

Qualité microbiologique et physico-chimique du « Tomi » : Une boisson artisanale à base de pulpe de *Tamarindus indica*, vendue à Korhogo (Côte d'Ivoire)

[Microbiological and physicochemical quality of « Tomi » : An artisanal drink made from *Tamarindus indica* pulp, sold in Korhogo (Côte d'Ivoire)]

Yao Konan Mathurin¹, Kambire Ollo¹, Coulibaly Katinan Rémi¹, Diomande Alhassane¹, and Rose Koffi-nevry²

¹Unité de Formation et de Recherche des Sciences Biologiques, Département de Biochimie-Génétique, Université Peleforo Gon Coulibaly, BP 1328, Korhogo, Côte d'Ivoire

²Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologie des aliments, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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: This work is part of a food quality control in Korhogo. The food studied is tamarind juice (*Tamarindus indica* L.). Twenty-four samples were taken from two types of vendors in eight districts of Korhogo and analyzed. The physico-chemical and microbiological quality of the juices extracted by the hot voice and by the cold voice was evaluated. The pH of the juices analyzed was acidic ($2.5 \leq \text{pH} \leq 2.7$), the titratable acidity ranged from 384.4 to 841 meq.g/L. As for the sugar level, it was less than or equal to 22°Brix. Statistical tests have shown that the extraction method has no significant influence on the physico-chemical parameters studied. In cold-extracted juices, the load of Aerobic Mesophilic Germs ranged from $9.9.10^2$ to $2.7.10^3$ CFU/mL. Loads of *Escherichia coli* and other coliforms were less than or equal to 9 CFU/mL and 17 CFU/mL, respectively. The number of molds ranged from $1.9.10^2$ to $2.7.10^3$ CFU/mL. The Levurian load oscillated between $2.1.10^4$ and 4.10^4 CFU/mL. For the hot extraction method, the juices were free of *Escherichia coli* and other coliforms. The G.A.M load was less than or equal to $6.7.10^2$ CFU/mL. Yeast and mold loads ranged from $1.5.10^3$ to $6.3.10^3$ CFU/mL and 75 to $2.3.10^2$ CFU/mL, respectively. The method of hot extraction of the pulp significantly reduces the levurian load of juices. In general, the juices had an unsatisfactory physico-chemical and microbiological quality. However, cold-extracted juices were the most contaminated with microorganisms.

KEYWORDS: *Tamarindus indica*, juice, hot extraction, cold extraction, quality, Korhogo.

RESUME: Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un contrôle qualité des denrées alimentaires à Korhogo (Côte d'Ivoire). La denrée ayant fait objet d'étude est le jus de tamarin (*Tamarindus indica* L.). Vingt-quatre échantillons ont été prélevés au niveau de 2 types de vendeurs dans 8 quartiers de Korhogo et analysés. La qualité physico-chimique et microbiologique des jus extraits par la voix chaude et par la voix froide a été évaluée. Le pH des jus analysés était acide ($2,5 \leq \text{pH} \leq 2,7$), l'acidité titrable oscillait entre 384,4 et 841 meq.g/L. Quant au taux de sucre, il était inférieur ou égal à 22°Brix. Les tests statistiques ont montré que la méthode d'extraction n'a aucune influence significative sur les paramètres physico-chimiques étudiés. Dans les jus extraits à froid, la charge en Germes Aérobie Mésophile variait entre $9,9.10^2$ et $2,7.10^3$ UFC/mL. Les charges en *Escherichia coli* et autres coliformes étaient inférieures ou égales respectivement à 9 UFC/mL et à 17 UFC/mL. Le nombre de moisissures variait entre $1,9.10^2$ et $2,7.10^3$ UFC/mL. La charge levurienne oscillait quant à elle entre $2,1.10^4$ et 4.10^4 UFC/mL. Pour la méthode d'extraction à chaud, les jus étaient exempts d'*Escherichia coli* et des autres coliformes. La charge en G.A.M était inférieure ou égale à $6,7.10^2$ UFC/mL. Quant aux charges de levures et moisissures, elles variaient respectivement entre $1,5.10^3$ et $6,3.10^3$ UFC/mL et entre 75 et $2,3.10^2$ UFC/mL. La méthode d'extraction à chaud de la pulpe réduit significativement la charge

levurienne des jus. De façon générale, les jus avaient une qualité physico-chimique et microbiologique insatisfaisante. Cependant, les jus extraits à froid étaient les plus contaminés par les microorganismes.

MOTS-CLEFS: *Tamarindus indica*, jus, extraction à chaud, extraction à froid, qualité, Korhogo.

