

Effet du mode d'extraction sur les paramètres biochimiques et sensoriels du jus de banane plantain *musa paradisiaca* (variété Corne)

[Effect of the extraction method on the biochemical and sensory parameters of *musa paradisiaca* plantain banana juice (Corne variety)]

Mohamed Anderson Yeo¹, Arthur Martin Affery¹, Ernest Kouadio Koffi², and Lacina Coulibaly³

¹Département d'Agronomie et Foresterie, Université de Man, UFR d'Ingénierie agronomique, Forestière et Environnementale, Man, Côte d'Ivoire

²Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Biochimie Sciences des Aliments, Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement (SGE), Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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: The present research work is situated within the framework of the valorization of the plantain through the development of an effective process of extraction, prevention of browning, microbial stabilization, characterization of the pulp juice of ripe plantain at stage 8 and the valorization of the residues resulting from the extraction. Three juice extraction processes were evaluated. The first two processes are based on the use of hot and cold water; the third was carried out with pectinase. The latter process improves the yield (65.4%) while the other hot and cold water extraction processes give respective yields of 60.55 and 61.06%. The reducing sugar contents were 8.65 ± 0.03 mg/100ml for the juice extracted with pectinase, 3.00 ± 0.06 mg/100ml for the juice extracted with hot and cold water. The total sugar contents correspond to the following values: 51.33 ± 0.19 mg/ml for the juice extracted with hot water 54.20 ± 0.08 mg/100ml for the juice extracted with cold water and 55.57 ± 0.92 mg/100ml for that extracted with pectinase. The juice extracted with pectinase is the most energetic with 227.27 Kcal/100mL, followed by the juice extracted by maceration and that extracted by infusion, with 226.47 and 208.48 Kcal/100mL respectively. With an antioxidant activity of 5.89 ± 0.00 (μ mol eq. Trolox), the ripe plantain pulp juice has a total polyphenol content of 6.57 ± 0.00 g/L eq. Acid. Gallic acid and total flavonoids of 0.227 ± 0.00 g/L eq. Querc. For the overall assessment of the juices by the panel, the juice extracted with pectinase is preferred to the others.

KEYWORDS: Plantain juice, Pectinase, biochemical, sensory, Côte d'Ivoire.

RESUME: Le présent travail de recherche se situe dans le cadre de la valorisation de la banane plantain à travers l'élaboration d'un procédé efficace d'extraction, de prévention du brunissement, de stabilisation microbienne, de caractérisation du jus de pulpe de banane plantain mûre au stade 8 et la valorisation des résidus issus de l'extraction. Trois procédés d'extraction du jus ont été évalués. Les deux premiers procédés sont basés sur l'usage de l'eau chaude et froide; le troisième a été réalisé avec la pectinase. Ce dernier procédé améliore le rendement (65,4%) tandis que les autres procédés d'extraction à l'eau chaude et à l'eau froide donnent des rendements respectifs de 60,55 et 61,06 %. Les teneurs en sucres réducteurs présentent des valeurs de $8,65 \pm 0,03$ mg/100ml pour le jus extrait à la pectinase, $3,00 \pm 0,06$ mg/100 ml pour le jus extrait à l'eau chaude et à l'eau froide. Les teneurs en sucres totaux correspondent aux valeurs suivantes: $51,33 \pm 0,19$ mg/ml pour le jus extrait à l'eau chaude $54,20 \pm 0,08$ mg/100 ml pour le jus extrait à l'eau froide et $55,57 \pm 0,92$ mg/100ml pour celui extrait à la pectinase. Le jus extrait à la pectinase, est le plus énergétique avec 227,27 Kcal/100 mL; suivi du jus extrait par macération et de celui qui est extrait par infusion, avec 226,47 et 208,48 Kcal/100mL respectivement. Avec une activité antioxydante de $5,89 \pm 0,00$ (μ mol éq. Trolox),

le jus de pulpe de banane plantain mûre a une teneur en poly phénol totaux de $6,57 \pm 0,00$ g/L éq. Acide. Gallique et de flavonoïdes totaux de $0,227 \pm 0,00$ g/L éq. Querc. Pour l'appréciation globale des jus par le panel, le jus extrait à la pectinase est prédéré aux autres.

MOTS-CLEFS: Jus de banane plantain, Pectinase, biochimiques, sensoriels, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les bananes sont cultivées dans plus de 120 pays des régions tropicales et subtropicales sur les 5 continents et sur plus de 10 millions d'hectares [1]. L'Afrique subsaharienne contribue pour environ 70 % à la couverture des besoins énergétiques alimentaires fournies par les plantains et les autres bananes à cuire dans le monde [2]. En Côte d'Ivoire, la banane plantain est le premier produit vivrier de la zone forestière. Sa production représente 25% des féculents et 20% de l'ensemble des vivriers nationaux. Avec une production moyenne annuelle de 1 600 000 tonnes, la Côte d'Ivoire est le 7ème pays producteur mondial et le 6ème africain producteur de la banane plantain (Noel, 2010). Les zones favorables à la culture, se situent au Sud de la ligne partant de Man à Bondoukou en passant par Bouaké jusqu'à la zone phare de production le Centre-ouest [3].

Les usages alimentaires du plantain sont nombreux par rapport aux habitudes alimentaires des consommateurs. Les fruits du plantain sont généralement soumis à des procédés culinaires post-récolte qui prennent en compte l'aspect variétal, la maturité, le mode de cuisson, le mode de transformation et l'ajout d'autres denrées alimentaires. Les bananes plantains sont consommées sous différentes formes, notamment bouillies, rôties, frites, ainsi qu'en combinaison avec d'autres aliments de base (Kouamé et al.; 2015).

Le plantain est une très bonne source de magnésium, de phosphore et de vitamines. La valeur énergétique pour 100g de portion comestible est de 122 kcal (Aurore et al., 2008). Quel que soit le degré de maturation, le taux de lipides de la banane est très faible. La quantité de fibres apportée par la banane plantain (environ 3 g/100 g) est plus élevée que celle de la pomme et de l'orange ([4]. Selon [5], ce sont des aliments dits « amylicés » car leur teneur en amidon est prépondérante.

Malgré une autosuffisance alimentaire relative à la banane plantain en Côte d'Ivoire un réel problème de sécurité alimentaire lié à son indisponibilité sur une longue période de l'année est couramment constaté. L'accès difficile aux grands centres de production et les difficultés de conservation (Kader 1994) entraînent d'importantes pertes post-récoltes (30 à 40 % de la production). En outre, la non transformation ou le très faible niveau de transformation de ce produit exacerbe les problèmes de surplus de production saisonnière [6].

La recherche de solutions à ce problème demande plusieurs actions depuis le champ jusqu'au marché en passant par la conservation et la transformation de la production.

Ainsi, la production du jus de banane plantain contribuera à réduire non seulement les pertes post-récoltes, mais aussi à rendre disponible la banane sur le marché toute l'année en proposant un nouveau produit.

Cette étude s'inscrit dans le cadre du programme de productivité agricole en Afrique de l'ouest PPAO/ WAAPP-1B, financé par la banque mondiale, dont l'objectif global est la transformation des produits vivriers. la valorisation de la banane plantain en jus.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 MATÉRIEL TECHNIQUE

Il comprend en plus de la verrerie usuelle de laboratoire, un couteau en acier inoxydable, un mixeur de marque PHILLIPS, une centrifugeuse de marque Bofuge III, un tamis de marque « agro qualité » des laboratoires TRIPETTE et RENAUD (PARIS) ayant des mailles de 0,250 mm, une casserole de 5 Litres, des bouteilles en verre à bouchon préchauffés, un réfrigérateur de marque PHIL IPS pour le conditionnement, la pectinase et un bain-marie (JULABO Eco Temp TW20, ALLEMANGNE), pour l'extraction des différents jus. Divers éléments techniques ont également été utilisés pour les caractérisations au nombre desquels. une balance électronique (KERN type ABS 220-4, ALLEMAND), un pHmètre (HANNA Instruments Ph 213 Portugal), un appareil HPLC (CECIL instruments, Cambridge, ANGLETERRE), un spectrophotomètre de marque HACH.

