

Technologie de fabrication, propriétés physico-chimiques et microbiologiques de la bière « kapsiki blanche » produite dans les monts Mandara au Nord - Cameroun

James Ronald BAYOÏ^{1,3*}, Roger DARMAN DJOULDE² et François-Xavier ETOA³

¹ *Laboratoire de Biosciences, Faculté des Sciences, Université de Maroua, BP 814, Cameroun*

² *Laboratoire de Biosciences, Institut Supérieur du Sahel, Université de Maroua, BP 46, Cameroun*

³ *Laboratoire de Microbiologie, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, BP 812, Cameroun*

* Correspondance, courriel : jabar982002@gmail.com

Résumé

La bière des kapsiki appelée localement « mpedli » est une bière traditionnelle, de couleur blanche et quelquefois brunâtre produite dans les plaines des monts « Mandara » dans l'Extrême-Nord du Cameroun. Malgré l'importance de cette boisson traditionnelle pour la population locale, le procédé de fabrication et les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de ce breuvage restent encore méconnus. Dans l'optique d'apporter des réponses concrètes à ces insuffisances, nous nous sommes fixés pour objectifs d'identifier les étapes du procédé de fabrication de cette bière et déterminer quelques-unes de ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques en utilisant des méthodes normalisées. Il ressort de cette étude que le procédé de fabrication de la « kapsiki blanche » encore artisanale intègre une grande étape de brassage et une seconde étape de fermentation « naturelle » ne nécessitant pas un apport exogène de ferment. Les paramètres physico-chimiques des échantillons de bières analysées indiquent successivement un pH moyen de $2,79 \pm 0,02$; une teneur en alcool comprise entre 2,27 % et 2,59 % (v/v), un extrait soluble variant de 4,31°P à 5,84°P, une teneur en sucres totaux fluctuant entre 50,2 g/L et 65,2 g/L, une conductivité située entre 1150 $\mu\text{S/cm}$ et 1590 $\mu\text{S/cm}$ et enfin une densité autour de 1,019 g/cm. Les analyses microbiologiques ont indiqué une très mauvaise qualité hygiénique de cette bière avec une flore importante composée de coliformes diverses, de streptocoques « fécaux », de *Clostridia* sulfito-réducteurs. Cependant, malgré sa mauvaise qualité hygiénique, la bière « kapsiki blanche » représente néanmoins une source potentielle de revenus pour les brasseuses et de nutriments pour les consommateurs.

Mots-clés : *Cameroun, « kapsiki blanche », bière, physicochimie, qualité, pathogènes.*

Abstract

Traditional processing, physicochemical and microbial properties of "white kapsiki" beer made from "Mandara" mountain in North Cameroun

The kapsiki beer locally called "Mpedli" is a traditional white and occasionally brownish beer produced in the plains of "Mandara" mountains in Far-North province of Cameroon. Despite the importance of this homemade drink for the local population, the production process and the physicochemical and

microbiological characteristics of this beverage are still not well known by the scientific community. In order to provide concrete answers to these shortcomings, we set ourselves the objectives to identify the processing steps of this beer and to determine some of its physico-chemical and microbiological properties using standardized methods. It appears from this study that the processing method of "white kapsiki" beer is always artisanal, it combines a large brewing stage and a second step of "spontaneous" fermentation which does not require any starter supply. Physico-chemical parameters of the beer samples analyzed successively indicate an average pH of 2.79 ± 0.02 , an alcohol content of between 2.27 % and 2.59 % (v / v), a soluble extract ranging from 4.31 °P to 5.84 °P, a total sugar content varying between 50.2 g/L and 65.2 g/L, a conductivity varying between 1150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and a density around 1.019 g/cm. Microbial analyzes revealed a poor hygienic quality of the beer with an important flora composed of various coliforms, "faecal" *Streptococcus*, sulphite-reducing *Clostridia*. Despite its bad hygienic quality, "white kapsiki" beer has a huge potential source of income for brewers and nutrients for consumers.

