

Développement de conserves et de nectars de mangue fermentés : technologie, caractéristiques physicochimiques et microbiologiques

Pingdwindé Marie Judith SAMADOULOUGOU-KAFANDO^{1&2*},
Donatien KABORE¹, Charles PARKOUDA¹, Mamadou SANOU¹,
Georges ZONGO¹, Souleymane ZONGO¹, Mamoudou Hama DICKO²,
Hagrétou SAWADOGO-LINGANI¹

Résumé

L'objectif de la présente étude était d'améliorer la qualité microbiologique et physicochimique des conserves et du nectar de mangue par la fermentation lactique contrôlée. Trois isolats de bactéries lactiques (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum* et *Pediococcus acidilactici*) ont été utilisés en monoculture pour la mise au point des conserves et des nectars de mangue fermentés. Des méthodes normalisées ont été utilisées pour évaluer les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des produits développés. Les résultats montrent que les teneurs en minéraux ont connu une augmentation dans les conserves de mangue fermentées. Les teneurs de la matière sèche (MS) en calcium, magnésium, potassium et sodium ont été respectivement de 0,38 mg/g, 0,21 mg/g, 5,10 mg/g et 0,44 mg/g pour les conserves fermentées avec l'isolat *L. fermentum* LOr2j, de 0,18 mg/g, 0,16 mg/g, 3,07 mg/g et 0,31 mg/g pour les conserves témoins non fermentées. Le dénombrement de la flore mésophile totale, des entérocoques, des levures et moisissures et des bactéries lactiques dans les conserves et les nectars fermentés a montré qu'ils étaient exempts de ces germes. La fermentation des conserves et du nectar de mangue avec des bactéries lactiques adaptées a permis d'obtenir de nouveaux produits ayant de bonnes caractéristiques physicochimique et microbiologique.

Mots clés : Mangues, Fermentation lactique contrôlée, Caractéristiques physicochimiques, qualité microbiologique, Conserves, Nectar.

Development of canned fermented mangoes and fermented mango nectar: technology, physicochemical characteristic and microbiological quality

Abstract

The aim of this study was to improve the physicochemical and microbiological quality of canned mangoes and mango nectar through controlled lactic acid fermentation. Three isolates of lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum* et *Pediococcus acidilactici*) were used in monoculture to develop canned fermented mangoes and fermented mango nectar. Standardised methods have been used to evaluate the physicochemical and microbiological characteristics of the developed products. Results show that the mineral contents have increased in the canned fermented mango. The levels of dry matter (DM) in calcium, magnesium, potassium and sodium were 0.38 mg/g, 0.21 mg/g, 5.10 mg/g and 0.44 mg/g respectively for canned fermented with *L. fermentum* LOr2j isolate, 0.18 mg/g, 0.16 mg/g, 3.07 mg/g and 0.31 mg/g for control canned. The analyses for total mesophilic flora, enterococci, yeasts and moulds and lactic acid bacteria in fermented canned and nectars revealed that samples are germ-free. The fermentation of the canned mangoes and mango nectar with suitable lactic acid bacteria allow development of new products with good physicochemical and hygienic quality.

Keywords : Mangoes, Controlled fermentation, physicochemical characteristic, microbiological quality, Canned, Nectar.

¹ Département Technologie Alimentaire (DTA), Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT)/CNRST, Ouagadougou, Burkina Faso.

²Laboratoire de Biochimie, Biotechnologie, Technologie Alimentaire et Nutrition (LABIOTAN) Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso

*Auteur correspondant : kaftourb@yahoo.fr. Tel : +226 70 08 96 87

Introduction

L'OMS et la FAO ont recommandé en 2003, la consommation d'au moins cinq (05) portions de fruits et légumes par jour (400 – 500 g) pour la prévention de certaines maladies chroniques. Les fruits et légumes sont en effet, des sources de vitamines hydrosolubles, de caroténoïdes (provitamine A), de phytostérols, de fibres alimentaires, de minéraux et de composés phytochimiques (GEBBERS, 2007). Parmi les fruits et légumes, la mangue (*Mangifera indica* L.) occupe une place de choix. L'Afrique de l'Ouest est classée 7^{ème} producteur mondial avec une production de mangue d'environ 1 500 000 tonnes l'an, ce qui représente 3,8 % de la production mondiale (TRADE HUB, 2017). La production de mangues au Burkina Faso a été estimée à plus de 243.000 tonnes en 2019 par l'Union Nationale des Producteurs de Mangue du Burkina (UNPM). Au Burkina Faso, des études ont montré la contribution de la mangue à l'amélioration de la santé des populations. En effet, lors d'une étude menée par MEDA *et al.* (2000) sur les manifestations oculaires liées à la carence en vitamine A en zone rurale, une diminution de 50% du nombre de cas d'héméralopie a été observée après la saison des mangues. La saison des mangues constitue donc une occasion de couverture des besoins en provitamine A à travers la consommation de la mangue à l'état frais. La mangue fraîche étant particulièrement périssable, sa disponibilité toute l'année est assurée par la transformation. Les produits de mangues les mieux appréciés par les populations locales et sous régionale sont les nectars et les jus de mangue (ARNOLDUS *et al.*, 2009). Cependant, dans le but d'assurer une bonne conservation du produit fini, certains procédés de fabrication utilisent souvent des traitements thermiques inadaptés entraînant une dégradation des qualités nutritives et organoleptiques (COUVERT, 2002). D'autres procédés utilisent des additifs chimiques dont certains provoquent des réactions adverses y compris allergiques (BOURRIER, 2006).

