

Effet du procédé de valorisation de la pulpe de prunes noires (*Vitex doniana*) en nectars sur les caractéristiques physicochimiques et nutritionnelles

[Effect of valorization process of black plum pulp (*Vitex doniana*) into nectars on the physicochemical and nutritional characteristics]

Kone-Soro Haffiata^{1,2}, Kone Kisselmina Youssouf², Akaki Koffi David², and Soro Doudjo²

¹Institut de Gestion Agro-Pastorale, Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

²Département Génie Chimique et Agroalimentaire, Institut National Polytechnique, Félix Houphouët Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Côte d'Ivoire, the savannah plum (*Vitex doniana*) is a woody and wild wood resource whose fruits are highly valued by local people. They are either consumed fresh or traditionally processed into alcoholic or non-alcoholic drinks. This work aims at the promotion of black plum of Côte d'Ivoire through not only the evaluation of the aptitude for its transformation into nectars; but also to highlight the impact of the transformation process on the nutritional quality of nectars derived from this black plum. The fruits used to make the nectars were harvested in three (3) regions in the north of Côte d'Ivoire. Two (2) techniques for developing ripe black plum nectars were used: a traditional (artisanal) process and the other semi-mechanized (tangential microfiltration: MFT). The biochemical composition of each nectar produced was then determined using conventional biochemical analysis methods. The results indicate that the drinks obtained are rich in bioactive compounds: vitamin C (11.13 ± 0.15 and 14.34 ± 0.01 mg / 100 mL) and phenolic compounds including total polyphenols (190.00 ± 0.01 and 206.67 ± 0.01 mg Eq GA / 100 mL) and total flavonoids (156.67 ± 0.01 and 185.36 ± 0.20 mg QE / 100 mL). They also contain significant amounts of minerals: calcium (89.63 ± 6.13 and $295, 17 \pm 21.81$ mg / 100 mL), potassium (109.92 ± 11.02 and $3,598.33 \pm 16.24$ mg / 100 mL) and magnesium (53.05 ± 5.46 and 388.97 ± 60.60 mg / 100 mL). However, the content of nectars in biochemical compounds remains linked to the transformation process used. The grinding and the use of heat in the traditional transformation process leads to a good diffusion of the pulp compounds in the nectar.

KEYWORDS: *Vitex doniana*, black plum, valorization, tangential microfiltration, nectar, Polyphenol.

RESUME: En Côte d'Ivoire, le prunier des savanes (*Vitex doniana*) est une ressource ligneuse forestière et sauvage dont les fruits sont très appréciés par les populations locales. Ils sont soit consommés frais, soit traditionnellement transformés en boissons alcoolisées ou non. Ce travail vise à la valorisation de la prune noire de Côte d'Ivoire à travers non seulement l'évaluation de l'aptitude à sa transformation en nectars; mais également à la mise en évidence de l'impact du procédé de transformation sur la qualité nutritionnelle des nectars dérivés de cette prune noire. Les fruits utilisés pour l'élaboration des nectars ont été récoltés dans trois (3) régions du nord de la Côte d'Ivoire. Deux (2) techniques d'élaboration de nectars de prunes noires mûres ont été utilisées: un procédé traditionnel (artisanal) et l'autre semi-mécanisé (incluant une microfiltration tangentielle: MFT). La composition biochimique de chaque nectar élaboré a ensuite été déterminée à partir des méthodes classiques d'analyses biochimiques. Les résultats indiquent que les boissons obtenues sont riches en composés bioactifs: vitamine C ($11,13 \pm 0,15$ et $14,34 \pm 0,01$ mg / 100 mL) et composés phénoliques dont les polyphénols totaux ($190,00 \pm 0,01$ et $206,67 \pm 0,01$ mg Eq A. G. / 100 mL) et flavonoïdes totaux ($156,67 \pm 0,01$ et $185,36 \pm 0,20$ mg Q.E / 100 mL). Elles contiennent également des quantités non négligeables de minéraux: calcium ($89,63 \pm 6,13$ et $295, 17 \pm 21,81$ mg / 100 mL), potassium ($109,92 \pm 11,02$ et $3598,33 \pm 16,24$ mg / 100 mL) et magnésium ($53,05 \pm 5,46$ et $388,97 \pm 60,60$ mg / 100 mL). Toutefois, la teneur des nectars en composés biochimiques reste liée au procédé de transformation utilisé. Le broyage et l'utilisation de la chaleur dans le procédé traditionnel de transformation entraîne une bonne diffusion des composés de la pulpe dans le nectar.

MOTS-CLEFS: *Vitex doniana*, prune noire, valorisation, microfiltration tangentielle, nectar, Polyphénol.

1 INTRODUCTION

Les bénéfices liés à la consommation des fruits restent toujours d'actualité. Si leur appréciation par les divers consommateurs est beaucoup plus liée à leurs qualités organoleptiques [1], il n'en demeure pas moins qu'ils présentent un intérêt sanitaire très important. Selon l'origine géographique, on en distingue trois (3) catégories: les fruits des régions tempérées, les fruits sous tropicaux et les fruits tropicaux [2]. Les fruits tropicaux occupent progressivement une part importante sur le marché mondial [3].

En Côte d'Ivoire, certains fruits forestiers sont explorés afin d'être utilisés comme matières premières dans un processus de transformation primaire [4]. La prune noire (ou 'Koto' en malinké), fruit sauvage, est la partie la plus valorisée du prunier des savanes (*Vitex doniana*, famille des Verbenaceae) et présente un potentiel intéressant pour l'alimentation humaine ([5]; [6]; [7]; [8]). Ce fruit figure parmi les plus commercialisés et les mieux appréciés par les populations locales ([9]; [1]). La caractérisation biochimique de la pulpe de fruits récoltés dans trois (3) régions du nord du pays (Bagoué, Poro et Tchologo) [8] a permis de mettre en évidence sa richesse en composés minéraux et bioactifs. Cependant, comme pour la plupart des fruits tropicaux, une proportion trop importante est actuellement perdue après la récolte, faute de technologies de conservation et de transformation adaptées aux contextes locaux [10].

Alternative intéressante à ce gaspillage enregistré dans la filière fruitière, la transformation, permet de donner de la valeur ajoutée au produit brut en mettant à disposition toute l'année des bienfaits de ces fruits et en favorisant une augmentation de leur consommation à travers la conquête d'une nouvelle clientèle. Le procédé de transformation, de par son incidence directe sur la qualité finale du produit, reste un facteur clé pour l'obtention d'un résultat satisfaisant ([11]; [12]).

