

Caractérisation physico-chimique et morphologique de trois morphotypes de pommes d'anacarde (*Anacardium Occidentale* L.) pour leur utilisation dans la production d'alcool alimentaire et de boissons spiritueuses.



RESUME

Objectif : L'objectif principal de la présente recherche est d'étudier l'influence du degré de maturité et des variations inter-morphotypes sur la composition physico-chimique des pommes d'anacarde pour leur utilisation subséquente dans la production d'alcool alimentaire et de boissons spiritueuses.

Méthodologie et Résultats : La caractérisation physico-chimique et morphologique des pommes d'anacarde a été faite par des méthodes classiques (Ayéna et al., 2015). L'indice de maturité des pommes varie de 20,19 à 44,17. La longueur, la largeur, les indices de calibre et de sphéricité des pommes d'anacarde sont comprises respectivement entre 64,64 et 69,98 mm ; 40,74 et 48,37 mm ; 47,64 et 54,66 et entre 0,73 et 0,78. Après extraction, les rendements en jus et en résidus de pressage ont été évalués et varient respectivement de 76 à 86 % et de 10 à 16 %. La teneur en sucres totaux est comprise entre 60,49 et 64,14 g/l. Les concentrations (mg/l) de polyphénols, de flavonoïdes et de tanins condensés varient respectivement de 2506,510 à 4247,690 ; 134,60 à 450,95 et de 130,30 à 614,70. Le pH du jus est compris entre 3,37 et 4,52 ; l'acidité totale titrable varie de 0,24 à 0,61 % d'acide citrique ; les teneurs en extrait sec réfractométrique de 8,2 à 10,2 °brix, en matière sèche de 7,20 à 8,43 % puis en cendres de 0,15 à 0,23 %.

Conclusion et application des résultats : En général le degré de maturité et la couleur influencent significativement ($P < 0,05$) les paramètres mesurés. Les pommes d'anacarde mûres présentent une teneur assez importante en cendre et un potentiel élevé en sucre. Cette richesse en sucre fait de la pomme d'anacarde en particulier le morphotype orange, un substrat privilégié de la fermentation pour la production de boissons spiritueuses.

Mots clés : Pomme d'anacarde, jus, morphotype, composition physico-chimique et morphologique, alcool, boissons.

Morphological and physico-chemical Characterization of three morphotypes of cashew apples (*Anacardium Occidentale* L.) for their use in the production of food alcohol and spirit drinks.

ABSTRACT

Objective: The main objective of the present research is to study the influence of the grade of maturity and inter-morphotypes variations on the physico-chemical composition of the cashew apples for their subsequent uses in the production of food alcohol and spirit drinks.

Methodology and Results : The physico-chemical and morphological characterization of cashew apple has been made by classic methods (Ayéna *et al.*, 2015). The indication of maturity of the cashew apples varies in the range of 20.19 to 44.17. The length, the width, the indications of caliber and sphericity of the cashew apples are ranged respectively between 64.64 and 69.98 mm ; 40.74 and 48.37 mm ; 47.64 and 54.66 and between 0.73 and 0.78. After extraction, the yields in juice and in residues of pressing have been determined and vary respectively from 76 to 86% and 10 to 16%. The content in total sugars varies from 60.49 to 64.14 g/l. The concentrations (mg/l) of total phenolics, flavonoids and digest tannins vary respectively from 2506.510 to 4247.690 ; 134.60 to 450.95 and 130.30 to 614.70. The pH of juice is ranged between 3.37 and 4.52 ; the acidity total titrable between 0.24 and 0.61% of citric acid ; the total soluble solids content 8.2 and 10.2 °brix, the dry matter between 7.20 and 8.43% then the ashes from 0.15 to 0.23%.

Conclusion and application of results : In general, the grade of maturity and the color influence meaningfully ($P < 0.05$) the measured parameters. The cashew apples mature present a very important content in ash and a high sugar potential. This richness in sugar makes of the cashew apple in particular the orange morphotype, a preferred substrate of the fermentation for the production of spirit drinks.

Keywords : Cashew apple, juice, morphotypes, physico-chemical composition and morphological, alcohol, drinks.

INTRODUCTION

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L., *Anacardiaceae*) est un arbre natif de l'Amérique du sud, plus précisément de la région de Ceara au nord-est de la côte du Brésil (Olher, 1967). Il était longtemps cultivé par les peuples indigènes avant sa découverte par les portugais qui l'ont introduit plus tard dans les colonies africaines et asiatiques (Rao and Swamy, 1994 ; Adou *et al.*, 2012). C'est une plante à intérêt multiple et varié (Ainan, 1996). Au Bénin, l'anacardier s'est retrouvé à l'état spontané entre Pahou et Ouidah dans la région soudanaise du littoral (Gagnon, 1998). Mais son extension à d'autres régions telles que le Zou, le Borgou et l'Atacora et son utilisation comme espèce de reboisement, a véritablement débuté dans les années 1960 sous forme de champs collectifs grâce au concours du budget national et l'aide américain (Ainan, 1996). Sa fonction de reproduction fruitière est apparue bien après, en raison de l'humidité relative élevée de la côte du Bénin, où il a connu sa première implantation (Adégbola *et al.*, 2005). La valeur de cet arbre est focalisée sur la noix de cajou