1 INTRODUCTION

De l'arabe « *tamar hendi* » qui signifie datte de l'Inde, le tamarin (*Tamarindus indica*) est l'une des essences fruitières largement utilisée dans l'alimentation humaine sous différentes formes. Cette espèce fruitière de la famille des Ceasalpiniaceae a de multiples usages, car chaque partie de l'arbre peut générer une valeur ajoutée [1]. En raison de son importance alimentaire et de ses nombreux usages en pharmacopée traditionnelle africaine, le tamarinier trouve de nombreuses applications alimentaires, médicinales, cosmétiques et industrielles. Cependant, le fruit reste la partie la plus utilisée de l'arbre, aussi bien traditionnellement qu'industriellement. Le fruit est traditionnellement peu consommé à l'état frais, mais plutôt comme condiment, sous forme de bonbon acidulé pimenté ou sous forme de boisson [2]. Riche en sucres réducteurs, la pulpe du fruit de tamarin renferme une quantité importante d'acides organiques, de protéines, de glucides, de vitamine (C, B, PP) et de sels minéraux [2]. Hormis son importance nutritionnelle, le tamarin a des effets thérapeutiques, antioxydant, antibactériens et antifongiques [3]. En effet, l'extrait de la pulpe du fruit de tamarin a une phytochimie riche et très variée, dont la présence des alcaloïdes, des pectines, des tanins, etc. [4], [5]. Ces groupes chimiques doués de propriétés pharmacologiques, antibactériennes et antifongiques peuvent être bénéfiques pour l'homme dans le traitement ou la prévention de certaines pathologies [3], [4], [6]. La transformation industrielle et artisanale du fruit de tamarin en jus est très répandue. Le plus souvent en Afrique, la pulpe de tamarin est utilisée pour la confection de boissons, que ce soit sous forme d'infusions ou de jus comme l'eau de tamarin. Cette boisson est généralement composée d'eau, de pulpe et de sucre. L'adjonction du sucre au jus permet de neutraliser son acidité [2]. Les boissons artisanales en général présentent divers avantages pour les consommateurs: elles sont moins onéreuses, plus accessibles, et prêtes à la consommation [7]. Par ailleurs, les produits alimentaires peuvent être le siège de diverses altérations. Ces altérations sont souvent le fait de micro-organismes, de modifications physico-chimiques ou biochimiques, d'enzymes ou de substances microbiennes. Elles peuvent survenir pendant la production, le stockage et la distribution des aliments. Ces altérations se traduisent non seulement par la dégradation de la qualité organoleptique, mais aussi par des risques pour la santé des consommateurs [8]. De ce fait, la qualité microbiologique des aliments constitue la base essentielle permettant de veiller à la sécurité des consommateurs. Dans un contexte « assurance-qualité », les bonnes pratiques d'hygiène constituent des facteurs clés pour l'obtention de boisson de bonne qualité [7]. Ainsi, la qualité microbiologique des jus de la pulpe de tamarin reste à vérifier, vu les conditions locales de transformation et les conditions de vente des fruits dans les marchés locaux. En effet, la forte teneur en eau, les matériels de production et les multiples manipulations des mains dont l'hygiène est souvent douteuse, rendent les jus artisanaux sensibles aux actions des agents physico-chimiques et biologiques de dégradation. En outre, la qualité microbiologique tient compte, en plus des conditions d'hygiène de production, de la qualité des matières premières utilisées [8], [9]. L'altération microbiologique mène à une détérioration de la qualité organoleptique qui paraît typiquement comme un mauvais goût, une mauvaise odeur et un changement d'aspect visuel dans le produit [10].

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un contrôle de la qualité des denrées alimentaires à Korhogo (Côte d'Ivoire). Le contrôle microbiologique permet d'appréhender la qualité des produits et de savoir si ces derniers ne sont pas dangereux pour la santé des consommateurs. Ainsi, afin d'atteindre l'objectif de contribuer à préserver la santé du consommateur, cette étude a été menée sur la qualité microbiologique et physico-chimique d'une boisson artisanale à base de pulpe de tamarin (Tomi), vendue à Korhogo (Côte d'Ivoire). Plus spécifiquement, il a été question d'une part, de déterminer quelques paramètres physico-chimiques tels que le pH, l'acidité titrable et la teneur en sucre des jus de tamarin extraits à chaud et à froid et vendus sur les marchés de la ville de Korhogo et d'autre part, de rechercher et dénombrer les germes aérobies mésophiles, les levures et moisissures, les coliformes totaux et *Escherichia coli* dans chacun des deux catégories de jus.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

Le matériel biologique est constitué de jus de tamarin (*Tamarindus indica*) extrait à chaud et à froid.

2.2 METHODES

2.2.1 ECHANTILLONNAGE DES JUS

L'échantillonnage des jus a été réalisé pendant la période d'Août à Septembre 2020 dans la ville de Korhogo. Pour ce faire, huit (08) vendeuses de jus de tamarin dont quatre (04) vendeuses utilisant la méthode à froid et quatre (04) autres vendeuses utilisant la méthode à chaud ont été ciblées. Trois cycles d'échantillonnage sur trois semaines successives ont été réalisés, de sorte qu'au cours d'un cycle d'échantillonnage, chacune des vendeuses soit visitée (soit 08 échantillons par semaine). Au total, 24 échantillons de jus de tamarin conditionnés dans des bidons de 300 mL ont été prélevés (achetés) et analysés. L'échantillonnage pour chaque cycle a été réalisé en début de semaine (lundi et mardi avec 04 échantillons/jour) afin de recueillir tous les résultats du cycle en fin de semaine. Les échantillons de jus réfrigéré ont été mis dans une glacière contenant des carboglaces et leur transport a été effectué le même jour de prélèvement. Les paramètres physico-chimiques et la qualité hygiénique des jus d'un cycle sont déterminés avant le lancement d'un autre cycle d'échantillonnage.