La pulpe de prune noire est essentiellement transformée de façon artisanale en nectar ou en boissons alcoolisées de courtes durées de conservation; Ce qui constitue un frein à toute perspective de commercialisation durable sur le marché local voire national. Les travaux de recherches référencés sur une éventuelle transformation artisanale ou industrielle de la prune noire en nectar sont inexistantes. Cette étude a pour objectif la valorisation de la pulpe de prune noire en nectars afin de garantir des boissons saines, équilibrées et faciles à conserver pour la population. Pour ce faire, une étude sera menée afin de passer d'une transformation artisanale à un procédé semi-mécanisé adapté au fruit et parfaitement exploitable de façon industrielle. Ainsi, la transformation de la pulpe de prunes noires en nectar se fera selon deux (2) techniques: l'une calquée sur la méthode artisanale et l'autre semi-mécanisée. Le premier procédé d'élaboration, artisanale, met en œuvre un traitement thermique pour faciliter le dépulpage et ensuite stabiliser le nectar et permet d'obtenir un nectar dénommé « nectar traditionnel ». Le second procédé, semi-mécanisé, est réalisé à froid et met en œuvre un dispositif de microfiltration tangentielle (MFT) pour la clarification et la stabilisation. Le nectar issu de cette technique est appelé « nectar microfiltré ». Une caractérisation de ces deux (2) nectars permettra ensuite de déterminer, non seulement, leur valeur nutritionnelle mais également l'impact du procédé de fabrication sur la qualité nutritionnelle du produit fini.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

Les prunes noires utilisées pour la fabrication des nectars proviennent de trois (3) régions du nord de la Côte d'Ivoire. Elles sont récoltées à maturité au pied de plants sauvages entre juillet et août de chaque année.

Ensuite, le mûrissement des fruits s'est fait naturellement dans des paniers (protégés des insectes avec du tissu en coton) durant cinq jours. Ils ont ensuite été stockés dans une chambre froide à -18°C jusqu'au moment de la production des nectars (période de (2) semaines à un (1) mois). Une caractérisation biochimique de leur pulpe a permis au préalable de déterminer leur composition nutritionnelle.

2.2 ELABORATION DES DIFFÉRENTS NECTARS

2.2.1 ELABORATION DU NECTAR TRADITIONNEL

Le procédé artisanal classique permettant d'obtenir le « nectar traditionnel » est mis en évidence à la figure 1. Les étapes de fabrication marquées en rouge sont celles qui présentent des différences d'avec la méthode semi-mécanisée.

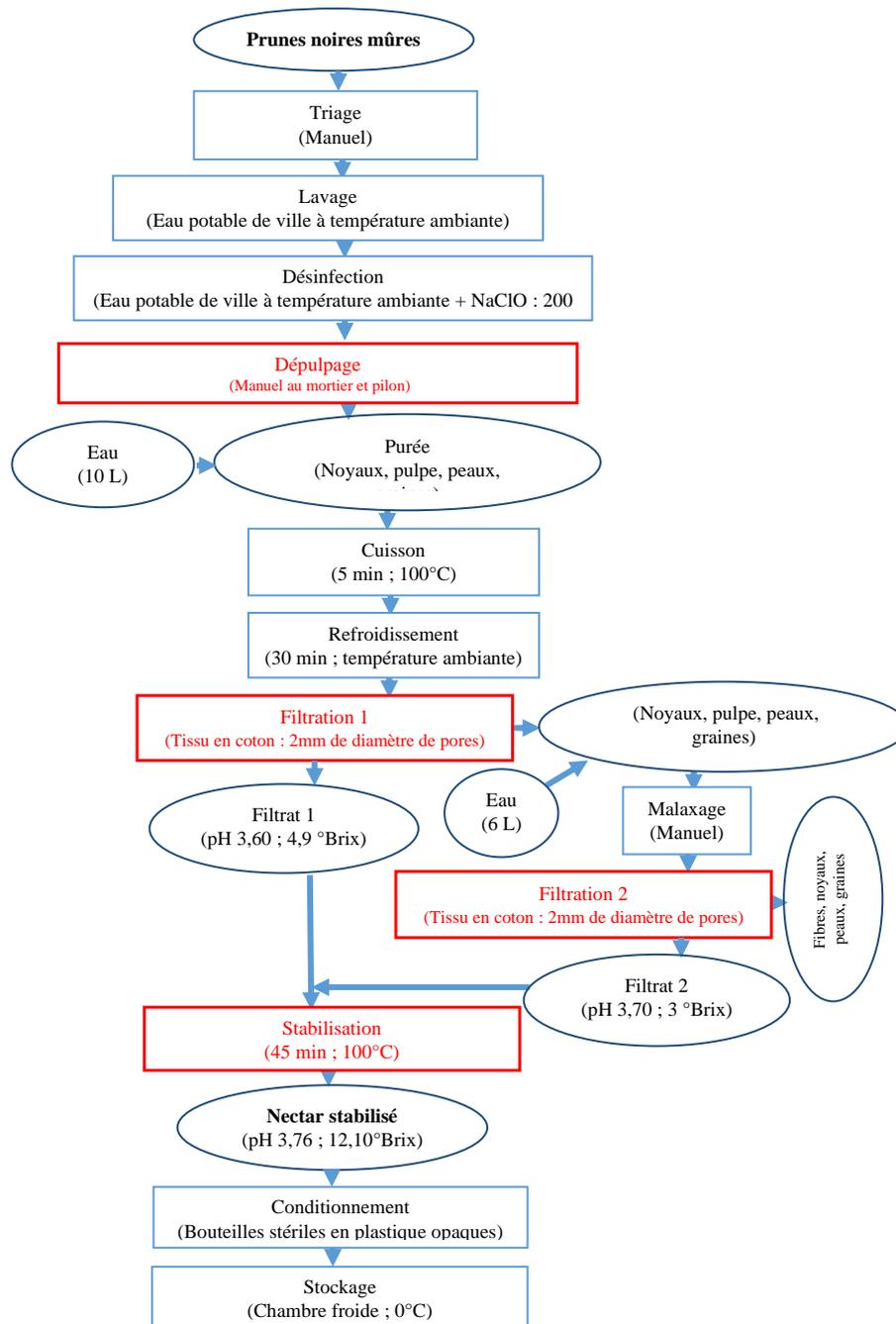


Fig. 1. Diagramme de fabrication du nectar traditionnel de prunes noires

Comme présenté à la figure 1, la pulpe des fruits mûrs, préalablement lavés, triés et désinfectés, a été extraite manuellement en broyant au mortier 6 kg de fruits. La pâte obtenue est un mélange de pulpe, de pelure, de coques de noyaux, de noyaux et de graines parfois écrasées. Elle est alors délayée dans 4 L d'eau potable et l'ensemble est porté à ébullition dans une casserole en inox pendant cinq (5) minutes afin de faciliter l'extraction du maximum de pulpe. Après 30 minutes de refroidissement, le mélange est filtré (filtration 1) à l'aide d'un tissu en coton de 2 µm de diamètre de pores et le perméat est transvasé dans une autre casserole en inox. Au rétentat, on a ajouté 5 L d'eau potable et le tout a été malaxé manuellement durant 5 minutes. Ce mélange est à nouveau filtré (filtration 2) avec le tissu en coton. Puis les 2 filtrats obtenus ont été mélangés et portés à ébullition (105°C) pendant 45 minutes; ce qui favorise l'évaporation de l'eau et l'augmentation de la durée de conservation. On obtient ainsi un nectar pasteurisé (stabilisé) avec taux d'extrait sec réfractométrique (ESR) de $12,10 \pm 0,00$ °Brix. Enfin le nectar traditionnel obtenu a été conditionné dans des bouteilles stériles en plastique et stockées en chambre froide à 0°C.