qui fait l'objet d'un commerce international et qui donne la notoriété à l'anacarde (Lacroix, 2003). En 2002, les exportations béninoises de noix de cajou sont estimées à environ 45000 tonnes (Adégbola *et al.*, 2005). Outre les noix d'anacarde, les pommes sont assez peu valorisées sauf en Inde et au Brésil où elles sont transformées notamment pour la production de jus de fruit (Cavalcante *et al.*, 2003) ou de liqueur (Nanjundaswamy *et al.*, 2004). Dans la plupart des pays producteurs, les pommes d'anacarde sont abandonnées et pourrissent dans les plantations au dépend des noix surtout en raison du goût astringent des pommes (Rocha *et al.*, 2006 ; Giro *et al.*, 2009). Alors que plusieurs études ont montré la richesse du jus de la pomme. Il contient des minéraux, trois à six fois plus de vitamine C que le jus d'orange (Assuncao & Mercandante, 2003, Adou *et al.*, 2011) et dix fois plus que le jus d'ananas (Ohler, 1988). A ce titre le jus de pommes d'anacarde peut être une bonne alternative à la supplémentation journalière avec la vitamine C pour les enfants et les adultes (Adou *et al.*, 2012). Le jus

de pommes d'anacarde est aussi riche en tanins et polyphénols (Adou et al., 2012) qui lui confèrent des propriétés antioxydantes et font de lui un remède efficace contre la dysenterie chronique au Cuba et au Brésil (Kubo et al., 2006 ; Cavarlho et al., 2006). Malgré la valeur de ce fruit et son effet sur la santé la pomme cajou est très peu valorisée au Bénin. Les technologies existantes sont celles de la transformation des pommes d'anacarde en jus clarifié au gruau de riz ou amidon de manioc (Dédéou et al., 2015), en bioéthanol (Gbohaïda et al., 2015). D'après certaines investigations, il semble qu'à la cueillette, la pomme d'anacarde qui se détache et tombe facilement dans le panier de cueillette au moindre contact par rapport à celle forcée à la cueillette soit assez mûre et d'une meilleure qualité. Or il n'y a aucune publication scientifique qui ait prouvé l'influence du degré de maturité et les variations inter-morphotypes de ces pommes d'anacarde sur les caractéristiques

morphologiques et physico-chimiques au Bénin. Par ailleurs plusieurs facteurs tels que l'espèce, la région de culture, le climat, les pratiques culturelles, la maturité à la récolte (Drake & Eisele, 1997), l'atmosphère de stockage (Drake & Eisele, 1994) et les conditions de stockage (Drake et al., 2002 ; Drake and Eisele, 1999) sont connus pour affecter la composition physicochimique du jus de pomme d'anacarde. Ainsi face au défi de la transformation de la matière première et vu les quantités importantes de ce produit détruit au détriment de la noix d'anacarde, une étude relative à l'impact de l'indice de maturité et des variations inter-morphotypes sur les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques de trois morphotypes de pommes d'anacarde (figure 1) du Bénin s'impose. Ceci pour leur utilisation subséquente dans la production d'alcool alimentaire et de boissons spiritueuses.

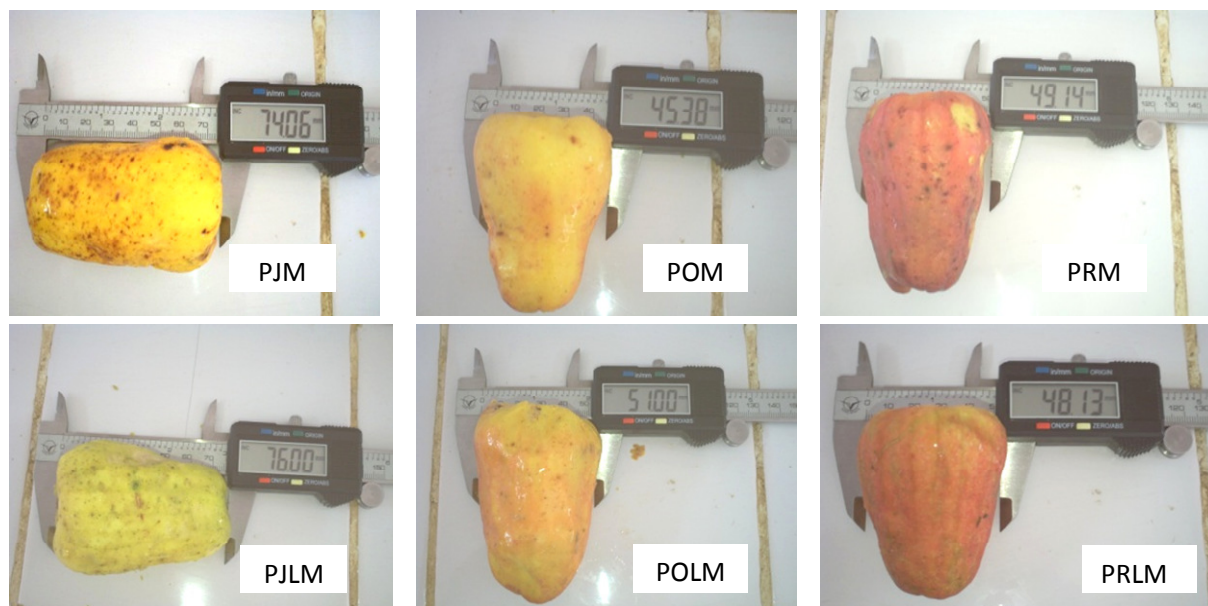


Figure 1 : Photographie des morphotypes de pommes d'anacarde du centre Bénin

MATERIEL ET METHODES

Matériel : Le matériel végétal utilisé était constitué de pommes d'anacarde collectées au centre du Bénin dans la commune de Bantè (8° 25' 0" N et 1° 52' 60" E). Bantè est situé dans l'air de culture de l'anacardier du Bénin selon le découpage des zones agroécologiques effectué par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin

(INRAB). L'intérêt pour cette commune est qu'elle correspond à la meilleure région productrice d'anacarde au Bénin (Dédéou et al., 2015 ; Gbohaïda et al., 2015) et jouit d'un positionnement géographique intéressant (Tandjiékpon et al., 2005). Les morphotypes de pommes d'anacarde ont été prélevés sur différents pieds d'anacardier, ensuite homogénéisés et répartis en six lots

de 6 kg (100 pommes d'anacarde environ par lot) sur la base de la couleur de la peau (jaune, orange et rouge), de la facilité à la cueillette et de l'indice de maturité (Voir

tableau 1). Les pommes collectées ont été conditionnées au frais dans des glacières puis transportées au laboratoire.

