



Evaluation 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/esj.2022.v18n40p425

Submitted: 02 November 2022

Accepted: 30 December 2022

Published: 31 December 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 S., Djego J. & Soumanou M.M. (2022). *Evaluation de la qualité physicochimique et microbiologique du vinaigre issu de la pulpe de prunier mombin (Spondias mombin L.) produit au Bénin.* European Scientific Journal, ESJ, 18 (40), 425.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n40p425>

Résumé

Spondias mombin est un fruitier sauvage comestible peu connu, négligé et sous utilisé en Afrique de l'Ouest. 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 a été utilisé pour la production du vinaigre. Le bioproduit est obtenu par une double fermentation utilisant respectivement la levure *Saccharomyces cerevisiae* et la bactérie *Acetobacter aceti*. La fermentation alcoolique a duré 17 jours et celle acétique a duré 30 jours. 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, 24,64 g/L, 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. Les deux sources de vinaigre présentent des charges Flore Mésophile Aérobie Totale, de levures et moisissures respectant les valeurs acceptables de 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

Evaluation of 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

Spondias mombin is a little-known, neglected and underutilized edible wild fruit tree in West Africa. 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 alcoholic fermentation lasted 17 days and the acetic one lasted 30 days. 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. Both sources of vinegar have loads of Total Aerobic Mesophilic Flora, yeasts and molds respecting the acceptable values of 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'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 une proposition de production de vinaigre et l'évaluation de ses qualités physico-chimiques, microbiologiques et propriétés anti-oxydantes.

Méthodes

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 (*Acetobacter aceti*) étaient le matériel biologique utilisé pour la production du vinaigre. Ces levures ont été fournies par le laboratoire d'étude et de recherche en chimie appliquée de l'unité de recherche en génie enzymatique et alimentaire. Le vinaigre commercial (acheté dans le marché de Dantokpa ayant des caractéristiques consignées dans le tableau 1) 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 impuretés. 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 d'une toile de mousseline pour avoir le jus de *S. mombin*.

• Procédés d'obtention du vinaigre

Le vinaigre de *S. mombin* a été obtenu suivant la méthode de Mbungu *et al.* (2016) (Figure 1). Le jus de *S. mombin* a subi une double fermentation (fermentation alcoolique et acétique). En effet, le jus de *S. mombin* obtenu a subi une filtration et une chaptalisation avant d'être pasteurisés à 100 °C pendant 20 minutes. Le moût obtenu a subi une fermentation alcoolique pendant 17 jours 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 fabrication 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 de 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.

✓ **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 (*Acetobacter 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, la 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 acétique. La figure 1 ci-dessous résume les différentes étapes de l'obtention du vinaigre de *S. mombin*.

