

Production et Évaluation de la Qualité Physicochimique et Microbiologique du Vinaigre Issu de la Pulpe de Prunier Mombin (*Spondias mombin* L.) Produit au Bénin

***Paul Ezin Ogan
Eben-Ezer Ewedje***

Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey, UNSTIM-Abomey. Ecole Nationale Supérieure des Biosciences et Biotechnologies Appliquées de Dassa, (ENSBBA-Dassa). Laboratoire de Botanique, Ecologie Végétale Appliquée et Génétique Forestière, Dassa-Zoumé, Bénin

Kowiou Aboudou

Université d'Abomey - Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey - Calavi, Département de Génie de Technologie Alimentaire, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Cotonou, Bénin

Faustin Yédjanlognon Assongba

Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey, UNSTIM-Abomey. Ecole Nationale Supérieure des Biosciences et Biotechnologies Appliquées de Dassa (ENSBBA-Dassa). Laboratoire de Biologie Végétale et Ethnobotanique Appliquée, Dassa-Zoumé, Bénin

Sènan Vodouhe-Egueh

Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey, Ecole Nationale Supérieure des Biosciences et Biotechnologies Appliquées de Dassa, (ENSBBA-Dassa). Laboratoire de Biotechnologies, Ressources Génétiques et Amélioration des Espèces Animales et Végétale, Dassa, Bénin

Julien Djego

Université d'Abomey-Calavi. Laboratoire d'Ecologie Appliquée.
Faculté des Sciences Agronomiques, Cotonou, Bénin

Mohamed Mansourou Soumanou

Université d'Abomey - Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey - Calavi, Département de Génie de Technologie Alimentaire, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Cotonou, Bénin

[Doi: 10.19044/esipreprint.11.2022.p171](https://doi.org/10.19044/esipreprint.11.2022.p171)

Approved: 06 November 2022

Posted: 08 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ogan P.E., Ewedje E.E., Aboudou K., Assongba F.Y., Vodouhe-Egueh A., Djego J. & Soumanou M.M. (2022) *Production et Évaluation de la Qualité Physicochimique et Microbiologique du Vinaigre Issu de la Pulpe de Prunier Mombin (*Spondias mombin* L.) Produit au Bénin*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.11.2022.p171>

Résumé

La présente étude vise à valoriser la pulpe des fruits de prunier mombin (*Spondias mombin L.*) à travers la production du vinaigre. A cet effet, le jus extrait de la pulpe des fruits de *S. mombin* collectés à maturité était utilisé pour la production du vinaigre. Le bioproduit est obtenu par une double fermentation utilisant respectivement la levure *Saccharomyces Cerevisiae* et la bactérie *Acétobacter Aceti*. Les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et les propriétés anti-oxydantes (composés phénoliques, vitamine C) du vinaigre obtenu et commercial ont été évaluées suivant les méthodes standards. Les résultats ont montré que le pH, l'acidité titrable, la densité, et le degré brix du vinaigre issu de *S. mombin* sont respectivement de 3,2, de 24,64 g/L, de 1,016 et de 13,7 (°Brix). De faibles teneurs en acide acétique (1,87 %) et en degré d'alcool (0,66 %) étaient observées pour le vinaigre de *S. mombin* comparativement au vinaigre commercial (3,89 % et 1,20 %). Les deux vinaigres se caractérisent par des teneurs élevées en vitamine C (0,034-0,032 %), en composés phénoliques (485,54-853,12 mg/L) et en flavonoïdes (126,24-364,06). L'analyse statistique a révélé qu'à l'exception de la vitamine C et des flavonoïdes, une différence significative ($P \leq 5$ %) a été observée entre les propriétés physicochimiques et les facteurs antinutritionnels des deux vinaigres. L'évaluation de la qualité microbiologique a montré que les deux vinaigres sont exempts de germes pathogènes. Comparé à la norme, les deux vinaigres présentent des charges FMAT et levures et moisissures respectant la norme. Le vinaigre de *S. mombin* produit présente un bon potentiel de consommation et constitue une voie alternative de valorisation et d'augmentation de la valeur ajoutée de cette espèce.

Mots-clés: Vinaigre, *Spondias mombin*, facteurs antinutritionnels, paramètres physico-chimiques, vitamine C

Production and Evaluation of the Physicochemical and Microbiological Quality of Vinegar from the Pulp of the Mombin Plum Tree (*Spondias mombin* L.) Produced in Benin

***Paul Ezin Ogan
Eben-Ezer Ewedje***

Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey, UNSTIM-Abomey. Ecole Nationale Supérieure des Biosciences et Biotechnologies Appliquées de Dassa, (ENSBBA-Dassa). Laboratoire de Botanique, Ecologie Végétale Appliquée et Génétique Forestière, Dassa-Zoumé, Bénin

Kowiou Aboudou

Université d'Abomey - Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey - Calavi, Département de Génie de Technologie Alimentaire, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Cotonou, Bénin

Faustin Yédjanlognon Assongba

Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey, UNSTIM-Abomey. Ecole Nationale Supérieure des Biosciences et Biotechnologies Appliquées de Dassa (ENSBBA-Dassa). Laboratoire de Biologie Végétale et Ethnobotanique Appliquée, Dassa-Zoumé, Bénin

Sènan Vodouhe-Egueh

Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques d'Abomey, Ecole Nationale Supérieure des Biosciences et Biotechnologies Appliquées de Dassa, (ENSBBA-Dassa). Laboratoire de Biotechnologies, Ressources Génétiques et Amélioration des Espèces Animales et Végétale, Dassa, Bénin

Julien Djego

Université d'Abomey-Calavi. Laboratoire d'Ecologie Appliquée.
Faculté des Sciences Agronomiques, Cotonou, Bénin

Mohamed Mansourou Soumanou

Université d'Abomey - Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey - Calavi, Département de Génie de Technologie Alimentaire, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Cotonou, Bénin