2.2.2 DETERMINATION DE QUELQUES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES JUS DE TAMARIN

2.2.2.1 DETERMINATION DU PH DES JUS

Le pH ou potentiel hydrogène est un indice caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu ou d'une solution. Il tient une place importante dans le processus de transformation des fruits et légumes [9]. La détermination du pH des échantillons permet donc de quantifier la concentration en ions H⁺ du jus, lui conférant son caractère acide ou basique. Le pH des jus a été déterminé suivant les méthodes officielles standards de [11]. En effet, le pH des jus a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre (HANNA INSTRUMENTS, Belgique) dans un volume de 50 mL de jus de tamarin, après une homogénéisation (par agitation) du jus dans son contenant.

2.2.2.2 DETERMINATION DE L'ACIDITE TITRABLE DES JUS

L'acidité titrable est la somme des acides minéraux et organiques libres. Elle a été déterminée selon les principes établis par l'Association Française de Normalisation [12]. Avant de titrer les jus, une dilution de facteur 50 (Fd=50) a été réalisée. La titrimétrie de 10 mL de la dilution d'un échantillon de jus de tamarin a été réalisée en utilisant une solution de soude à 0,1 N en présence de la phénolphthaléine (0,1 mol/L) comme indicateur. La solution de NaOH est versée à l'aide d'une burette dans l'échantillon prélevé jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant 30 secondes. Le volume de NaOH versé est lu sur la burette. La valeur de l'acidité titrable (AT) exprimée en milliéquivalent de gramme par litre de produit est déterminée par la formule suivante:

$$AT \text{ (meq.g/L)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times 1000}{V_{\text{ech}}} \times Fd$$

- V_{NaOH} : volume de NaOH versé;
- V_{ech} : volume d'échantillon prélevé (10 mL);
- N_{NaOH} : Normalité de la soude (0,1 N).
- Fd: Facteur de dilution (50)

2.2.2.3 DETERMINATION DE L'EXTRAIT SEC SOLUBLE DES JUS

L'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix (°B) le pourcentage de matière sèche soluble dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de sucre. Plus le °Brix est élevé, plus le liquide est sucré. L'appareil utilisé pour la mesure de la teneur en sucre (°B) est un réfractomètre [13]. Ainsi, le degré Brix des jus de tamarin a été mesuré avec un réfractomètre manuel. Après ouverture du volet d'éclairage, quelques gouttes d'échantillon sont déposées sur le prisme de référence. Le volet d'éclairage est refermé et l'appareil est dirigé vers la lumière. A travers l'oculaire, la lecture de la graduation correspondant à la ligne de séparation entre la plage claire et la plage obscure est effectuée.

2.2.3 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES ECHANTILLONS DE JUS DE TAMARIN

2.2.3.1 RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES MESOPHILES (GAM)

Les G.A.M. (Germs Aérobie Mésophile) ont été dénombrés selon la norme NF ISO 4833. Le milieu utilisé a été le PCA (Plate Count Agar) et la technique d'ensemencement fut celle dans la masse. En effet, 1 mL de la solution mère (100) ou de ses dilutions décimales (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3}) a été introduit dans une boîte de Pétri stérile. Ensuite, dans chaque boîte de Pétri contenant déjà l'inoculum, environ 10 à 12 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 24 à 72 h à l'étuve (MEMMERT UN IN 55). Après la période d'incubation, seules les boîtes de Pétri de deux dilutions successives comptant entre 30 et 300 colonies ont été retenues.

2.2.3.2 RECHERCHE ET DENOMBREMENT D'ESCHERICHIA COLI ET DES COLIFORMES TOTAUX

Le milieu RAPID'E.coli 2 (REC2) est un milieu chromogénique sélectif certifié par NF ISO 16649-2 pour le dénombrement d'*E. coli* et les autres coliformes. La technique d'ensemencement utilisée fut celle dans la masse. L'ensemencement s'est fait par introduction de 1 mL de la solution mère (100) ou de ses dilutions décimales (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3}) dans des boîtes de Pétri stériles. Environ 12 mL de la gélose en surfusion à 45°C y ont été coulés. Deux boîtes de Pétri par dilution ont été ensemencées. L'incubation a été faite à 37°C pendant 24 h à l'étuve (MEMMERT IN 55). Pour le dénombrement, les boîtes contenant entre 15 et 150 colonies ont été retenues. Les coliformes forment des colonies bleues à vertes, tandis qu'*E. coli* forme des colonies violettes à roses sur milieu RAPID'E.coli 2.

2.2.3.3 RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES LEVURES ET MOISSURES

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 (10^0) ou de ses dilutions (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} ; 10^{-4}) 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 2 à 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.

