malheureusement, en Côte d'Ivoire, aucune donnée relative à la caractérisation fonctionnelle des farines n'a été rapportée en dehors de la composition biochimique et pharmacologique de la variété locale *S. anguivi* Lam au cours des 4 phases de leur mûrissement. Pour combler l'absence de données scientifiques, la présente étude se veut d'analyser quelques propriétés fonctionnelles des farines issues des baies au cours des quatre stades (vert, jaune orange et rouge) de mûrissement pour une diversification de leurs usages en industries agroalimentaires.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal



Photographie 1 : Baies matures de *Solanum anguivi* Lam aux différents stades de mûrissement vert (A), jaune (B), orange (C) et rouge (D).

Le matériel végétal est constitué de baies de *S. anguivi* Lam physiologiquement matures, vertes identifiées et authentifiées par le Centre National Floristique. Ces baies récoltées en milieu paysan dans la ville de Yamoussoukro (Latitude 6° 49' 13N et Longitude -5° 16' 36O) ont été transportées au laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés de l'Université Nangui Abrogoua et au laboratoire de Technologie Alimentaire du Centre National de Recherche Agronomique pour être conservées à la température ambiante (27 °C ± 3 °C) avec une hygrométrie d'environ 70 ± 5 %.

2-2. Méthodes

Le matériel végétal est constitué de baies de *S. anguivi* Lam physiologiquement matures et vertes. Ces baies provenaient des plantations de la ville de Yamoussoukro située au centre de la Côte d'Ivoire (240 Km d'Abidjan, Côte d'Ivoire). En effet, les baies ont été acheminées le même jour de la cueillette à Abidjan. Elles ont été mises dans des cartons aux Laboratoires de Biocatalyse et des Bioprocédés de l'Université Nangui Abrogoua et de Technologie Alimentaire du Centre National de Recherche Agronomique. Ensuite ces baies ont été conservées à la température ambiante (27 °C ± 3 °C) avec une hygrométrie d'environ 70 ± 5 % laissées sur la paille du laboratoire pour permettre leur mûrissement à la température ambiante (27 ± 3 °C) pendant une dizaine de jours. Au cours du mûrissement, les baies ont été regroupées en fonction de leur coloration. Ainsi, des baies vertes, jaunes, oranges et rouges ont été obtenues. Ces baies de différentes colorations ont été lavées avec de l'eau distillée et séchées à l'étuve ventilée (MEMMERT) pendant 72 h à 45 °C. Ensuite, elles ont été broyées séparément à l'aide d'une broyeuse de marque GLEN CRESTON. Les broyats obtenus ont été tamisés au moyen d'un tamis de maille 100 µm afin d'obtenir des farines homogènes crues qui ont été enfin conditionnées dans des boîtes en plastique stériles en vue des analyses biochimiques. La dispersibilité de la farine (2 %) a été déterminée selon la méthode décrite par [5]. En effet, dix (10) mL d'eau distillée ont été ajoutées à 1 g de farine contenu dans une éprouvette graduée. Le mélange a été agité pendant 2 min. La dispersibilité de la farine a été définie comme étant la différence entre le volume total des particules et le volume des particules décantées enregistrées après 30 min. La densité apparente (DA) de la farine a été déterminée selon la méthode de [6]. Cinquante (50) g (ME) de l'échantillon ont été déposés dans une éprouvette graduée de 100 mL. Le niveau de cette farine a été bien nivelé dans l'éprouvette et le volume (Vo) déterminé. Ensuite, l'éprouvette a été tapée doucement sur la paille jusqu'à l'obtention d'un volume constant noté Vt. La densité apparente (DA) et la porosité (P) ont été calculées selon les **Relations** mathématiques suivantes :

$$DA \text{ (g/mL)} = \frac{ME}{Vt} \tag{1}$$

$$P = \frac{Vo - Vt}{Vo} \tag{2}$$

La capacité d'absorption d'eau (CAE) et l'index de solubilité dans l'eau (ISE) ont été respectivement déterminés selon la méthode de [7]. Un (1) g de farine (Mo) a été dissout dans 10 mL d'eau distillée contenue dans un tube à centrifuger. Ce mélange a été agité pendant 30 min par un agitateur de marque KS 10 puis maintenu dans un bain-marie à 37 °C pendant 30 min. Il a été centrifugé à 5000 trs/min pendant 15 min. Le culot humide obtenu (M2) a été pesé et ensuite séché à 105 °C jusqu'à obtention d'une masse constante (M1). La CAE et l'ISE ont été calculés à partir des **Relations** mathématiques suivantes :

$$CAE \text{ (%) } = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100 \tag{3}$$

$$\text{ISE (\%)} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \quad (4)$$

La capacité d'absorption d'huile a été déterminée selon la méthode de [8]. Un (1) g de farine (M_0) a été dispersée dans 7 mL d'huile de coton. Après agitation pendant 30 min à l'aide d'un agitateur KS 10. Le mélange a été centrifugé à 4500 trs/min à 4 °C pendant 10 min. Le surnageant a été recueilli puis le culot a été pesé (M_1) sur une balance de précision de marque SATORIUS. La capacité d'absorption d'huile (CAH) a été calculée à partir de la **Relation** mathématique suivante :

$$\text{CAH} = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100 \quad (5)$$