Abstract

The present study aims to valorize the pulp of mombin plum fruits (*Spondias mombin* L.) through the production of vinegar. For this purpose, the juice extracted from the pulp of *S. mombin* fruits collected at maturity was used for the production of vinegar. The bioproduct is obtained by a double fermentation using the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and the bacterium *Acetobacter aceti* respectively. The physico-chemical and microbiological characteristics and the antioxidant properties (phenolic compounds, vitamin C) of the *S. mombin* vinegar obtained and commercial vinegar were evaluated using standard methods. The results showed that the pH, titratable acidity, density, and brix degree of vinegar from *S. mombin* are

3.2, 24.64 g/L, 1.016, and 13.7, respectively (°Brix). Low acetic acid (1.87%) and alcohol content (0.66%) were observed for *S. mombin* vinegar compared to commercial vinegar (3.89% and 1.20%). Both vinegars are characterized by high levels of vitamin C (0.034-0.032%), phenolic compounds (485.54-853.12 mg/L) and flavonoids (126.24-364.06 mg/L). Statistical analysis revealed that with the exception of vitamin C and flavonoids, a significant difference ($P \leq 5\%$) was observed between the physicochemical properties and antinutritional factors of the two vinegars. The evaluation of the microbiological quality showed that the two vinegars are free of pathogenic germs. Compared to the standard, the two vinegars present FMAT and yeast and mold loads respecting the standard. The *S. mombin* vinegar produced has good potential for consumption and constitutes an alternative way of promoting and increasing the added value of this species.

Keywords: Vinegar, *Spondias mombin*, Antinutritional factors, physico-chemical parameters, vitamin C

Introduction

Le prunier (*Spondias mombin*) est originaire des plaines humides de la forêt amazonienne et s'étend sur l'Afrique, l'Amérique tropicale, le Brésil, les Caraïbes et autres forêts tropicales humides du monde (Akoègninou et al., 2006 ; Duvall, 2006 ; Mattiello et Matto, 2011, Ooas, 2013). Le fruit de *S. mombin* est une drupe à graines ronde, ovoïde ou ellipsoïde, de poids et de tailles variés, variant souvent de 4 à 43 g et de 20 à 50 mm respectivement (Maldonado-Astuiillo et al., 2014). Le diamètre est de (3 à 4) x (2 à 2,5 cm) ; le fruit est orange clair terne à jaune ou brun ; en grappes de 1 à 20. L'épicarpe est mince, le mésocarpe orange ou jaune de 3 à 6 mm d'épaisseur est juteux. L'endocarpe est fibreux et rainuré entourant 4 à 5 petites graines (Orwa et al., 2009). Il est similaire à la prune tempérée. Le péricarpe devient jaune à orange à maturité et possède un goût et un arôme acides agréables (Fadimu et al., 2012 ; Olayemi et al., 2013). Sa pulpe contient de protéines (2,60 %), de glucides (13,90 %) et de cendres (1,00 %) et est essentiellement riche en calcium (1562,20 mg/kg), en magnésium (4650,0 mg/kg), en manganèse (10,80 mg/kg), en fer (145,90 mg/kg), en Cuivre (10,0 mg/kg) et en Zinc (10,80 mg/kg) (Tiburski et al., 2011). Plusieurs auteurs ont rapporté que la pulpe de *S. mombin* est mijotée, transformée en conserve ou utilisée pour préparer des jus et des boissons alcoolisées. Elle est également utilisée pour la production du vin vendu comme «Vinho de Taperiba» en Amazonie et du cidre au Guatemala (Ayoka et al., 2008 ; Orwa et al., 2009). Le noyau des fruits de *S. mombin* constitue un bon agent anti-anémique et anti-diabétique en raison de sa forte teneur en fer et en zinc (Esua et al., 2016).

Au Bénin, Tokoudagba et al. (2009) ont rapporté que les feuilles de *S. mombin* possèdent une forte potentialité antihypertensive. En dépit de ses potentiels nutritionnels, très peu d'études ont été consacrées à la transformation de la pulpe de *S. mombin* au Bénin. Le développement des procédés de transformation de la pulpe de *S. mombin* en produits dérivés représenterait alors un enjeu important pour mieux valoriser ce fruit et augmenter sa valeur ajoutée (Mbungu et al., 2016). L'objectif principal de cette étude est de valoriser le prunier mombin à travers la production du vinaigre et l'évaluation des qualités physico-chimiques, microbiologiques et propriétés anti-oxydantes.

Matériel et méthodes

Matériel

Le matériel végétal utilisé était constitué des fruits de *S. mombin* collectés sur les pieds de prunier entre le mois d'Octobre et de Novembre 2021 dans la Commune de Dassa-zoumé suivant la méthode utilisée par Aboudou et al. (2017). Les échantillons collectés ont été transportés au laboratoire et stockés à 4 °C. La levure commerciale (*Saccharomyces cerevisiae*) et les Bactéries acétiques (*acétobacter aceti*) étaient le matériel biologique utilisé pour la production du vinaigre. Ces levures ont été fournies par le laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Le vinaigre commercial acheté dans le marché de Dantokpa a été utilisé comme témoin.

Extraction du jus de *S. mombin*

Les fruits collectés ont été lavés et triés afin de les débarrasser de toutes saletés. Ces fruits ont été pesés à l'aide d'une balance de précision, râpés par un couteau, broyés par une moulinette et pressés à l'aide une toile de mousseline pour avoir le jus de *S. mombin*.

Procédés de production du vinaigre

La production de vinaigre de *S. mombin* a été réalisée suivant la méthode de Mbungu et al. (2016) (Figure 1). Le jus de *S. mombin* a subi une double fermentation (fermentation alcoolique). En effet, le jus de *S. mombin* obtenu a subi une filtration et une chaptalisation avant d'être pasteurisés à 100°C pendant 20mn. Le moût obtenu a subi une fermentation alcoolique pendant 17jours avec la levure *saccharomyces cerevisiae*. Le vin obtenu a ensuite subi une fermentation acétique pendant 30 jours avec les bactéries acétiques puis filtré avant d'être embouteillé. Les différentes étapes de la production du vinaigre après l'obtention du jus sont décrites ci-dessous.