2.2.2 ELABORATION DU NECTAR MICROFILTRÉ

Le procédé semi-mécanisé permettant d'obtenir le « nectar microfiltré » est mis en exergue à la figure 2. Les étapes du procédé en rouge sont celles qui diffèrent des étapes du procédé artisanal.

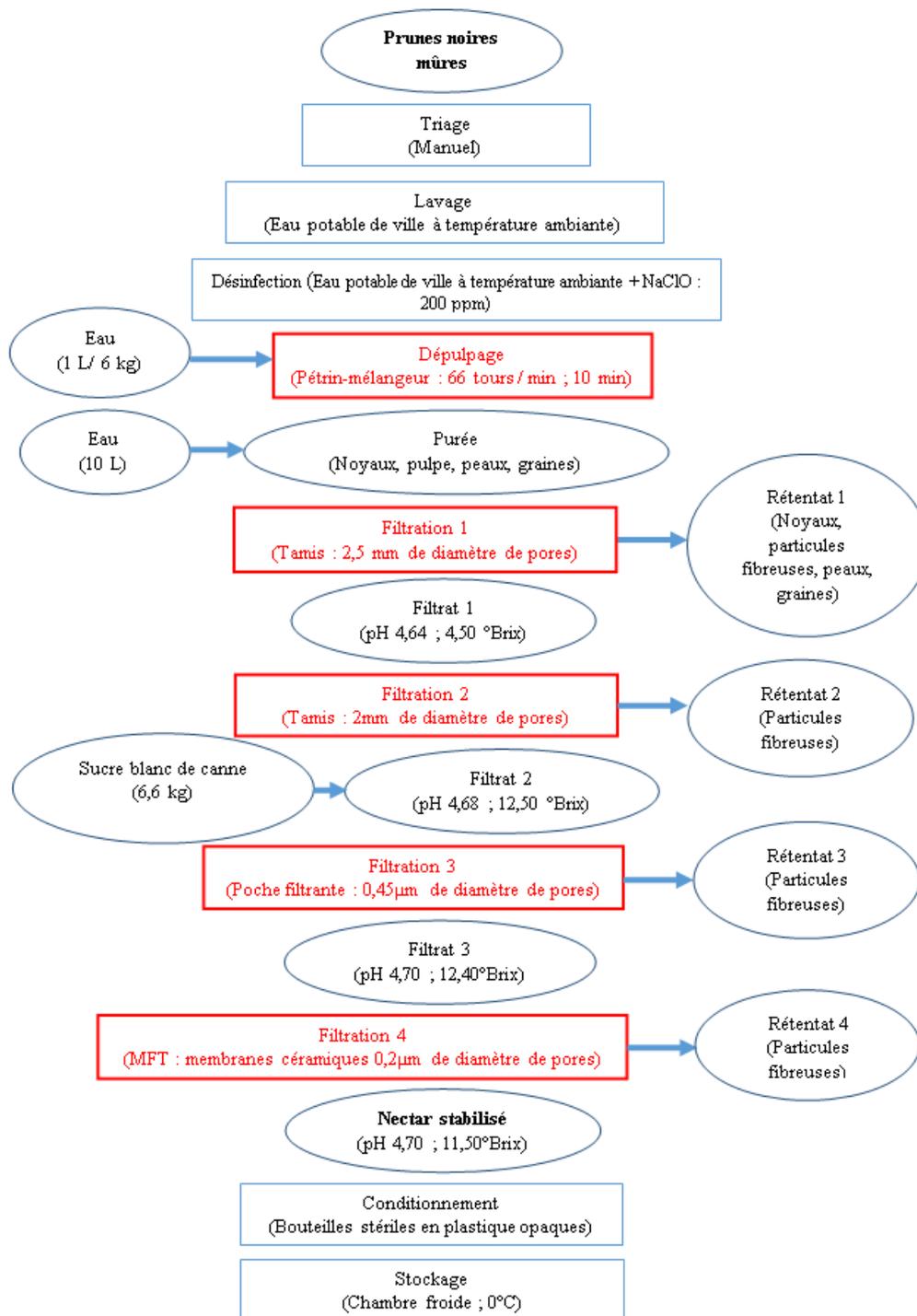


Fig. 2. Diagramme de fabrication du nectar microfiltré de prunes noires

Après la phase du lavage, désinfection et tri des prunes noires, on procède à leur déulpage mécanique par pétrissage dans un pétrin- mélangeur à farine (Rongyao factory, Chine). A la purée obtenue, on ajoute de l'eau potable afin de la diluer. La majorité des noyaux est extraite manuellement afin de faciliter les différentes étapes de tamisage qui précèdent la microfiltration tangentielle.

La filtration 1 est effectuée avec un tamis de 2,5 mm de diamètre de pores. Elle permet de retenir les particules de grandes tailles tels les noyaux, les pelures et une partie des fibres. La filtration 2, faite à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre de pores, retient la plupart des particules fibreuses. Au perméat obtenu suite au second tamisage, on ajoute du sucre blanc de canne pour relever le degré Brix de 4,5 à 12,5. La filtration 3, capitale pour éviter le colmatage des pores de la membrane du dispositif de microfiltration tangentiel, est réalisée à l'aide d'une poche filtrante de 0,45 µm de diamètre de pores. Le filtrat découlant de cette étape est soumis à la filtration 4 (stabilisation à froid) qui met en œuvre un pilote semi-industriel (TIA, France) composé de membranes céramiques tubulaires de 0,2 µm de diamètre de pores. Les conditions qui ont prévalu lors de la clarification du nectar, sont les suivantes: température du liquide 30°C ± 2°C; pression appliquée 0,6 bar; débit de filtration 18,09 L.h⁻¹.

Le nectar microfiltré ainsi obtenu a un extrait sec réfractométrique de 11,50 ± 0,00 °Brix. Le conditionnement s'est effectué dans des bouteilles stériles en plastique qui ont été stockées en chambre froide à 0°C.