Tableau 1 : Identification des six morphotypes de pommes d'anacarde.

| N° | Échantillons | Abréviations | Indice de maturité |
|----|---------------------------------|--------------|--------------------|
| 1 | Pomme jaune maturée | PJM | 33,40±5,25b |
| 2 | Pomme jaune légèrement maturée | PJLM | 20,19±2,04a |
| 3 | Pomme orange maturée | POM | 42,69±4,02b |
| 4 | Pomme orange Légèrement maturée | POLM | 22,02±1,15a |
| 5 | Pomme rouge maturée | PRM | 35,16±5,52b |
| 6 | Pomme rouge légèrement maturée | PRLM | 13,52±1,01a |

Détermination des caractéristiques morphologiques et physiques des pommes d'anacarde : Les grandeurs géométriques considérées dans l'appréciation de la morphologie des pommes d'anacarde sont la longueur, la largeur, l'épaisseur, les indices de calibre et de sphéricité. La mesure des dimensions a été effectuée au moyen d'un pied à coulisse par la méthode de Silou (1996) décrite par Diakabana et al. (2013).

Détermination de la masse totale et du volume des pommes d'anacarde : La masse totale et le volume des pommes d'anacarde a été mesurées selon la méthode de Diakabana et al. (2013) décrite par Massengo et al. (2014).

Détermination de la masse volumique des pommes d'anacarde : La masse volumique des pommes a été évaluée selon la méthode de Massengo et al. (2014).

Détermination du ratio Pomme/Noix : Cette évaluation a consisté à déterminer la masse de la pomme fraîche d'anacarde, la masse de la noix fraîche et le ratio pomme/noix en vue de justifier l'importance pondérale des morphotypes de pommes d'anacarde considérés comme sous-produits de l'exploitation de la noix. Le ratio (R) pomme/noix a été calculé par la formule suivante :

$$R = \frac{M_p}{M_n}$$

- **R**: Ratio pomme/noix - **M_p** : Masse de la pomme d'anacarde - **M_n** : Masse de la noix d'anacarde

Méthodes

Extraction du jus : Une fois transportées au laboratoire, les pommes d'anacarde ont été réparties en deux grands lots. Le premier lot a servi à la caractérisation morphologique. Les pommes du second lot ont été détachées de leurs noix puis lavées à l'eau distillée. Ensuite elles ont été découpées en tranches et broyées au moyen d'un mixer (Blender LB20E, Torrington, USA,

2002) afin d'assurer un taux d'extraction rapide. La purée de pommes d'anacarde obtenue a été filtrée au moyen d'une toile mousseline de maille 0,5 mm. Enfin le jus brut extrait de chaque morphotype de pommes d'anacarde a été transvasé dans des flacons de 100 ml et conservé au réfrigérateur à 4 °C pour les différentes analyses physico-chimiques.

Détermination des rendements en jus brut et en résidus de pressage pour 100g de pommes d'anacarde: Les rendements en jus brut et en résidu de pressage ont été déterminés par la méthode de Diakabana et al. (2005).

Détermination de l'indice de maturité **B des pommes d'anacarde :** Elle a été déterminée par la méthode modifiée de Massengo et al. (2014), suivant la formule ci-après :

$$B = S/A_t$$

Avec

S=Teneur en sucre (Brix) et **A_t**=Acidité totale (% d'acid citrique)

Détermination de la masse volumique du jus brut : La masse volumique du jus brut a été déterminée selon la méthode de Diakabana et al. (2013).

Détermination de la densité du jus brut : La densité du jus brut a été déterminée selon la méthode de Massengo et al. (2014).

Caractérisation physico-chimique du jus extrait des morphotypes de pommes d'anacarde

Détermination du pH : Le pH a été déterminé sur chaque échantillon de jus de pomme cajou suivant la méthode de Nout et al. (1989) et décrite par Adou et al. (2012).

Détermination de la teneur en extrait sec réfractométrique (ESR) : La teneur en extrait sec réfractométrique a été déterminée par la méthode de

Soyer et al. (2003) à l'aide d'un réfractomètre portatif de type Soplelem (9596, France) gradué de 0 à 30° Brix.

Détermination de l'acidité totale titrable : L'acidité totale titrable (% d'acide citrique) était déterminée par la méthode modifiée et décrite par Massengo et al. (2014).

Détermination de la teneur en matière sèche : La teneur en matière sèche des échantillons de jus brut a été déterminée selon la méthode AOAC 44-15A (AOAC, 1984).

Détermination de la teneur en cendres : La teneur en cendres des jus bruts extraits des morphotypes de pommes d'anacarde a été déterminée par la méthode AOAC 08-01 (AOAC, 1984).

Dosage des sucres totaux : Le dosage des sucres totaux a été effectué par la méthode colorimétrique au phénol-sulfurique de Dubois et al. (1956).

Dosage des polyphénols : La teneur en polyphénols des échantillons de jus était déterminée en termes

d'équivalent d'acide gallique (GAE) en utilisant la méthode de Folin Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965).