✓ **Chaptalisation**

La chaptalisation consiste à ajouter du sucre au moût. Elle a également pour but d'optimiser les qualités gustatives des vinaigres afin de rééquilibrer le degré d'alcool par rapport à l'acidité. En effet, le jus de *S. mombin* obtenu a été additionné d'un sirop titrant 60 °Brix pour ramener le jus à une teneur de 18, 13 °Brix nécessaire pour la fermentation. La chaptalisation a été réalisée avec du sucre de canne (le saccharose de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$), disponible dans le commerce.

✓ **Pasteurisation**

Le mélange obtenu a été chauffé pendant 20 minutes à une température de (100 °C) afin détruire les microorganismes naturellement présents dans le jus. Cette opération permettra une bonne activité de la levure.

✓ **La fermentation alcoolique**

La fermentation alcoolique a eu lieu dans une jarre en plastique hermétiquement fermé muni d'un barboteur pour le dégagement du CO_2 formé au cours de la fermentation. Le seau a été préalablement nettoyé puis rincé à l'eau propre avant son utilisation.

Dans notre jarre de fermentation de 10 litres de capacité, 5,5 litres de jus de *S. mombin* à 18,13°Brix ont étéensemencés avec 10g de levure (*saccharomyces cerevisiae*). La fermentation s'est déroulée pendant 17 jours.

$$C_6H_{12}O_6 + \text{levures} \longrightarrow 2CH_3-CH_2OH + 2CO_2 + ATP$$

✓ **Filtration**

Le vinaigre a été filtré sur une toile de mousseline pour éliminer les dépôts résultant de la fermentation.

✓ **Fermentation acétique**

Le dépôt du contenu de la première fermentation n'étant pas utile pour la deuxième fermentation, il faut alors éviter d'incliner la jarre ou tout mouvement pouvant troubler le contenu de celle-ci. Le vin obtenu après décantation a été récupéré et filtré dans une seconde jarre en plastique. Ce mélange a étéensemencé en bactéries acétiques (*l'acétobacter aceti*) apporté avec le vinaigre commercial dans les proportions suivantes : 1/3 de vinaigre à 6° acétique et 2/3 de vin à 10° d'alcool. L'ouverture du plastique a été protégée avec un voile afin de permettre la pénétration de l'air et éviter la contamination du produit par les insectes ou autres corps étrangers. Au bout de huit jours, un voile se forme à la surface du mélange, « la mère du vinaigre ». Au bout de 30 jours, l'acétification est complète. Le vinaigre est soutiré. Dans l'ensemble, notre préparation a duré 47 jours (soit 17 jours pour la fermentation alcoolique et 30 jours pour la fermentation acétique), le vinaigre obtenu après préparation était destiné aux différentes analyses.

✓ La filtration

Le vinaigre a été filtré une dernière fois sur une mousseline pour éliminer les dépôts résultant de la fermentation. La figure 1 ci-dessous résume les différentes étapes de la production du vinaigre de *S. mombin*.