De nos jours, les consommateurs nationaux comme internationaux sont de plus en plus conscients des risques liés aux produits chimiques grâce aux différents moyens de sensibilisation. Ils recherchent alors des aliments naturels, sans additifs chimiques, peu transformés et de bonne qualité afin de préserver leur santé. Du fait de l'engouement grandissant des consommateurs pour les produits naturels, l'utilisation de procédés biotechnologiques pour la transformation des fruits et légumes se présentent alors comme une alternative encourageante permettant d'obtenir des produits naturels de longue durée de conservation. Des études ont montré que parmi les techniques de transformation biotechnologique, la fermentation lactique améliorerait les qualités nutritionnelles (composés phénoliques, vitamines du groupe B, acides aminés essentiels, etc.) et organoleptique des jus de fruits (CAPOZZI *et al.*, 2012 ; FILANNINO *et al.*, 2015 ; CORONA *et al.*, 2016). La fermentation lactique est un procédé au cours duquel les sucres de l'aliment sont transformés par les bactéries lactiques en acide(s) organique(s) avec production éventuelle d'alcool et de dioxyde de carbone. La production d'acides organiques crée un environnement stressant et inhibe la croissance des microorganismes contaminants indésirables et pathogènes. Le produit fermenté obtenu est donc mieux conservé, moins riche en sucres avec des bénéfices nutritionnels et présenterait un intérêt certain dans la lutte contre certaines maladies chroniques comme le diabète et l'obésité (FESSARD, 2017). Au regard des potentialités de la mangue à améliorer la santé des populations et de la fermentation lactique à améliorer la conservation et la valeur nutritionnelle des fruits et légumes, le développement de produits de la mangue avec des ferments adaptés constitue une voie à considérer dans la lutte contre les maladies métaboliques. La présente étude a pour but d'améliorer la qualité physico-chimique

et microbiologique des conserves et des nectars de mangue par une fermentation lactique contrôlée utilisant des cultures starter adaptées au produit.

1. Matériel et méthodes

1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué de :

- mangues de cultivar Kent et Amélie achetées dans la ville de Ouagadougou au marché de Sankaryar
- trois isolats de bactéries lactiques appartenant aux espèces *Lactobacillus plantarum* (TD1h) numéro d'accèsion Genbank MN242003, *Pediococcus acidilactici* (TE5a) numéro d'accèsion Genbank MN242005 isolées de tomates et *Lactobacillus fermentum* (LOR2j) numéro d'accèsion Genbank MN241993 isolée de mangues.

Conservateur et ingrédient

Ce sont :

- l'acide citrique monohydraté (E330), provenant de la société BRENNTAG en Chine.
- le sucre industriel blanc granulé (saccharose) acheté dans une alimentation de la ville de Ouagadougou

Préparation des inocula de bactéries lactiques

Les isolats LOR2j, TD1h et TE5a, préalablement conservés à - 20 °C ont été repiqués sur de la gélose de Man, Rogosa et Sharpe (MRS, Liofilchem, Italy) et incubés à 37 °C pendant 48 h. Une colonie isolée de chaque isolat a été ensuite repiquée dans du bouillon MRS (Liofilchem, Italy) et incubée à 37 °C pendant 24 h. Un volume de 100 µL de bouillon de culture a été ensemencé à nouveau dans 10 mL de bouillon MRS puis incubé à 37 °C pendant 18 h. Pour chaque isolat, l'inoculum a été obtenu suite à une série de centrifugation/lavage à 5000 g pendant 10 min à 4 °C du bouillon de culture de 18 h. Les inocula ont été immédiatement utilisés pour les fermentations contrôlées.

1.2. Essais de fabrication de conserves et de nectar de mangue par fermentation lactique contrôlée

Les essais ont porté sur la fermentation lactique contrôlée des mangues en conserves et du nectar de mangue. La mangue de cultivar Kent avait été désignée dans une étude précédente de SAMADOULOUGOU-KAFANDO *et al.* (2018) comme le meilleur cultivar pour la mise en conserve. La fabrication des conserves de mangue fermentée a été faite avec de la mangue de cultivar Kent selon le diagramme technologique de fabrication de conserves de mangues utilisant des conservateurs naturels (SAMADOULOUGOU-KAFANDO *et al.*, 2018) modifié. La principale modification a concerné le jutage qui a été fait avec un sirop moins concentré contenant l'inoculum de chaque bactérie lactique pour la fermentation lactique. Deux témoins ont été associés. Il s'agit de conserves de mangue non fermentée et de conserves de mangue utilisant l'acide citrique. En ce qui concerne le nectar de mangue, la mangue de cultivar Amélie est la plus utilisée pour sa fabrication dans les unités de transformation au Burkina Faso (KANTÉ-TRAORÉ *et al.*, 2017). Le cultivar Amélie a donc été utilisé pour la fabrication du nectar fermenté. Deux nectars témoins (le nectar de mangue non fermenté et le nectar de mangue à l'acide citrique) ont été associés et des échantillons de nectar fabriqués

par deux entreprises ont également été associés à l'évaluation de la qualité microbiologique et physicochimique afin de comparer nos échantillons avec ceux des unités de transformation.

Mise au point de conserves de mangues fermentées : les mangues de cultivar Kent mûres et fermes ont été lavées, épluchées et découpées en dés (côté moyen : 25-30 mm). La pulpe de mangue coupée a été blanchie à la vapeur à 99 °C pendant 3 min. Ensuite, 250 g de pulpe ont été conditionnés dans des bocaux en verre (capacité : 450 ml) préalablement lavés et décontaminés par ébullition dans l'eau pendant 15 minutes. Le jutage a été fait avec des sirops de 17 °Brix inoculés à 1 % avec les inocula des trois bactéries lactiques à une température de 45 – 50 °C. Après le jutage, les bocaux ont été fermés et incubés à 30 °C pendant 48 h, puis pasteurisés à l'eau bouillante pendant 10 min. Après refroidissement les conserves de mangue fermentées ont été étiquetées et stockées (Figure 1).