Dosage des flavonoïdes : La teneur en flavonoïdes totaux des échantillons de jus était déterminée en terme d'équivalent de cathéchine par la méthode de Jia et al. (1999).

Dosage des tanins condensés : Les tanins condensés des échantillons sont dosés en termes d'équivalent de cathéchine par la méthode de Yovo et al. (2016).

Analyses statistiques : L'analyse des données recueillies s'est faite à l'aide du logiciel SPSS version 16.0. Les données ont été saisies sous Microsoft Excel 2013. La comparaison des moyennes des caractéristiques morphologiques des pommes d'anacarde et des caractéristiques physico-chimiques des jus a été faite grâce au test de Tukey avec un seuil de signification $P < 0,05$.

RESULTATS

Caractéristiques morphologiques et physiques des pommes d'anacarde: De l'analyse des résultats du tableau 2, il ressort que la longueur des morphotypes de pommes d'anacarde varie de 64,64 à 69,98 mm, la largeur et l'épaisseur sont identiques et varient de 40,74 à 48,37 mm ; l'indice de calibre de 47,64 à 54,66 et l'indice de sphéricité de 0,73 à 0,78. Le degré de maturité et la couleur n'influencent pas significativement ($p < 0,05$) la longueur des pommes d'anacarde. Cependant la largeur et l'épaisseur des pommes d'anacarde sont significativement influencés par le degré de maturité. Les caractéristiques morphologiques en particulier, la longueur et la largeur de la présente étude corroborent celles de Gbohaida et al. (2015) qui varient respectivement de 60 à 69,9 mm et de 33,55 à 43,42 mm.

Cependant ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par Adou et al. (2012) qui varient de 31 à 49 mm. Au regard de ces résultats, les pommes d'anacarde du centre Bénin semblent être allongées par rapport à celles de la côte d'Ivoire qui sont arrondies. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Assuncao & Mercadante (2003) sur des pommes d'anacarde allongées dont les caractéristiques morphologiques (longueur et largeur) varient de 56 à 72 mm. Le degré de maturité des pommes d'anacarde influence significativement la largeur, l'épaisseur et l'indice de calibre et influence très peu l'indice de sphéricité. Les pommes orange mûres ont l'indice de calibre le plus élevé.

Tableau 2 : Caractéristiques morphologiques des pommes d'anacarde

| Échantillons | Grandeurs | | | | |
|--------------|---------------|--------------|----------------|-------------------|----------------------|
| | Longueur (mm) | Largeur (mm) | Épaisseur (mm) | Indice de calibre | Indice de sphéricité |
| PJM | 69,98±4,78a | 46,23±3,07b | 46,23±3,07b | 53,04±2,72b | 0,76±0,05a,b,c |
| PJLM | 64,64±6,78a | 41,69±4,87a | 41,69±4,87a | 48,20±4,87a | 0,75±0,05a,b,c |
| POM | 69,94±6,26a | 48,37±3,65b | 48,37±3,65b | 54,66±3,94b | 0,78±0,04c |
| POLM | 66,72±9,84a | 42,47±4,74a | 42,47±4,74a | 49,35±6,01a | 0,74±0,03a,b |
| PRM | 68,83±3,78a | 46,80±3,24b | 46,80±3,24b | 53,19±2,87b | 0,77±0,04b,c |
| PRLM | 65,26±4,55a | 40,74±3,59a | 40,74±3,59a | 47,64±3,41a | 0,73±0,04a |

Les valeurs d'une même colonne étant affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles d'après le test de comparaison multiple de

Tukey au seuil de 5%. :De l'analyse des résultats du tableau 3, il ressort que les valeurs massiques moyennes des pommes et des noix d'anacarde ainsi que la masse

volumique de la pomme et le ratio pomme/noix varient respectivement de 47,28 à 78,63 g, de 6,75 à 10,50g, 0,84 à 0,96 et de 7,23 à 8,64. Ces valeurs montrent qu'il y a de différence significative ($p < 0,05$) entre les pommes d'anacarde mûres (PJM, POM, PRM) et celles légèrement mûres (PJLM, POLM et PRLM). Ainsi le degré de maturité des pommes d'anacarde influencent significativement les valeurs massiques et la masse volumique de la pomme d'anacarde excepté le ratio

pomme/noix qui est voisin de 8. La différence des valeurs massiques et des masses volumiques pourrait s'expliquer par le degré de maturité des pommes d'anacarde qui a une influence sur ses caractéristiques physicochimiques (Pinheiro et al., 2006). Les masses moyennes des pommes d'anacarde sont en partie conformes à celles trouvées par Gbohaïda et al. (2015) et Adou et al. (2015) qui varient respectivement de 43,26 à 75,84 g et de 40,3 à 62,7g.

Tableau 3 : Valeurs massiques de la pomme et de la noix de cajou ainsi que le ratio pomme/noix

| Échantillons | Grandeurs | | | |
|--------------|-------------------------|--|------------------------|------------------|
| | Masse moyenne pomme (g) | Masse volumique de la pomme (g/cm ³) | Masse moyenne noix (g) | Ratio pomme/noix |
| PJM | 76,26±10,78b | 0,94±0,04c | 8,90±1,27b | 8,64±1,11a |
| PJLM | 55,23±18,21a | 0,92±0,03b | 6,93±1,10a | 7,91±1,63a |
| POM | 78,63±8,66b | 0,93±0,03b,c | 10,50±1,44c | 7,60±1,25a |
| POLM | 56,08±15,74a | 0,84±0,06a | 7,50±2,18a | 7,88±2,58a |
| PRM | 75,27±10,71b | 0,96±0,07c | 8,94±0,73b | 8,41±0,92a |
| PRLM | 47,28±9,09a | 0,91±0,03b | 6,75±1,25a | 7,23±2,04a |

Les valeurs d'une même colonne étant affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles d'après le test de comparaison multiple de Tukey au seuil de 5%.