Le rapport hydrophile-lipophile tel que défini par [9] a été calculé en faisant le rapport de la capacité d'absorption d'eau sur la capacité d'absorption d'huile. C'est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée des farines ou des protéines pour l'eau et pour l'huile. La capacité moussante (CM) a été déterminée selon la méthode de [10]. Trois (3) g de farine ont été transférés dans une éprouvette graduée de 50 mL de capacité et préalablement séchée à l'étuve MEMMERT à 45 °C pendant 2 h. L'échantillon a été légèrement nivelé et le volume noté. Trente (30) mL d'eau distillée ont été ajoutés à la farine puis l'éprouvette a été vigoureusement agitée à la main. Le niveau de la mousse obtenue a été lu et noté. L'éprouvette a été laissée reposer sur la paillasse pendant 120 min. Toutes les 10 min, le niveau de la mousse obtenue a été relevé. La capacité moussante (CM) a été calculée à partir des **Relations** mathématiques suivantes :

$$\text{CM (\%)} = \frac{\text{Volume après homogénéisation} - \text{Volume avant homogénéisation}}{\text{Volume avant homogénéisation}} \times 100 \quad (6)$$

La mouillabilité des farines des baies de *S. anguivi* Lam a été réalisée selon la méthode de [11]. Un (1) g de farine a été déposé dans une éprouvette graduée de 25 mL et de 1 cm de diamètre. Un doigt a été placé sur l'ouverture de l'éprouvette pour éviter le renversement de la farine. L'éprouvette a été tenue à une hauteur de 10 cm de la surface d'un béccher de 600 mL contenant 500 mL d'eau distillée. Le doigt a été retiré et la farine a été versée dans le béccher. La mouillabilité est le temps nécessaire pour que l'échantillon devienne complètement mouillé.

2-3. Outils d'analyses statistiques

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

3. Résultats

3-1. Dispersibilité

La dispersibilité des farines (2 %) des baies de *S. anguivi* Lam est présentée par la **Figure 1**. Cette dispersibilité baisse globalement des farines des baies vertes (94 à 86 mL) aux farines des baies rouges (86 à 78 mL) en passant par les farines des baies jaunes (90 à 82 mL) et orange (88 à 80 mL) quel que soit le temps.

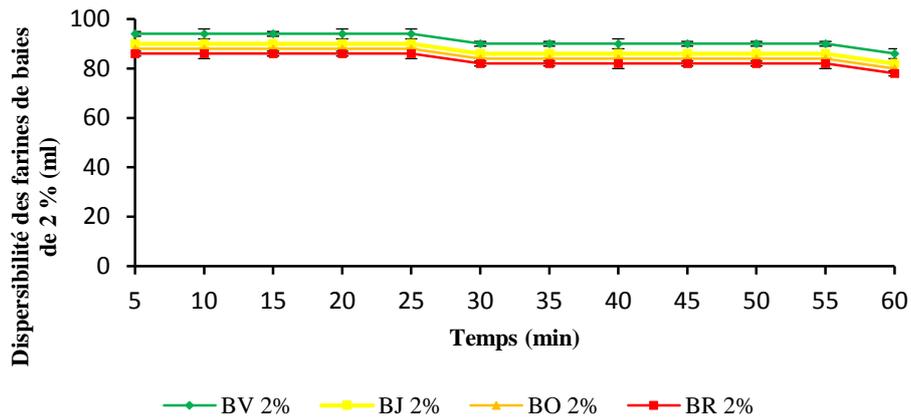


Figure 1 : Evolution de la dispersibilité des farines des baies de *Solanum anguivi* Lam (2 % (A)) à différents stades du mûrissement au cours du temps
 BV : Baies Vertes ; BJ : Baies Jaunes ; BO : Baies Orange ; BR : Baies Rouges

3-2. DA et Porosité

Hormis le stade de mûrissement rouge ($0,48 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$), les DA des autres farines des baies de *S. anguivi* Lam sont statistiquement identiques avec une valeur moyenne de $0,56 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$ (Figure 2). Contrairement à la DA, les porosités des farines augmentent ($p > 5 \%$) du stade de mûrissement vert au stade de mûrissement orange (Figure 3). Cependant, aucune différence significative n'est observée entre la porosité des baies oranges et celle des baies rouges pour des valeurs comprises entre $0,15 \pm 0,004 \text{ g/cm}^3$ et $0,20 \pm 0,007 \text{ g/cm}^3$.