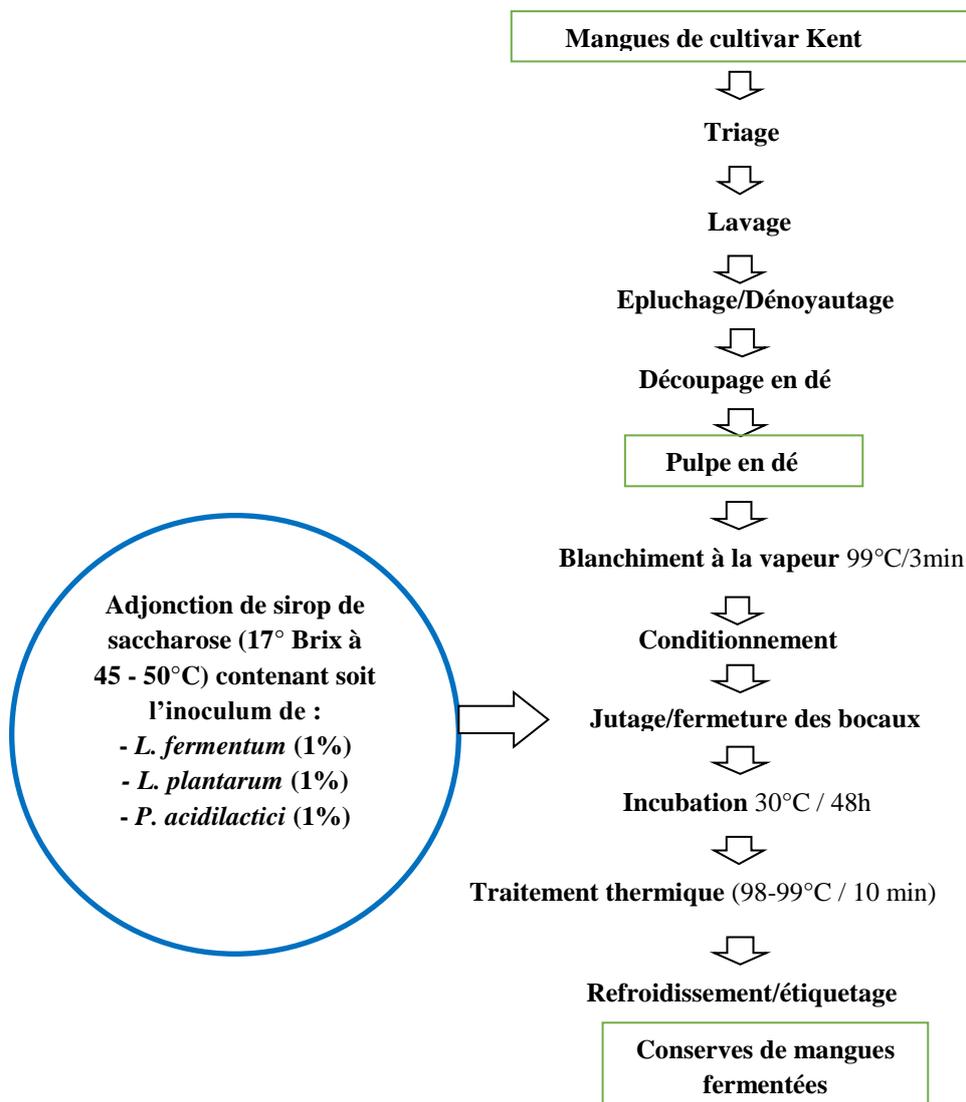


Figure 1: Diagramme de production de conserves de mangue fermentées

Mise au point de nectar de mangue fermenté : le nectar a été préparé à partir de la pulpe broyée de mangue de cultivar Amélie diluée au ¼ avec de l'eau distillée. Du saccharose a été ajouté pour ajuster la concentration en matière sèche soluble à 8 °Brix et l'ensemble a été homogénéisé puis filtré à l'aide d'un tamis Edelstahl normalisé AFNOR-ASTM de 180 µm pour donner le nectar de mangue. Le nectar a été distribué dans des flacons en raison de 200 mL par flacon puis pasteurisé à l'eau bouillante pendant 10 min. Après un refroidissement à 45 – 50 °C, les nectars ont été inoculés en monoculture avec les inocula des trois bactéries lactiques puis incubés à 30 °C pendant 24 h. Le processus de fermentation a été arrêté par une pasteurisation à l'eau bouillante pendant 10 min (Figure 2).