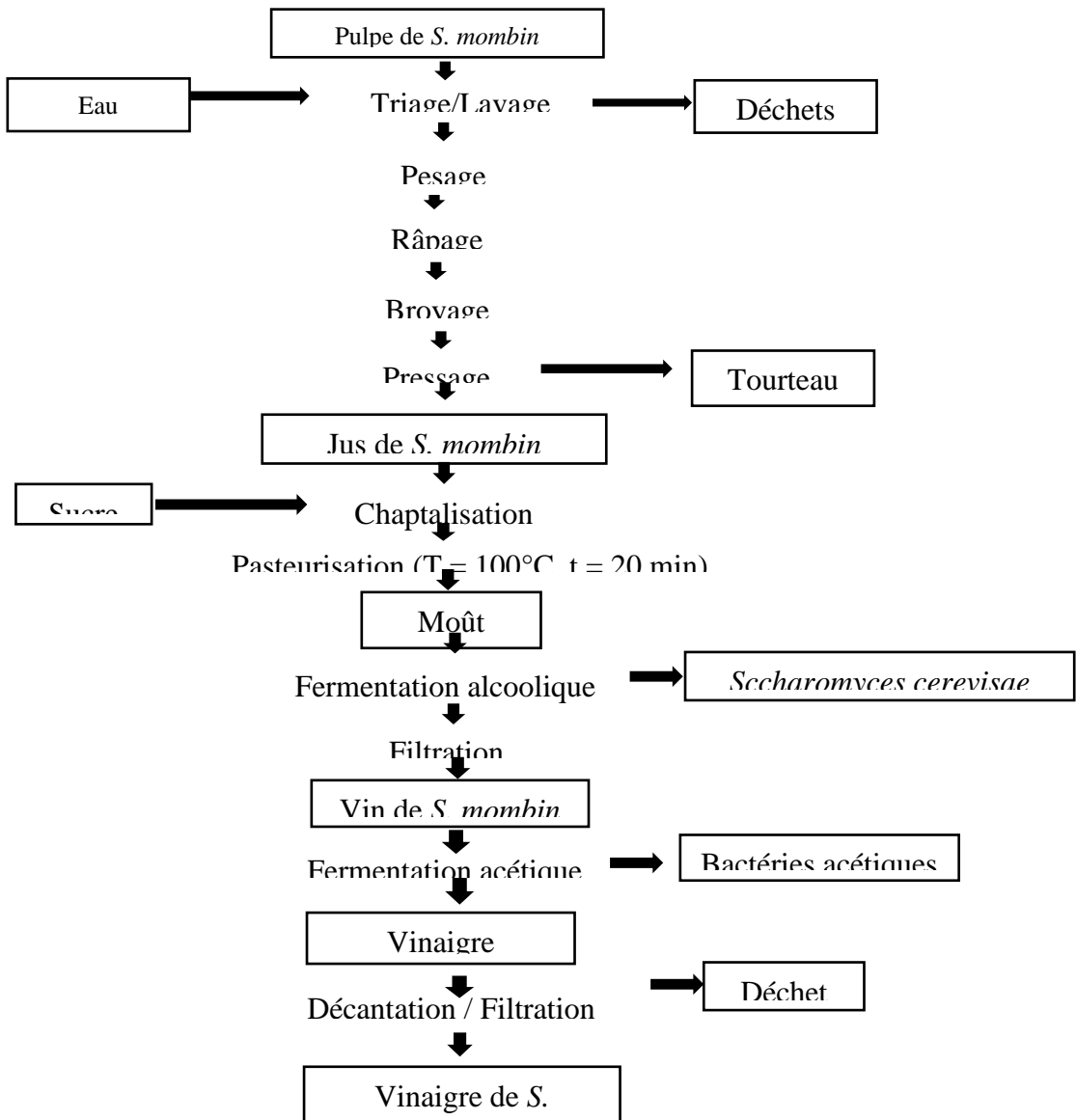


Figure 1. Diagramme de la technologie de production de vinaigre naturel de *S. mombin*

Analyses physico-chimiques des vinaigres

La qualité physicochimique des vinaigres a été évaluée suivant les méthodes standards. Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné. Le taux de solide soluble (TSS) exprimé en degré Brix et la matière sèche ont été déterminés respectivement à l'aide d'un réfractomètre (Albornoz, 2012) et par évaporation à l'étuve jusqu'à obtention d'un poids constant (Mbungu et *al.*, 2016). Les cendres totales et la densité ont été déterminées respectivement par incinération à 550 °C pendant 24 heures et par lecture directe à l'aide d'un densimètre suivant les méthodes décrites par Motsara et Roy (2005). Le dosage de l'alcool a été mesuré à l'aide de l'alcoomètre. La méthode consiste à distiller le jus alcoolisé de *S. mombin* puis à mesurer la densité du distillat à l'aide d'un alcoomètre à la température ambiante suivant la méthode décrite par Albornoz (2012). L'acidité titrable a été déterminée par dosage acido-basique avec une solution de soude à 0,1 N, en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré selon la méthode de l'AOAC (2005). La densité renseigne sur l'état des produits par la mise en oeuvre du taux de matière solide et de la viscosité. Elle est donc d'une importance considérable dans la mesure où elle nous renseigne sur l'aptitude des microorganismes vis à vis de l'état physique du milieu. Elle est mesurée par lecture directe à l'aide d'un densimètre (Mbungu et *al.*, 2016). La teneur en acide ascorbique (Vitamine C) a été déterminée par la méthode de titration au 2,6-dichlorophénol-indophénol (2,6-DCPIP). La méthode consiste en une réduction du 2,6-DCPIP et en une oxydation de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique. Elle permet donc une détermination de la teneur en vitamine C sous sa forme réduite (acide ascorbique). Une fois que l'oxydation de l'acide ascorbique est terminée, le 2,6-DCPIP sert d'indicateur coloré et sa présence en solution donne une couleur rose caractéristique (AOAC, 2005, Ouattara et *al.*, 2016).

Détermination des facteurs antinutritionnels des vinaigres

Afin d'apprécier la composition phytochimique du vinaigre, une analyse basée sur la détermination des facteurs antinutritionnels a été faite. Les teneurs en composés phénoliques ont été déterminées suivant la méthode de Folin-Ciocalteu (FC) décrite par Boizot et Charpentier et *al.* (2006). 100 µl d'extrait des vinaigres de *S. mombin* et commercial sont mélangés respectivement avec 500 µl du réactif FC et 400 µl de Na₂CO₃ à 7,5 % (m/v). Le mélange est agité et incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant dix minutes et l'absorbance est mesurée à 760 nm par un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer). Les résultats sont exprimés en mg/mL de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique. Quant aux flavonoïdes totaux, les teneurs ont été déterminées suivant la méthode décrite par Dehpour et *al.* (2019). 500 µl de

chaque extrait à analyser sont ajoutés à 1500 µl de méthanol à 95 %, 100 µl de AlCl₃ à 10 % (m/v), 100 µl d'acétate de sodium 1 M et 2,8 ml d'eau distillée. Le mélange est agité puis incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min. Le blanc est réalisé par remplacement de l'extrait par du méthanol à 95 % et l'absorbance est mesurée à 415 nm en utilisant un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer). Les résultats sont exprimés en mg/mL de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de la quercétine.

Les tanins condensés et les acides oxaliques totaux ont été déterminés respectivement suivant la méthode de la vanilline en milieu acide décrite par Ba et *al.* (2010) et la méthode de titration à la solution de permanganate de potassium (AOAC, 1995). Le réactif de vanilline a été préparé en mélangeant à volume égal : HCl à 8 % (v/v), le méthanol à 37 % (v/v) et 4 % de vanilline dans du méthanol (m/v). Le mélange a été maintenu à 30 °C avant le dosage. 200 µl de chaque extrait à analyser ont été ajoutés à 1 000 µl de réactif de vanilline ; le mélange a été agité puis incubé à l'obscurité à 30 °C pendant 20 min. L'absorbance est mesurée à 500 nm par un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer) contre un blanc constitué d'un mélange de méthanol (37 %) et de HCl (8%) à volume égal. Les résultats sont exprimés en mg/mL de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage du catéchol.