2.1.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué de bananes plantains mûres (*Musa paradisiaca*) au stade 8 type Faux Corne (et en particulier le cultivar Corne 1) qui représente au moins 90% des plantains cultivés en Côte d'Ivoire (ANADER, 1998).

2.2 MÉTHODES

2.2.1 EXTRACTION DU JUS DE BANANE PLANTAIN MÛRE

EXTRACTION PHYSIQUE

Ce procédé d'extraction est présenté par la figure 1. Les fruits murs achetés au stade 8 de maturité ont été acheminés au laboratoire en vrac. A ce niveau, tous les fruits de banane plantain de la variété corne reçus ont été stockés avant la production des différents jus. Les fruits, sains ont été lavés à l'eau contenant de l'hypo chlorure de sodium à 0,5% après trempage pendant 15 minutes puis à l'eau distillée.

L'épluchage des fruits de banane plantain a été effectué à l'aide d'un couteau en acier inoxydable sur une paillasse propre (désinfectée avec de l'eau de javel et rincée à grande eau) et la pulpe a été collectée. La pulpe de plantain, a été découpée en rondelles de 3 -4 mm d'épaisseur, broyée au mixeur de marque PHILLIPS pour obtenir une purée.

Quatre cent grammes (400g) de pâte de pulpe de banane plantain, malaxés ont été centrifugés à la température ambiante (25°C) à l'aide d'une centrifugeuse de marque Bofuge III, pendant 15 minutes à 4000 tours par minute et le jus obtenu a été recueilli dans des récipients propres. Le jus obtenu a été ensuite filtré au moyen d'un tamis de marque « agro qualité » des laboratoires (TRIPETTE et RENAUD (PARIS) ayant des mailles de 0,250 mm afin de séparer le jus des résidus de pulpe.

Le jus fraîchement extrait a été porté à ébullition, 100°C dans une casserole de 5 Litres pendant 7 minutes en vue d'éliminer toute la flore microbienne et assurer la stabilité du jus. Le remplissage des bouteilles a été fait à chaud dans des bouteilles en verre à bouchon préchauffés dans de l'eau bouillante pendant 7 min. Après le remplissage, les bouchons ont été laissés refroidir à température ambiante (25°C) avant conditionnement au réfrigérateur.

Les bouteilles remplies de jus de banane plantain ont été conservées au réfrigérateur à 4°C. Cette conservation était faite afin de maintenir la qualité des jus frais jusqu'au moment de la dégustation.

EXTRACTION ENZYMATIQUE

Après le broyage, la purée de banane plantain a été répartie en portions de 2 kg dans des cuvettes pour être préchauffée au bain -marie à 45° C pendant 5 minutes; puis chaque portion a été laissée refroidir à 35° C [13]. A ces différentes portions de pulpe de 2 kg a été ajoutée la solution d'enzyme. Le mélange (pulpe et solution enzymatique) a subi un malaxage intermittent pendant 90 min tout en régulant la température à 35° C. Après malaxage, l'enzyme est inactivée à 55°C (Figure 2). La pâte malaxée a été centrifugée à l'aide d'une centrifugeuse de marque Bofuge III, pendant 15 minutes à 4000 tours/min. Le jus obtenu a été recueilli dans des récipients propres.