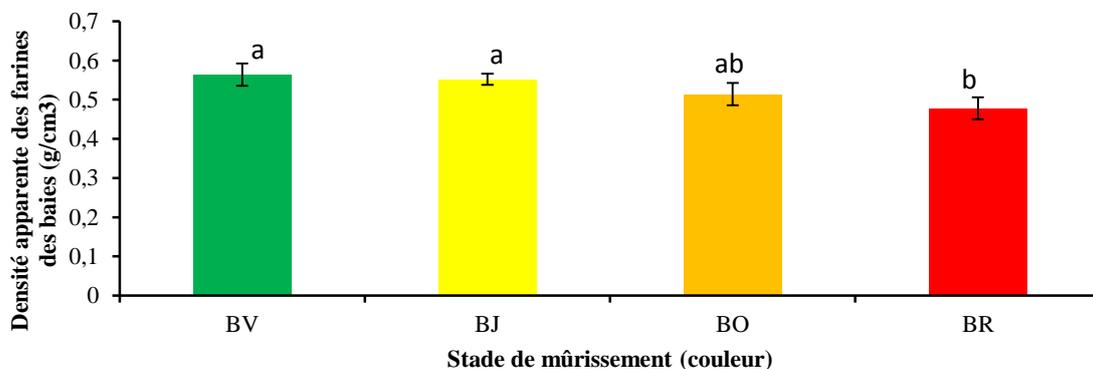


Figure 2 : Evolution de la densité apparente des farines des baies de *Solanum anguivi* Lam au cours du mûrissement
 BV : Baies Vertes ; BJ : Baies Jaunes ; BO : Baies Orange ; BR : Baies Rouges
 Sur les histogrammes, les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes entre elles au seuil de 5 % selon le test de Duncan.

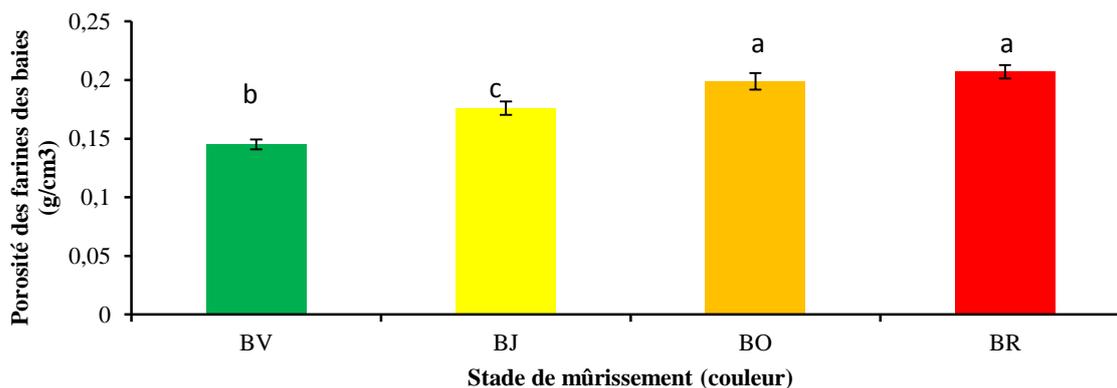


Figure 3 : Evolution de la porosité des farines des baies de *Solanum anguivi* Lam au cours du mûrissement BV : Baies Vertes ; BJ : Baies Jaunes ; BO : Baies Orange ; BR : Baies Rouges
Sur les histogrammes, les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes entre elles au seuil de 5 % selon le test de Duncan.

3-3. CAE et ISE

La CAE des farines des baies de *S. anguivi* Lam augmente quelle que soit la concentration (**Tableau 1**), avec des teneurs variant de $15,48 \pm 1,98$ % à $35,18 \pm 2,52$ % pour les baies vertes, et de $52,40 \pm 2,12$ % à $70,23 \pm 2,26$ % pour les baies rouges. Il en est de même pour les ISE, où une augmentation de manière significative au cours du mûrissement est observée. Les ISE des farines de baies vertes sont compris respectivement entre $1,40 \pm 0,42$ % et $3,48 \pm 0,92$ % tandis que ceux des baies rouges se situent entre $5,69 \pm 0,70$ % et $13,06 \pm 0,85$ %, (**Tableau 2**).

Tableau 1 : Variation de la capacité d'absorption d'eau des farines des baies de *Solanum anguivi* Lam au cours du mûrissement

Concentration (%)	CAE FBV	CAE FBJ	CAE FBO	CAE FBR
2	$15,48 \pm 1,98^a$	$28,00 \pm 1,84^{bc}$	$31,30 \pm 1,70^{cd}$	$35,18 \pm 2,52^{def}$
4	$23,77 \pm 2,40^b$	$37,99 \pm 1,56^{efg}$	$40,00 \pm 1,27^{fg}$	$42,60 \pm 1,41^g$
6	$34,44 \pm 2,46^{de}$	$47,63 \pm 2,31^h$	$50,00 \pm 2,69^{hi}$	$52,59 \pm 2,40^{hij}$
8	$42,40 \pm 1,30^g$	$53,30 \pm 2,55^i$	$57,42 \pm 1,98^{ik}$	$62,99 \pm 3,96^l$
10	$52,40 \pm 2,12^{hij}$	$59,55 \pm 2,97^{kl}$	$63,56 \pm 2,69^l$	$70,23 \pm 2,26^m$

CAE : Capacité d'absorption d'eau ; CAE FBV : CAE farine baie verte ; CAE FBJ : CAE farine baie jaune ; CAE FBO : CAE farine baie orange ; CAE FBR : CAE farine baie rouge