De l'analyse des résultats du tableau 4, il ressort que les valeurs de la masse du jus extrait varient de 76 à 86 g ; celles de la masse des résidus de pressage varient de 10 à 16 g, et celles des rendements en jus et en résidus de pressage varient respectivement de 76 à 86 % et de 10 à 16 %, celles de la masse volumique du jus brut varient de 1,01 à 1,02 g/cm³ et celles de la densité du jus brut

varient de 1,02 à 1,03. De l'analyse de ces résultats, il ressort qu'il n'y a pas de différence significative ($p < 0,05$) entre les morphotypes de pommes d'anacarde. Les rendements en jus et les densités des pommes d'anacarde confortent ceux obtenus par Gbohaïda et al. (2015) qui varient de 74,08 à 87,25 % et de 1,02 à 1,05 respectivement.

Tableau 4 : Masse, masse volumique, densité et rendement en jus brut ; masse et rendement en résidus de pressage pour 100g de pommes d'anacarde.

| Paramètres | Échantillons | | | | | |
|-------------------------------------|--------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|
| | PJM | PJLM | POM | POLM | PRM | PRLM |
| M _j (g/100g) | 84±1,41b,c | 82±1,41b | 86±1,41c | 84±1,41b,c | 83±1,41b,c | 76±1,41a |
| M _R (g/100g) | 12±1,41a,b | 14±1,41b,c | 10±1,41a | 12±1,41a,b | 12±1,41a,b | 16±1,41c |
| R _j (%) | 84±1,41b,c | 82±1,41a,b | 86±1,41c | 84±1,41b,c | 83±1,41b,c | 76±1,41a |
| RRP (%) | 12±1,41a,b | 14±1,41b,c | 10±1,41a | 12±1,41a,b | 12±1,41a,b | 16±1,41c |
| ρ _j (g/dm ³) | 1,02±0,01b,c | 1,01±0,01a,b | 1,02±0,01c | 1,02±0,01c | 1,02±0,01b,c | 1,02±0,01a,b |
| d _j | 1,03±0,01b,c | 1,02±0,01a,b | 1,03±0,01c | 1,03±0,01c | 1,03±0,01b,c | 1,02±0,01a,b |

Les valeurs d'une même ligne étant affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles d'après le test de comparaison multiple de Tukey au seuil de 5%, M_j : Masse de jus extrait, M_R : Masse de résidus de pressage, R_j : Rendement en jus, RRP : Rendement en résidus de pressage, ρ_j : Masse volumique du jus brut, d_j : Densité du jus brut.

Caractéristiques physico-chimiques des jus extraits des morphotypes de pommes d'anacarde : De l'analyse du tableau 5, il ressort que le pH, l'acidité totale titrable, l'extrait sec réfractométrique et l'indice de

maturité varient respectivement de 3,37 à 4,52 ; 0,24 à 0,61 ; 8,2 à 10,2 °brix et 20,19 à 44,17. L'analyse de variance révèle l'existence d'une différence significative ($p < 0,05$). Contrairement aux résultats trouvés par Adou et

al. (2012) et Sivagurunathan *et al.* (2010) ; la présente étude révèle que le degré de maturité et la couleur des pommes d'anacarde influencent significativement le pH. Les variations de pH des échantillons de jus de cette étude sont en partie conformes à celles obtenues par Adou *et al.* (2012) ; Lowore et Agyente-Badu (2009) ; Gbohaïda *et al.* (2015) qui sont comprises respectivement entre 4,37 et 4,50 ; 4,08 et 4,59 ; 4,28 et 4,8. Cependant les valeurs de pH obtenues dans la présente étude sont inférieures à celles obtenues par Sivagurunathan *et al.* (2010) sur des pommes de l'inde qui sont comprises entre 4,86 et 5,54. Les différences entre pays seraient liées aux climats et aux types de sol propres à chaque pays. Le caractère acide des jus de pommes d'anacarde est conforté par l'acidité totale titrable (ATT) qui variait de 0,24 à 0,61 %. L'analyse statistique révèle qu'il n'y a pas de différence significative ($P < 0,05$) entre les jus de différentes couleurs. Cependant, cette différence est significative ($P < 0,05$) entre les jus de pommes d'anacarde mûres et les jus de pommes légèrement mûres. Ainsi le degré de maturité influence significativement l'acidité totale titrable. Ces résultats confirment le fait que la composition des fruits était influencée par différents paramètres y compris le degré de maturité (Pinheiro *et al.*, 2006). Ces auteurs dans leurs études sur les pommes d'anacarde du Brésil ont trouvé

des acidités comprises entre 0,45 et 1,26 %. Ce qui est en partie supérieur aux résultats de la présente étude. Ces différences entre pays pourraient s'expliquer par les conditions climatiques et pédologiques. Ces valeurs corroborent en partie celles de Adou *et al.* (2012) qui varient de 0,56 à 0,57. Pour l'extrait sec réfractométrique (ESR), les teneurs sont comprises entre 8,2 et 10,2 °brix. L'analyse statistique révèle l'existence d'une différence significative ($P < 0,05$) entre les différents jus de pommes d'anacarde mûres. Ces résultats confortent le fait que la couleur des pommes d'anacarde influence significativement l'extrait sec réfractométrique des pommes d'anacarde (Adou *et al.*, 2012). Ces auteurs ont trouvé des teneurs comprises entre 10,2 et 10,9 °brix. Lesquelles sont supérieures aux résultats de la présente étude. Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions climatiques et pédologiques liées à chaque pays. Ces résultats sont cependant en partie conformes à ceux trouvés par Gbohaïda *et al.* (2015) qui varient de 8,27 à 12,63 °brix. Les pommes oranges mûres ont la plus forte teneur en extrait sec réfractométrique. L'indice de maturité des pommes d'anacarde variait de 20,19 à 44,17. Les résultats d'analyse montrent qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les pommes d'anacarde mûres et celles légèrement mûres.