2.3 CARACTÉRISATION BIOCHIMIQUE DES NECTARS

2.3.1 EVALUATION DE L'ACIDITÉ DES NECTARS

Le pH (en unité pH) des nectars a été déterminé par la méthode potentiométrique, à l'aide d'un pH-mètre (HANNA HI 8424) préalablement étalonné. Les essais ont été répétés trois (3) fois pour chacun des nectars. Quant à l'acidité titrable (en mEq.mL⁻¹), elle a été déterminée suivant la méthode colorimétrique décrite par la norme française NF V05-101 [13].

2.3.2 EVALUATION DES SUCRES DES NECTARS

2.3.2.1 DOSAGE DES SUCRES SOLUBLES

Les sucres solubles sont évalués par l'extrait sec réfractométrique (ESR). Ce dernier a été mesuré à l'aide d'un réfractomètre numérique à main (ATAGO pocket PAL-α, Japon). Après étalonnage du réfractomètre avec de l'eau distillée, quelques gouttes de nectar ont été déposées sur sa lentille et la lecture de l'ESR (en degré Brix) a été faite au bout de cinq (5) secondes. Les essais ont été répétés trois (3) fois pour chaque échantillon.

2.3.2.2 DOSAGE DES SUCRES TOTAUX

Les sucres totaux ont été dosés par adaptation de la méthode de [14]. On prélève 50 mL de nectar à l'aide d'une pipette et on les verse dans une fiole jaugée de 200 mL. La fiole est complétée avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. 100 µL de cet extrait sont ensuite versés dans un tube à essai. Puis 200 µL de phénol à 5% et 1 mL d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄ 95 – 98%) y sont ajoutés. Le mélange obtenu a été chauffé au bain-marie à 100°C pendant 5 min et refroidi dans de la glace fondante. La mesure de la densité optique s'est faite à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible (JASCO V-530, Champaign, USA) à 490 nm. Les mesures obtenues ont été traduites en concentrations de glucose en se référant à la courbe d'étalonnage préétablies. Les essais ont été répétés trois (3) fois. Les résultats sont exprimés en milligramme pour 100 mL de nectar (mg. 100 mL⁻¹).

2.3.3 EVALUATION DES ANTIOXYDANTS DES NECTARS

2.3.3.1 DOSAGE DES POLYPHÉNOLS TOTAUX

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par adaptation de la méthode de [15]. Un volume de 2,5 mL de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au dixième a été ajouté à 0,5 mL de nectar. Le mélange a été maintenu pendant 2 minutes dans l'obscurité à température ambiante, puis 2 mL de solution de carbonate de sodium (Na₂CO₃) à 75 g.L⁻¹ y ont été ajoutés. Ce mélange a ensuite été placé pendant 15 minutes au bain-marie à 50°C puis refroidi rapidement dans de l'eau contenant de la glace et on a mesuré l'absorbance (Cp) à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible (JASCO V-530, Champaign, USA) en utilisant l'eau distillée comme le blanc de la réaction ne contenant pas de polyphénol. Les valeurs de l'absorbance de chaque concentration nous ont permis de tracer la courbe d'étalonnage de l'acide gallique. Les essais ont été répétés trois (3) fois pour chaque nectar. Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique pour 100 millilitres de nectar (mg Eq A.G. 100 mL⁻¹).

2.3.3.2 DOSAGE DES FLAVONOÏDES TOTAUX

Le dosage des flavonoïdes totaux a été réalisé selon la méthode de [16]. Dans une fiole de 25 mL, on mélange 0,75 mL de nitrite de sodium (NaNO_2) à 5% et 2,5 mL de nectar. On ajoute 0,75 mL de chlorure d'aluminium (AlCl_3) à 10% à cette solution, et on l'incube pendant six (6) minutes à l'obscurité. Après incubation, 5 mL de soude (NaOH ; 1N) y sont ajoutés puis le volume est complété à 25 mL avec de l'eau distillée. Une solution mère de quercétine a été préparée dans le méthanol dans les mêmes conditions de concentration. Après une agitation vigoureuse du mélange, l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre UV visible (JASCO V-530, Champaign, USA) à $\lambda=510$ nm par rapport à la solution témoin. Les valeurs ainsi obtenues ont permis de tracer la courbe d'étalonnage de la quercétine. Pour chaque nectar, les essais ont été répétés trois (3) fois. Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme d'équivalent quercétine pour 100 millilitres de nectar ($\text{mg Q.E. } 100 \text{ mL}^{-1}$).

2.3.3.3 DOSAGE DE LA VITAMINE C

La concentration de vitamine C (en $\text{mg} / 100\text{g}$) est déterminée selon la méthode de [17]. A 10 mL de nectar, on ajoute 10 mL d'acide métaphosphorique pour stabiliser la vitamine C. L'échantillon à analyser est obtenu en prélevant 5 mL de la solution stabilisée que l'on dose ensuite dans un erlenmeyer avec une solution de 2,6-dichlorophénolindophenol (2,6-DCPIP) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose champagne persistante. L'étalonnage de la solution 2,6-DCPIP a préalablement été fait avec de l'acide ascorbique pur. Une autre solution préparée à partir d'acide métaphosphorique / acide acétique a également été titrée avec la solution de 2,6-DCPIP. Les essais ont été répétés trois (3) fois pour tous les échantillons. Les valeurs obtenues à l'issue des analyses sont exprimées en milligramme pour 100 millilitres de nectar ($\text{mg. } 100 \text{ mL}^{-1}$).

2.3.4 EVALUATION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX DES NECTARS

Pour stabiliser les éléments minéraux, le nectar est acidifié avec de l'acide nitrique à raison de 1 mL d'acide nitrique (HNO_3) pour 1L de nectar. On prélève 10 mL de ce mélange à l'aide d'une pipette et on les renverse dans une fiole jaugée de 50 mL. La fiole est ensuite complétée avec de l'eau distillé jusqu'au trait de jauge. Les éléments contenus dans la solution sont ensuite dosés par Spectrométrie d'Absorption Atomique. Les essais ont été répétés trois (3) fois pour chaque échantillon. Les résultats sont exprimés en milligramme pour 100 millilitres de nectar ($\text{mg. } 100 \text{ mL}^{-1}$).

2.3.5 EVALUATION DE LA CONDUCTIVITÉ, DU TAUX DE SOLIDES DISSOUS ET DE LA SALINITÉ DES NECTARS

Pour déterminer la conductivité (en $\mu\text{S.cm}^{-1}$: micron Siemens par centimètre), le taux de solides dissous (en ppm: particules par million) et la salinité (en % NaCl: pourcentage de chlorure de sodium) des nectars, on a plongé dans 50 mL d'échantillon, l'électrode d'un conductimètre – TDS-mètre (HANNA HI 9835, USA). La mesure de ces trois (3) paramètres est réalisée à l'écran de l'appareil en trois (3) secondes. Les essais ont été répétés en triple pour chacun des nectars.