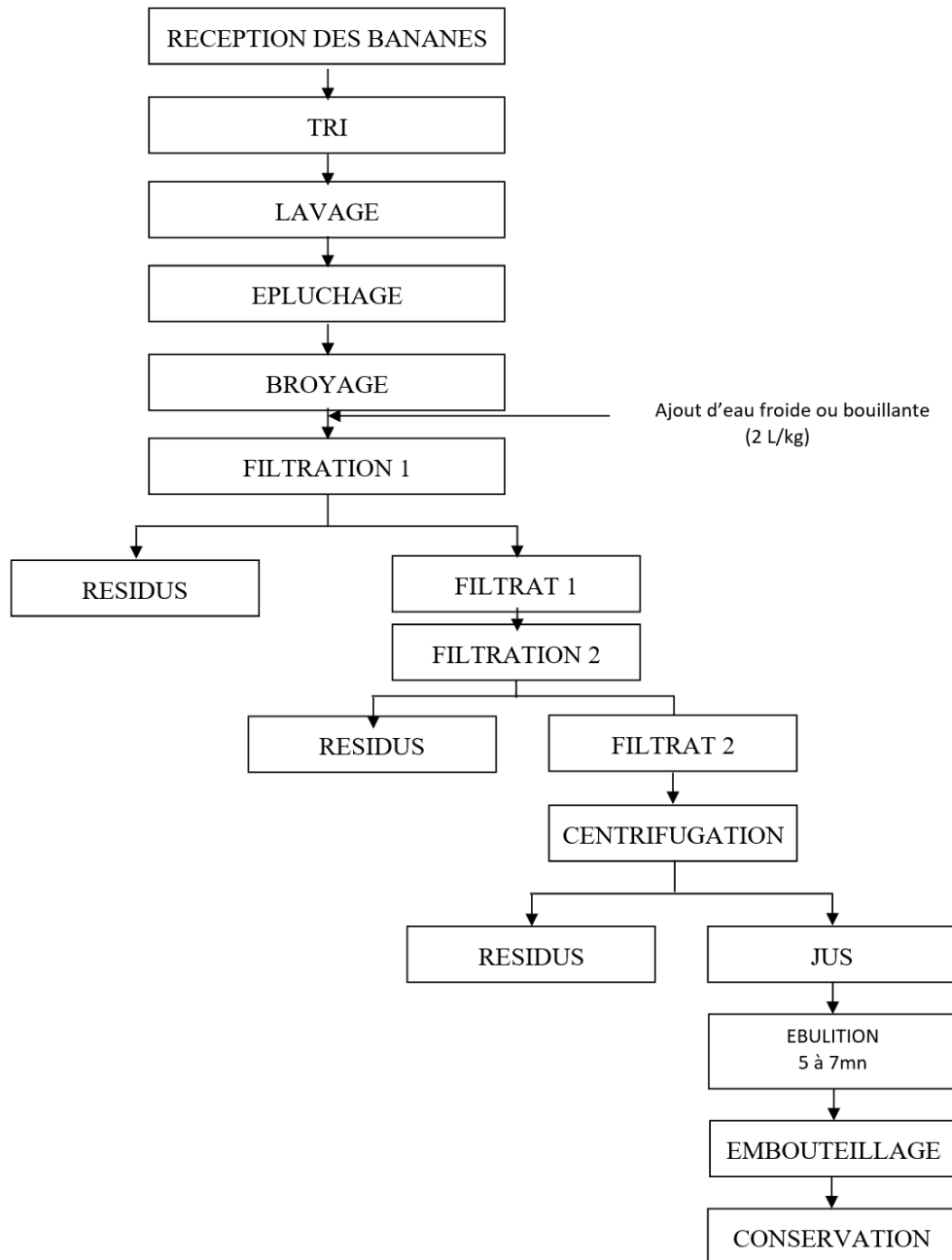


Fig. 1. Diagramme d'extraction du jus de banane plantain mûre à l'eau minute

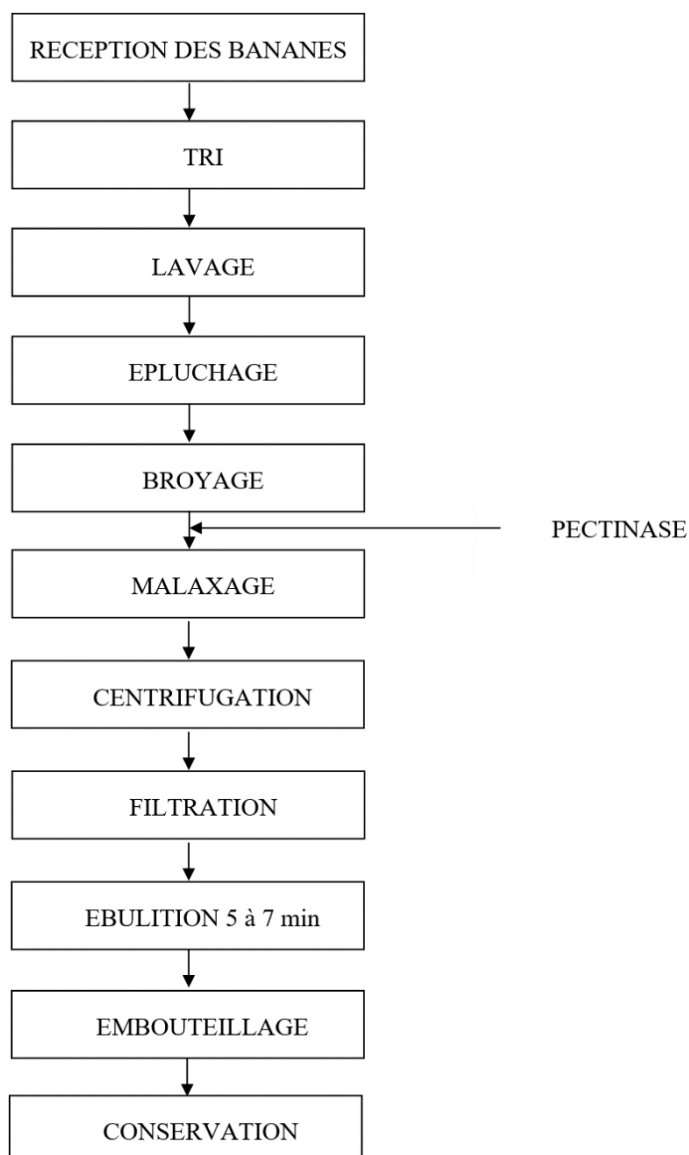


Fig. 2. Diagramme d'extraction enzymatique (pectinase) du jus de banane plantain mûre

2.2.2 EVALUATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE

Cette méthode est basée sur la capacité des composés à réduire le radical cation ABTS⁺ ou acide 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique). Le radical est formé par oxydation de l'ABTS incolore en présence du persulfate de potassium [7]. Le test a été réalisé selon la méthode décrite par [8].

2.2.3 MESURE DE L'ACTIVITÉ DE LA POLY PHÉNOL OXYDASE (PPO)

L'activité de la PPO a été déterminée par la variation de l'absorbance mesurée à 420 nm à 25°C [9] à l'aide du spectrophotomètre de marque PERKIN-ELMER Lambda 1A uv/vis.

2.2.4 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES

Densité

La densité a été déterminée, en faisant le rapport des masses volumiques du jus et celle de l'eau selon la méthode usuelle [10].

Taux de matières sèches

Le taux de matière sèche a été déterminé selon la méthode par étuvage [11].

Teneur en cendres

La teneur en cendres d'une substance est son résidu après incinération (méthode [11]).

Acidité titrable et pH

La détermination de l'acidité titrable a été faite par dosage acido-basique selon la méthode de [12].

Extrait sec réfractométrique

Il a été déterminé par la méthode de [12].

Teneur en sucres

Sucres totaux solubles

L'opération a commencé par l'extraction puis le dosage au phénol sulfurique [13].

Les sucres réducteurs

Ils ont été déterminés selon la méthode [12].

Teneur en protéines

La détermination de la teneur en protéines selon la méthode [12].

Teneur en pectines

D'abord l'extraction des matières insolubles dans l'alcool et ensuite extraction sélective des pectines solubles dans l'eau [14].

Teneur en polyphénols totaux

La méthode de [15] a été utilisée pour le dosage des polyphénols totaux.

La méthode de [16] a été utilisée pour le dosage des flavonoïdes totaux.

Valeur énergétique

La valeur énergétique est déterminée grâce aux coefficients d'Atwater [17]

2.2.5 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Les analyses microbiologiques au cours de ces travaux ont été effectuées sur des échantillons de jus frais immédiatement extraits et sur un échantillon de jus deux heures post- extraction.

Prélèvement et préparation des échantillons

Après extraction du jus, celui-ci est immédiatement mis en bouteilles pré stérilisées conservées à basse température positive, puis transportées jusqu'au laboratoire.

Préparation des dilutions décimales

La préparation des dilutions successives ont été faites conformément à la norme NF ISO 7218 [18]

Dénombrement des germes aérobies mésophiles du jus de banane plantain

La méthode utilisée est celle décrite par la norme NF V 08-051 [18]

Dénombrement des champignons

Le dénombrement des levures et des moisissures a été réalisé suivant la norme NF-V08-022.

Dénombrement des bactéries indicatrices de contamination

-*Staphylococcus aureus*.

Le dénombrement a été réalisé selon la norme AFNOR V-08-014 modifiée.

- Coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli*

La numération des coliformes a été réalisée comme préconisée par [18].

-*Salmonella*

La mise en évidence des Salmonelles a été réalisée selon la norme AFNOR V-08-013.

- *Clostridium sulfito-réducteur*

Ce dénombrement a été fait selon la norme NF EN 15213.

2.2.6 ANALYSE SENSORIELLE DES JUS DE BANANE

Les analyses ont été effectuées dans la salle d'analyse sensorielle de la société Ivoirienne de Technologie Tropicale (I2T) sur la base des critères de disponibilité des dégustateurs, motivation, sensibilité, capacité de compréhension des échelles de notation et de leur capacité à travailler en équipe.

Dans un premier temps, ces 25 dégustateurs ont été formés aux techniques d'analyse sensorielle en général c'est-à-dire avec des produits purs et dans un deuxième temps plus spécifiquement à la dégustation du jus de banane plantain à analyser. La méthodologie de l'étude a été basée sur la recherche et la quantification de l'intensité des descripteurs sensoriels appropriés appliqués au « jus de banane plantain ». L'idée a été d'attribuer une note à chacun des produits testés, en fonction de l'intensité des descripteurs mesurés (couleur, arôme, apparence, texture, goût, et l'appréciation globale). Une échelle graduée de 1 à 10 a permis de quantifier les différents descripteurs avec 1 correspondant à une très faible intensité et 10 à une très forte intensité.