Tableau 5 : pH, acidité, ESR et indice de maturité des jus de pommes d'anacarde

| Paramètres | Échantillons | | | | | |
|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | PJM | PJLM | POM | POLM | PRM | PRLM |
| pH | 4,35±0,07c | 3,97±0,10b | 4,52±0,05d | 3,44±0,05a | 4,47±0,02c | 3,37±0,01a |
| ATT (%) | 0,29±0,05a | 0,45±0,05b | 0,24±0,02a | 0,43±0,02b | 0,29±0,05a | 0,61±0,05c |
| ESR | 9,2±0,28a,b | 9±0,28a,b | 10,6±0,71d | 9,5±0,71a,b | 10±1,13c | 8,2±0,57a |
| IM | 33,40±5,25b | 20,19±2,04a | 44,17±4,02b | 22,02±1,15a | 35,16±5,52b | 13,52±1,01a |

Les valeurs d'une même ligne étant affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles d'après le test de comparaison multiple de Tukey au seuil de 5%, ATT : Acidité totale titrable, ESR : Extrait sec réfractométrique, IM : Indice de maturité.

Les teneurs en polyphénols, tanins condensés et en flavonoïdes des pommes d'anacarde sont présentées dans le tableau 6. La teneur en polyphénols variait de 2506,510 à 4247,690 mg/l. L'analyse statistique révèle l'existence d'une différence significative entre les pommes d'anacarde jaunes, oranges et rouges légèrement mûres ($p < 0,05$). Ces résultats sont en partie conformes à ceux obtenus par Lowore & Agyente-Badu (2009) et Sivagurunathan *et al.* (2011) qui varient de 1847 à 4128 mg/l et de 1400 à 2900 mg/l respectivement. Cependant ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Adou *et al.* (2012) qui varient de

1653,8 à 2374,2 mg/l. Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions climatiques propres à chaque pays. Parmi les pommes mûres, ce sont les pommes rouges qui ont la plus forte teneur en polyphénols. La présence de ces quantités élevées de polyphénols dans tous les jus bruts peut présenter un avantage pour les pays producteurs. De nombreuses études ont montré que les polyphénols réduisent efficacement les risques de maladies cardiovasculaires (Marguetts et Buttriss, 2003 ; Adou *et al.*, 2012). La teneur en tanins condensés variait de 130,30 à 614,70 mg/l. L'analyse statistique montre qu'il y a une différence

significative ($p < 0,05$) entre les pommes légèrement mûres d'une part, et entre les pommes oranges mûres avec l'ensemble des pommes jaunes et rouges mûres d'autre part. Ces résultats sont en partie conformes à ceux obtenus par Lowore et Agyente-Badu (2009) qui varient de 145,3 à 512,4 mg/l. Cependant ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Adou et al.

(2012) qui varient de 5,9 à 7,4 mg/l. Cette différence pourrait s'expliquer par la méthode d'analyse. La teneur en flavonoïdes variait de 134,60 à 450,95 mg/l. Les pommes jaunes et rouges mûres sont différentes ($p < 0,05$) des pommes oranges mûres. Ces valeurs sont en partie conformes à celles obtenues par Adou et al. (2012) qui varient de 298,6 à 479,8 mg/l.

Tableau 6 : Teneurs en polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés

| Échantillons | Paramètres | | |
|--------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| | Polyphénols (mg/l) | Tanins condensés (mg/l) | Flavonoïdes (mg/l) |
| PJM | 25065,10±0,01a | 130,30±27,86a | 134,60±7,21a |
| PJLM | 28359,25±0,23b | 298,85±2,47b | 219,95±5,59b |
| POM | 26317,20±0,01a | 341,50±50,35b | 242,90±7,21b |
| POLM | 42476,90±0,25d | 614,70±4,95d | 422,30±46,67c |
| PRM | 29586,15±0,25b | 153,00±29,27a | 163,10±0,85a |
| PRLM | 35628,15±0,02c | 516,15±9,55c | 450,95±20,58c |

Les valeurs d'une même colonne étant affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles d'après le test de comparaison multiple de Tukey au seuil de 5%.

Du tableau 7, il ressort que la matière sèche variait de 7,20 à 8,43 %. La matière sèche des pommes d'anacarde est significativement influencée par la couleur et le degré de maturité des pommes d'anacarde. Les pommes d'anacarde mûres sont plus riches en matière sèche que celles légèrement mûres. Les pommes oranges mûres présentent la plus forte teneur en matière sèche. Ces résultats corroborent en partie ceux obtenus par Adou et al. (2012) qui varient de 7,80 à 10,20 %. La teneur en cendre variait de 0,15 à 0,23 %. L'analyse statistique révèle l'existence d'une différence significative ($p < 0,05$) entre les pommes mûres (PJM, POM, PRM) et les pommes légèrement mûres (PJLM, POLM, PRLM) d'une part, et d'autre part entre les pommes rouges mûres et l'ensemble des pommes jaunes et oranges mûres. Le degré de maturité influence donc

significativement la teneur en cendre. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par Adou et al. (2012) qui varient de 1,3 à 1,88 %. Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions pédologiques. La teneur en sucres totaux varie de 60,49 à 64,14 g/l. L'analyse statistique révèle l'existence d'une différence significative ($p < 0,05$) entre les pommes mûres (PJM, POM, PRM) et les pommes légèrement mûres (PJLM, POLM, PRLM) d'une part et d'autre part entre les pommes mûres de différentes couleurs. Ces valeurs sont en partie conformes à celles obtenues par Sivagurunathan et al. (2010) qui sont comprises entre 36,6 et 151 g/Kg. Cependant ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Lowore et Agyente-Badu (2009) et Gbohaida et al. (2015) qui variaient de 8,44 à 14,45 g/l et de 15,80 à 23,66 g/kg respectivement.