2.3.6 EVALUATION DE LA TURBIDITÉ DES NECTARS

La lecture de la turbidité (en FTU: Unité de Turbidité Néphélométrique) s'est faite à l'aide d'un turbidimètre (HANNA HI 93703, USA). Pour ce faire, on fait passer, au sein de l'appareil, un faisceau de lumière infrarouge à travers une cuvette contenant 5 mL de nectar. Un détecteur, positionné à un angle de 90° par rapport au sens de la source de lumière, enregistre la quantité de lumière diffusée par les particules non dissoutes présentes dans la solution. Un microprocesseur convertit alors les lectures en valeurs FTU qui s'affichent à l'écran du turbidimètre. Les essais ont été répétés trois (3) fois pour tous les nectars.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 APTITUDE À LA VALORISATION DES PRUNES NOIRES EN NECTARS

Les deux (2) techniques utilisées pour la fabrication des nectars ont présentées des différences à plusieurs niveaux:

- Pour le dépulpage, la méthode traditionnelle manuel) provoque la mixtion de la pulpe obtenue avec des composants des grains du noyau. D'où la nécessité d'une cuisson pour optimiser ce dépulpage manuel. Ce qui n'est pas le cas avec la méthode semi-mécanisée où une pulpe maximale est obtenue sans mélange des grains du noyau;
- Pour les filtrations intervenant au cours des deux (2) process de transformation, elle présente des particularités suivant les procédés. Pour la technique traditionnelle, les tamisages s'effectuent avec un même tissu en coton. Tandis que pour la technique semi-mécanisée, elle se fait à l'aide de plusieurs tamis, d'une poche filtrante et de membranes céramiques d'un dispositif de microfiltration tangentielle présentant des diamètres de pores sans cesse décroissant au fil de la clarification.

Dans le nectar traditionnel l'objectif est d'obtenir un mout sucré, d'où sa mise à ébullition jusqu'à évaporation totale de l'excédent d'eau. En plus de réduire la quantité d'eau, cette étape permet de stériliser le nectar et ainsi augmente sa durée de conservation.

Dans le cas du procédé semi-mécanisé (amélioré), le goût sucré est obtenu par ajout de sucre de canne. La stabilisation du nectar est assurée par la microfiltration tangentielle qui a l'avantage de retenir la charge microbienne (Abreu *et al.*, 2005).

3.2 CARACTÉRISTIQUES BIOCHIMIQUES DES NECTARS

Les résultats obtenus à l'issue de la caractérisation biochimique des nectars élaborés par transformation de la prune noire montrent que ces produits (figure 3), malgré leurs différences, présentent des caractéristiques biochimiques intéressantes.

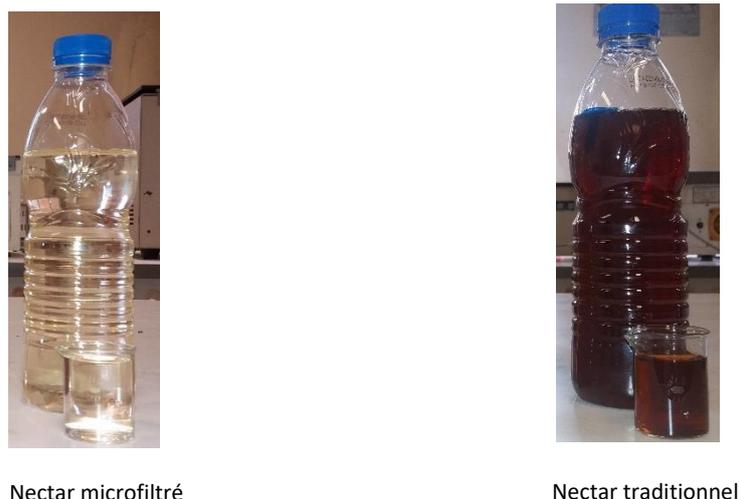


Fig. 3. Nectars obtenus à partir de prunes noires

3.2.1 ACIDITÉ DES NECTARS TRADITIONNEL ET MICROFILTRÉ

L'analyse de l'acidité des nectars produits par les méthodes artisanale (traditionnelle) et mécanisée (par microfiltration tangentielle) est présentée à la figure 4.

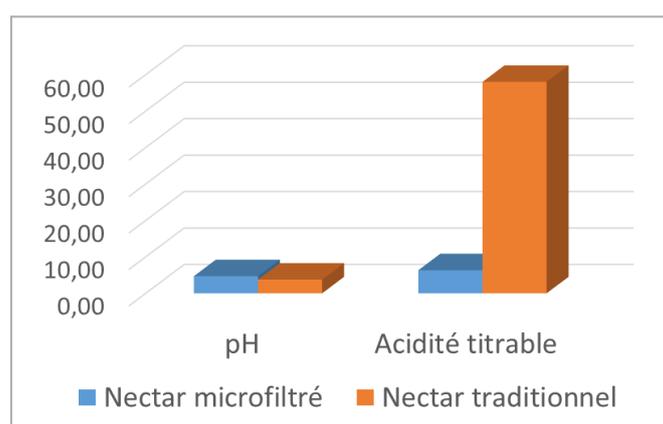


Fig. 4. Acidité des nectars traditionnel et microfiltré

Comme le montre la figure 4, les deux (2) nectars ont un pH acide. Cette acidité constitue un avantage pour ces produits face à la dégradation microbienne. En effet, une acidité élevée du produit est favorable à sa conservation prolongée car elle empêche le développement des microorganismes susceptibles d'accélérer sa dégradation.

Ainsi, plus le pH est faible, plus la demande d'énergie pour le maintien de l'équilibre du milieu intérieur des microorganismes augmente, au détriment des autres fonctions cellulaires. Ainsi, lorsque l'homéostasie ne peut plus se produire, le pH de leur cytoplasme baisse ce qui provoque leur mort [18].

Comme on peut le constater, le nectar traditionnel (pH 3,76) est plus acide que le nectar microfiltré (pH 4,70). Cela s'expliquerait par le fait qu'au cours du procédé traditionnel d'élaboration de ce nectar, il y a eu une bonne diffusion des constituants acides de la pulpe [19]. Des travaux menés en Côte d'Ivoire par [20] sur la préparation de nectars de bissap (*Hibiscus sabdariffa*) selon les mêmes principes (à chaud et à froid) ont présentés des résultats similaires (pH 2,68 pour l'extrait traditionnel infusé et pH 2,76 pour l'extrait à froid et microfiltré). Pour le nectar microfiltré, le pH reste invariable avant et après la microfiltration tangentielle ce qui signifie que les acides organiques ne sont pas retenus par les pores des membranes filtrantes tout comme dans le cas du nectar de pommes de cajou (*Anacardium occidentale* L.) [21]. Selon les valeurs obtenues pour l'acidité titrable, le nectar microfiltré dispose d'une concentration en acides organiques naturels moins élevée que le nectar traditionnel. Cet état se justifierait par le fait que la décoction en favorisant l'évaporation de l'eau permet la diffusion des particules acides ce qui permettrait d'obtenir un jus nettement plus concentré et acide que celui issu du procédé à froid [19].