2.2.3.4 EXPRESSION DES RESULTATS

Le dénombrement a été fait suivant la formule normalisée (ISO 7218: 1996) utilisée pour le calcul de la charge microbienne des différents échantillons:

$$N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1n_2).d.v}$$

- N: nombre de microorganismes en UFC/mL de produit
- ΣC : somme des colonies comptées sur les boites de Pétri retenues au niveau de deux dilutions successives
- v: volume d'inoculum prélevé (1 mL ou 0,1 mL)
- n_1 : nombre de boites retenues à la première dilution
- n_2 : nombre de boites retenues à la seconde dilution
- d: dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements sont obtenus

2.2.4 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse des données a été réalisée par le biais du logiciel GraphPad Prism 8. La détermination des moyennes et des écarts types, la vérification de la normalité des distributions, la description des données ainsi que les études comparatives (test de Tukey) ont été réalisées. Le seuil de signification est $\alpha = 0,05$. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0,05$) sont considérées comme significatives.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES ECHANTILLONS DE JUS DE TAMARIN

3.1.1.1 ACIDITE TITRABLE, PH ET EXTRAIT SEC SOLUBLE

La concentration des acides organiques des jus étudiés, leur pH ainsi que leur pourcentage en sucre sont présentés dans les tableaux 1 (extraction à froid) et 2 (extraction à chaud). Les résultats de cette étude montrent que l'acidité titrable des jus de tamarin extraits à froid est comprise entre 498,8 et 841,1 meq.g/L. Pour les jus produits par la méthode à chaud, l'acidité titrable oscille entre 384,4 et 767,7 meq.g/L. Comparés deux à deux dans le même groupe, les jus de certaines vendeuses ont leur acidité titrable significativement différente au seuil de 5%. Quant aux pH, ils oscillent entre 2,58 et 2,67 pour l'extraction à froid, et entre 2,57 et 2,72 pour l'extraction à chaud. Il n'y a pas de différence significative entre les pH des jus des vendeuses évoluant dans un même groupe (extrait froid ou chaud). Le pourcentage de matière sèche soluble (degré Brix) des jus analysés varie entre 6,67 et 22 °Brix pour le groupe extrait à froid et entre 5,33 et 8,67 °Brix pour le groupe extrait à chaud. Cette teneur ne diffère significativement pas d'un échantillon à l'autre dans un même groupe d'extrait de jus.

3.1.1.2 COMPARAISON DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES SUIVANT LA METHODE D'EXTRACTION

Le pH moyen des jus d'extraction à froid est de 2,63 tandis qu'il est de 2,65 pour les jus extraits à chaud. L'acidité titrable moyenne et la teneur en sucre moyenne des jus extraits par la méthode à froid, sont respectivement de 640,2 meq.g/L et de 11,58 °Brix, contre 579,1 meq.g/L et 9,58 °Brix pour les extraits chauds. L'analyse comparative suivant le test de Tukey des paramètres physico-chimiques des deux groupes d'échantillons de jus a montré une absence de différence significative ($\alpha = 5\%$) entre ces paramètres. Ainsi, selon ce test, il n'y a pas de différence significative entre les acidités titrables, les pH et les pourcentages de sucre quelle que soit la méthode d'extraction (tableau 3).

Les valeurs de pH des jus échantillonnés respectent les valeurs standard établies ($2 < \text{pH} < 4$). Quant aux taux de sucre, ils sont en-dessous de la valeur minimale prescrite (13°B) par [14] dans les jus de tamarin.

3.1.2 CHARGE MICROBIENNE DES ECHANTILLONS DE JUS DE TAMARIN

Le profil microbiologique des jus recueillis chez les différentes vendeuses est indiqué dans les tableaux 4 (extraction à froid) et 5 (extraction à chaud). Les microorganismes ayant fait objet d'analyse sont les GAM, *Escherichia coli*, coliformes totaux, levures et moisissures.

Dans les jus extraits à froid, la charge minimale en germes aérobies mésophiles (G.A.M) est de $9,9 \cdot 10^2$ UFC/mL, tandis que la charge maximale est de $2,7 \cdot 10^3$ UFC/mL. Quant aux charges en *Escherichia coli* et en coliformes totaux, elles sont inférieures ou égales respectivement à 9 et 17 UFC/mL. La charge en moisissures varie entre $1,9 \cdot 10^2$ et $2,7 \cdot 10^3$ UFC/mL. Les charges microbiennes précitées ne sont significativement pas différentes au seuil $\alpha = 5\%$ d'une vendeuse à l'autre. Cependant, la charge en levures des jus extraits à froid diffère significativement ($P < 0,05$) souvent d'une vendeuse à une autre. Cette charge en levures oscille entre $2,1 \cdot 10^4$ et $4 \cdot 10^4$ UFC/mL dans ce groupe.

Pour la méthode d'extraction à chaud, les jus sont exempts d'*Escherichia coli* et des coliformes totaux. Les G.A.M isolés dans ce groupe ne dépassent pas $6,7 \cdot 10^2$ UFC/mL. Quant aux charges de levures et moisissures, elles varient respectivement entre $1,5 \cdot 10^3$ et $6,3 \cdot 10^3$ UFC/mL et entre 75 et $2,3 \cdot 10^2$ UFC/mL. Les tests statistiques de ce groupe sont quasi identiques à ceux du groupe précédent.