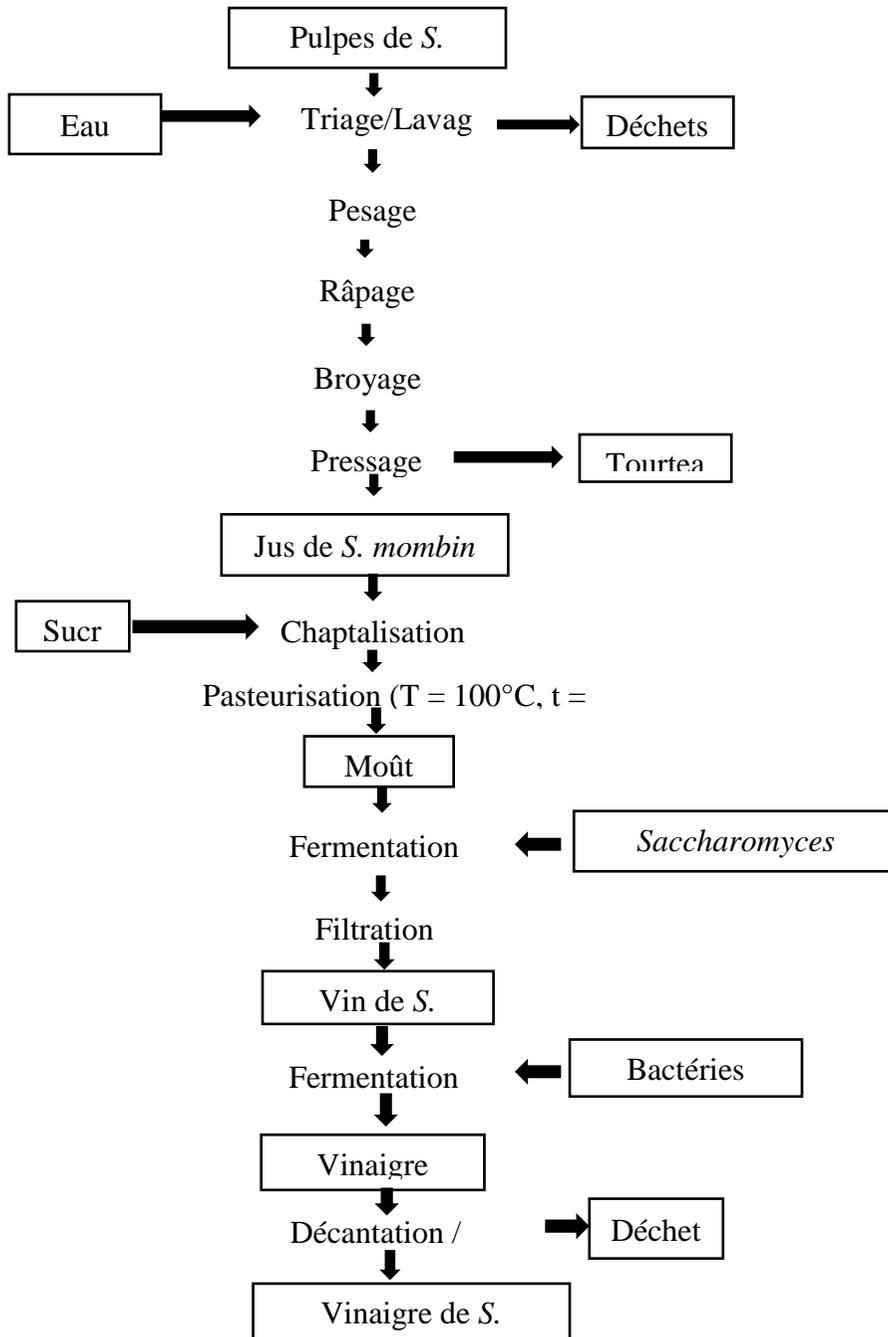


Figure 1 : Diagramme de la technologie d'obtention de vinaigre naturel de *S. mombin*

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 du type (Mettler Toledo). 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 œuvre 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 (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.* (2009). 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 : 2003. 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. (Yao *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 prélevé à l'aide de seringues et ensemencé dans la boîte de Pétri stérile. Ensuite, la gélose VRBA a été coulée dessus 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 (Yao *et al.*, 2021).

Analyse statistique

Les données ont été traitées avec le logiciel SPSS version 23.0 année 2015. 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 des vinaigres

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 l'obtention 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 Ousaaïd *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 cendre, 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° Brix supérieure à celle du vinaigre commercial (Tableau 1). Cette valeur est proche de celle mentionnée 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 Ousaaid *et al.* (2017) d'une part, et celle (2,27%) du vinaigre de mangue élaboré par Mbungu *et al.* (2016) d'autre part.

Cette variation serait également liée aux conditions de fabrication de ce bioproduit (Sebihi, 1996 ; Ousaaïd *et al.*, 2017). Les fortes teneurs en cendre (0,63%) obtenues pour le vinaigre 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 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
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 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 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 (Tableau 1) 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 à 102,88 mg/100g. 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
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 des vinaigres

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 Aérobique 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 norme NF ISO 4833 : 2003 (< 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 et / ou des bonnes conditions de conservation du produit (Zodjissi, 2019). Concernant la flore fongique, les résultats obtenus ont montré la présence de levures de l'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 inférieurs à la norme. Ces résultats sont en accord avec la valeur trouvée par Luxembourg (2011) pour le nombre des levures et moisissures (10³ UFC/mL) déterminé dans des 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 Aérobique Totale ; **UFC** : Unité Formant Colonie.