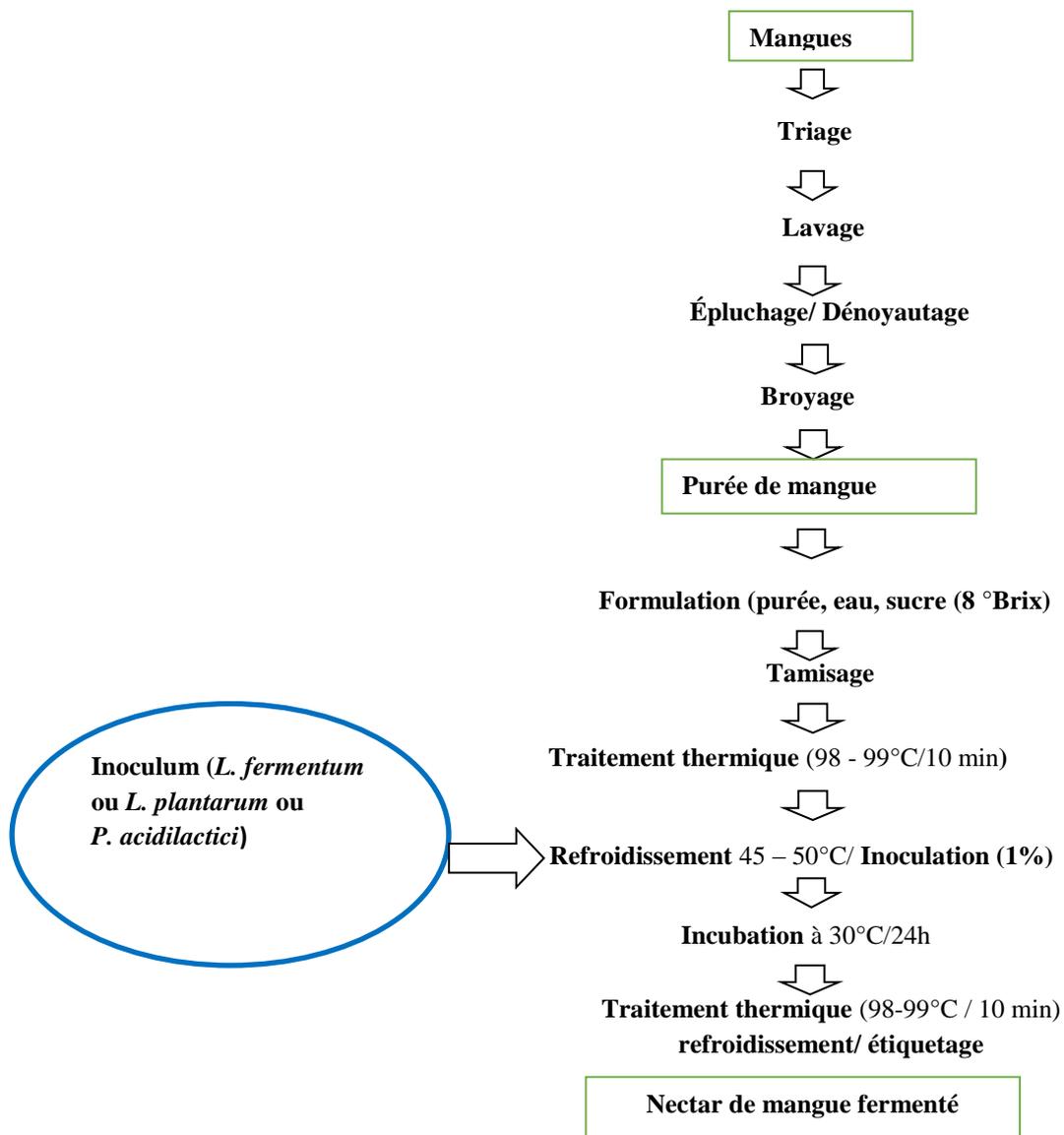


Figure 2 : Diagramme de production de nectar de mangue fermentée

1.3. Evaluation de la qualité microbiologique des produits fermentés à base de mangue

Le contrôle de la qualité microbiologique de la matière première, des conserves et des nectars fermentés a été réalisé par l'évaluation de quatre paramètres d'analyse microbiologique que sont la flore mésophile aérobie totale, les entérobactéries, les levures et moisissures et les bactéries lactiques. Pour ce faire, à 10 g de chaque échantillon ont été ajoutés 90 mL de diluant stérile (5 g de peptone, 8,5 g de NaCl et 1000 mL d'eau distillée, pH 7,0). L'ensemble a été homogénéisé au stomacher (Laboratory Blender, Model stomacher 400, England) pendant 2 min à la vitesse normale. A partir de cette suspension mère, une série de dilutions décimales successives a été réalisée pour l'ensemencement dans la masse. La flore aérobie mésophile totale a été dénombrée après incubation à 30 °C pendant 72 h sur la gélose Plate Count Agar (PCA, Liofilchem, Italy) selon la norme ISO 4833 (2003). Les entérobactéries ont été dénombrés selon la norme ISO/FDIS 21528-2 (2004) après ensemencement sur la gélose Violet Red Bile Glucose (VRBG, Liofilchem, Italy) et incubation à 37 °C pendant 24 h. Les levures et moisissures ont été dénombrées par culture sur la gélose Sabouraud au chloramphénicol (Liofilchem, Italy) après une période d'incubation de cinq (05) jours à 25 °C selon la norme ISO 7954 (1988). Quant aux bactéries lactiques, elles ont été dénombrées sur la gélose MRS après une période d'incubation de 48 h à 37 °C selon la norme ISO 15214 (1998). Les résultats sont exprimés en unité formant colonie (UFC) par gramme d'échantillon.

1.4. Évaluation des caractéristiques physicochimiques des produits à base de mangue.

Préparation des échantillons : la matière première (pulpe de mangue) et les conserves de mangue ont été préparées pour les analyses physicochimiques. Ainsi, chaque échantillon de conserve de mangue a d'abord été égoutté à l'aide d'un tamis Edelstahl normalisé AFNOR-ASTM de 500 µm pour séparer les morceaux de mangue du sirop. Les morceaux de mangue ont été broyés à l'aide d'un moulinex de marque Blender. Le broyat a été conditionné dans des pots de prélèvement puis congelé à - 20 °C en attente des analyses. La pulpe de mangue a également été broyée et la purée conditionnée dans des pots de prélèvement puis congelée à - 20 °C. Les nectars n'ont pas subi de préparation.

Analyses : la teneur en eau des échantillons a été déterminée par pesée différentielle avant et après passage de 5 g d'échantillon à l'étuve à une température de 105 °C pendant 12 h selon la norme française NF V03-707 (2000).

Le taux de cendres (matières minérales totales) a été déterminé selon la norme internationale ISO 2171 (2007) par incinération à 550 °C pendant 12 h de 5 g d'échantillon dans un four à moufle (Nabertherm).

L'acidité titrable et le pH des produits à base de mangue ont été déterminés selon la méthode AFNOR, NF V05 -101 (1974). L'acidité titrable a été déterminée par titrimétrie avec du NaOH 0,1 N et le pH a été mesuré à l'aide d'un pHmètre électronique (CONSORT P901, Belgique) préalablement calibré avec des solutions tampon standards pH = 4 et 7.

La matière sèche soluble ou degré brix a été mesurée à l'aide d'un réfractomètre Euromex (IFFJFP, 2001).

Les minéraux (calcium, magnésium, potassium et sodium) de chaque échantillon de produits à base de mangue ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique à flamme (Perkin-Elmer model 303) selon la méthode AOAC (2005). Une prise d'essai de 2 g environ de chaque échantillon a été minéralisée par voie sèche dans un four à moufle. Une digestion acide du minéralisât a été réalisée avec 10 mL d'acide chlorhydrique plus quelques gouttes de peroxyde d'hydrogène. L'ensemble a été porté à ébullition pendant 10 min puis transvasé dans une fiole de 50 mL et dilué avec de l'eau ultra pure jusqu'au trait de jauge. La solution

ainsi obtenue constitue la solution d'injection. L'ordinateur du Système Spectromètre d'Absorption Atomique (SAA) a été démarré et une séquence des échantillons a été créée à l'aide du logiciel SOLAAR AA Software V11.03 avant l'activation du bouton « analyse » sur l'ordinateur. La solution d'injection de chaque échantillon a été injectée dans le SAA équipé d'un système d'atomisation à flamme après étalonnage. Les éléments minéraux à doser dans la solution d'injection de chaque échantillon sont dissociés dans une flamme et placés dans un état fondamental qui leur permettra d'absorber la lumière à des longueurs d'ondes caractéristiques. Les fluctuations du signal fourni par le détecteur ont été corrigées par une lampe au Deutérium. L'absorption de la lumière à des longueurs d'ondes caractéristiques de chaque élément minéral a été mesurée pour calculer sa concentration. Le calcium a été mesuré à 239,9 nm, le magnésium à 285,2 nm, le potassium à 766,5 nm et le sodium à 589,0 nm.