3.1.3 ANALYSE COMPARATIVE DES CHARGES MICROBIENNES SELON LA METHODE D'EXTRACTION

La charge microbienne moyenne des jus extraits à froid est de $2,2 \cdot 10^3$ UFC/mL pour GAM, 2 UFC/mL pour *Escherichia coli*, 9 UFC/mL pour les autres coliformes, $3,1 \cdot 10^4$ UFC/mL pour levures et $1,2 \cdot 10^3$ UFC/mL pour les moisissures. Pour l'extraction à chaud, cette charge est de $4,5 \cdot 10^2$ UFC/mL pour GAM, $2,8 \cdot 10^3$ UFC/mL pour levures, $1,3 \cdot 10^2$ UFC/mL pour les moisissures et nulle pour *Escherichia coli* et les autres coliformes (tableau 6). Les analyses statistiques renseignent qu'il n'y a pas de différence significative au seuil $\alpha = 5\%$ entre les charges microbiennes des deux groupes d'échantillons, exception faite des charges en levures.

Les charges en G.A.M, *Escherichia coli* et coliformes totaux sont inférieures aux limites normatives dans l'ensemble des échantillons. Quant aux charges en levures et moisissures, elles ne respectent pas la limite imposée par les instances de norme excepté la charge en moisissure des jus extraits à chaud.

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques des jus produits par la méthode d'extraction à froid

Jus extraits à froid			
Code des Vendeuses	Paramètres		
	pH	Acidité titrable (meq.g/L)	Extrait sec soluble (°Brix)
Vf ₁	2,66 ± 0,01 ^a	522,2 ± 9,0 ^a	22 ± 1 ^a
Vf ₂	2,6 ± 0,04 ^a	498,8 ± 4,5 ^a	9,33 ± 0,57 ^a
Vf ₃	2,58 ± 0,01 ^a	841 ± 16,9 ^b	8,33 ± 1,52 ^a
Vf ₄	2,67 ± 0,04 ^a	698,8 ± 22,2 ^{a, b}	6,66 ± 1,53 ^a
Norme*	2 – 4	> 500	> 13

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil $\alpha = 5\%$. Vf: Vendeuse de jus extrait à froid. * CODEX STAN 247-2005

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques des jus produits par la méthode d'extraction à chaud

Jus extraits à Chaud			
Code des Vendeuses	Paramètres		
	pH	Acidité titrable (meq.g/L)	Extrait sec soluble (°Brix)
Vc ₁	2,71 ± 0,00 ^a	428,8 ± 78,1 ^a	5,33 ± 0,57 ^a
Vc ₂	2,71 ± 0,01 ^a	384,4 ± 1,9 ^a	7 ± 2 ^a
Vc ₃	2,56 ± 0,07 ^a	767,7 ± 236 ^b	12 ± 1 ^a
Vc ₄	2,6 ± 0,07 ^a	735,5 ± 146 ^b	14 ± 1 ^a
Norme*	2 – 4	> 500	> 13

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil $\alpha = 5\%$. Vc: Vendeuse de jus extrait à chaud. * CODEX STAN 247-2005

Tableau 3. Comparaison des paramètres physico-chimiques selon les méthodes d'extraction

Paramètres	Groupe d'échantillon		Norme *
	Extrait à Froid	Extrait à Chaud	
pH	2,63 ± 0,04 ^a	2,65 ± 0,07 ^a	2-4
Acidité titrable (meq.g/L)	640,2 ± 160,9 ^b	579,1 ± 200,4 ^b	> 500
Extrait sec soluble (°Brix)	11,58 ± 7,03 ^c	9,58 ± 4,08 ^c	> 13

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des moyennes des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même ligne portant en exposant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil $\alpha = 5\%$. * CODEX STAN 247-2005

Tableau 4. Profil microbiologique des jus extraits par la méthode à froid

Jus extraits à Froid					
Code des Vendeuses	Charge microbienne (UFC/mL)				
	G.A.M	<i>E. coli</i>	Coliformes totaux	Levures	Moisissures
Vf ₁	2,6.10 ³ ± 1,6.10 ^{3 a}	0 ^a	17 ± 16 ^a	2,1.10 ⁴ ± 1,8.10 ^{4 a}	2,7.10 ³ ± 2,7.10 ^{3 a}
Vf ₂	2,7.10 ³ ± 1,3.10 ^{3 a}	0 ^a	4 ± 4 ^a	4.10 ⁴ ± 5,8.10 ^{3 b}	1,6.10 ³ ± 7,6.10 ^{2 a}
Vf ₃	2,7.10 ³ ± 1,4.10 ^{3 a}	9 ± 5 ^a	13 ± 6 ^a	2,5.10 ⁴ ± 1,5.10 ^{4 a}	5.10 ² ± 3,5.10 ^{2 a}
Vf ₄	9,9.10 ² ± 4,7.10 ^{2 a}	0 ^a	3 ± 2 ^a	4.10 ⁴ ± 4,6.10 ^{3 b}	1,9.10 ² ± 91 ^a
Norme*	< 10 ⁵	< 10	< 10 ²	< 10 ³	< 10 ³

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même colonne portant en exposant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil $\alpha = 5\%$. Vf: Vendeuse de jus extrait à froid. *Codex Alimentarius (1994)