Les moyennes de la même ligne portant en exposant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan

Tableau 2 : Variation de l'index de solubilité dans l'eau des farines des baies de *Solanum anguivi* Lam au cours du mûrissement

Concentration (%)	ISE FBV	ISE FBJ	ISE FBO	ISE FBR
2	1,40 ± 0,42 ^a	1,75 ± 0,59 ^a	2,63 ± 0,71 ^{ab}	3,48 ± 0,92 ^{bc}
4	2,54 ± 0,68 ^{ab}	3,49 ± 1,36 ^{bc}	4,50 ± 0,71 ^{cd}	5,40 ± 0,76 ^{de}
6	3,59 ± 0,14 ^{bc}	4,47 ± 0,14 ^{cd}	6,04 ± 0,62 ^{de}	7,74 ± 0,88 ^f
8	4,64 ± 0,29 ^{cd}	5,56 ± 0,28 ^{de}	7,90 ± 1,00 ^f	10,40 ± 0,57 ^g
10	5,69 ± 0,68 ^{de}	6,65 ± 0,92 ^{ef}	9,70 ± 0,71 ^g	13,06 ± 0,85 ^h

ISE : Index de solubilité dans l'eau ; ISE FBV : ISE farine baie verte ; ISE FBJ : ISE farine baie jaune ; ISE FBO : ISE farine baie orange ; ISE FBR : ISE farine baie rouge
 Les moyennes de la même ligne portant en exposant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Duncan

3-4. CAH et Rapport Hydrophile/Lipophile

Les CAH des farines des baies de *S. anguivi* Lam ne varient pas pour les stades de mûrissement successifs allant du jaune (11,97 ± 0,71 %) au rouge (17,46 ± 0,44 %) (Figure 4). Il en est de même pour le Rapport Hydrophile/Lipophile où excepté le stade de mûrissement vert (0,48 ± 0,07 %), aucune variation significative n'est observé entre les farines (Figure 5).

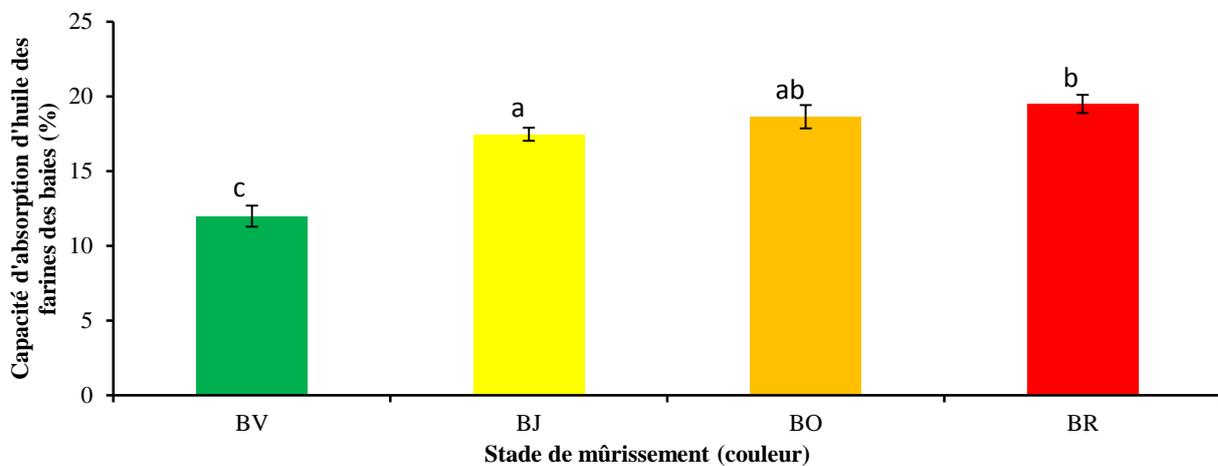


Figure 4 : Evolution de la capacité d'absorption d'huile des farines des baies de *Solanum anguivi* Lam au cours du mûrissement

BV : Baies Vertes ; BJ : Baies Jaunes ; BO : Baies Orange ; BR : Baies Rouges
 Sur les histogrammes, les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes entre elles au seuil de 5 % selon le test de Duncan