1.5. Traitement statistique des données

Le tableur Excel Microsoft Office 2016 a été utilisé pour la confection de la base des données. Les analyses expérimentales ont été réalisées en triplicata avec indication des écarts types. Les données physicochimiques ont été soumises à l'analyse de la variance ANOVA à l'aide du logiciel XLSTAT 2014.5.03. Le test de Tukey (HSD) a été utilisé au seuil de 5% pour l'analyse de la variance.

2. Résultats

2.1. Qualité microbiologique de la pulpe de mangue fraîche utilisée comme matière première

Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale de la pulpe fraîche des deux cultivars montre qu'ils ont une charge microbienne de l'ordre de $2,3 \cdot 10^3$ UFC /g pour le cultivar Kent et de $2,5 \cdot 10^3$ UFC /g pour le cultivar Amélie (Tableau I). Les résultats révèlent l'absence d'entérobactéries et de levures et moisissures dans la pulpe du cultivar Kent. Dans la pulpe de mangue de cultivar Amélie, les bactéries lactiques sont de l'ordre $2,8 \cdot 10^2$ UFC /g, les levures et moisissures de $1,4 \cdot 10^2$ UFC /g et les entérobactéries moins de 40 UFC /g.

Tableau I : Caractéristiques microbiologiques de la pulpe de mangue fraîche

Pulpe de mangue	Paramètres microbiologiques			
	Flore mésophile totale (UFC /g)	Entérobactéries (UFC /g)	Levures et moisissures (UFC /g)	Bactéries Lactiques (UFC /g)
Cultivar Kent	$2,3 \cdot 10^3$	< 10	< 10	$1,2 \cdot 10^3$
Cultivar Amélie	$2,5 \cdot 10^3$	< 40	$1,4 \cdot 10^2$	$2,8 \cdot 10^2$

UFC = Unité Formant Colonie ; < = moins de

2.2. Caractéristiques physicochimiques de la mangue fraîche utilisée comme matière première

Les caractéristiques physico-chimiques des deux cultivars de mangue (Tableau II), montrent que le cultivar Amélie a les taux les plus élevés ($p < 0,05$) en matière sèche, en calcium, magnésium et potassium et le cultivar Kent le taux le plus élevé en acidité titrable et en sodium.

Tableau II: Caractéristiques physicochimiques de la pulpe de mangue fraîche

Pulpe de mangue	Paramètres physicochimiques								
	TMS %	Cendres (%MS)	Acidité Titrable (%MS)	pH	Degré Brix	Calcium (mg/g MS)	Magnésium (mg/g MS)	Potassium (mg/g MS)	Sodium (mg/g MS)
Cultivar Kent	16,63 ± 0,28 ^b	2,54 ± 0,04 ^a	4,55 ± 0,13 ^a	3,59 ± 0,02 ^b	17,07 ± 0,12 ^b	0,27 ± 0,01 ^b	0,31 ± 0,01 ^b	7,84 ± 0,07 ^b	0,46 ± 0,01 ^a
Cultivar Amélie	17,72 ± 0,16 ^a	2,39 ± 0,17 ^a	1,66 ± 0,04 ^b	4,46 ± 0,00 ^a	17,40 ± 0,10 ^a	0,38 ± 0,00 ^a	0,43 ± 0,01 ^a	9,32 ± 0,14 ^a	0,43 ± 0,01 ^b

TMS = Teneur en matière sèche ; MS = Matière sèche.

Les valeurs moyennes sur la même colonne ayant des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ($P < 0,05$) selon le test de Tukey (HSD)

2.3. Qualité microbiologique des conserves de mangue fermentées.

Les conserves de mangue témoin non fermentées (CKT) et témoin à l'acide citrique (CKA) avaient été pasteurisées à 98 – 99 °C pendant 10 min et les conserves fermentées avec les isolats de *L. plantarum* TD1h (CKLP), *L. fermentum* LOr2j (CKLF) et *P. acidilactici* TE5a (CKPA) avaient également été pasteurisées à 98 – 99 °C pendant 10 min après 48 h de fermentation. Les analyses microbiologiques révèlent que les conserves sont exemptes de germe.

2.4. Caractéristiques physicochimiques des conserves de mangue fermentées.

Il n'y a pas de différence significative entre les teneurs en cendres de toutes les conserves. Une différence significative a été observée entre les acidités titrables et les pH des conserves avec les teneurs les plus élevées en acidité titrable obtenues par la conserve fermentée CKPA. Le taux en matière sèche et le degré Brix de la conserve CKLF sont significativement inférieurs à ceux des autres conserves. De manière générale et sur l'ensemble des paramètres physicochimiques, aucune différence significative n'a été observée entre les conserves CKLP et CKT (Tableau III). Il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre les teneurs en calcium, magnésium, potassium et sodium des conserves (Tableau III). La conserve CKLF contient les taux les plus élevés en calcium et en potassium. Les teneurs les plus élevées en magnésium et sodium ont été observées avec la conserve témoin à l'acide citrique CKA. Pour tous les quatre minéraux de manière générale, les teneurs ont été plus élevées dans les conserves fermentées que dans la conserve témoin non fermentée.

2.5. Qualité microbiologique des nectars de mangue fermentés

Les nectars de mangues avaient été pasteurisés à 98 - 99 °C pendant 10 min. Les analyses microbiologiques révèlent que l'ensemble des nectars développés et le nectar commercial NC1 sont exempts de germe. Cependant le nectar commercial NC2 a présenté une charge microbienne de $1,9.10^3$ UFC /g et de $1,2.10^3$ UFC /g pour la flore aérobie mésophile totale et pour les levures et moisissures respectivement.