Tableau 5. Profil microbiologique des jus extraits par la méthode à chaud

Jus extraits à Chaud					
Code des Vendeuses	Charge microbienne (UFC/mL)				
	G.A.M	<i>E. coli</i>	Coliformes totaux	Levures	Moisissures
Vc ₁	3,3.10 ² ± 2,6.10 ^{2 a}	0	0	2.10 ³ ± 10 ^{3 a}	1,6.10 ² ± 22 ^a
Vc ₂	6,7.10 ² ± 4,1.10 ^{2 a}	0	0	1,5.10 ³ ± 1,3.10 ^{2 a,b}	81 ± 32 ^a
Vc ₃	4.10 ² ± 1,4.10 ^{2 a}	0	0	6,3.10 ³ ± 2.10 ^{3 c}	75 ± 54 ^a
Vc ₄	3,9.10 ² ± 2,3.10 ^{2 a}	0	0	1,6.10 ³ ± 1,5.10 ^{3 a,b}	2,3.10 ² ± 2,7.10 ^{2 a}
Norme*	< 10 ⁵	< 10	< 10 ²	< 10 ³	< 10 ³

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même ligne portant en exposant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil $\alpha = 5\%$. Vc: Vendeuse de jus extrait à chaud. *Codex Alimentarius (1994)

Tableau 6. Comparaison des charges microbiennes des jus de tamarin selon les méthodes d'extraction

Microorganismes recherchés	Charge microbienne (UFC/mL)		Norme *
	Groupe d'échantillon extrait à froid	Groupe d'échantillon extrait à chaud	
G.A.M	2,2.10 ³ ± 8,6.10 ^{2 a}	4,5.10 ² ± 1,5.10 ^{2 a}	< 10 ⁵
<i>E. coli</i>	2 ± 4 ^b	0 ^b	< 10
Coliformes totaux	9 ± 6 ^c	0 ^c	< 10 ²
Levures	3,2.10 ⁴ ± 10 ^{4 a}	2,8.10 ³ ± 2,3.10 ^{3 b}	< 10 ³
Moisissures	1,2.10 ³ ± 1,1.10 ^{3 d}	1,3.10 ² ± 7,5.10 ^{1 d}	< 10 ³

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des moyennes des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même ligne portant en exposant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil $\alpha = 5\%$. *Codex Alimentarius (1994)

3.2 DISCUSSION

Les jus de tamarin (Tomi) échantillonnés dans la ville de Korhogo ont un pH acide ($2,5 \leq \text{pH} \leq 2,7$). Ce résultat est similaire à ceux obtenus par [15] qui variaient entre 2 et 4. Le faible pH ($< 4,5$) serait très bénéfiques pour la conservation des jus et la prévention des micro-organismes [16]. L'acidité titrable des échantillons de jus était comprise entre 579,1 et 640,2 meq.g/L. Ces valeurs sont nettement supérieures à celle obtenue par [16] qui était de 103,32 meq.g/L dans le jus de tamarin élaboré par l'équipe de recherche elle-même. Cette différence s'expliquerait par l'existence d'une éventuelle fermentation dans les jus de tamarin échantillonné. En effet, la production d'acides organiques est généralement réalisée par fermentation en milieu liquide [17]. Les boissons artisanales sont commercialisées souvent dans des bacs transparent ou dans des glacières au niveau des trottoirs, au bord des voies principales et dans les quartiers [7]. Lors de cette vente, les jus se décongèlent et retournent au réfrigérateur en état après-vente. Le manque de maintien du froid qui bloque le métabolisme des microbes et les conditions précaires de vente pourraient expliquer le phénomène susmentionné [18]. La production d'acide organique à un certain niveau entraîne une instabilité de la qualité organoleptique des produits [9].

Le taux de sucre (extrait sec soluble) des échantillons de jus est inférieur à la valeur recommandée ($> 13^{\circ}\text{B}$) par la norme du [14] exception faite des vendeuses Vf₁ et Vc₄. Cette inconformité pourrait s'expliquer non seulement par une absence de mesure lors de la dilution et du sucrage, mais aussi par une consommation possible du sucre par les microorganismes contaminant. En effet, les microorganismes pour se développer, ont besoin d'eau, d'une source de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, d'azote, de soufre et de phosphore, qui sont apportés notamment par les sucres comme le glucose ainsi que des sels minéraux [18].

Les charges en G.A.M., *E. coli* et coliforms totaux des échantillons de jus sont inférieures à la limite prescrite par le Codex Alimentarius. Cependant, la présence de G.A.M dans l'ensemble des échantillons reflèterait l'histoire de ces produits. En effet, les G.A.M sont indicateurs du niveau général d'hygiène, de la bonne gestion ou non du couple temps/température et de la rupture ou non de la chaîne du froid [19]. La prolifération des G.A.M. dans les jus échantillonnés s'expliquerait principalement par la médiocrité du niveau d'hygiène lors de la fabrication et la rupture du froid lors de la commercialisation des jus. Le faible taux d'*E. coli* et autres coliformes pourrait être dû aux effets antibactériens de l'extrait aqueux de la pulpe de tamarin vis-à-vis d'*E. coli* et autres bactéries pathogènes. Cette activité antibactérienne des extraits de la pulpe de tamarin se manifesterait à des concentrations minimales inhibitrices faibles (CMI $\leq 3,125$ mg/ml) contre ces groupes de bactéries [4], [5], [20]. Toutefois, il faut noter que les jus extraits par la méthode chaude ont une charge nulle en *E. coli* et les autres coliformes et une plus faible charge en G.A.M. L'inclusion de traitement thermique dans la production du jus pourrait avoir des effets positifs dans stabilité du produit.