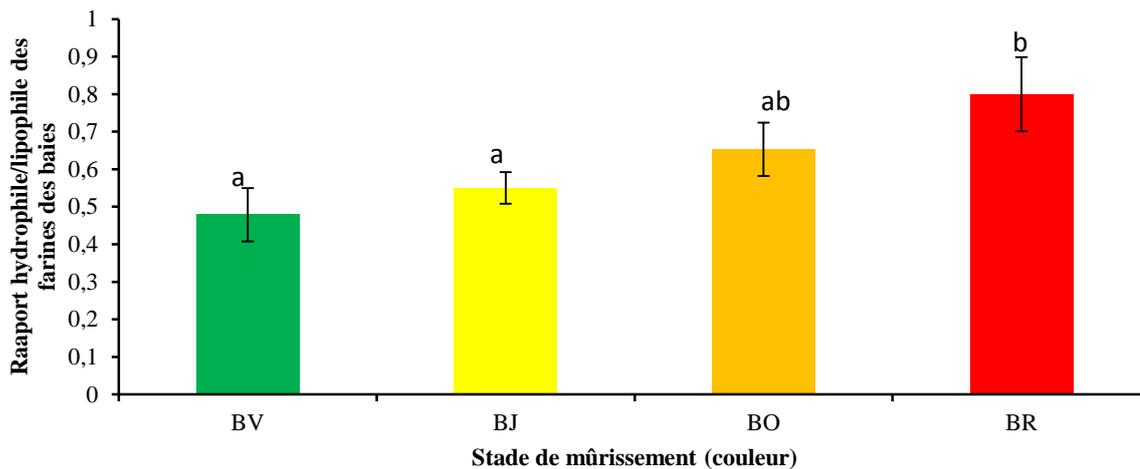


Figure 5 : Evolution du rapport hydrophile/ lipophile des farines des baies de *Solanum anguivi*
 BV : Baies Vertes ; BJ : Baies Jaunes ; BO : Baies Orange ; BR : Baies Rouges
 Sur les histogrammes, les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes entre elles au seuil de 5 % selon le test de Duncan

3-5. CM et Mouillabilité

La CM décroît au cours du temps et du mûrissement (**Figure 6**), pour rester constante après 110 min. Entre 0 et 110 min, la CM des farines de baies vertes varie entre 15 % et 3,75 % tandis que celle des baies rouges oscille entre 36 % et 20,52 % avec des valeurs respectives de 9,45 % et 31,32 % à 60 min. Quant à la mouillabilité, elle baisse suivant le mûrissement (**Figure 7**). Toutefois, aucune différence significative n'est observée entre les farines des baies vertes et jaune ($46 \pm 1s$ et $40 \pm 2s$) mais aussi entre celles des baies orange et rouges ($29 \pm 1s$ et $23 \pm 2s$).

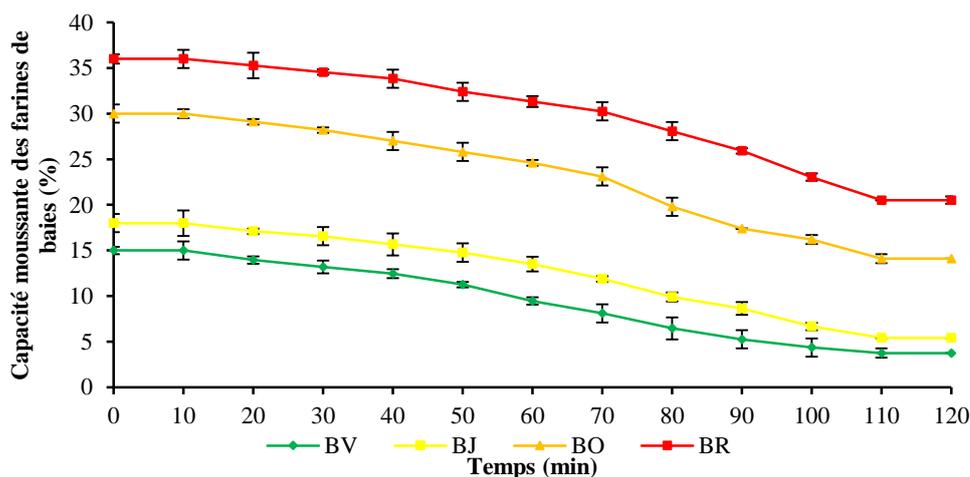


Figure 6 : Evolution de la capacité moussante des farines des baies de *Solanum anguivi* Lam à différents stades de mûrissement au cours du temps
 BV : Baies Vertes ; BJ : Baies Jaunes ; BO : Baies Orange ; BR : Baies Rouges

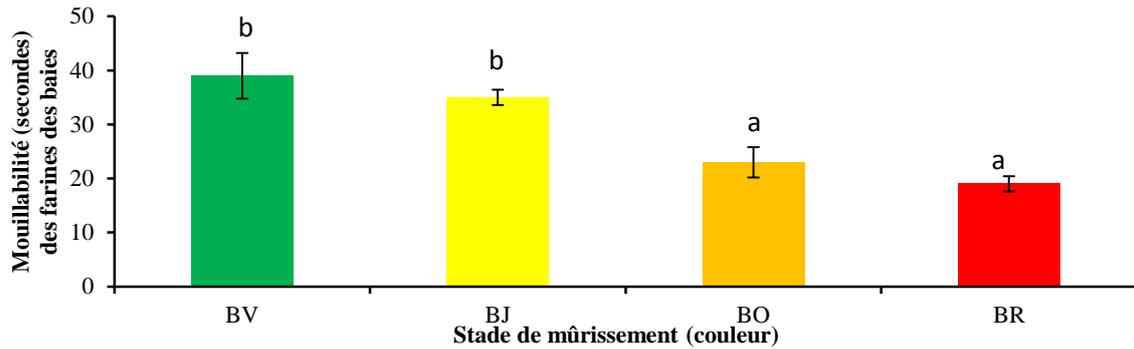


Figure 7 : Evolution de la mouillabilité des farines des baies de *Solanum anguivi* Lam au cours du mûrissement