2.6. Caractéristiques physicochimiques des nectars de mangue fermentés

Les résultats des caractéristiques physicochimiques des nectars de mangue de cultivar Amélie fermentées avec les isolats de *L. plantarum* TD1h (NALP), *L. fermentum* LOr2j (NALF) et de *P. acidilactici* TE5a (NAPA), des nectars témoin à l'acide citrique (NAA) et témoin non fermenté (NAT) sont rapportés dans le Tableau IV. Sur les paramètres physicochimiques déterminés, il n'y a pas de différence significative entre les nectars fermentés. Cependant sur tous les paramètres, une différence significative a été observée entre les nectars fermentés et ceux des nectars commerciaux. Les teneurs en cendres et en acidité titrable sont plus élevées dans les nectars fermentés que dans les nectars commerciaux. Les nectars commerciaux ont présenté les taux en matière sèche et des degrés Brix les plus élevés. Le test de Tukey montre qu'il y'a une différence significative ($p < 0,05$) entre les teneurs en calcium, magnésium, potassium et sodium des nectars. Les nectars fermentés ont présenté des taux plus élevés en magnésium, potassium et sodium par rapport au nectar commercial NC2, et des taux plus élevés en magnésium et potassium par rapport au nectar commercial NC1. Les teneurs en sodium dans le nectar à l'acide citrique ont été les plus élevées.

Tableau III : Caractéristiques physicochimiques des conserves de mangue

Conserves de mangues	Paramètres physicochimiques								
	TMS (%)	Cendres (% MS)	Acidité Titrable (%MS)	pH	Degré Brix	Calcium (mg/g MS)	Magnésium (mg/g MS)	Potassium (mg/g MS)	Sodium (mg/g MS)
CKA	19,37 ± 0,31 ^a	1,00 ± 0,04 ^a	2,40 ± 0,06 ^b	3,43 ± 0,01 ^c	17,93 ± 0,06 ^b	0,25 ± 0, 01 ^b	0,23 ± 0,00 ^a	4,14 ± 0,07 ^d	0,65 ± 0,01 ^a
CKT	19,69 ± 0,23 ^a	1,21 ± 0,10 ^a	2,15 ± 0,14 ^b ^c	3,61 ± 0,01 ^b	18,30 ± 0,10 ^a	0,18 ± 0,00 ^d	0,16 ± 0,00 ^c	3,07 ± 0,02 ^e	0,31 ± 0,00 ^e
CKLP	20,01 ± 0,15 ^a	1,43 ± 0,37 ^a	2,06 ± 0,04 ^c	3,63 ± 0,02 ^b	18,30 ± 0,20 ^a	0,25 ± 0,00 ^b	0,23 ± 0,00 ^{ab}	4,40 ± 0,02 ^c	0,38 ± 0,00 ^b
CKLF	18,30 ± 0,11 ^b	1,40 ± 0,25 ^a	2,34 ± 0,06 ^b ^c	3,77 ± 0,02 ^a	17,10 ± 0,10 ^c	0,38 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,02 ^b	5,10 ± 0,02 ^a	0,44 ± 0,00 ^c
CKPA	19,70 ± 0,37 ^a	1,25 ± 0,11 ^a	2,76 ± 0,20 ^a	3,46 ± 0,01 ^c	18,30 ± 0,10 ^a	0,22 ± 0,01 ^c	0,23 ± 0,00 ^{ab}	4,85 ± 0,09 ^b	0,36 ± 0,01 ^d

TMS = Teneur en matière sèche ; MS = Matière sèche ; CKA = Conserves de Kent à l'acide citrique, CKT = Conserves de Kent Témoin, CKLP = Conserves de Kent fermentées avec *Lb. plantarum* ; CKLF = Conserves de Kent fermentées avec *Lb. fermentum*, CKPA = Conserves de Kent fermentées avec *Ped. acidilactici*. les valeurs moyennes sur la même colonne ayant des lettres différentes en exposant sont significativement différentes (P<0,05) selon le test de Tukey (HSD)

Tableau IV : Caractéristiques physicochimiques des nectars de mangue

Nectar de mangue	Paramètres physicochimiques								
	TMS %	Cendres (% MS)	Acidité Titrable (%MS)	pH	Degré Brix	Calcium (mg/g MS)	Magnésium (mg/g MS)	Potassium (mg/g MS)	Sodium (mg/g MS)
NAT	8,04 ± 0,03 ^c	1,06 ± 0,08 ^{ab}	1,08 ± 0,00 ^d	4,44 ± 0,01 ^a	7,90 ± 0,10 ^d	0,43 ± 0,00 ^a	0,33 ± 0,00 ^a	4,86 ± 0,01 ^c	0,20 ± 0,0037 ^d
NAA	7,96 ± 0,07 ^c	1,01 ± 0,32 ^{ab}	10,32 ± 0,18 ^a	3,21 ± 0,01 ^f	8,50 ± 0,10 ^c	0,29 ± 0,00 ^e	0,33 ± 0,01 ^a	6,02 ± 0,04 ^a	0,89 ± 0,01 ^a
NALP	8,21 ± 0,22 ^c	1,25 ± 0,03 ^a	2,27 ± 0,18 ^b	3,72 ± 0,02 ^{cd}	7,93 ± 0,06 ^d	0,31 ± 0,01 ^{cd}	0,33 ± 0,01 ^a	5,44 ± 0,11 ^b	0,46 ± 0,01 ^b
NAPA	8,21 ± 0,03 ^c	1,19 ± 0,25 ^a	2,44 ± 0,00 ^b	3,65 ± 0,01 ^d	8,10 ± 0,10 ^d	0,30 ± 0,00 ^d	0,28 ± 0,00 ^b	4,90 ± 0,02 ^c	0,16 ± 0,00 ^e
NALF	8,12 ± 0,01 ^c	1,22 ± 0,12 ^a	2,43 ± 0,07 ^b	3,73 ± 0,01 ^c	7,90 ± 0,10 ^d	0,32 ± 0,00 ^c	0,29 ± 0,00 ^b	4,67 ± 0,03 ^d	0,18 ± 0,00 ^d
NC1	12,65 ± 0,04 ^b	0,64 ± 0,05 ^b	1,95 ± 0,03 ^c	3,43 ± 0,06 ^e	13,03 ± 0,06 ^b	0,35 ± 0,00 ^b	0,16 ± 0,00 ^d	3,05 ± 0,02 ^f	0,30 ± 0,00 ^c
NC2	17,04 ± 0,09 ^a	0,88 ± 0,00 ^{ab}	1,16 ± 0,03 ^d	3,85 ± 0,02 ^b	16,90 ± 0,10 ^a	0,35 ± 0,00 ^b	0,20 ± 0,00 ^c	3,25 ± 0,04 ^e	0,09 ± 0,00 ^f