Tous les échantillons de jus sont contaminés par les champignons (levures et moisissures). La présence des levures et moisissures dans les boissons artisanales est corroborée par [21] qui a montré que ces microorganismes peuvent se multiplier normalement dans un milieu où l'acidité est faible. En effet, pour les jus et nectars de fruit, les microorganismes contaminant et entraînant une altération sont principalement les levures (90% des cas). Elles supportent les bas pH (pH $< 4,5$), capables d'utiliser l'azote organique et tolèrent de forte concentration en sucre [9]. En outre, cette étude a montré que l'extraction de la pulpe du fruit à froid contribuerait significativement ($P < 0,05$) à l'augmentation de la charge levurienne. Selon certaines vendeuses utilisant l'extraction à froid, lorsque la macération des fruits décortiqués est trop longue, le produit se fermente et il se dégage une odeur nauséabonde. Aussi, une des vendeuses alternant les deux méthodes d'extraction, expliquait-elle que les jus obtenus par l'extraction à froid avaient une période d'éventuelle fermentation très courte par rapport aux jus de la méthode alternative. Les levures sont responsables des modifications de l'aspect et du goût du produit et aussi de la déformation des contenants [9].

Exception faite de la charge en moisissure du groupe d'échantillon extrait à chaud, les levures et moisissures dénombrés dans les échantillons de jus transgressent la limite normative ($> 10^3$ UFC/mL). Cette inconformité serait due, en plus des phénomènes précités, à la qualité des fruits de tamarin, la durée de conservation et la concentration de la pulpe en solution. En effet, les fruits décortiqués sont vendus en état, moulés sous forme de boule et exposés à la poussière ou repartis dans des sachets par kilogramme. Par ailleurs, le vent qui souffle dans le département de Korhogo chargé de sable et de poussières en période d'harmattan, facilite le transport des germes (bactéries et spores fongiques) et entraîne leur dispersion dans l'atmosphère [22]. Ce phénomène favoriserait une augmentation de la densité des microbes dans l'air [23], donc un risque élevé de contamination par les germes et spores fongiques pour les produits exposés et non couverts.

Une fois cueillis, les fruits de tamarin sont séchés et peuvent être stockés pendant au moins 6 mois avant leur utilisation. Certains insectes parasites du tamarin, notamment les coléoptères endommagent les grains du fruit [2]. Les fissures et lésions occasionnées par leur activité constituent des foyers favorables pour le développement des moisissures. Notamment, des espèces du genre *Botrytis* qui seraient impliquées dans la putréfaction des fruits et légumes stockés [24]. Elles pourraient donc détruire la qualité marchande des fruits, mais aussi influencer les caractères organoleptiques du produit fini. Aussi, les ruptures de chaîne de froid qui se produisent lors de la distribution jusqu'au consommateur favoriseraient le développement de la flore fongique dans les jus et nectar de fruit [9]. Bien que l'extrait de la pulpe de tamarin ait des effets antifongiques prouvés, mais il serait actif qu'à des concentrations bien spécifique (333 à 500 mg/mL) et sur des espèces bien déterminées [3]. La forte dilution des jus pourrait donc favoriser la croissance des germes lors de la réfrigération, puisqu'il existe des moisissures psychrophiles capables de se développer à des températures inférieures à 0°C [25], [26].

4 CONCLUSION

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique du jus de tamarin (communément appelé « Tomi »), une boisson de fabrication artisanale dans la ville de Korhogo. Il ressort de cette étude que l'extraction des jus de tamarin par la voie chaude ou froide ne modifie pas significativement les paramètres physico-chimiques, tels que le pH, l'acidité titrable et la teneur en sucre. Les analyses physico-chimiques montrent la non-conformité des jus aux

normes du Codex Alimentarius. Cette inconformité est due au taux de sucre (< 13°B), bien qu'il y ait des vendeuses qui se démarquent de ce lot. Les caractéristiques microbiologiques des jus de tamarin extraits par la voie froide sont insatisfaisantes du fait des moisissures isolées à des taux supérieurs à la limite normative. Les jus obtenus par la voie chaude quant à eux sont de qualité microbiologique acceptable. Les germes d'altération de la qualité marchande ou organoleptique tels que G.A.M et levures en plus des moisissures, ont été isolés à des taux inférieurs à la norme, mais non négligeables dans les jus. Ces germes seraient responsables de fermentation alcoolique et d'altération des caractéristiques organoleptiques. Ces résultats rendent compte de la médiocrité dans l'observation des bonnes pratiques d'hygiène par les productrices des jus et de la rupture de la chaîne du froid. L'inclusion de traitement thermique dans la chaîne de production pourrait être l'une des méthodes préventives. L'extraction de la pulpe de tamarin par la voie chaude permettrait d'obtenir des jus de qualité acceptable et plus stable, contrairement aux jus de la méthode alternative.