Analyses microbiologiques des vinaigres

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale a été fait selon la norme NF ISO 4833. Le milieu utilisé a été le PCA (Plate Count Agar) et la technique d'ensemencement fut celle dans la masse. En effet, 1 mL de la solution mère a été introduit dans une boîte de Pétri stérile. Ensuite, dans chaque boîte de Pétri contenant déjà l'inoculum, environ 10 mL de milieu PCA maintenu en surfusion dans un bain-marie à 45°C y ont été versés. L'inoculum et le milieu ont été homogénéisés et le tout a été laissé sur la paillasse pour que la gélose prenne masse. Deux boîtes de Pétri par dilution ont été ensemencées. Les boîtes retournées ont été incubées à la température de 30°C pendant 72 h à l'étuve. Après la période d'incubation, seules les boîtes de Pétri de deux dilutions successives comptant entre 30 et 300 colonies ont été retenues. Toutes les colonies ont été comptées. (Mathurin et *al.*, 2021). Le dénombrement des coliformes totaux a été fait selon la norme NF ISO 4831 1991. Il a été réalisé en milieu solide (VRBA: Violet Red Bile Agar OXOID CM0107). 1 ml de la dilution retenue est prélevée à l'aide de seringues et ensemencée dans la boîte de Pétri stérile. Ensuite, est coulé du VRBA et l'ensemble est homogénéisé ; une deuxième couche de VRBA est coulée après solidification. La lecture est faite après 24h d'incubation à 37°C. Les colonies caractéristiques des coliformes sur ce milieu de culture

sont de couleur rouge au vin. (Zodjissi, 2019). **Les levures et moisissures** ont été dénombrées conformément à la méthode préconisée dans la norme NF ISO 21527-1 (décembre 2008). Le milieu utilisé a été le DRBC (Dichloran Rose Bengale Chloramphénicol agar) et la technique d'ensemencement fut celle en surface. Environ 15 mL du milieu DRBC en surfusion ont été coulés dans des boîtes de Pétri dans des conditions aseptiques. Les boîtes de Pétri ont été laissées sur la paillasse sans être entrouvertes, permettant aux milieux de prendre masse. 0,1 mL de la suspension mère a été prélevé dans des conditions aseptiques puis étalé à l'aide d'un râteau Pasteur préalablement stérilisé dans chaque boîte de Pétri contenant le milieu gélosé. Les boîtes de Pétri ont été ensuite incubées à 25°C pendant 5 jours à l'étuve. Les boîtes ne sont pas retournées pendant l'incubation et entre les lectures, afin d'éviter le réensemencement des spores de moisissures pendant les manipulations. Pour dénombrer les colonies de levures et les thalles de moisissures, les boîtes contenant entre 10 et 100 colonies ou thalles ont été retenues (Mathurin et *al.*, 2021).

Analyse statistique

Les données ont été traitées avec le logiciel SPSS version 23. Les moyennes des paramètres ont été comparées entre elles à l'aide de test ANOVA. Le niveau de signification des tests est de 5% ($P < 0,05$).

Résultats et discussion

Caractéristiques physico-chimiques du vinaigre de *S. mombin*.

Le tableau 1 présente les caractéristiques physico-chimiques du vinaigre de *S. mombin* et du vinaigre d'alcool commercial. Le pH et l'acidité titrable des deux vinaigres ont varié respectivement de 3,2 à 4,6 et de 20,48 à 24,64 g/L. L'analyse des résultats a révélé que le pH du vinaigre de *S. mombin* est inférieur (plus acide) à celui du vinaigre commercial. L'analyse statistique a révélé qu'il existe une différence significative au seuil de 5 % entre les pH et l'acidité des vinaigres. Cette différence serait due à la nature de la matière première utilisée pour la production du vinaigre. En effet, Fadimu et *al.* (2012) et Olayemi et *al.* (2013) ont identifié des bactéries lactiques dans la pulpe de *S. mombin* dont le métabolisme est fermentaire. Ainsi, en fonction de la durée de stockage de la pulpe et des conditions précaires de conservation, la fermentation peut s'accroître donnant ainsi une pulpe très acide et par conséquent un vinaigre de *S. mombin* acide. Le pH acide du vinaigre de *S. mombin* obtenu serait d'une grande importance car il donne au vinaigre ses propriétés antiseptiques qui aident à empêcher le développement des microorganismes pathogènes (Chang et Fang, 2007; Medina et *al.*, 2007; Shah et *al.*, 2013; Hindi, 2013). Des résultats similaires ont été trouvés par Ousaaid et *al.* (2017) pour le vinaigre de deux variétés de

pomme *Red delicious* (2,74) et *Golden delicious* (2,97). L'acidité titrable des deux vinaigres (*S. mombin* et commercial) variaient respectivement de 24,64g/L à 20,48 g/L. Ces résultats montrent que la valeur de l'acidité titrable du vinaigre de *S. mombin* est légèrement supérieure à celle du vinaigre commercial. Les différences observées entre les acidités titrables pourraient provenir de l'action combinée des micro-organismes dans le moût. Cette différence s'expliquerait également par l'existence d'une éventuelle fermentation dans le jus de *S. mombin* échantillonné. La valeur obtenue pour l'acidité titrable corrobore celles (27,623 à 23,419 g/L) obtenues par Elberkennou et Hafidi (2015) pour les vinaigres issus de datte de la variété Hmira et Tinaceur d'une part, et celles trouvées par Ould El Hadj et al. (2001) 30,38 g/l pour le vinaigre de Harchaya (variété de datte).

Quant aux teneurs en matières sèches, en cendres, en extrait sec soluble, et à la densité, les deux vinaigres (*S. mombin* et commercial) ont présenté des valeurs variant respectivement de 17,49 à 0,39 %, de 0,63 à 0,08 %, 13,7 à 0,10 °brix. La densité obtenue pour le vinaigre de *S. mombin* (1,016) est légèrement supérieure à celle (1,000) trouvée dans la présente étude pour le vinaigre commercial (Tableau 1). Cette différence serait due à la composition de la matière première utilisée pour la production du vinaigre. Ces résultats corroborent les teneurs en matières sèches trouvées pour le vinaigre produit. Des résultats très similaires ont été trouvés par Ould El Hadj et al. (2001) (1,016) et Mbungu et al. (2016) (1,017) respectivement pour le vinaigre produit à partir de la variété de datte Harchaya à Ouargla et le vinaigre de mangue. Cette forte densité pourrait s'expliquer par la richesse du vinaigre de *S. mombin* étudié en matières colloïdales.