Keywords : *Cameroon, beer, "white kapsiki", biochemistry, quality, pathogens.*

1. Introduction

La faim et la malnutrition demeurent un fléau dans le monde et touchent plus de huit cent millions de personnes, dont 90 % d'entre elles se trouvent dans les pays en voie de développement où la notion de sécurité alimentaire reste encore un luxe [1]. En Afrique en général et dans les pays au sud du Sahara en particulier, la lutte contre cette insécurité alimentaire passerait par un accroissement de la production agricole, une réduction des pertes post-récolte, une gestion rationnelle des ressources alimentaires disponible et une valorisation des produits locaux par l'utilisation judicieuse des connaissances techniques [2]. Dans les pays en voie de développement, la fermentation est l'une des technologies les plus anciennement utilisées pour la transformation et la conservation des produits alimentaires [3]. De cette technologie, dépend plusieurs millions de personnes qui améliorent ainsi à moindre coût et parfois de façon artisanale, les qualités organoleptiques et nutritives mais aussi la durée de conservation des aliments mis à leur disposition [4]. Dans plusieurs pays d'Afrique, les céréales représentent plus de 77 % des apports caloriques et contribuent sensiblement aux apports en protéines des populations. Ces céréales principalement le mil et le sorgho sont utilisées dans la production des boissons traditionnelles fermentées [5].

Ces boissons traditionnelles très appréciées sont populaires en raison des valeurs sociales, religieuses et thérapeutiques qui leurs sont attribuées [6]. Chez les « Kapsiki », peuple tridentaire et montagnard, situés sur les hauteurs des monts « Mandara » dans le Nord-Cameroun [7], la production, la vente et la consommation de la bière de mil ou de sorgho sont des activités très importantes. La brasserie dans ce peuple est une activité complexe et rudimentaire [7]. Elle permet d'obtenir deux variantes de bières de sorgho : le « tè » et la « mpedli » en langue locale [7]. La première « tè » ou « kapsiki rouge » est une bière rituelle « masculine » brassée le plus souvent par les hommes [5]. Elle est souvent associée à la virilité, à la procréation et à la fertilité [5]. La seconde « mpedli » ou « kapsiki blanche », celle qui focalise notre intérêt dans cette étude, est une bière « féminine » brassée le plus souvent par les femmes [7]. La bière « kapsiki blanche » a un brassage nettement plus rapide que la bière « kapsiki rouge » [7]. De plus, cette bière « blanche » produite parfois pour une consommation immédiate est habituellement destinée au marché et à la vente [7], ce qui contribue à l'autonomie financière des femmes [8]. En effet, comme la plupart des bières africaines à base de mil ou de sorgho, la « kapsiki blanche » est considérée à la fois comme aliment et boisson et de ce fait est quelque fois désignée sous le nom de « manger-boire » par certains consommateurs [9].

Cependant, malgré l'importance de la bière « kapsiki blanche » pour ce peuple et surtout de son fort potentiel de valorisation sur le plan industriel, cette bière reste encore méconnue par la communauté scientifique et très peu de travaux ont été réalisés sur son procédé de fabrication mais aussi sur sa qualité hygiénique. En vue de remédier à ce manque de données sur cette bière, notre étude aura pour objectif de décrire le procédé de fabrication de la bière « kapsiki blanche » d'une part et de la caractériser aussi bien sur le plan physico-chimique que microbiologique d'autre part.

2. Matériel et méthodes

2-1. Contexte et Sites d'étude

Une enquête sur guide d'entretien a été effectuée en utilisant la méthode décrite par [10]. Ainsi sur la base d'un guide d'entretien bien élaboré, focalisé sur la nature de la matière première utilisée, le déroulement du maltage, le processus de brassage et de fermentation, nous avons mené des interviews structurées et directes auprès des productrices et parfois des vendeuses sélectionnées au hasard dans les sites ruraux de Rhoumzou, Mogodé, Rhoumsiki et dans le site urbaine de Mokolo « centre » du département du Mayo Tsanaga dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun. Ces localités ont été choisies comme « cluster » parce que la « kapsiki blanche » y est abondamment produite. Dans le but de confronter les informations collectées à l'issue des interrogatoires individuels, des séances de discussion en groupe et de mise au point ont été organisées conformément aux méthodes décrites par [11, 12] avec des groupes d'une dizaine de productrices localisés dans les différents sites de production. Au total, 50 productrices et 20 vendeuses ont été interrogées au cours de l'enquête sur le procédé.