2.2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Pour chacun des produits, 3 essais de test ont été effectués. Les profils sensoriels ont été réalisés à l'aide du logiciel d'analyse sensorielle TASTEL+. Les autres résultats ont été analysés statistiquement par la méthode de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel STATISTICA (Stat., Soft, Inc., 1995). La comparaison des moyennes de trois essais est effectuée par le test de la plus petite différence significative LSD (Least Significant Difference). Cette méthode d'analyse consiste à chercher les moyennes qui sont significativement différentes les unes des autres à $p < 0,05$.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA BANANE PLANTAIN AU STADE 8

La banane plantain au stade 8 (Figure 1) est acide avec un pH de $4,98 \pm 1,01$, un extrait sec refractométrique de $19,00$ °brin et une acidité titrable de $7,760 \pm 2,01$ méq./L. La banane plantain a une humidité de $62,11 \pm 1,51\%$. La teneur en cendres est de $2,170 \pm 0,1\%$ (Tableau I). Ces cendres sont constituées de potassium ($442,7 \pm 0,02$ mg/100 g), calcium ($456,9 \pm 0,51$ mg/100 g), magnésium ($216,9 \pm 0,65$ mg/100g), fer ($33,50 \pm 1,26$ mg/100g), sodium ($663,4 \pm 0,56$ mg/100g), et zinc ($34,28 \pm 0,05$ mg/100g) (Tableau II). La banane plantain est très pauvre en lipides avec une teneur de $0,19 \pm 0,61\%$. Son taux en protéines est également assez faible avec $4,09\%$. La banane plantain a une teneur en sucres totaux de $56,06 \pm 1,06$ (mg/100 g) et en sucres réducteurs de $8,14 \pm 2,01$ (mg/100 g). Elle présente également une teneur en vitamine C de $265,5 \pm 0,01$ (mg/100 g) (Tableau II).

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques de la pulpe de banane plantain mûre (stade 8)

Paramètre	Moyenne
pH	4,980±1.01
Extrait Sec Réfractométrique (°Brix)	19,00±0.58
Acidité titrable (még/l)	7,760±2.01
Humidité (%)	62,11±1.51
Matières sèches (%)	37,89±0.01
Cendres (%)	2,170±0.01
Lipides (%)	0,1900±0.61
Protéines (%)	4,090±1.03
Sucres Réducteurs (mg/100g)	8,14±2.01
Sucres Totaux (mg/100g)	56,06±1.06

Tableau 2. Teneur en vitamines et minéraux de la pulpe de banane plantain mûre (stade 8) (mg/100g)

Paramètres	Vitamine C	K	Ca	Mg	Fe	Na	Zn
Moyennes	265,5±0.01	442,7±0.01	456,9±0.51	216,9±0.65	33,50±1.26	663,4±0.56	34,28±0.05

Ces valeurs sont les moyennes de 03 essais.

3.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU JUS DE BANANE PLANTAIN EXTRAIT DE DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES

Le jus de banane plantain a une coloration jaune dont l'intensité varie en fonction du mode d'extraction. Celui qui a été extrait à l'eau chaude est d'un jaune plus clair, tandis que le jus extrait à l'eau froide est jaune clair mais avec un précipité noirâtre. Celui qui a été extrait à la pectinase est à la limite jaune orangé. (Figure 4).

Le jus de banane est acide avec un pH de $4,27 \pm 0,01$ pour le jus extrait à la pectinase $4,93 \pm 0,02$ pour le jus extrait à l'eau chaude et $4,75 \pm 0,13$ pour les jus extraits à l'eau froide (25°C).

Le jus obtenu par extraction à la pectinase présente un degré Brix très élevé ($31,73 \pm 0,27$) alors que ceux qui ont été extraits à l'eau chaude et à l'eau froide ont respectivement des valeurs de $9,30 \pm 0,12$ et $9,00 \pm 0,35$.

L'acidité titrable consignée dans le Tableau III, est de $3,1 \pm 0,06$ még.g/L pour le jus extrait à l'eau chaude, $3,167 \pm 0,03$ még.g/l pour celui qui est extrait à l'eau froide et $1,30 \pm 0,12$ még.g/L pour le jus extrait à la pectinase.

Les jus présentent une humidité très élevée. Le jus extrait à l'eau chaude a une humidité de $92,33 \pm 0,09$ %, celui extrait à l'eau froide présente une humidité de $93,65 \pm 0,02$ % alors que le jus extrait à la pectinase a un taux d'humidité de $68,92 \pm 0,01$ % avec des densités respectives de $1,08 \pm 0,04$, $0,937 \pm 0,04$ et $0,917 \pm 0,02$ pour le jus extrait à l'eau froide (Tableau III).

Quant aux macromolécules (protéines, glucides, lipides), elles ont des teneurs variables. Les protéines sont présentes à $0,73 \pm 0,01$ % dans le jus extrait à la pectinase, $0,53 \pm 0,01$ % dans celui extrait à l'eau froide et à $0,33 \pm 0,14$ % dans le jus extrait à l'eau chaude.

Les teneurs en sucres réducteurs dosés ont donné les résultats suivants: $8,65 \pm 0,03$ mg/100 mL dans le jus extrait à la pectinase, $3,00 \pm 0,06$ mg/100 mL dans le jus extrait à l'eau chaude. Les teneurs en sucres totaux étaient de: $51,33 \pm 0,19$ mg/mL pour le jus extrait à l'eau chaude $54,20 \pm 0,08$ mg/100 mL pour le jus extrait à l'eau froide et $55,57 \pm 0,92$ mg/100 mL pour celui qui a été extrait à la pectinase. Les jus contenaient $0,203 \pm 0,01$ % de lipides dans le jus extrait à l'eau chaude, $0,23 \pm 0,01$ % dans celui qui a été extrait à l'eau froide et $0,23 \pm 0,01$ % dans le jus extrait à la pectinase.

Les cendres contenues dans le jus extrait à la pectinase avec une teneur de 0,827% étaient constituées de potassium $156,3 \pm 0,01$ mg/100 mL, de calcium ($162,5 \pm 0,02$ mg/100 mL), de magnésium ($191,5 \pm 0,01$ mg/100 mL), de fer ($32,85 \pm 1,52$ mg/100 mL), de sodium ($126,3 \pm 0,01$ mg/100 mL), et de zinc ($24,41 \pm 0,00$ mg/100 mL). Quant aux cendres du jus extrait à l'eau froide elles avaient une teneur de $0,20 \pm 0,06$ et elles contenaient $132,4 \pm 0,01$ mg/100 mL de potassium, $255,8 \pm 0,01$ mg/100 mL de calcium, $137,1 \pm 0,01$ mg/100 mL de magnésium, $12,64 \pm 0,01$ mg/100 mL de fer, $59,75 \pm 0,03$ mg/100 mL de sodium et $0,131 \pm 0,000$ mg/100 mL de zinc (Tableau IV). Enfin, le jus extrait à l'eau chaude avec une teneur en cendres de 0,19% était constitué de potassium ($155,3 \pm 0,10$ mg/100 mL), de calcium ($411,8 \pm 0,07$ mg/100 mL), de magnésium ($143,0 \pm 0,01$ mg/100 mL), de fer

(10,98 ± 0,01 mg/100 mL), de sodium (25,80 ± 0,06 mg/100 mL) et de zinc (0,107 ± 0,00 mg/100 mL). Les teneurs en vitamine C étaient de 102,6 mg/100 mL, pour le jus extrait à l'eau chaude, 128 mg/100 mL pour celui extrait à l'eau froide et de 216 mg/100 mL pour le jus extrait à la pectinase.

Avec une activité antioxydante de 5,89±0,00 (µmol éq. Trolox), le jus de pulpe de banane plantain mûre a une teneur en poly phénol totaux de 6,57±0,00 g/L éq. Acide. Gallique et de flavonoïdes totaux de 0,227±0,00 g/L éq. Querc (**Tableau III**).