BV : Baies Vertes ; BJ : Baies Jaunes ; BO : Baies Orange ; BR : Baies Rouges

Sur les histogrammes, les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes entre elles au seuil de 5 % selon le test de Duncan

4. Discussion

La dispersibilité des farines de baies de *S. anguivi* Lam diminue au cours du temps et du mûrissement. Les résultats obtenus ont été confirmés par [12] qui ont stipulé que l'augmentation de la quantité de farine diminue la dispersibilité. Cette propriété fonctionnelle permet également d'évaluer le caractère instantané d'une farine. Par ailleurs, la dispersibilité est influencée par la solubilité, la mouillabilité, la teneur en protéine, le profil granulométrique, la température de l'air et les conditions de reconstitution [13]. Selon la norme, la poudre de lait est dispersible lorsque son indice de dispersibilité est supérieur à 90 % [12]. Par conséquent, les valeurs de dispersibilité des farines enregistrées des baies de *S. anguivi* Lam après 60 min sont inférieures à 90 c'est pourquoi elles ne sont pas dispersibles. Au regard des résultats, les densités apparentes des farines des baies de *S. anguivi* Lam décroissent significativement au seuil de 5 % hormis ceux des trois premiers stades de mûrissement. Le résultat se justifierait par la diminution de la matière sèche au cours du mûrissement. En effet, les baies vertes renferment moins d'eau et sont plus riches en matières sèches que les baies rouges. Ces dernières possèdent alors moins de matières sèches à cause du mouvement important d'eau lors des modifications biochimiques, physiologiques et organoleptiques qui s'opèrent pendant le mûrissement [14]. Au Ghana, les fortes densités apparentes obtenues pour les variétés de légumes Tona, Adom et Nhyira sont respectivement de l'ordre de 0,80; 0,79 et 0,69 g/cm³. Par contre, les variétés de niébè sont moins denses avec 0.71 g/cm³ ainsi que celle du pois de pigeon (0,68 g/cm³) [15]. Les densités élevées des farines suggèrent leur aptitude à l'emploi dans diverses préparations alimentaires et peuvent être largement utilisées dans la préparation de produits de congélation [16]. Quant à la porosité, elle augmente significativement au seuil de 5 % lors du mûrissement à l'exception de celles des deux derniers stades de mûrissement. L'augmentation de la porosité serait due à la fragilisation des parois cellulaires et à la forte perméabilité des membranes cellulaires [17]. En effet, les parois cellulaires deviennent perméables à l'eau, aux ions et aux molécules organiques au cours du mûrissement [14]. Par conséquent, les baies rouges deviennent plus poreuses et ramollies. Cela justifierait le fait que leurs farines sont plus poreuses et moins denses que ceux des baies vertes. Les résultats obtenus sont inférieurs à ceux déterminés par [18] sur les farines de haricot (*Phaseolus vulgaris*) et de soja avec les valeurs respectives de 0,75 g/cm³ et 0,83 g/cm³. Cela pourrait s'expliquer par la différence de la taille des pores des farines de ces différents aliments. La capacité d'absorption d'eau des farines de 2 % augmente significativement au seuil de 5 % au cours du

mûrissement. Ce résultat pourrait s'expliquer par la destruction des membranes cellulaires au cours des phénomènes d'osmose occasionnant une entrée massive d'eau dans les cellules. Les farines de *Gnagnan* absorbent moins d'eau que les farines de tourteaux de baies de *Ricinodendron heudelotii* avec les valeurs respectives de 229 % à cause de la nature et de la taille des pores de la farine d'après les travaux de [19]. S'agissant des valeurs de l'index de solubilité dans l'eau des farines, elles augmentent également significativement au seuil de 5 %. L'augmentation de la solubilité au cours du mûrissement serait liée également à la forte absorption d'eau causée par la désorganisation des parois cellulaires [14 ; 20]. Les index de solubilité dans l'eau des farines de baies de *S. anguivi* Lam sont inférieurs à ceux des farines des tourteaux de *Ricinodendron heudelotii* (Apki) avec une valeur de 16,8 % selon [19] et de la cornille ou niébé (*Vigna unguiculata* L Walp) comprise entre 1,89 et 2,15 g / g [21]. Les indices de solubilité varient également entre les variétés rouges (0,31-0,37%) et les variétés noires de niébé (0,34-0,45 %) [22]. Concernant les capacités d'absorption d'huile des farines de *Gnagnan* augmentent significativement au seuil de 5 % excepté ceux des trois derniers stades de mûrissement. Ce résultat s'expliquerait par la destruction de la structure originale des cellules (hydrolyse) provoquant la libération et la disponibilité des groupements hydrophobes des protéines, des carbohydrates etc [14]. Les valeurs d'absorption d'huile des farines obtenues sont moins élevées que celles du haricot rouge (*Phaseolus angularis*) et du soja déterminées par [23] respectivement avec des valeurs de 147 et de 194 %. Il en est de même pour la farine d'Apki estimée à 227,4 % [19]. Cette augmentation de l'habileté à retenir l'huile des farines de baies de *S. anguivi* Lam permettrait de rehausser la flaveur [24, 25] et la sensation de la bouche lorsqu'elles sont utilisées dans la préparation des aliments comme les pâtés [21]. Les différents rapports hydrophile/lipophile ne varient pas significativement au seuil de 5 % excepté celui du stade de mûrissement rouge. Les farines des baies rouges de *S. anguivi* Lam absorbent plus d'huile que celles des autres stades de mûrissement. Ce rapport hydrophile/lipophile obtenu est proche de celui du haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) trouvé par [9] avec une valeur de 1,12.