Le vinaigre de *S. mombin* a une teneur en extrait sec soluble de 13,7° Brice supérieure à celle du vinaigre commercial (Tableau 1). Cette valeur est proche à celle mentionnés par Bouaziz (2009), qui signale 13,43% pour le vinaigre de la variété Tinissine. Masino et al. (2008), signalent des taux de solide soluble de 70 à 75,1 % pour le vinaigre traditionnel balsamique.

La teneur en acide acétique et le degré d'alcool des vinaigres ont varié respectivement de 1,87 et 3,89 % et de 0,66 à 1,20 (Tableau 1). Statistiquement, une différence significative a été observée entre les teneurs en acide acétique et le degré d'alcool obtenu pour les deux vinaigres analysés. Le vinaigre de *S. mombin* a présenté une teneur en acide acétique (0,66%) très inférieure à celle du vinaigre commercial, mais légèrement supérieure à celle (0,56%) du vinaigre de mangue produit par Mbungu et al. (2016). La différence observée serait due à la nature de la matière première et aux types de ferments utilisés. Cette valeur est inférieure aux résultats trouvés par Elberkennou et Hafidi (2015) pour le vinaigre de deux variétés de dattes Hmira et Tinaceur (1,5% et 1,2%).

Concernant la teneur en matière sèche, *S. mombin* a présenté un taux de matière sèche très élevé (17,49 %) par rapport au vinaigre commercial (0,39 %) (Tableau 1). Cette valeur est également supérieure à celles (1,009% et 2,817%) des vinaigres produits avec les deux variétés de pomme (*Red delicious* et *Golden delicious*) par Ousaid et al. (2017) d'une part, et celle (2,27%) de vinaigre de mangue élaboré par Mbungu et al. (2016) d'autre part. Cette variation serait également liée à aux conditions de fabrication de ce bioproduit (Sebihi, 1996 ; Ousaid et al., 2017). Les fortes teneurs en cendres (0,63%) obtenues pour le vinaigre d'alcool commercial 0,08% serait dues à la composition minérale de la matière première.

Quant à la teneur en vitamine C, aucune différence significative ($P \geq 0,05$) n'a été observée entre la teneur en vitamine C des deux vinaigres analysés. L'analyse des résultats a révélé que la teneur en vitamine C du vinaigre de *S. mombin* (0,034%) est très proche à celle (0,032%) du vinaigre d'alcool commercial (Tableau 1). La teneur en vitamine C du vinaigre de *S. mombin* est légèrement supérieure à celle du vinaigre de mangue (0,029%) élaborée par Mbungu et al. (2016). En effet, la vitamine C est un antioxydant naturel, son existence dans le vinaigre permet de rehausser sa valeur nutritionnelle.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques du vinaigre de *S. mombin* et témoins

Paramètres	Vinaigre de <i>S. mombin</i>	Vinaigre commercial d'alcool
pH	3,2±0,11 ^a	4,36±0,02 ^b
Acidité titrable (g/L)	24,64±0,01 ^a	20,48±2,32 ^a
Densité	1.016±0,02 ^a	1,000±0,00 ^a
Extrait Sec Soluble (°Brix)	13,7±0,12 ^b	0,10±1,34 ^a
Acide acétique (%)	1,87±0,15 ^a	3,89±0,12 ^b
Degré d'alcool (%)	0,66±0,00 ^a	1,20±0,10 ^b
Matière sèche (%)	17,49±0,01 ^b	0,39±0,01 ^a
Cendres (%)	0,63±0,02 ^b	0,08±0,02 ^a
Vitamine C (%)	0,034±0,00 ^a	0,032±0,001 ^a

Les valeurs portant des lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5%.

Détermination des facteurs antinutritionnels

Le tableau 2 présente les teneurs en facteurs antinutritionnels du vinaigre de *S. mombin* et du vinaigre d'alcool commercial. L'analyse des résultats a révélé que le vinaigre de *S. mombin* est caractérisé par une teneur légèrement élevée en tanins et en oxalates et une forte teneur en composés phénoliques et flavonoïdes comparativement au vinaigre d'alcool commercial. Statistiquement, une différence significative a été observée entre les teneurs en composés phénoliques, en flavonoïdes et en oxalates des deux vinaigres à l'exception des tanins. Cette différence serait due à la composition de ces différents éléments antinutritionnels contenus dans la matière première et aux différentes méthodes de dosages. Par ailleurs, les travaux d'Ugadu et al. (2014) sur l'analyse phytochimique des fruits de *S. mombin* ont montré la présence de saponines (4,80%), d'alcaloïdes (9,0%), de flavonoïdes (2,84%), de tanins (1,24 mg/100 ml) et phénol (0,08 mg/100 ml) dans les fruits. Selon Manhães et al. (2011), dans les fruits de mombin jaune, la teneur en polyphénols totaux variait de 29,12 mg.100g⁻¹ à 102,88 mg.100g⁻¹. Une étude de Tiburski et al. (2011) a montré que la pulpe de mombin jaune présentait un contenu phénolique total de 260,21±11,89 mg GAE/100g.

Tableau 2. Composition phytochimique de vinaigre de *S. mombin* comparée à un témoin.

Paramètres	Vinaigre de <i>S. mombin</i>	Vinaigre commercial d'alcool
Composés phénoliques (mg/L)	485,54±0,03 ^a	853,12±0,23 ^b
Tanins (mg/L)	0,14±0,03 ^a	0,02±0,02 ^a
Flavonoïdes (mg/L)	126,24±0,19 ^a	364,06±0,12 ^b
Oxalates (mg/L)	0,85±0,35 ^b	0,04±0,19 ^a

Les valeurs portant des lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5%.

Caractéristiques microbiologiques du vinaigre de *S. mombin*.