3.2.2 SUCRES DES NECTARS TRADITIONNELS ET MICROFILTRÉ

Les nectars de prunes noires obtenus traditionnellement et par microfiltration tangentielle, ont leurs extraits secs solubles et sucres totaux mis en exergue à la figure 5. Ces sucres, à travers la glycolyse, fournissent à l'organisme, l'essentiel de l'énergie dont il a besoin.

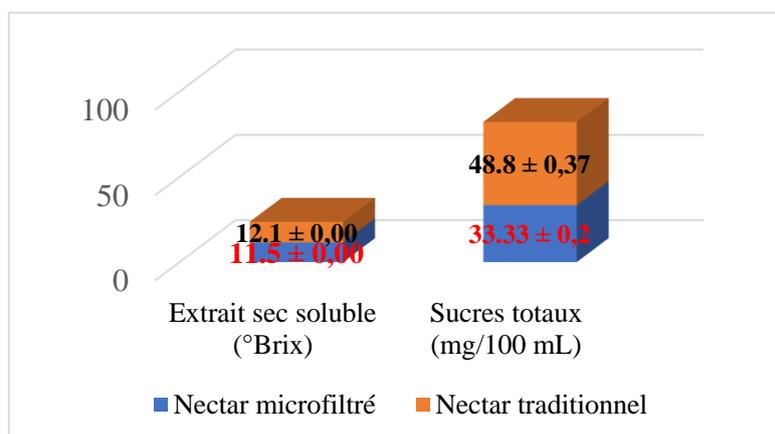


Fig. 5. Extraits secs solubles (ESS) et sucres totaux (ST) des nectars

L'ajout de saccharose au cours de l'élaboration du nectar microfiltré a permis de relever son extrait sec soluble à 12,40 °Brix avant l'étape de la microfiltration tangentielle. Suite à cette opération, son indice passe à 11,50 °Brix. Cette diminution de l'extrait sec soluble serait due au fait que les pores de la membrane retiennent toute la pulpe, constituée à majorité de macromolécules tels les polyosides pariétaux, comme l'ont constaté [21] pour le jus de la pomme cajou (*Anacardium occidentale* L.), [22] pour le nectar de baobab (*Adansonia digitata*) et [23] pour le jus de triage de dattes. Après évaporation de l'eau, le nectar traditionnel est à 12,10 °Brix traduisant une concentration des sucres. Sa teneur en sucres totaux demeure donc supérieure à celle du nectar microfiltré.

3.2.3 ANTIOXYDANTS DES NECTARS TRADITIONNEL ET MICROFILTRÉ

Les analyses biochimiques des deux (2) types de nectars (traditionnel et microfiltré) ont donné différents taux d'antioxydants (polyphénols – flavonoïdes - vitamine C) présentés par la figure 6 suivante. Les antioxydants de par leurs fonctions, permettent de protéger les cellules de l'organisme contre les dommages causés par les radicaux libres et ainsi réduire les risques de maladies graves parfois irréversibles.

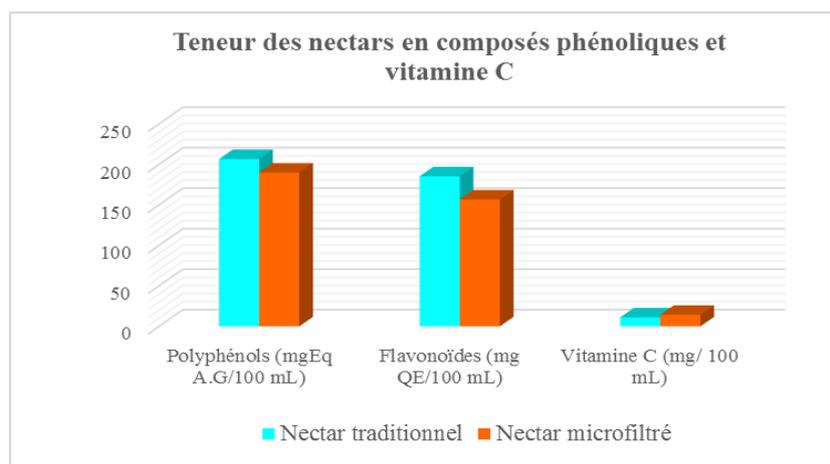


Fig. 6. Taux d'antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, vitamine C) des nectars traditionnel et microfiltré

Pour la fraction antioxydante, on note des concentrations en polyphénols totaux et flavonoïdes totaux plus importantes dans le nectar traditionnel que dans le nectar microfiltré. Ces résultats sont en conformité avec ceux de [24] qui ont montré que l'élévation de la température impacte positivement l'amélioration de l'extraction des polyphénols des marcs de raisins. Quant à [25], il a observé pour le nectar de pomme, que l'eau chauffée permettait d'extraire au mieux et en grandes quantités, par diffusion, certains flavonoïdes de la peau et des noyaux en plus de ceux contenus dans la purée de pommes. De ces analyses l'on peut dire que la méthode traditionnelle d'obtention du nectar de prune noire permet quelque peu de préserver les taux des composés phénoliques et de flavonoïdes totaux originels des fruits.

Concernant la vitamine C, les deux (2) méthodes ne l'ont pas véritablement dégradé. En effet pour un taux de vitamine C moyen initial de $14,7 \pm 0,05$ mg/100 mL, cet antioxydant se retrouve en plus grande quantité dans le nectar microfiltré à $14,34 \pm 0,01$ mg.100 mL⁻¹ que dans le nectar traditionnel à $11,13 \pm 0,15$ mg.100 mL⁻¹ [26]. ont observé également une légère diminution de la teneur en vitamine C lors de la microfiltration tangentielle du jus d'oranges frais. La baisse de sa teneur dans le nectar traditionnel est due à l'action de la chaleur qui a détruit cette vitamine thermosensible durant la phase d'évaporation de l'eau. Quant à la microfiltration qui est un procédé à froid la baisse de la vitamine C est insignifiante (14,70- 14,34 mg/100 mL).

3.2.4 ELÉMENTS MINÉRAUX (CALCIUM, MAGNÉSIUM, POTASSIUM) DES NECTARS

La figure 7 présente la teneur en éléments minéraux des deux (2) nectars obtenus à l'issue des méthodes artisanale et microfiltré. Ces minéraux sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme à travers leur implication dans de très nombreuses réactions métaboliques.