Au cours du mûrissement, la capacité moussante des farines diminuent significativement au seuil de 5 %. L'augmentation de la capacité moussante au cours du mûrissement se traduirait par celle de l'indice de saponification. Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux de [19] concernant la capacité moussante des farines de tourteaux de baies de *Ricinodendron heudelotii* avec 25,96 %. De plus, la manifestation d'un bon pouvoir moussant et d'une bonne stabilité de la mousse varient proportionnellement avec la solubilité [25]. D'après les travaux de [26] qui attribuent d'une part une faible capacité moussante aux répulsions électrostatiques inadéquates, à la moindre solubilité et par conséquent aux interactions protéine-protéine excessives. D'autre part, une plus grande capacité de moussage peut être due à la forte hydratation et à la dénaturation des protéines [27, 15]. S'agissant de la mouillabilité des farines, elle diminue significativement au seuil de 5 % à l'exception de ceux des deux premiers et des deux derniers stades de mûrissement. En effet, la mouillabilité d'un aliment tient compte de l'équilibre entre les forces de cohésion au sein du liquide et les forces d'adhésion [12]. C'est pourquoi, la présence de particules primaires, la masse volumique, la porosité améliorent la mouillabilité [12]. En revanche, la présence de matière grasse à la surface des particules diminue ou limite le mouillage. Ainsi, une farine est mouillable lorsque son temps de mouillabilité est inférieur à 20 secondes [12]. Par conséquent, les farines de baies de *Solanum anguivi* Lam ne sont pas mouillables puisque leur mouillabilité dépasse 20 secondes quel que soit le stade de mûrissement. Les résultats obtenus sont supérieurs à celui de la farine de cacao avec une mouillabilité de 11 secondes [18]. La mouillabilité des mélanges de niébé et de soja se situait entre 5,50 secondes et 40,5 secondes [28]. Les caractéristiques fonctionnelles des farines permettent leur meilleure utilisation en industries agroalimentaires ou pharmaceutiques. Ainsi, les excellentes propriétés fonctionnelles des baies de *Gnagnan* orange et rouges pourraient être utilisées comme ingrédients fonctionnels dans la formulation d'une large gamme de produits alimentaires.

5. Conclusion

Cette étude a permis de montrer l'influence du mûrissement sur les propriétés fonctionnelles des farines des baies de *S. anguivi* Lam. La dispersibilité, la mouillabilité et la densité apparente de ce légume-fruit climactérique diminuent significativement au seuil de 5 % pendant le processus de mûrissement après sa maturité physiologique. Pourtant, la porosité, la capacité d'absorption d'eau, l'index de solubilité dans l'eau, la capacité d'absorption d'huile, la capacité moussante et le rapport hydrophile/ lipophile du «gnagnan» s'améliorent lors des modifications biochimiques qui se produisent pendant le mûrissement. En définitif, ce sont les baies oranges et rouges de *S. anguivi* Lam qui présentent plus d'atout sur le plan fonctionnel pour la formulation d'aliments en industries agroalimentaires. En vue d'approfondir ce travail de recherche, il serait envisageable de proposer des méthodes de conservation à long terme de cette aubergine.