Le tableau 3 présente les résultats issus des analyses microbiologiques du vinaigre de *S. mombin* et du vinaigre commercial. Ces résultats ont révélé une charge de la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) de 5.10³ ufc/mL et 2.10³ ufc/mL respectivement pour les vinaigres de *S. mombin* et commercial. Ces valeurs sont inférieures à celle recommandée par la réglementation (10⁵ ufc/mL) pour le vinaigre. Les taux de coliformes totaux obtenus après analyse pour les deux vinaigres sont inférieurs à 1 ufc/ML ; ce qui montre qu'aucune colonie visible n'a été retrouvée sur chacune des boîtes de Pétri. Ces résultats témoignent du respect de l'hygiène au cours de la production. Concernant la flore fongique, les résultats obtenus ont montré la présence de levures d'ordre de 2.10³ ufc/mL et 2.10² ufc/mL respectivement pour les vinaigres de *S. mombin* et

commercial. Le dénombrement des moisissures sur les deux vinaigres a révélé des taux inférieurs à 1 ufc/mL. Toutefois, les taux de contamination observés sont néanmoins inférieurs à la norme. Ces résultats sont en accord avec la valeur trouvée par Luxembourg (2011) pour le nombre des levures et moisissures (10^3 UFC/mL) déterminé sur les boissons. Par conséquent, le vinaigre de *S. mombin* élaboré dans la présente étude est d'une qualité microbiologique acceptable.

Tableau 3. Caractéristiques microbiologiques du vinaigre de *S. mombin*.

Microorganismes	Normes	Vinaigre de <i>S. mombin</i>	Vinaigre commercial	Critères microbiologiques
FMAT	NF ISO 4833 : 2003	5.10^3	2.10^3	$< 10^5$ UFC/mL
Coliformes totaux	NF ISO 4831 :1991	< 1	< 1	$< 10^2$ UFC/ mL
Levures	NF ISO 21527-1 2008	2.10^3	2.10^2	$< 10^3$ UFC/ m
Moisissures	NF ISO 21527-1 2008	< 1	< 1	$< 10^3$ UFC/ m

FMAT: Flore Mésophile Aérobie Totale ; UFC : Unité Format Colonie.

Conclusion

La présente étude a permis de valoriser les fruits de *S. mombin* à travers la production du vinaigre. Comparées au vinaigre commercial, les résultats ont montré que le vinaigre de *S. mombin* est caractérisé par une forte acidité, une densité élevée et présente une forte teneur en sucre, en acidité titrable, en cendre et en vitamine C à l'exception des teneurs en alcool et en acide acétique. L'analyse des résultats obtenus pour les teneurs en facteurs antinutritionnels a révélé que le vinaigre de *S. mombin* contient une teneur légèrement élevée en tanins et en oxalates puis une forte teneur en composés phénoliques et flavonoïdes comparativement au vinaigre d'alcool commercial. Au regard des résultats issus des analyses microbiologiques, aucune différence significative n'a été observée entre les deux vinaigres étudiés sur le plan hygiénique. La qualité microbiologique des deux vinaigres est satisfaisante.

Conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêts relatif à cet article.

Remerciements

Les auteurs remercient le gouvernement du Bénin pour la bourse : Programme d'Appui aux Doctorants (PAD) accordé à P.E. OGAN.

References:

1. Akoègninou, A., Van der Burg, W.J. Sinsin, B. & Van der Maesen, L.J.G. (2006). Flore Analytique du Bénin. BackhuysPublishers, Wageningen. 1034 p.
2. Albornoz, C. E. H. (2012). Microbiological analysis and control of the fruit vinegar production process ». Doctoral Thesis. 310 p.
3. Association of Official Analytical Chemists. (2005). In *Official Methods of Analysis* (18th Ed.), AOAC international, Gaithersburg. MD, Method 920.40.
4. Association of Official Analytical Chemists. (1995). In *Official Methods of Analysis*, (16th ed.); AOAC International: Arlington, VA, sec. 950.04.
5. Ayoka, A.O, Akomolafe, R.O, Akinsomisoye, O.S & Ukponmwan, O.E. (2008). Medicinal and Economic Value of *Spondias mombin*, African Journal of Biomedical Research, Vol. 11; 129 – 136, ISSN 1119 – 5096.
6. Ba, K., Tine, E., Destain, J. Cisse & Thonart, P. (2010). Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. *Biotechnol. Agro. Soc. Environ.* Vol. 14. pp. 131-139.
7. Boizot, N. & Charpentier, J-P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Cah. Tech. INRA. N°. special. pp. 79-82.
8. Bouaziz, S. (2009). Caractérisation physicochimique et biochimique de quelques vinaigres traditionnels de dattes de la région d'Ouargla. Thèse de magistère. Université d'Ouargla. 70 p.
9. Chang, J. & Fang, T.J. (2007). Survival of *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* serovars Typhimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against *E. coli* O157:H7. *Food Microbiol* 24:745–51.
10. Dehpour, A. A., Ibrahimzadeh, M. A., seyed, F. N. & Seyed, M. N. (2009). Antioxydant activity of the methanol extract of *Ferula assafoetida* and its essential oil composition. *Grasas Y Aceites*. Vol. 60. pp. 405-412.
11. Duvall, C. S. (2006). On the origin of the tree *Spondias mombin* in Africa; *Journal of Historical Geography* 249-266p.