2-2. Processus de production de la bière « kapsiki blanche »

A l'issue des entretiens, le procédé de fabrication de la bière « kapsiki blanche » utilisé par les brasseuses est décrit comme suit : Le sixième de la matière première totale utilisée (sorgho/maïs) est trempé dans de l'eau, puis le mélange céréales/eau est laissé à décanter pendant 24 heures. L'eau et les débris surnageants sont ensuite éliminés puis les grains hydratés sont égouttés à l'aide d'un dispositif spécial utilisé par les brasseuses. Après égouttage, les grains sont étalés sur des sacs propres puis laissés à température ambiante et sous obscurité pendant environ 2 jours pour permettre la germination. Les grains germés sont par la suite séchés au soleil pendant 6 à 10 heures puis moulus en une farine de malt grossière. Cette farine de malt est conservée pour une utilisation ultérieure dans l'une des étapes tardives du procédé. Le reste du grain mis en réserve (environ 5/6 du grain total utilisé dans la préparation) est trié puis moulu en farine grossière. Cette farine est ensuite trempée dans de l'eau puis laissée à décantation pendant trois jours à température ambiante. Le dépôt farineux hydraté au fond du récipient est séparé de l'eau surnageante et de la fine pellicule formée à la surface du liquide. Ce culot farineux est mélangé avec de l'eau propre à une proportion 1:2 (m/v) et l'ensemble est homogénéisé, puis cuit pendant environ 3 heures jusqu'à l'obtention d'un moût en pâte cuite ou « couscous ». Cette pâte cuite est ensuite transférée dans des récipients propres et laissée à température ambiante jusqu'à son refroidissement. La pâte ainsi refroidie est mélangée avec la farine de malt précédemment confectionnée et l'ensemble est malaxé à la main jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène, moins consistante que le moût en pâte cuite précédant. Après une fermentation alcoolique qui dure deux jours, la fraction liquide est séparée de la drêche par filtration à l'aide d'un dispositif spécial et le filtrat obtenu constitue la « kapsiki blanche » ou « mpedli » en dialecte local.

2-3. Echantillonnage des bières

L'échantillonnage a été mené auprès de productrices et en partie chez des vendeuses dans les marchés à cause de leur nombre limité et leur caractère périodique. Du fait de la localisation des sites de production en « cluster » dans la région « Kapsiki », un échantillonnage aléatoire a été réalisé. Au total, quatre-vingt (80) échantillons de bière « kapsiki blanche » ont été collectés. Les prélèvements effectués auprès des fournisseuses ont été introduits dans des emballages adéquats et stériles puis étiquetés, ensuite ils ont été transportés dans des glacières réfrigérées jusqu'au laboratoire où des analyses physico-chimiques et microbiologiques y ont été effectuées.

2-4. Analyses physico-chimiques

La détermination de la teneur en solide total soluble ($^{\circ}P$), du pH et de la conductivité ont été effectuées par une lecture directe à l'aide réfractomètre portable calibré à $20^{\circ}C$, d'un pH-mètre portatif de type Equip-Tronic EQ-610 et d'un conductimètre portatif de type « eco Testr » respectivement [5]. Le pH-mètre et le conductimètre ont été calibrés au préalable en utilisant des solutions commerciales test (PALINTEST[®]). La densité a été déterminée par la méthode aréométrique à l'aide d'un densitomètre [13]. La teneur en alcool a été déterminée par distillation [14]. L'acidité titrable totale a été évaluée par la méthode alcali-potentiométrique à l'aide d'une solution de soude 0,1 N en présence du bleu de bromothymol à 0,4 % [15]. La teneur en sucres totaux a été déterminée suivant la méthode réfractométrique, par conversion de l'indice de réfraction lue à $20^{\circ}C$ à partir d'une table de référence [13, 16]. Les mesures ont été réalisées trois fois pour chaque échantillon de bière.