Conclusion

La présente étude a permis de valoriser les fruits de *S. mombin* à travers l'évaluation de la qualité du vinaigre issu de sa pulpe, l'un des produits agroalimentaires rares retrouvés au Bénin. Les résultats obtenus suite aux analyses physico-chimiques ont montré que le vinaigre de *S. mombin* est caractérisé par un pH plus acide que celui du vinaigre commercial. Le vinaigre de *S. mombin* a donné une densité et un °Brix élevé, un fort taux en cendre et en vitamine C comparativement au vinaigre d'alcool commercial. 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 contrairement 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. Les charges de la Flore Mésophile Aérobie Totale, les taux de coliformes totaux puis des levures et moisissures des vinaigres de *S. mombin* et commercial sont inférieurs à la norme. Par conséquent, la qualité microbiologique des deux vinaigres est satisfaisante. L'analyse des résultats trouvés dans la présente étude a fait ressortir des informations utiles et nous permet de proposer la production du vinaigre, du vin et liqueur à base des pulpes de *S. mombin* vues ses qualités nutritionnelles. Ce qui contribuerait à la valorisation de cette espèce. Il serait également intéressant d'approfondir les analyses physico-chimiques et évaluer la qualité organoleptique de ces différentes boissons.

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. Aboudou, K., 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>.
2. Akoègninou, A., Van der Burg, W.J. Sinsin, B. & Van der Maesen, L.J.G. (2006). Flore Analytique du Bénin. *BackhuysPublishers, Wageningen*. 1034 p.
3. Albornoz, C. E. H. (2012). Microbiological analysis and control of the fruit vinegar production process ». Doctoral Thesis. 310 p.

4. A O A C. (2005). In Official Methods of Analysis, (18th ed.); Association of Official Analytical Chemists, Vol. (2), chapter (41):66-68. Washington, DC, USA
5. A O A C. (1995). In *Official Methods of Analysis*, (16th ed.); Association of Official Analytical Chemists International: Vol. (2), 1925p. Arlington, VA, sec. 950.04.
6. 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*.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Duvall, C. S. (2006). On the origin of the tree *Spondias mombin* in Africa; *Journal of Historical Geography* 249-266p.
13. 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.
14. 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>*

15. 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.
16. 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.
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., Montevecchi, G. & Antonelli, A. (2008). A study on relationships among chemical, physical, and qualitative assesment in traditional balsamic vinegar. *Rev. Food chemistry*: 90-95.
21. 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*.
22. Mbungu, C., Karl, T., Pascal, N., Christina, M. T., Joseph, M. & Jean-Noël, M. K. (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
23. 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.
24. Motsara, M. R. & Roy N. R. (2005). Guide to lobaratory establishment fort plant nutrient analysis, *FAO, Rome, Italie*, 219p.
25. 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.
26. OOAS (2013). Organisation Ouest-Africaine de la Santé) La pharmacopée des plantes médicinales de l’Afrique de l’ouest. 268p
 27. Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Anthony S. (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. ICRAF Centre Mondial de l’Agroforesterie, Nairobi, Kenya, 5 p.
 28. 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.
 29. 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.
 30. Ousaaïd, D., Ismail, M., Mouad, R., Badiaa, 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.
 31. 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.
 32. Shah, Q. A. F., Bibi, M. & Shah, A. H. (2013). Anti-Microbial Effects of Olive Oil and Vinegar against *Salmonella enterica* and *Escherichia coli*. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 14(2): 479-486.
 33. 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.
 34. 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.
 35. 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.
 36. Yao Konan Mathurin, Kambire Olo, Coulibaly Katinan Rémi, Diomande Alhassane, and Rose Koffi-nevry, “Microbiological and physicochemical quality of « Tomi » : An artisanal drink made from *Tamarindus indica* pulp, sold in Korhogo (Côte d’Ivoire),”

International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 34, no. 3, pp. 551–560, November 2021.

37. Zojjissi, 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.