TMS = Teneur en matière sèche ; MS = Matière sèche ; NAT = Nectar de Amélie Témoins, NAA = Nectar de Amélie à l'acide citrique, NALP = Nectar de Amélie fermentées avec *Lb. plantarum* ; NALF = Nectar de Amélie fermentée avec *Lb. fermentum*, NAPA Nectar de Amélie fermentée avec *Ped. acidilactici* ; NC1 = Nectar commercial 1, NC2 = Nectar commercial 2. Les valeurs moyennes sur la même colonne ayant des lettres différentes en exposant sont significativement différentes (P<0,05) selon le test de Tukey (HSD)

3. Discussion

Les pulpes des deux cultivars de mangue utilisés comme matière première pour la fabrication des conserves et du nectar de mangue ont montré une quasi-absence en entérobactéries (moins de 10 UFC /g pour le cultivar Kent et moins de 40 UFC /g pour le cultivar Amélie). Cette faible présence pourrait être expliquée par la forte présence de bactéries lactiques $1,2 \cdot 10^3$ UFC /g et $2,8 \cdot 10^2$ UFC /g dans les pulpes de mangue du cultivar Kent et Amélie respectivement et aussi par leur acidité élevée (Tableau I). Les entérobactéries sont en effet inhibées par certaines substances (acides organiques, le peroxyde d'hydrogène, les bactériocines, etc.) produit par les bactéries lactiques (KABORE *et al.*, 2012 ; SAMADOULOGOU-KAFANDO *et al.*, 2019). Sur le plan hygiénique, les conserves de mangues fermentées et les nectars de mangues fermentés ont présenté une très bonne qualité hygiénique ce qui témoigne de l'efficacité des traitements technologiques et du respect des Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) et de fabrication (BPF). Cependant, la charge en levures et moisissures du nectar commercial NC2 n'est pas conforme aux critères de qualité microbiologique selon le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA, 2017). Selon cette norme, la charge en levures moisissure doit être inférieure à 10 UFC/mL. Cette non-conformité du nectar commercial NC2 pourrait s'expliquer par une non-application des BPH et BPF au cours de la transformation ou à une contamination du nectar après la transformation.

En ce qui concerne les paramètres physicochimiques et nutritionnels, la différence observée entre les acidités titrables des conserves fermentées pourrait être liée au pouvoir acidifiant et au type fermentaire de chaque isolat. En effet la conserve fermentée CKPA qui a présenté le taux le plus élevé ($p < 0,05$) en acide organique (2,76 %MS) par rapport aux autres types de conserves fermentés (2,06 %MS et 2,34 %MS) a été fermentée avec une souche de *P. acidilactici* (TE5a) qui est une bactérie lactique homofermentaire (SAMADOULOGOU-KAFANDO *et al.*, 2019). Les bactéries lactiques homofermentaires produisent plus de 85% d'acide lactique lors de la fermentation. A partir d'une molécule de glucose, deux molécules d'acides lactiques sont produites (ENDO et DICKS, 2014). Cependant les bactéries lactiques hétérofermentaires à l'instar de la souche de *L. fermentum* produisent l'acide lactique, le dioxyde de carbone, l'éthanol et/ou l'acide acétique en quantité équimolaire à partir du glucose (ENDO et DICKS, 2014). Les taux en matière sèche et matière sèche soluble de la conserve CKLF ont été significativement inférieurs à ceux des autres conserves. Cela pourrait être dû à une plus grande capacité d'utilisation des carbohydrates de la mangue par l'isolat de *L. fermentum* LOr2j. En effet la conserve de mangue CKLF a été fermentée avec l'isolat de *L. fermentum* LOr2j provenant de la pulpe de mangue donc de la même niche écologique. L'adaptation préalable à la matrice mangue pourrait expliquer cette grande capacité d'utilisation des carbohydrates. Les taux élevés en matière sèche et matière sèche soluble des nectars commerciaux par rapport à l'ensemble des nectars développés pourraient être liée au facteur de dilution de la pulpe de mangue mais aussi à la quantité de sucre ajouté. Le pH des jus et nectars de fruits est généralement ajusté à des valeurs comprises entre 3,20 à 3,80 avec des acidifiants pour une meilleure conservation. La fermentation lactique avec chacun des trois isolats a permis de baisser le pH du nectar de 4,44 à des valeurs de moins de 3,80 (Tableau IV) ce qui permettra une bonne conservation des nectars fermentés. Les conserves de mangues fermentées avec les trois isolats ont en général présenté des teneurs en minéraux supérieures à celles des témoins. La dégradation de certains composés comme l'acide phytique au cours de la fermentation lactique conduit à une meilleure biodisponibilité des minéraux (LEE *et al.*, 2011). Cependant, la grande variabilité des teneurs en minéraux dans

les nectars de mangue n'a pas permis de conclure sur l'efficacité de nos isolats à augmenter les teneurs en minéraux comme dans le cas des conserves de mangue. Les teneurs en sodium dans le nectar à l'acide citrique (0,65 mg/g MS) et dans les conserves de mangue à l'acide citrique (0,89 mg/g MS) ont été les plus élevées. Ces teneurs dépassent de loin les teneurs en sodium dans les matières premières qui sont de 0,46 mg/g MS et de 0,43 mg/g MS pour les cultivars Kent et Amélie respectivement. Ces teneurs très élevées dans les produits transformés pourraient être dû à une présence de sodium dans l'acide citrique alimentaire. En outre, la comparaison des teneurs en minéraux de nos échantillons de nectar de mangue avec celles des échantillons commerciaux a montré une certaine variabilité mais, dans la plupart des cas, nos échantillons détenaient les plus fortes teneurs. Les produits commerciaux et nos produits n'ayant pas été élaborés avec la même matière première, il se pourrait que la différence constatée soit liée aux teneurs initiales dans la matière première. Cependant, cette comparaison a permis de savoir que nos échantillons avaient une valeur nutritionnelle en minéraux qui tend à dépasser celle des nectars de mangue disponibles sur le marché.