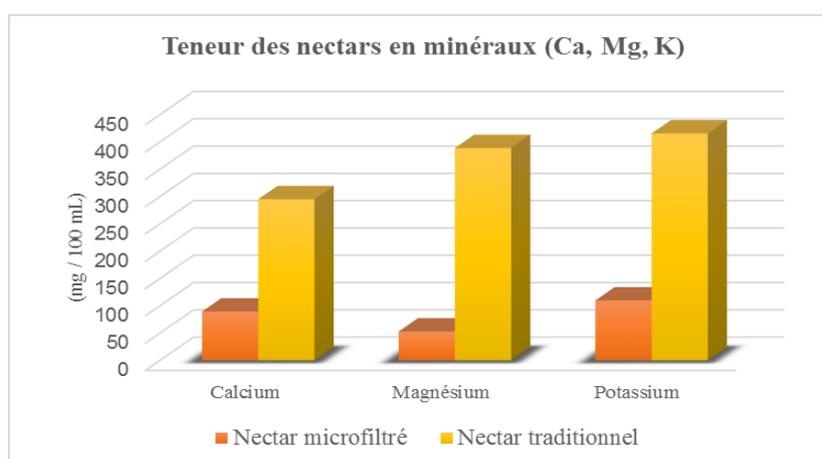


Fig. 7. Teneur des nectars microfiltré et traditionnel en minéraux (calcium, magnésium et potassium)

A l'analyse de la figure 7 ci-dessus, il ressort que les minéraux (Ca, Mg et K) sont en quantité bien plus faible dans le nectar microfiltré que dans le nectar traditionnel: $89,63 \pm 6,13 \text{ mg.100 mL}^{-1}$ contre $295,17 \pm 21,81 \text{ mg.100 mL}^{-1}$ pour le calcium; $53,05 \pm 5,46 \text{ mg.100 mL}^{-1}$ contre $388,97 \pm 60,60 \text{ mg.100 mL}^{-1}$ pour le magnésium et $109,92 \pm 11,02 \text{ mg.100 mL}^{-1}$ contre $3598,33 \pm 16,24 \text{ mg.100 mL}^{-1}$ pour le potassium. Cet écart de concentration pourrait être dû à la technique de dépulpage des prunes noires. La méthode classique est basée sur le pilage au mortier ce qui a tendance à broyer le maximum de matière dont la diffusion dans l'eau est facilitée [12]., lors de recherches sur la comparaison de quelques techniques d'extraction pour l'amélioration de la production et de la qualité du jus de pommes d'anacarde au Bénin, ont démontré que lorsque les pommes sont broyées et filtrées, le jus est plus riche en éléments minéraux.

Dans ces deux (2) produits, le potassium est l'élément minéral le plus abondant comme le constat a pu être fait par [27] pour le jus d'oranges fraîches en Tunisie ou encore par [12] pour les jus extraits de pommes d'anacarde au Bénin.

3.2.5 QUALITÉ CHIMIQUE DES NECTARS

Les jus de fruits obtenus dans de nombreux procédés alimentaires doivent avoir une qualité irréprochable. Lorsque le jus est filtré ou traité, sa conductivité, sa salinité, son taux de substances dissoutes et sa turbidité doivent être vérifiés en vue d'assurer sa sécurité sanitaire. Ainsi, la qualité chimique des deux (2) nectars élaborés à partir des prunes noires est mise en exergue par ces mesures effectuées et présentées par la figure 8.

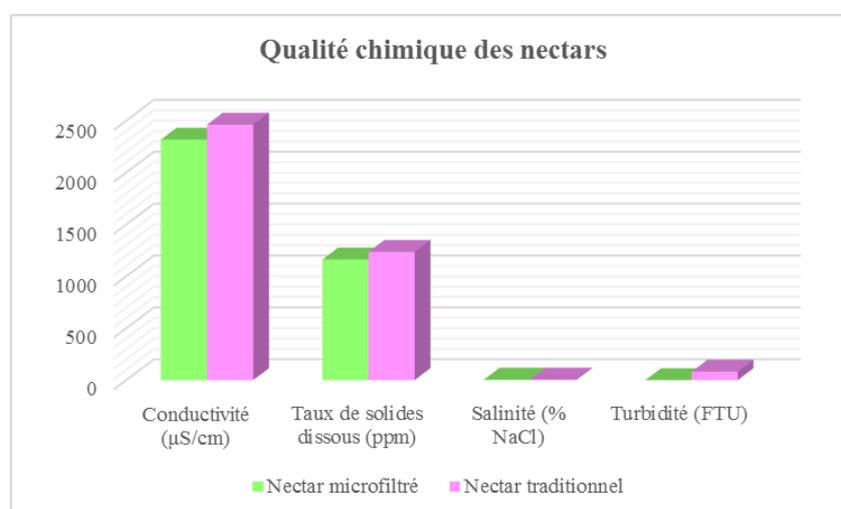


Fig. 8. Qualité chimique des nectars microfiltré et traditionnel

Selon cette figure, le nectar microfiltré a une conductivité et un taux de solide dissous plus faibles que celui du nectar traditionnel. Cela indique que le nectar microfiltré a une pureté plus élevée que celle du nectar traditionnel du point de vu de la présence des microorganismes et des impuretés de tout genre. Cela signifie également que le système de filtration est plus fiable en microfiltration tangentielle qu'en filtration classique. Ainsi pour le nectar microfiltré la salinité est plus faible que celle du nectar traditionnel. Ces valeurs indiquent que le nectar microfiltré contient moins de particules ioniques que le nectar traditionnel. De même, il contient moins de solides dissous sous formes de sels que le nectar traditionnel.

Les résultats obtenus lors de l'évaluation de la turbidité indiquent que le nectar microfiltré est exempt de toute matière en suspension (0 FTU) contrairement au nectar traditionnel, 81 FTU, qui présente un trouble dû aux particules en suspension. Dans la production de boissons, il est indispensable d'effectuer le contrôle en continu de la turbidité de celles-ci. Ceci permet d'assurer la qualité globale du nectar, surtout lorsque la turbidité est de 0 FTU.

4 CONCLUSION

Ces travaux nous ont permis d'élaborer des nectars selon deux (2) process différents et ainsi d'évaluer l'impact de ces procédés sur leurs qualités nutritives à travers leur caractérisation biochimique. Même si le nectar issu de la transformation artisanale (à chaud) a présenté certains avantages nutritionnels par rapport au nectar microfiltré extrait à froid, il n'en demeure pas moins que le traitement thermique qu'il a subi provoque une dégradation de certains constituants comme les protéines et les vitamines. Aussi, l'élévation de la température induisant la réaction de Maillard entre les protéines et les sucres qui la composent, pourrait nuire à sa qualité organoleptique et conduire à la formation en son sein de composés comme les polymères brunâtres, nocifs pour la santé humaine.