Tableau 3. Effet du procédé d'extraction sur les caractéristiques physico-chimiques du jus de banane plantain

Paramètres	Echantillons		
	Jus extrait à l'eau chaude	Jus extrait à l'eau froide	Jus extrait à la pectinase
pH	4,93±0,02 ^a	4,75±0,13 ^b	4,27±0,01 ^c
ESR (°Brix)	9,30±0,12 ^b	9,00±0,35 ^a	31,73±0,27 ^a
Acidité titrable (méq/l)	3,10±0,06 ^b	3,17±0,03 ^a	5,30±0,12 ^c
Humidité (%)	92,33±0,09 ^c	93,65±0,02 ^b	68,92±0,01 ^a
Matière sèche (%)	7,66±0,09 ^b	6,35±0,02 ^c	31,08±0,01 ^a
Cendres (%)	0,19±0,01 ^a	0,20±0,06 ^b	0,83±0,06 ^c
Densité	0,94±0,04 ^a	0,92±0,02 ^a	1,08±0,04 ^b
Lipides (%)	0,20±0,01 ^a	0,23±0,01 ^a	0,23±0,01 ^a
Protéines (%)	0,33±0,14 ^a	0,53±0,01 ^b	0,73±0,01 ^c
Sucres réducteurs (mg/100mL)	3,00±0,06 ^a	2,44±0,01 ^b	8,65±0,03 ^c
Sucres totaux (mg/100 mL)	51,33±0,19 ^a	54,20±0,08 ^b	55,57±0,22 ^c
Poly phénol totaux (g/L éq Ac gallique)	-	-	6,57±0,00
Flovenoïdes totaux (g/L éq Querc)	-	-	0,23±0,00
Activité antioxydante (µmol éq. Trolox)	-	-	5,89±0,00

Les valeurs d'une même ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Tableau 4. Teneur en vitamines et minéraux (mg/100ml) des jus de banane plantain extraits à l'eau et à la pectinase

PARAMETRES	PROCEDES D'EXTRACTION		
	Eau chaude	Eau froide	Pectinase
Vitamine C	102,6±0,01 ^c	108,0±0,01 ^b	216,0±0,03 ^a
K	155,3±0,10 ^b	132,4±0,01 ^c	156,3±0,01 ^a
Ca	411,8±0,07 ^a	255,8±0,01 ^b	162,5±0,02 ^c
Mg	143,0±0,01 ^b	137,1±0,01 ^c	191,5±0,01 ^a
Fe	10,98±0,01 ^c	12,64±0,01 ^b	32,85±1,52 ^a
Na	25,80±0,06 ^c	59,75±0,03 ^b	126,3±0,01 ^a
Zn	0,1073±0,00 ^c	0,1310±0,00 ^b	24,41±0,00 ^a

Les valeurs d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes.

3.3 APPORTS ÉNERGÉTIQUES DES DIFFÉRENTS EXTRAITS

Le tableau V indique les valeurs énergétiques de la banane entière au stade 8 et des différents jus extraits de celle-ci. Ces résultats font du jus extrait à la pectinase, le plus énergétique avec 227,27 Kcal/100ml; suivi du jus extrait par macération et de celui qui est extrait par infusion, avec 226,47 et 208,48Kcal/100 mL respectivement. Ces valeurs sont inférieures à la valeur énergétique de la banane entière qui est de 234,31 Kcal/100g.

Tableau 5. Valeurs énergétiques de la pulpe et des jus de banane plantain extraits par différents procédés

NATURE	Valeur énergétique kcal/100 g
Pulpe	234,31 ± 0,02
Jus extrait à l'eau chaude	208,48 ± 0,13
Jus extrait à l'eau froide (25°C)	226,47 ± 0,09
Jus extrait à la pectinase	227,27 ± 0,22

Tableau 6. Caractéristiques microbiologiques des jus de banane extraits par différents procédés puis stabilisés par le jus de gingembre

Paramètres	Echantillons de jus			Critères U.E.,
	Jus frais extrait à l'eau chaude	Jus frais extrait à l'eau froide	Jus frais extrait à la pectinase	
Flore totale 30°C	>250ufc/ml	>350ufc/ml	>300ufc/ml	
Coliformes totaux/g	< 10	< 10	< 10	10 ufc/ml
Coliforme thermotolérants	< 10	< 10	< 10	10 ufc/ml
Staphylocoques dorés/g	ND	ND	ND	ND
Anaérobies sulfite-réducteurs	< 10	< 10	< 10	ND
<i>Salmonella spp</i>	ND	ND	ND	ND
Levures et moisissures	ND	ND	ND	ND

Ces valeurs sont les moyennes de 03 essais ND= non détectable

3.4 PROFIL SENSORIEL DES DIFFÉRENTS JUS DE BANANE

La Figure 3 présente les moyennes des différentes caractéristiques étudiées au niveau des jus de pulpe de banane extraits à l'eau froide, l'eau chaude et à la pectinase (Fo; Co et Po). Il apparaît nettement que le jus extrait à la pectinase est le plus sucré, avec un arôme banane plantain plus prononcé, une coloration jaune beaucoup plus intense et le plus apprécié des dégustateurs. Ainsi l'intensité de la couleur jaune du jus de banane est de $2,17 \pm 2,09$, $3,39 \pm 2,28$ et $6,06 \pm 1,43$ pour les jus extraits respectivement à l'eau froide, chaude et à la pectinase. De même, le goût sucré varie en fonction du mode d'extraction. L'intensité de ce goût sucré est de $4,06 \pm 1,55$ pour celui qui a été extrait à l'eau froide, et $8,39 \pm 1,20$ pour le jus extrait à la pectinase et $4,67 \pm 2,03$ pour le jus extrait à l'eau froide. Le mode d'extraction a donc une incidence sur le goût des jus.

L'intensité de l'arôme banane plantain atteint une valeur moyenne de $6,61 \pm 2,59$ pour le jus extrait à la pectinase; $5,78 \pm 1,48$ pour le jus extrait à l'eau froide et $5,00 \pm 1,94$ pour le jus extrait à l'eau chaude.

Le jus extrait à la pectinase présente une fluidité moyenne de $6,39 \pm 1,91$, celui qui a été extrait à l'eau chaude, une fluidité de $6,72 \pm 2,19$ et le jus extrait à l'eau froide une valeur de $6,28 \pm 2,72$. Quant à l'intensité de l'arôme banane du jus extrait à la pectinase elle est de $6,61 \pm 2,59$; $5,78 \pm 1,48$ pour le jus extrait à l'eau froide et $5,00 \pm 1,94$ pour le jus extrait à l'eau chaude. Ces valeurs ne présentent des différences significatives; on pourrait donc penser que le mode d'extraction modifie les paramètres.

Pour l'appréciation globale des jus par le panel, le jus extrait à la pectinase a une valeur moyenne de $6,89 \pm 2,37$, le jus extrait avec l'eau chaude, une moyenne de $5,72 \pm 1,78$ et celui qui a été extrait à l'eau froide une valeur de $5,39 \pm 1,72$.