Références

- [1] - D. N'DRI, L. CALANI, T. MAZZEO, F. SCAZZINA, M. RINALDI, D. DEL RIO, N. PELLEGRINI and F. BRIGHENTI, "Effects of different maturity stages on antioxidant content of Ivorian gnagnan (*Solanum indicum* L.) berries", *Mol.*, 15 (2010) 7125-7138
- [2] - C. DAN, "Evolution des paramètres biochimiques et physico-fonctionnels des baies de *Solanum anguivi* Lam récoltées en Côte d'Ivoire au cours du mûrissement", Thèse unique, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, (2015) 188
- [3] - E. RUBAHAIYO, "Indigenous vegetables of Uganda", in *African Crop Science conference proceedings, Afric. crop Sci. Soc.*, (1996) 20-124
- [4] - G. GRUBBEN, D. DENTON (2004), "Plant Ressources of Tropical Africa 2 Vegetables". *Fondation Prota, Wageningen, Blackshuys Publisher, CTA*, (2004) 737
- [5] - R. MORA-ESCOBEDO, C. ALARCON-VALDREZ, J. MILAN -CARRILLO, O. GARDENAS-VALENZUELA, L. BELLO-PEREZ (2005), "Aliment pour nourrisson à base de protéines de qualité de maïs et de pois chiches : optimisation pour la préparation et les propriétés nutritives", *Inter. J. Sci. and Nutr*, Vol. 56, N°4 (2005) 273-285
- [6] - K. NARAYANA, M. NARASINGA RAO, *J. Food Sci.*, Vol 47 (1982) 1235-1240
- [7] - R. PHILIPS, M. CHINNAN, A. BRANCH, J. MULLER, K. M. WATTERS, "Effects of pre-treatment on functional and nutritional properties of cowpea meal" *J. Food Sci.*, Vol. 53, N°3 (1988) 805-809
- [8] - F. SOSULSKI, "The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheat", *Cereal chem.*, Vol.39 (1962) 344-350
- [9] - Y NJINTANG, C. MBOFUNG, K. WALDRON, "In vitro protein digestibility and physico-chemical properties of dry red bean (*Phaseolus vulgaris*) flour : Effect of processing and incorporation of soybean and cowpea flour", *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 49 (2001) 2465-2471
- [10] - C. COFFMAN, V. GARCIA, "Functional properties and aminoacid content of protein isolate from mung flour", *J. Food Sci.*, Vol. 12 (1977) 473-484
- [11] - G. ONWUKA, "Food Analysis and Instrumentation : Theory and Practice", Ed 1, Naphtali Prints, Lagos, Nigeria (2005) 129
- [12] - I. HAUGAARD-SORENSEN, J. KRAG, J. PISECKY, V. WESTERGAARD, "Méthodes d'analyses des produits laitiers déshydratés", Niro A/S Ed, Copenhagen, Danemark (1978) 109
- [13] - V. WESTER-GAARD, "Milk powder technology. Evaporation and spray drying" *Ed 4, Niro A/S (Ed)*, *Copenhaguen, Denmark* (1994) 159

- [14] - G. TUCKER and D. GRIERSON, "Fruit ripening In: Davies the biochemistry of plants. A comprehensive treatise", *Physio Metab*, London, *Ed Academic Press*, 12 (1987) 265-319
- [15] - M. BUTT and R. BATOOL, "Nutritional and functional properties of some promising legumes protein isolates", *Pak. J. Nutr*, Vol 9 N° 4, 373-379
- [16] - J. OKOYE, G. ENE, C. OJOBOR, "Chemical composition and functional properties of sorghum African yam bean flour blends", *Sky J. Food Sc*, Vol 6, N°2, 21-26
- [17] - R. REDGWELL, "In vivo and in vitro swelling of cell walls during fruit ripening", *Planta*, 203 (1997) 162-173
- [18] - J. MULTON, "Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, Collection scientifique et Technique Agroalimentaire", *Ed Technique et documentation Lavoisier*, Vol 1 et 2 (1982) 150
- [19] - L. MEZAJOUG, "Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines de tourteaux, de concentrat et d'isolats de Ricinodendron heudelotii (bail) et de Tetracarpidium conophorum (müll arg)"
Doctorat 3^{ème} cycle, (2010) 220
- [20] - L. CHEN and C. LIN, "Sensory characteristics of sorghum composite bread". *Intern. J.Food Sc. Technol*, 35(2002) 465-471
- [21] - F. APPIAH, J. ASIBUO and P. KUMAH, "Physicochemical and functional properties of bean of flours of three cowpea (*Vigna unguiculata* L Walp) varieties in Ghana", *Afri.J. Food Sc*, Vol 5 N°2 100-104
- [22] - S. HAMID, S. MUZZAFAR, I. WANI and F. MASODI, " Physicochemical and functional properties of two cowpea cultivars grown in Temperate Indian climate". *Cog. Food and Agricl*, (2015), 1099418, 1-11
- [23] - C. CHAU and P. CHENG, "Functional properties of flours prepared from three Chinese indiginous legume seeds", *Food Chem.*, Vol 61 (1998) 429-433
- [24] - N.BELHAG, E. ARAB-TEHRANY and M. LINDER, "Oxidative kinetics of salmon oil in bulk and in nanoemulsion stabilized by marine lecithin" *Process Biochemistry*, Vol 45 (2010) 187-195
- [25] - A. MOURE, J. SINEIRO, H. DOMINGUEZ and J. PARAJO, "Functionality of soil seed protein products", *Food Res. Inter.*, 38 (9) (2006) 945-963
- [26] - J. KINSELLA, S. DAMODARAN and B. GERMAN, "Physicochemical and functional properties of oilseed proteins with Emphasis on soy proteins". *In : New protein Foods*, Ed. A. Alschul and H. WILKE , New York, Academic Press, Vol 5 (1985) 107-179
- [27] - M. MWASARU, K. MUHAMED, J. BAKAR, B. YAAKOB and C. MAN, "Effects of isolation technique and conditions on the extractability physicochemical and functional properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) and Cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates". *I. Physicochemical properties, Food chem.*, 67 (1999) 435-444
- [28] - G. OGUNDELE, B. OJUBANIRE and O. BAMIDELE, "Determination of the pasting and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) and soybean (*Glycine max*) blends", *Bristish J. of Appl Sc. Techn.*, 6(3) (2015) 304-309