REFERENCES

- [1] Garba A., Amani A., Abdou L., "Perceptions et usages socioéconomiques du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) dans le Sud-Ouest du Niger: Implications pour une domestication et une conservation durable", *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 40, pp. 6584-602, 2019.
- [2] Favet R., Frikart M. J. et Potin J., "La valorisation du tamarin. ed. Montpellier SupAgro - Institut des Régions Chaudes", 28 p., 2011.
- [3] Ross I. A., "Medicinal plant of the world Chemical constituents, Traditional and modern medicinal uses", 415 p., 1999.
- [4] Adeniyi O. V., Olaifa F. E., Emikpe B. O. et Ogunbanwo S. T., "Phytochemical Components and Antibacterial Activity of *Tamarindus indica* Linn. Extracts against Some Pathogens", *Biotechnology Journal International*, Vol. 17, pp. 1-9, 2017.
- [5] Abdallah M. S. et Muhammad A., "Antibacterial activity of leaves and fruits extract of *Tamarindus indica* against clinical isolates of *Escherichia coli* and *Shigella* at potiskum yobe state, Nigeria", *Journal of Analytical and Pharmaceutical Research*, Vol. 7, pp. 606–609, 2018.
- [6] Kini F., Saba A., Ouedraogo S., Tinguéri B., Sanou G. et Guissou I., "Potentiel nutritionnel et thérapeutique de quelques espèces fruitières « sauvages » du burkina faso", *Pharmacopée et Médecine Traditionnelle Africaines*, Vol. 15, pp. 32-35, 2008.
- [7] Ouattara N. D., Gaille E., Stauffer F. W. et Bakayoko A., "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, 2016.
- [8] Karamoko D., Moroh J.L.A., Kambire O., N'guessan K.R., Dje K.M., "Caractérisation physico-chimique et microbiologique d'une boisson artisanale (Zoom-koom) vendue dans la ville de Korhogo", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 29, 559-569, 2020.
- [9] Fakaantenaina R. "Formulation, fabrication et étude de conservabilité des nectars de fruits en bouteilles plastiques", *Memoire d'Ingenieur Agronome. Université d'Antananarivo, Madagascar*. 117 p., 2010.
- [10] Konan A.H. "Altération microbienne des boissons", *Memoire de Master, Université Nangui Abrogoua*, 45 p., 2016.
- [11] Association of Official Analytical Chemists (AOAC), *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 13 ed. Washington DC, 1141 p., 1990.
- [12] Association Française de Normalisation. *Produits Dérivés des Fruits et Légumes. Jus de Fruit*. ed. AFNOR, Paris France, 343 p., 1986.
- [13] AFTER. *Nectar et sirop de baobab*. ed. Guide-Bouye. 20 p., 2014.
- [14] CODEX. *Norme générale codex pour les jus et les nectars de fruits*. CODEX STAN 247. 19 p., 2005.
- [15] Grollier C., Debien C., Dornier M. et Reynes M., "Principales caractéristiques et voies de valorisation du tamarin", *Fruits* Vol. 53, pp. 271–280, 1998.
- [16] Kouassi A. K., Beugre M. A. G., Kouassi N. K., N'dri D. Y., Amani G. N. et Gnakri D., "Biochemical Characterization of Juices from Three Wild Fruit Species Consumed in Côte d'Ivoire *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa* and *Tamarindus indica*", *Open Science Journal*, Vol. 3, pp. 1-11, 2018.
- [17] Restino C., "Production d'acide itaconique par des souches d'*Aspergillus* par fermentation en milieu solide". Thèse de Doctorat. Université de Reims Champagne-Ardenne, France. 156 p., 2012.
- [18] Borges F., "Sécurité sanitaire des aliments". Université de Lorraine (France), 55 p., 2014.
- [19] Agence française de sécurité sanitaire des aliments, *Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif aux critères microbiologiques exigibles pour le lait cru de bovin livré en l'état et destiné à la consommation humaine*. ed. Maisons-Alfort. Val-de-Marne. Saisine n° 2007-SA-0149, 10 p., 2008.
- [20] Sravanthi T., Waghay K. et Rao S. D., "Phytochemical screening and anti-microbial and anti-oxidant studies of dehydrated tender tamarind (*Tamarindus indica*) leaves". *International Journal of Food Science and Nutrition* Vol. 2, pp. 62-64, 2017.

- [21] Ndiaye A., "Diagnostic et caractérisation microbiologique des procédés artisanaux de fabrication de boissons et de concentrés d'*Hibiscus sabdarifa* au Sénégal", *Afrique science*, Vol. 11, pp. 197-210, 2015.
- [22] N'krumah T. A. S. R., Kone B., Tiembre I., Mbaye I., Tanner M. et Cisse G., "Variabilité climatique et incidence de la méningite cérébro-spinale dans le district sanitaire de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire)", *Environnement, Risques & Sante*, Vol. 13, pp. 143-152, 2014.
- [23] RNSA. Changement climatique, moisissures aéroportées et risques sanitaires associés, 102 p., 2011.
- [24] Jarvis W. R., *Botryotinia and Botrytis species: taxonomy, physiology and pathogenicity*, 208 pp., 1977.
- [25] Tabuc C., "Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines", Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse et Université de Bucarest, 179 p., 2007.
- [26] Tri N. M., "Identification des espèces de moisissures, potentiellement productrices de mycotoxines dans le riz commercialisé dans cinq provinces de la région centrale du Vietnam - étude des conditions pouvant réduire la production des mycotoxines". Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, France. 145 p., 2007.