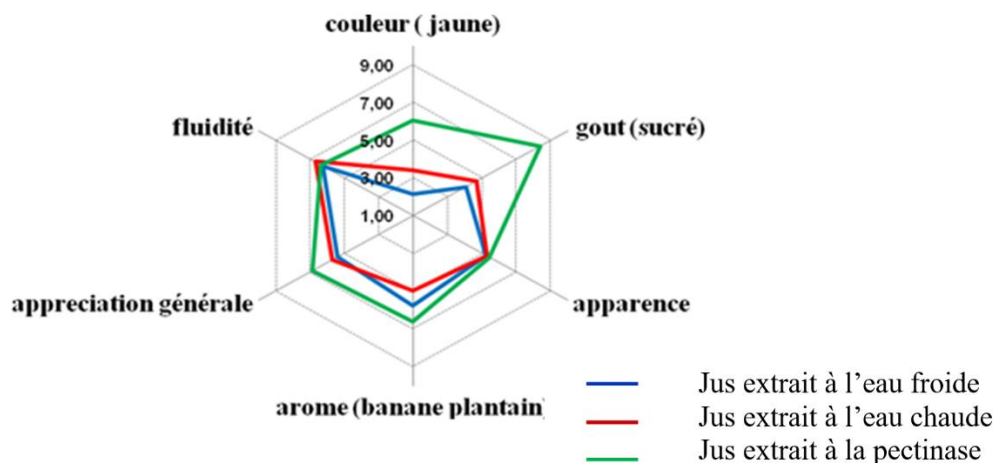


Fig. 3. Profil sensoriel des jus de banane plantain extraits à l'eau et à la pectinase

4 DISCUSSION

Diverses méthodes ont été utilisées pour la caractérisation physico-chimique de la banane plantain au stade 8. La banane plantain présente un pH de $4,98 \pm 1,01$ et un extrait sec réfractométrique $19,00^\circ$ Brix. Cette valeur d'extrait sec réfractométrique est supérieure à celle de la pulpe du fruit mur ($18,00^\circ$ Brix) obtenu par [19]. Cela peut s'expliquer par le stade de maturité de la banane. En effet, selon [20] l'extrait sec réfractométrique augmente en fonction du degré de maturité de la banane plantain.

Selon [20], l'acidité titrable, tout comme l'extrait sec réfractométrique et le pH, servent principalement à estimer la consommabilité et les propriétés qui n'apparaissent pas à l'œil nu et de ce fait, jouent un rôle important dans la qualité du fruit. Tout ce qui précède a guidé le choix du stade de maturité de notre banane pour la production du jus. Ainsi, cette banane, prise au stade 8 a une acidité de $7,760 \pm 2,01$ méq.g/l. Le plantain mûr est riche en eau avec une humidité de $62,11 \pm 1,51\%$ valeur en accord avec la moyenne d'eau qui est de 61% ([21]; [22]; [23]).

La teneur en cendres est de $2,170 \pm 0,1\%$. Ces cendres renferment entre autre le potassium ($442,7 \pm 0,02$ mg/100g) valeur comprise entre la valeur moyenne (380) et maximale 507 mg/100g [23]; le calcium ($45,69 \pm 0,5$ mg/100g) conforme à la valeur moyenne (45 mg/100g) [21]; le magnésium ($216,9 \pm 0,65$ mg/100g) supérieure à la valeur maximale obtenue par [23]; le zinc ($342,8 \pm 0,05$ mg/100g) valeur inférieure à la valeur minimale de 397 mg/100g obtenue par [23]

Le taux des lipides dans la pulpe de banane plantain est très faible ($0,19 \pm 0,61\%$) proche de 0,7%, obtenue par [21], avec une teneur en protéines de $4,09 \pm 0,03\%$ qui est largement supérieure à celle obtenue par Chandler au cours de ces mêmes travaux (1,6g/100g). Il en est de même pour les sucres réducteurs ($8,14 \pm 2,01$ mg/100g) largement supérieur à 24,50% et les sucres totaux $56,06 \pm 1,06$ mg/100g supérieur à 23,70% ([19]).

La teneur en vitamine C ($265,5 \pm 0,01$ mg/100g) est au-delà de celle exprimée par [19], (valeur moyenne 20mg/100 g).

Trois (03) méthodes ont été utilisées dans l'extraction du jus de banane plantain. La première a consisté en l'extraction du jus à l'eau froide, la deuxième à l'eau chaude et la troisième avec la pectinase (une polygalacturonase). En effet, les enzymes sont de plus en plus utilisées dans l'industrie alimentaire à cause de leurs propriétés biologiques intéressantes. Les investigations sur l'efficacité des pectinases (hydrolases) dans l'extraction des jus de fruit en général ont montré que l'activité pectinolytique des enzymes accroît la destruction des parois cellulaires des pulpes et assure une meilleure extraction des jus ([25], [25]). Nos résultats concordent avec ceux observés par d'autres auteurs pour l'extraction enzymatique des jus de fruit. ([27], [13]). Cependant, les jus obtenus présentent des caractéristiques différentes selon le mode d'extraction. En effet, ils sont statistiquement différents au niveau des pH, avec le jus extrait à l'enzyme qui est plus acide ($4,27 \pm 0,01$) suivi de celui qui a été extrait à l'eau froide ($4,75 \pm 0,13$) et enfin du jus extrait à l'eau chaude ($4,93 \pm 0,02$). Les pH des jus extraits avec enzyme sont plus bas. et cela pourrait être due à la libération des molécules d'acide galacturonique lors de l'hydrolyse des pectines sous l'action des pectinases [26].

Ces pH acides sont nécessaires pour assurer la préservation des jus par inhibition du développement des levures et moisissures Cette acidité des jus à base de banane est confirmée par [27]. Aussi, la mesure du pH des jus de fruits est très

importante, surtout pour les jus destinés à la conservation. Ainsi, le Codex Alimentarius recommande dans ce cas une valeur de pH comprise entre 3 et 4,5 pour les jus destinés à la conservation. Les valeurs de pH obtenues dans les jus frais extraits sans utilisation d'enzyme sont comprises entre 4,4 et 4,9. Ces valeurs de pH posent, comme indiqué plus haut, un problème de conservation de ce jus en l'état à cause des risques de fermentation. Ainsi, la référence [27] dans l'extraction du jus de banane a obtenu pour le cultivar Bagoya (AAA) 4,41 comme le pH du témoin alors que le pH du jus varie de 4,04 pour les jus extraits à la Rapidase TF et Rapidase x-press à 4,02 pour celui qui est extrait à la Rapidase CB en passant par 4,3 pour la OE-Lallzyme. Ces pH sont légèrement supérieurs à ceux du jus de Cacao [28] et de l'orange (3,25 à 3,53); [39].

Les jus de banane plantain extraits à l'eau chaude et à l'eau froide présentent des extraits secs réfractométriques respectifs de $9,30 \pm 0,12$ et $9,00 \pm 0,15$ (° Brix) qui sont très faibles, comparés à celui du jus extrait à la pectinase. En effet, ce dernier, avec un extrait sec réfractométrique de $31,73 \pm 0,27$ contient assurément un grand nombre de composés hydrosolubles d'origine pariétale ou intracellulaire: sucres, acides, vitamines C, acides aminés et pectines [20]. L'augmentation de la teneur en sucres totaux dans les jus extraits au moyen de pectinases pourrait aussi être due à l'activité pectinolytique des enzymes qui fragilisent la structure pariétale et libèrent le contenu cellulaire sous l'action de la presse. Ces mêmes observations ont été confirmées par [26] et [13] dans la production du jus de rônier en utilisant une enzyme pectinolytique (Ultra pectinex). Ces résultats montrent que l'utilisation des enzymes dans l'extraction du jus en général améliore aussi significativement la teneur en sucres totaux dans les jus ($P < 0,05$).