Conclusion

L'utilisation des isolats de *L. plantarum* TD1h, *L. fermentum* LOr2j et de *P. acidilactici* TE5a pour le développement de conserves de mangue et des nectars de mangue par fermentation lactique contrôlée, a permis d'obtenir des produits de bonne qualité hygiénique présentant des caractéristiques nutritionnelles intéressantes. Ces nouveaux produits à faibles teneurs en sucres notamment les nectars fermentés pourront contribuer à l'amélioration de la santé de la population. Ces trois isolats de bactéries lactiques peuvent être utilisés pour la mise au point de cultures starter pour la fermentation des fruits et légumes.

Références bibliographiques

- AFNOR, NF V05 -101 : 1974. Produits dérivés des fruits et légumes - Détermination de l'acidité titrable, 4 p.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists), 2005. Official Method 968 08. Minerals in Animal Feed and Pet Food-Atomic absorption spectrophotometric method, 1 p.
- ARNOLDUS M. et VAN DER POL F., 2009. Amélioration des performances de la filière des produits transformés de la mangue au Burkina Faso et au Mali. PCDA/PAFASP, Etude pour la Banque Mondiale, Ouagadougou, Burkina Faso, 116 p.
- BOURRIER T., 2006. Intolérances et allergies aux colorants et additifs. Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique, 46 (2) : 68-79.
- CAPOZZI V., RUSSO P., VASCO P., HERRIKO E., LÓPEZ P. et SPANO G., 2012. Lactic acid bacteria producing B-group vitamins : A great potential for functional cereals products. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96 (6): 1383-1394.
- CORONA O., ALFONZO A.; VENTIMIGLIA G.; NASCA A.; FRANCESCA N.; MARTORANA A.; *et al.*, 2016. Industrial application of selected lactic acid bacteria isolated from local semolinas for typical sourdough bread production. *Food Microbiology*, 59 : 43-56.
- COUVERT O., 2002. Prise en compte de l'influence du pH dans l'optimisation des traitements thermique. Thèse de doctorat en Microbiologie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 192 p.

- ENDO A. & DICKS L. M. T., 2014. Physiology of the LAB. In « Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy » First Edition. Edited by Wilhelm H. Holzapfel and Brian J.B. Wood. © 2014 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2014 by John Wiley & Sons, Ltd., Scotland, UK, p. 13-30.
- FESSARD A., 2017. Recherche de bactéries lactiques autochtones capables de mener la fermentation de fruits tropicaux avec une augmentation de l'activité antioxydante Thèse de Doctorat en Agroalimentaire, Biotechnologies alimentaires et Sciences des aliments, Université de la Réunion, Saint-Denis, France 192 p.
- FILANNINO P., BAI Y., DI CAGNO R., GOBBETTI M., GAÑZLE M. G., 2015. Metabolism of phenolic compounds by *Lactobacillus spp.* during fermentation of cherry juice and broccoli puree. *Food Microbiology*, 46: 272–279.
- GEBBERS J. O., 2007. Atherosclerosis, cholesterol, nutrition, and statins a critical review. *German Medical Science*, 5 : 1-11.
- ISO 15214: 1998. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria-Colony count technique at 30 °C, 7 p.
- ISO 21528-2: 2004. Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des *Enterobacteriaceae*, 10 p.
- ISO 2171 : 2007. Céréales légumineuses et produits dérivés-Dosage du taux de cendres par incinération à 550 °C, 6 p.
- ISO 4833 :2003. Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des microorganismes ; technique de comptage des colonies à 30 °C, 9 p.
- ISO 7954 :1988. Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures, techniques par comptage des colonies à 25 °C, 4 p.
- ISO V 03-707 : 2000. Céréales et produits céréaliers. Détermination de la teneur en eau. Méthode de référence pratique, 8 p.
- JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) n° 39 : 2017. Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires, Alger, Algérie, 32 p.
- KABORÉ D., SAWADOGO-LINGANI H., DICKO M.H., DIAWARA B. et JAKOBSEN M., 2012. Acid resistance, bile tolerance and antimicrobial properties of dominant LAB isolated from traditional maari, baobab seeds fermented condiment. *African. Journal of Biotechnology*, 11 (5) : 1197-1206.
- KANTÉ-TRAORÉ H., SAWADOGO-LINGANI H., SEOGO I., KABORÉ D. et DICKO M. H., 2017. Procédés de transformation de la mangue et niveau de connaissance des normes de qualité par les unités de production au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 11 (1): 195-207.
- LEE H., YOON H., JI Y., KIM H., PARK H. et LEE J., 2011. Functional properties of *Lactobacillus* strains from kimchi. *International Journal of Food Microbiology*, 145 (1) : 155 - 161.
- MEDA N., CHEVALIER P. et MATHIEU-DAUDE R. C., 2000. Manifestations oculaires liées a la carence en vitamine A en zone rurale du burkina faso. *Medécine Tropicale*, 60 (1) 57- 60

OMS & FAO, 2003. Diet, Nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO technical report series 916, Geneva, Switzerland, 149 p.

SAMADOULOUGOU-KAFANDO P. M. J., KABORE D., TANKOANO A., COMPAORÉ-SÉRÉMÉ D., TIENDREBEOGO P. A. S., DICKO M. H. *et al.*, 2019. Characterization and identification of lactic acid bacteria with antimicrobial activities found in fresh pulp of tomatoes from Ouagadougou, Burkina Faso. *International Journal of Biosciences*. 15 (5) : 130-146.

SAMADOULOUGOU-KAFANDO P. M. J., SAWADOGO-LINGANI H., KABORÉ D., KANTÉ-TRAORÉ H., COMPAORÉ-SÉRÉMÉ D. et DICKO M. H., 2018. Processing of Canned Mango using Natural Preservatives: Effect on the Physicochemical Characteristics and Hygienic Quality. *International Journal of Food and Nutrition Science*, 5 (1) : 38-46.

TRADE HUB 2017. Rapport du Symposium sur la mangue : accroître les exportations et la compétitivité de la mangue fraîche transformée en Côte d'Ivoire, Korhogo, Côte d'Ivoire, 28p.