Toutefois, le procédé de fabrication à froid pourrait être une alternative intéressante en incluant cependant une courte phase d'extraction-diffusion des composés bioactifs de la pulpe par infusion dans de l'eau potable à une température de 60°C.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les techniciens du laboratoire de Génie Chimique et Agroalimentaire, pour nous avoir aidé à réaliser ces travaux de thèse. Nous n'oublions pas l'Administration de l'INP-HB de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [1] Ambé, G., 2001. Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire : état de la connaissance par une population locale, les Malinké. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 5 (1), 43–58.
- [2] Grigoraş, C.G. (2012). Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs. Mémoire de thèse, Université « Vasile Alecsandri » de Bacău, 1-262.
- [3] Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). Manuel pour la préparation et la vente des fruits et des légumes du champ au marché. Rapport de la Division du commerce et des marchés de la FAO, 1-12. ISSN 0251-155X.
- [4] CBI Ministry of Foreign Affairs. (2019). Analyse de la chaîne de valeur des fruits transformés au Burkina Faso, au Mali et en Côte d'Ivoire. *Agri Logic*, 1-25.
- [5] Ky, K. J. M., 2008. *Vitex doniana* Sweet. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- [6] Kini, F., Saba, A., Ouédraogo, S., Tinguéri, B. Sanou, G., Guissou, IP., 2008. Potentiel nutritionnel et thérapeutique de quelques espèces fruitières « sauvages » du Burkina Faso. *Pharmacopée et Médecine Traditionnelle Africaines*, 15, 32 – 35.
- [7] Vunchi, M.A., Umar, A.N., King, M.A., Liman, A.A., Jeremiah, G., Aigbe, C.O., 2011. Proximate, Vitamins and Mineral Composition of *Vitex doniana* (black plum) Fruit Pulp. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 19 (1), 97-101. ISSN 0794.
- [8] Koné– Soro, H., Koné, K. Y., Akaki, K. D., Elleingang, F. E & Assidjo, N. E. (2018). Caractérisation biochimique de la pulpe des fruits du prunier noir (*Vitex doniana*) de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14 (3), 252-270. ISSN: 1857-7881.
- [9] Herzog, F.M., 1992. Etude biochimique et nutritionnelle des plantes alimentaires sauvages dans le Sud du V-Baoulé, Côte d'Ivoire. *Ecole Polytechnique Fédérale Zürich, Suisse*, 8 p.
- [10] Reynes, M., Ducamp, M.-N., 2008. La valorisation des fruits tropicaux: Conservation et transformation des fruits à petite échelle. *CIRAD*, 2 p.
- [11] Food and Agriculture Organization (FAO). (2007). Perspectives de l'alimentation Les marchés en bref. *Bulletin des services agricoles de la FAO*, 151, 1-12. ISSN 1020-4326.
- [12] Padonou, S. W., Olou, D., Houssou, P., Karimou, K., Todohoue, M. C., Dossou, J., Mensah, G. A., 2015. Comparaison de quelques techniques d'extraction pour l'amélioration de la production et de la qualité du jus de pommes d'anacarde. *Journal of Applied Biosciences*, 96, 9063-9071. ISSN 1997–5902.
- [13] Association Française de Normalisation (AFNOR), 1974. Produits dérivés des fruits et légumes - Détermination de l'acidité titrable. Paris, NF V 05-101, 1-4.
- [14] Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Robert P.A., Smith F., 1956. Colorimetry method for determination of sugar and related substances. *Ann. Chem.* 28, 350-356.
- [15] Wood, W., Jacinto, A., Grose, R., Woolner, S., Gale, J., Wilson, C. & Martin, P. (2002). Wound healing recapitulates morphogenesis in *Drosophila* embryos. *Nature Cell Biology*, 4 (11): 907-912.
- [16] Marinova, D., Ribarova, F., Atanassova, M., 2005. Total phenolics and total flavonoids in bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40 (3), 255-260.
- [17] Tillmans, H.P., Hirsch, W., 1932. *Ztschr. Unters. Lebensmittel*, 63, 1-21.
- [18] Food and Agriculture Organization (FAO). (2004). Technologies combinées de conservation des fruits et des légumes. Manuel de formation, 1-16.
- [19] Bayoï, J. R., Djoulde, D. R., Maiwore, J., Bakary D., Essome Soppe, J., Noura, B., Tcheme G., Tchio Sah R., Essia Ngang J. J. & Etoa F.-X. (2014). Influence du procédé de fabrication sur la qualité microbiologique du jus de «foléré» (*Hibiscus sabdariffa*) vendu dans trois villes du Cameroun: Maroua, Mokolo et Mora. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 9 (2), 786-796. ISSN 2028-9324.
- [20] Adje, A. F., Niamke, B. F., Adima, A. A., Lozano, Y. F., Biego, G. H., 2013. Couplage de technologies membranaires pour la production d'extraits stables de bissap (*Hibiscus sabdariffa* L., Malvaceae). *AGRAR*, 589-602.
- [21] Abreu, F., Perez, A. M., Dornier M., Reynes, M., 2004. Potentialités de la microfiltration tangentielle sur membranes minérales pour la clarification du jus de pomme de cajou. *Fruits*, 60 (1), 33–40. DOI: 10.1051/fruits: 2005010.

- [22] Cissé, M., Sakho, M., Dornier, M., Diop, C., Reynes, M. & Sock, O. (2008). Clarification et concentration de jus de fruits tropicaux d'orange et de melon par des techniques membranaires. *AJOL*, 10. <http://doi.org/10.4314/jspi.v10i1.67905>.
- [23] Cheikh-Rouhou, S., Baklouti, S., Hadj-Taïeb, N., Besbes, S., Chaabouni, S., Blecker, C. & Attia, H. (2006). Elaboration d'une boisson à partir d'écart de triage de dattes: clarification par traitement enzymatique et microfiltration. *Fruits*, 61, 389–399. DOI: 10.1051/fruits: 2006038.
- [24] Boussetta, N., Lanoisellé, J-L., Bedel-Cloutour, C., Vorobiev, E., 2009.Extraction of soluble matter from grape pomace by high voltage electrical discharges for polyphenol recovery: Effect of sulphur dioxide and thermal treatments. *Journal of Food Engineering*, 95 (1), 192-198.
- [25] Gillard, S., 2009. Les dihydrochalcones de la pomme: extraction, séparation et intérêt médical. Mémoire de diplôme d'Etat de docteur en pharmacie, Université de Strasbourg, 140 p.
- [26] Pallet, D., Cabral, L., Matta, V., Pezoa, H., Menezes, H., Abreu, F., Dornier, M., Reynes, M., 2005. Transformation et qualification des produits: Applications des technologies membranaires aux traitements de jus de fruits brésiliens. *Cahiers Agricultures*, 14 (1), 159-163.
- [27] Bourokaa, A., 2012. Etude biochimique de l'adultération du jus de fruits. Microthèse, Université de Carthage, 10-18.