Les jus extraits à l'eau chaude et froide ont des acidités de $3,1 \pm 0,06$ et $3,16 \pm 0,03$ méq.g/L. Ces jus contiennent moins d'acides libres que le jus extrait à la pectinase, dont l'acidité est de $5,30 \pm 0,12$ méq.g/L. Ces résultats sont quasiment identiques à ceux de [27] avec les variétés William (5,4g/L) et Gros Michel (5,5 g/L). Ce pH bas et l'acidité titrable élevée sont dus principalement aux acides organiques. Ces acides préservent la saveur et les caractéristiques gustatives [30]. L'évaluation des paramètres physicochimiques des jus a révélé une augmentation de l'acidité des jus extraits au moyen de pectinase. Cette élévation de l'acidité titrable pourrait être due à la libération des molécules d'acide galacturonique lors de l'hydrolyse des macromolécules des parois cellulaires sous l'action des pectinases. Cette observation se trouve aussi confirmée par les faibles acidités des jus extraits sans enzyme. Ces résultats sont conformes à ceux observés par plusieurs chercheurs, ([31], [26] et [32]).

Le jus extrait à la pectinase a une teneur en matière sèche de $31,08 \pm 0,01$ % donc plus élevée que celle du jus qui est extrait à l'eau chaude ($7,66 \pm 0,09$ %) à son tour plus élevée que celle du jus extrait à l'eau froide ($6,35 \pm 0,02$). Cela pourrait s'expliquer par l'action de liquéfaction de la pulpe pour dilacérer et déchirer les fruits, permettant l'écoulement des jus plus denses et plus riches en matières sèches. Ainsi le jus extrait à la pectinase a une densité par rapport à l'eau ($1,08 \pm 0,04$), plus élevée que celles des autres jus qui ont des densités statistiquement différentes ($0,94 \pm 0,04$ et $0,92 \pm 0,02$) respectivement pour les jus extraits à l'eau chaude et à l'eau froide. Lorsqu'on utilise la pectinase dans la transformation des substances pectiques, les parois cellulaires sont considérablement dégradées; ce qui entraîne la production de nombreux dérivés glucidiques [33].

Le jus de pulpe de banane plantain mûre contient des polyphénols totaux non moins négligeable, soit 6,57g/L Eq Ac. Gallique. Il présente également une activité antioxydante assez importante de $5,89 \mu\text{mol Eq Trolox}$.

Les cendres contenues dans les jus sont différentes. Le jus extrait à la pectinase contient $0,83 \pm 0,06\%$ de cendres teneur, supérieure à celle du jus extrait à l'eau froide ($0,20 \pm 0,06\%$) et du jus extrait à l'eau chaude ($0,19 \pm 0,01\%$). Ces cendres sont constituées de minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium, le fer, le sodium (Na) et le zinc.

Le jus de banane plantain extrait à la polygalacturonase est plus riche en potassium ($156,3 \pm 0,01$ mg/100 mL), magnésium ($191,5 \pm 0,01$ mg/100 mL), en fer ($32,85 \pm 1,52$ mg/100 mL), sodium ($126,3 \pm 0,01$ mg/100 mL) et en zinc ($24,41 \pm 0,00$ mg/100 mL) que les jus extraits à l'eau, qu'elle soit chaude ou froide. Cependant, le calcium ($411,8 \pm 0,07$ mg/100ml) est plus abondant dans le jus extrait à l'eau chaude que les autres jus. Il en est de même pour les protéines dont la teneur est faible dans les différents jus de banane plantain avec une valeur maximale pour les jus extraits à la pectinase ($0,73 \pm 0,01\%$). En effet on pourrait expliquer cela par la faible teneur en protéines de la pulpe de banane plantain [21].

Le magnésium est plus abondant dans les jus de banane plantain ($191,5 \pm 0,01$ mg/100 ml; $137,1 \pm 0,01$ mg/100 ml; $143,0 \pm 0,01$ mg/100ml) Le jus de banane plantain extrait à l'enzyme présente une très forte teneur en sodium ($126,3 \pm 0,01$ mg/100 mL).

Le fer est plus important dans le jus extrait à la pectinase ($32,85 \pm 1,52$ mg/100 mL) que dans le jus extrait à l'eau chaude ($10,98 \pm 0,01$ mg/100 mL). Ces teneurs élevées en minéraux pourrait s'expliquer par l'action des pectinases qui par hydrolyse libèrent les minéraux contenus dans les pulpes de banane.

On constate par ailleurs une plus forte concentration en zinc dans le jus extrait à la pectinase ($24,41 \pm 0,00$ mg/100 ml) en comparaison au jus extrait à l'eau qui ont des teneurs statistiquement identiques ($0,11 \pm 0,00$ et $0,13 \pm 0,00$ mg/100 mL).

Les différents jus de bananes plantain présentent des teneurs en matières grasses relativement basses, mais statistiquement identiques en moyenne ($0,20 \pm 0,01$ à $0,05$ % près).

La teneur en sucres totaux dans le jus obtenu sans utilisation de pectinases est inférieure à celle obtenue avec utilisation de pectinase. Les valeurs élevées obtenues avec les jus extraits au moyen de pectinases pourraient être due à l'activité pectinolytique des enzymes qui fragilisent la structure pariétale et libèrent le contenu cellulaire. [26] et [13]. En comparaison avec les jus de fruits tropicaux de consommation, le jus de banane plantain peut être considéré comme une véritable source de sucres et de minéraux. Sa teneur en sucres couvre totalement l'astringence causée par les tanins.

Le jus extrait à la pectinase a une teneur en vitamine C ($216,0 \pm 0,03$ mg/100 ml) plus élevée que celle des autres jus extraits à l'eau. Cette teneur en vitamine C est plus élevée que celle obtenue par [33] dans le jus de cacao ($5,7 \pm 0,2$ mg/100 ml). Tandis que la valeur énergétique de la banane entière est de $234,31 \pm 0,02$ cal/100g, celles des jus sont $208,48 \pm 0,13$ cal/100g, $226,47 \pm 0,09$ cal/100g et $227,27 \pm 0,22$ cal/100 g respectivement pour les jus extraits à l'eau chaude, l'eau froide et à la pectinase. On peut soutenir que ces jus sont environ trois fois plus énergétiques que le jus de mucilage des fèves fraîches de cacao ($88,3$ cal/199g) et quatre fois plus que le jus frais de cacao ($58,7$ cal/100g) [28].

5 CONCLUSION

Cette étude constitue une première étape dans la valorisation de la banane plantain par la production de jus clarifié, stabilisé et fournit une analyse de sa composition biochimique.

Ainsi, avons-nous utilisé pour l'extraction de ce jus, la pulpe de banane plantain mûre, à un stade de sénescence assez avancé. Une telle production, si elle est vulgarisée pourrait permettre de résorber près de 40 % de la production nationale de banane plantain, couvrant ainsi largement les pertes post récolte.

Trois modes d'extractions du jus sont mis en œuvre. Il s'agit de l'extraction par macération, par infusion, et enfin par utilisation de la pectinase. Cette étude constitue donc une approche à la vulgarisation de technologies d'extraction du jus de pulpe de banane plantain mûre. L'extraction de ce jus par l'usage des enzymes, fournit non seulement un produit 100% naturel « bio » mais aussi améliore le rendement d'extraction et les qualités nutritionnelles du jus.

L'ensemble de ces résultats pourrait contribuer à améliorer la qualité du jus de pulpe de banane plantain.

En somme, ces produits pourront faire l'objet de recherches complémentaires.

Ainsi, on pourrait en perspectives:

- développer de boissons à base de banane plantain qui offriraient au monde agricole une alternative pour écouler ses produits;
- réduire les pertes post-récoltes;
- augmenter par la même occasion, de façon substantielle, les revenus des producteurs. Cela constituera également une véritable opportunité d'affaires pour les transformateurs et les commerçants;
- vulgariser les voies de transformation de la banane à l'échelle semi-artisanale, semi-industrielle voire industrielle;
- offrir aux consommateurs une plus grande liberté de choix en matière de consommation de la banane plantain à travers le jus extrait et les boissons dérivées, qui en découleront, (alcool, vin vinaigre);
- développer des boissons locales dont le rapport qualité/coût sera un atout non négligeable au bénéfice du consommateur.