12. Elberkennou, H. & Hafidi, M. (2015). Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du vinaigre traditionnel de dattes " Hmira, Tinaceur " de la cuvette d'Adrar. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master en chimie d'environnement. Université Ahmed Draia Adrar (Algérie). Faculté des sciences et de la technologie. Département des sciences de la matière. 56p.
13. Esua, O. J., Makinde, O. O., Arueya, G. L. & Chin, N. L. (2016). Antioxidant potential, phytochemical and nutrient compositions of Nigerian hog plum (*Spondias mombin*) seed kernel as a new food source, International Food Research Journal 23(Suppl): 179-185
Journal homepage: <http://www.ifrj.upm.edu.my>
14. Fadimu, O.Y., Ajiboye A. A., Agboola D. A., Kadiri M. & Adedire M.O. (2012). Effects of some combination of phytohormones on some growth parameters and vitamin, carbohydrate, protein and chlorophyll contents of *Spondias mombin* (Linn) seedlings. Ife Journal of Science, 14(2): 397-403.
15. Hindi, N. K. K. (2013). In vitro Antibacterial Activity of Aquatic Garlic Extract, Apple Vinegar and Apple Vinegar - Garlic Extract combination. American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics ISSN 2321 – 2748.
16. Kowiou, A., Midimahu, V. A., Fidèle, P. T., Miguel, A., Mathieu, M. & Mohamed, M. S. (2017). Propriétés physiques et mécaniques des fruits séchés et amandes de deux morphotypes de *Terminalia catappa* provenant de trois types de sols. Afrique science 289-303. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.
17. Luxembourg. (2011). Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires et les lignes directrices pour l'interprétation. Ministère de la santé, Grand-Duché de Luxembourg, 49p.
18. Maldonado-Astudillo, Y. I., Alia-Tejacal, I., Nunez-Collin, C. A., Jimenez-Hernandez, J., Pelayo-Zaldivar, C., Lopez-Martinez, V., Andrade-Rodriguez, M., Bautista-Banos, S. & Valle-Guadarrama, S. (2014). Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. Scientia Horticulturae 174: 193-206.
19. Manhães, L. R. T., Sabaa-Srur, A. U. O. (2011). Centesimal composition and bioactive compound in fruits of buriti collected in Pará. Food Science and Technology. 31(4): 856-863.
20. Masino, F., Chinnici, F., Bendini, A., Montevicchi, G. & Antonelli, A. (2008). A study on relationships among chemical, physical, and qualitative assesment in traditional balsamic vinegar. Rev. Food chemistry: 90-95.

21. Mathurin, Y. K., Olo, K., Katinan, R. C., Alhassane, D., & Koffi-nervy, R. (2021). Qualité microbiologique et physico-chimique du « Tomi » : Une boisson artisanale à base de pulpe de *Tamarindus indica*, vendue à Korhogo (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. ISSN 2028-9324 Vol. 34 No. 3 Nov. 2021, pp. 551-560
22. Mattietto, R. A. & Matta, V. (2011). Cajá (*Spondias mombin* L.). In Yahia, E. (Ed). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. vol. 2, p. 330–353. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
23. Mbungu (2016). Qualité microbiologique, caractéristiques Biochimiques et Physico-Chimiques d'un vinaigre artisanal à base des mangues jetées Innovative Space of Scientific Research Journals http://www.ijias.issr-journals.org/_2028-9324 Vol. 17 No. pp. 947-953
24. Medina, E., Romero, C., Brenes, M. & De Castro, A. (2007). “Antimicrobial Activity of Olive Oil, Vinegar, and Various Beverages against Foodborne Pathogens”. *Journal of Food Protection*. 70(5):1194 – 1199.
25. Motsara, M. R. & Roy N. R. (2005). *Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis*, FAO, Rome, Italie, 219p.
26. Olayemi, O., Salihu, B. & Allagh, S. (2013). Evaluation of the binding properties of *Spondias purpurea* Gum in metronidazole tablet formulations. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 5 (Suppl 2): 584–589.
27. OOAS (2013). Organisation Ouest-Africaine de la Santé) *La pharmacopée des plantes médicinales de l’Afrique de l’ouest*. KS Printcraft GH. LTD. P. O. Box 1074 Knust Junction Kumasi, Ghana Tel: +233-277412577
28. Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R. & Anthony S. (2009). *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide*, version 4.0 (accessed 26.01.15) World Agroforestry Centre, Kenya.
29. Ouattara, N. D., Gaille E., Stauffer F. W. & Bakayoko A. (2016). Diversité floristique et ethnobotanique des plantes sauvages comestibles dans le Département de Bondoukou (Nord-Est de la Côte d’Ivoire), *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 98, pp. 9284 – 9300.
30. Ould EL-Hadj, M. D., Sebihi, A. H. & Siboukeur, O. (2001). Qualité hygiénique et caractéristique physico-chimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes d’Ouargla. *Revue Energie Renouvelable : Production et valorisation-Biomasse*, pp 87- 92.
31. Ousaaïd, D., Ismail, M., Mouad, R., Badiâa, L. & Ilham E. A. (2017). Etude des paramètres physico-chimiques et de l’activité antioxydante

- de trois vinaigres de cidre traditionnels issus de trois variétés de pomme de la région de Midelt au Maroc. ElWahat pour les Recherches et les Etudes. ISSN : 1112 -7163 <http://elwahat.univ-ghardaia.dz> Vol.10 n°1: 37-50.
32. Sebihi A. (1996). Contribution à l'étude de quelques paramètres de la qualité hygiénique et biochimique de vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette d'Ouargla. Thèse ing. INFS/AS, Ouargla. 48p.
 33. Shah, Q. A. F., Bibi, M. & Shah, A. H. (2013). Anti-Microbial Effects of Olive Oil and Vinegar against Salmonella and Escherichia coli. The Pacific Journal of Science and Technology, 14(2): 479-486.
 34. Tiburski, J. H., Rosenthal, A., Deliza, R., Ronoel, L., De Oliveira, G., Sidney, P. (2011). Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp; Food Research International. 2326–2331.
 35. Tokoudagba, J. M., Chabert O. P., Auger, C., N’Gom, S., Gbénou, J., Moudachirou, M., Shini-Kerth, V & Lobstein, A. (2009). Recherche de plantes à potentialités antihypertensives dans la biodiversité béninoise. Ethnopharmacologia n° 44. 41p.
 36. Ugadu, A. F., Ominyi, M. C., Ogbanshi, M. E., Eze, U. S. (2014). Phytochemical Analysis of *Spondias mombin*. International Journal of innovative Research and Development. 3(9): 101-107.
 37. Zadjissi, P. R. (2019). Valorisation agroalimentaire de la pulpe de tamarin (*Tamarindus indica*) au Bénin : essai de production et évaluation de la qualité du vin. Rapport de fin de formation pour l'obtention du diplôme de licence professionnelle. Université d'Abomey-Calavi. 70p.