Tableau 7 : Matière sèche et teneurs en cendres et en sucres totaux

| Échantillons | Paramètres | | |
|--------------|-------------------|--------------|---------------------|
| | Matière sèche (%) | Cendres (%) | Sucres Totaux (g/l) |
| PJM | 7,68±0,04b | 0,16±0,0014b | 62,76±0,05c |
| PJLM | 7,20±0,01a | 0,23±0,0007d | 60,49±0,09a |
| POM | 8,43±0,02c | 0,16±0,0007b | 64,14±0,02f |
| POLM | 8,19±0,13c | 0,15±0,0021a | 63,06±0,07e |
| PRM | 8,29±0,21c | 0,17±0,0042c | 62,95±0,01d |
| PRLM | 7,90±0,46b | 0,23±0,0028d | 60,75±0,01b |

Les valeurs d'une même colonne étant affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles d'après le test de comparaison multiple de Tukey au seuil de 5%.

Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions climatiques. Les pommes oranges mûrées sont celles qui présentent la plus forte teneur en sucres totaux. La couleur et le degré de maturité influencent donc significativement la teneur en sucres totaux des pommes

d'anacarde. Les pommes d'anacarde jaunes en particulier, constituent un bon substrat pour la fermentation si les paramètres d'inhibition (pH, tanins, richesse du milieu réactionnel) sont bien contrôlés.

CONCLUSION

La présente étude a révélé que les morphotypes de pommes d'anacarde dont la cueillette est aisée au moindre contact du panier de cueillette avec ceux-ci sont d'une meilleure qualité. En générale, le degré de maturité et la couleur influencent significativement les paramètres mesurés. Les morphotypes de pommes d'anacarde mûrées présentent une teneur assez importante en cendre et un potentiel élevé en sucre. Cette richesse en

sucres avec un pH moyen favorable à la croissance microbienne fait de ces pommes d'anacarde en particulier le morphotype orange, le substrat privilégié pour la production du vin, du vinaigre, d'alcool alimentaire ou de boissons spiritueuses. C'est une agroressource à haute valeur ajoutée à laquelle le gouvernement béninois doit attacher du prix pour sa propagande politique comme c'est le cas dans certains pays comme l'Inde et le Brésil.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le PPAO et le gouvernement béninois pour leurs appuis matériel et financier.

REFERENCES

- Adégbola YP. et Ofio A, 2005. Étude de la filière anacarde dans les départements de l'Atacora et de la Donga (Nord ouest du Bénin), Rapport, Bénin. p 16-34.
- Adou M, Tetchi FA, Gbane M, Niaba PVK, Amani NG 2011. Minerals Composition of the Cashew Apple Juice (*Anacardium occidentale* L.) of Yamoussoukro, Cote d'Ivoire. Pakistan Journal of Nutrition 10: 1109-1114.
- Adou M, Kouassi DA, Tetchi FA, Amani NG 2012. Phenolic profile of Cashew (*anacardium Occidentale* L.) of Yamoussoukro and Korhogo, Cote d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 49 : 3331-3338.
- Adou M, Tetchi FA, Gbané M, Kouassi KN, Amani NG 2012. Physico-chemical characterization of cashew apple juice (*anacardium occidentale*, l.) from Yamoussoukro, côte d'ivoire. Innovative Romanian Food Biotechnology 11: 32-43.
- Aina MMS, 1996. L'anacardier dans le système de production au niveau paysan : une approche de rentabilité économique et de la gestion du terroir dans la commune rurale d'Agoua (Zou). Thèse d'ingénieur Agronome, FSA UNB. 229 pp.
- AOAC, 1984. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Sidney, W. (ed) ; 14ème édition ; Virginie, USA, pp.22209.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17 th Edn., Association of Official Analytical Chemistry, Arlington, Virginia, Gaithersburg, MD, USA.
- Assuncao RB. et Mercadante AZ 2003. Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). Journal of Food Composition 16 : 647-657.
- Ayéna AC. et Agassounon Djikpo Tchiboza M, 2015. Valorisation de *Pterocarpus santalinoide* L'Hér. ex De. (Papilionoideae), une plante médicinale utilisée au Bénin en Afrique de l'Ouest. Journal of Applied Biosciences 90 : 8377-8386.
- Carvalho JM, Maia GA, Figueiredo RW, Brito ES, Rordrigues S 2006. Development of a blended beverage consisting of coconut water and cashew apple juice containing caffeine. International Journal Food Science Technology 42: 1195-1200.
- Cavalcante AAM, Rubensam G, Picada JN, Silva EG, Moreira JCF, Henriques JAP 2003. Mutagenicity, antioxidant potential and antimutagenic activity against hydrogen peroxide of cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice and cajuina. Environ. Mol. Mutagenesis 41: 360-369.
- Dédéou ESCA, Dossou J, Ahohuendo B, Saïdou A, Ahanchede A, Soumanou MM 2015. Optimization of cashew (*Anacardium occidentale* L.) apple juice's clarification process by using cassava and rice starch. Journal of Applied Biosciences 95 : 8989-9002.
- Diakabana P, Kobawila SC, Massengo V, Louembe D 2013. Effet du degré de maturation sur la