Vu les qualités d'une telle extraction, il serait intéressant d'évaluer l'action de diverses autres enzymes et pourquoi pas la combinaison de ces méthodes afin d'améliorer ce rendement.

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements au Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest PPAO/ WAAPP-1B, financé par la Banque Mondiale qui a été le bailleur de cette étude.

REFERENCES

- [1] Lassoudière A., (2007). Le bananier et sa culture. Versailles, France: Edition Quae.
- [2] Kouadio K.A., Kouakou, S. Coulibaly, Louise Ocho-Anin Atchibri1, G. Kouamé et Meité A. (2002) Evaluation nutritionnelle comparative des fruits de trois hybrides de bananiers (CRBP 39, FHIA 17 et FHIA 21) avec ceux de la variété Orishele TROPICULTURA,, 30, 1, 49-54.
- [3] ANADER, (1998) Agence Nationale pour le Developpement Rural. Enquête de base 1996-1997.
- [4] Aurore, G., Parfait, B. & Hrasmane, L. (2008). Bananas, raw materials for making processed food products. trends in Food Science and technology, 1-13.
- [5] Van Damme, E. J., Lannoo, N., & Peumans, W. J. (2008). Plant lectins. Advances in botanical research, 48, 107-209.
- [6] Kpandé G.D., (2004), Etude des propriétés physico-chimiques des nouveaux hybrides de bananes CRBP 39 et FHIA 17, Mémoire de DEA de l'Université d'Abobo – Adjamé, 54 p.
- [7] Re R, Pellegrini N. & Proteggente A, (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medecine 26: 1231-7.
- [8] Chang, D. T., Lopez, A., yon Kessler, D. P., Chang, C., Simandl, B. K., Zhao, R., Seldin, M. F., Fallon, J. F., and Beachy, P. A. (1994). Products, genetic linkage and limb patterning activity of a murine hedgehog gene. Development 120, 3339-3353.
- [9] Koffi K.E., Sims C.A. et Bates R.P. (1991) Viscosity reduction and prevention of browning in the preparation of clarified banana juice. Journal of Food Quality. 209-218.
- [10] Aka S., N'Dédé T. D., Kouadio Florent N'guessan, Kouadio C. Y. et Koffi M. D., (2008). Variabilité des propriétés physico-chimiques et dénombrement de la flore fermentaire du tchapalo, une bière traditionnelle de sorgho en Côte d'Ivoire. African Sciences. 274 – 286.
- [11] AOAC. (1990). Official Methods of Analysis, (15th Edn). Association of Official Analytical Chemists: Washington DC.; 774p.
- [12] AOAC, (1995). Official Method of Analysis. Association of Agricultural Chemist, Washington D.C. 34 p.
- [13] Ezoua P. Kouamé & Agbo NG. (1999). Caractéristique du jus de la pulpe fraîche du fruit de rônier (*Borassus aethiopum* Mart). Cahiers Agricultures, 8: 126-128.
- [14] Agbo, O. F., Anderson, J. C., & Singh, B. (1992). Lipid oxidation of edible peanut pastes during storage with variation of environmental and processing factors. Peanut Science, 19 (2), 101-105.
- [15] Wood J.E., Senthilmohan S.T. & Peskin A.V., (2002). Antioxydant activity of prodyanidin-containing plant extracts at different pH. Food Chemistry 77: 155-161.
- [16] Marinova D., Ribarova F. et Atanassova M. (2005). Total phenolics and total flavonoids in Bulgaria fruits and vegetables. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 40: 255-260.
- [17] Diez M. & Nguyen P. (2006) Obésité: épidémiologie, physiopathologie et prise en charge du chien obèse. In: Pibot P, Biourge V, Elliot D. (eds). Encyclopedie de la nutrition clinique canine. Aniwa, Paris, 2-57.
- [18] AFNOR, (1991). Association Française de Normalisation. Recueil des normes françaises des fruits et des produits fruitiers. Troisième édition. pp 411-422.
- [19] Belalcázar S., J. Valencia & J. Lozada. 1991. La planta y el fruto Pp. 43-89 in El cultivo del plátano en el trópico (Belalcázar Carvajal S., ed.). ICA Cali, Colombie.
- [20] Dadzie, B. K. 1994. Quarterly report for the INIBAP/FHIA/NRI (ODA Holdback) project on post-harvest cooking banana and plantain characterisation (October - December, 1994).
- [21] Chandler S. 1995. The nutritional value of bananas. In: Gowen S., ed. Bananas and Plantains. Chapman & Hall. London. pp. 468-480.
- [22] John P. & Marchal J., (1995). Ripening and biochemistry of fruit. In: Gowen S., ed. Bananas and Plantains. Chapman & Hall. London. pp. 434-467.
- [23] Offem, J. O. & Njoku. P. C. (1992). Distribution of mineral elements in leaves of the plantain plant (MINI kiucu) at diferent stages of growth. Trap. Sci. (in press).
- [24] Prathyusha K. & Suneetha V. (2011). Bacterial pectinases and their potent biotechnological application in fruit processing/juice production industry: a review. Journal of Phythology, 3 (6): 16-19.
- [25] Adjou Euloge S., Hospice Amamion, Fidèle P. Tchobo, Vahid M. Aissi et Mohamed M. Soumanou, (2013). Extraction assistée par enzyme du jus de la pulpe fraîche du rônier (*Borassus aethiopum* (Mart.) acclimaté au Benin: caractérisation physico- chimique et Microbiologique International Journal of Biological and Chemical Sciences. 7 (3): 1135-1146.
- [26] Agbo N.G. et Simard R.E. (1992). Characteristics of Juice from Palmyrah palm (*Borassus aethiopum* (Mart.)). Plant Foods for Human Nutrition, 42: 55-70.
- [27] Byaruagaba-Bazirake G.W., Van Ransburg P. & Kyamuhangire W. (2012). Characteristics of enzyme-treated banana juice from three cultivars of tropical and subtropical Africa. African Journal of Food Science and Technology 3 (10) 277-290.
- [28] Anvoh K.Y.B., Zoro Bi A., et Gnakri D., (2009). Production and characterization of juice from mucilage of cocoa beans and its transformation into marmalade. Pakistan Journal of Nutrition. 8 (2) 129-133.

- [29] Esteve, P.O., Chin, H.G. & Pradhan, S. (2005) Human maintenance DNA (cytosine-5) -methyltransferase and p53 modulate expression of p53-repressed promoters. *Proceeding of the National Academy of Sciences* 102: 1000–1005.
- [30] Kong Q.X., Cao L.M., Zhang A.L. et Chen X. (2007) Overexpressing GLT1 in *gpd1Δ* mutant to improve the production of ethanol of *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 73: 1382–1386.
- [31] Joshi VK, Chauhan SK. et Lal BB. (1991). Extraction of juices from peaches, plums and apricots by pectinolytic treatment. *Journal of Food Science and Technology.*, 28 (1): 64-65.
- [32] Drilleau J.F.. (1994). Biochemical characteristics of apple juices and fermented products from musts obtained enzymatically. *Fruit Processing*, 4: 108-113.
- [33] Thierry D., Pascale W., Vidal S. & Pellerin P., (1996). Rhamnogalacturonan II, a dominant in juices produced by enzymic liquefaction of fruits and vegetables. *Carbohydrate research* 297: 181 – 186 p.