- cinétique de fermentation éthylique de la pulpe de mangue cultivar BOKO. Cameroun Journal of Experimental Biology 9 : 1-8.
- Drake SR. et Eisele TA 1994. Influence of harvest date and controlled atmosphere storage delay on the color and quality of 'delicious' apples stored in a purge-type controlled-atmosphere environment, Horticol Technology 4 : 260-263.
- Drake SR. et Eisele TA 1997. Quality of 'gala' apples as influenced by harvest maturity, storage atmosphere and concomitant storage with 'bartlett' pears. Journal of Food Quality 20 : 41-51.
- Drake SR. et Eisele TA 1999. Carbohydrate and acid contents of gala apples and bartlett pears from regular and controlled atmosphere storage. Journal of Agriculture and Food Chemistry 47 : 3181-3184.
- Drake SR, Elfving DC, Eisele TA 2002. Harvest maturity and storage affect quality of 'Cripps pink' (pink lady) apples. Horti. Tech. 12: 388-391.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 280: 350-356.
- Gagnon BM, 1998. Étude de la filière anacarde au Bénin. Programme «Entreprenariat Bénin» Bénin. Rapport définitif. GCRAI/ADRAO (2001). NERICA. Le riz source de vie, ADRAO, Bouaké. 87 pp.
- Gbohaïda V, Mossi I, Adjou S E, Agbangnan P, Yèhouenou BB, Sohounhloué CKD 2015. Morphological and physicochemical characterization of cashew apples from Benin for their use as Raw material in bioethanol production. International Journal of pharmaceutical Sciences Review and Research 02 : 7-11.
- Giro MEA, Martins JLL, Rocha MVP, Melo VMM, Goncalves LRB 2009. Clarified cashew apple juice as alternative raw material for biosurfactant production by *Bacillus subtilis* in a batch bioreactor. Biotechnology Journal 4: 738-747.
- Jia Z, Tang M, WU J 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. food chem 64: 555-559.
- Kubo I, Masuoka N, Ha TJ, Tsujimoto K 2006. Antioxidant activity of anacardic acids. Food Chemistry 99 : 555-562.
- Lacroix E, 2003. Les anacardiens, les noix cajou et la filiere anacarde a bassilia et au Benin, Terra Systems, 47 pp.
- Lowor ST. et Agyente-Badu CK 2009. Mineral and proximate composition of Cashew apple (*Anacardium occidentale L.*) juice from Northern Savannah, Forest and Costal Savannah region in Ghana. American Journal of Food Technology 4 : 154-161.
- Margretts B. et Buttriss J, 2003. Epidemiology linking consumption of plant foods and their constituents with health. In *Plants: diet and health*; Goldberg G., Ed., Blackwell Publishing Oxford, U. K. p 49-64.
- Massengo V, Loumouamou BW, Diakabana P, Silou T 2014. Ethanol production fermentation of the pulpe of "BOKO" mango. International Journal of Chemical Science and Technology 4: 71-77.
- Nanjundaswamy AM, Radhakrishniah Setty, Patwardhan MV, 2001. Utilization of cashew apples for the development of processed products. Central Food Technological Research Institute Mysore-570013, Karnataka, India. p 152-159.
- Nout MJR, Rombouts FM, Havelaar A 1989. Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant good ingredients on some pathogenic microorganism. Int. J. Food Microbiol 8: 351-361.
- Ohler JG, 1988. Cashew Communication 71, Departement of Agricultural Research, Koninklijk Institut voor de Tropen, Amsterdam, ISBN: 9068320742. 260 pp.
- Pinheiro AM, Fernandes AG, Cavalete AEF, Do Prado GM, De Sousa PHM, Maia GA 2006. Avaliacao quimica, fisico-quimica e microbiologica de sucos de frutas integrais: Abacaxi, caju e Maracuja. Cienc. Tecnol. Aliment 26: 98-103.
- Rocha MVP, Oliveira AHS, Souza MCM, Goncalves LRB 2006. Natural cashew apple juice as fermentation medium for biosurfactant production by *Acinetobacter calcoaceticus*. World Journal of Microbiology and Biotechnology 26: 875-883.
- Silou T, 1996. Le safoutier (*Dacryodes edulis*), un arbre mal connu. Fruits 51: 47-60.
- Singleton VL. et Rossi JA 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Vitic. 16: 144-158.
- Sivagurunathan P, Sivasankari S, Muthukkaruppan SM 2010. Characterisation of cashew apple

- (*Anacardium occidentale* L.) fruits collected from Ariyalur District. Journal of Biosciences Research 1: 101-107.
- Soyer Y, Koca N, Karadeniz F 2003. Organic acid profile of Turkish whites grapes and grapes juices. Journal of Food Composition and Analysis 16: 629-636.
- Tandjékpon AM, 2005. Caractérisation du système agroforestier à base d'anacardier (*Anacardium occidentale* Linnaeus) en zone de savane au Bénin. Diplôme d'Études Approfondies (DEA), Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 122 pp.
- Yovo M, Alitonou GA, Yedomonhan H, Tchobo F, Dedome O, Sessou P, Avlessi F, Menut C, Sohounhloue D 2016. First Report on chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Artabotrys velutinus* Scott-Elliot Extracts Against Some Clinical Strains in Benin. American Journal of Applied Chemistry 4 (3): 71-76.