2-5. Analyses microbiologiques

Les méthodes normalisées ont été utilisées pour la détermination de la qualité hygiénique des échantillons de bière « kapsiki blanche ». Lesensemencements sur milieu solide après une série de dilutions décimales (10^{-1} à 10^{-6}) ont été effectués en triple et seules les boîtes de pétri contenant entre 33 et 333 colonies ont été prises en compte [17]. L'énumération sur milieu liquide a été utilisée pour l'évaluation du nombre le plus probable (NPP).

- La flore bactérienne aérobie mésophile totale a été déterminée selon la norme V 08-051, par dénombrement sur la gélose PCA (Plate Count Agar) supplémentée de cycloheximide à 0.5 % après 24 à 48 heures d'incubation à $30^{\circ}C$ [18] ;
- La flore fongique a été évaluée suivant la norme V08-022/ISO 7954, par énumération sur la gélose PDA (Potatoes Dextrose Agar) au chloramphénicol 0,05 %, après trois jours d'incubation à $25^{\circ}C$ [19] ;
- Les streptocoques « fécaux » ont été évalués par ensemencement en surface sur milieu gélosé Slanetz supplémenté de cycloheximide à 0.5 % et coulée dans des boîtes de pétri. Le dénombrement des colonies a été effectué après 2 jours d'incubation à $37^{\circ}C$ [20] ;
- Les coliformes « totaux » ont été déterminés par colimétrie liquide ordinaire suivant la norme V08-016/ISO 4831 dans du bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB- Difco) surmonté d'une cloche de Durham [21]. Les cultures ont été incubées pendant 24 à 48 heures à $37^{\circ}C$. Les coliformes thermo tolérants ont été déterminés à partir des tubes positifs de la colimétrie ordinaire par repiquage. La numération a été effectuée après 24 heures d'incubation à $44^{\circ}C$ [21] ;
- La numération de *Salmonella* et *Shigella* a été effectuée selon la norme V08-013/ISO 6579, sur milieu gélosé S-S, après 48 heures d'incubation à $37^{\circ}C$ [22]. Les colonies obtenues ont été confirmées sur milieu urée-indole et par des tests biochimiques constitués de la coloration de

Gram, du test de la catalase, du test sur gélose Kliger (glucose⁺, lactose⁻, H₂S⁺, gaz⁺), du test sur milieu Citrate de Simmons (citrate⁺), du test mannitol et de mobilité (Mannitol⁺ Mobilité⁺) [15];

- Le dénombrement des *Clostridia* sulfite-réducteurs a été effectué selon la norme V08-061 sur milieu TSN (Trypticase Sulfite Néomycine) après activation à 80°C pendant 10 minutes et incubation pendant 48 heures en anaérobiose à 46°C [23, 24];
- La flore sporulée totale a été évaluée sur milieu solide glucosée au pourpre de bromocrésol (GPB) après 10 minutes de chauffage des échantillons à 80°C [24]. Le dénombrement des colonies a été effectué après 48 heures d'incubation à 35°C [15].

2-6. Analyses statistiques

Les résultats ont été organisés à l'aide du classeur Microsoft Office/Excel 2013 et traités avec le logiciel STATGRAPHICS Centurion 16.1. La comparaison des moyennes a été effectuée par ANOVA ensuite le test de comparaison multiple des différences significatives honnêtes (HSD) de Tukey a été utilisé pour discriminer les paires de moyennes significativement différentes. Les valeurs moyennes ont été considérées comme statistiquement différentes au seuil de probabilité $p \leq 0,05$ [25, 26]. A l'issue des analyses, les résultats obtenus ont été présentés sous forme $M(x) \pm \text{écart-type}$.

3. Résultats et discussion

3-1. Production de la bière « kapsiki blanche » à l'échelle artisanale

Les opérations unitaires utilisées lors de la production la bière « kapsiki blanche » sont présentées dans le diagramme technologique de la **Figure 1** ci-dessous. Ce procédé artisanal comprend trois grandes étapes à savoir le maltage, la production de moûts (ou brassage) et la fermentation [5, 27-29]. Le maltage est une étape commune et cruciale à tous les processus de fabrication des bières traditionnelles africaines. En effet, cette étape est nécessaire pour la production d'enzymes qui auront pour rôle de dégrader l'amidon en sucres fermentescibles (glucose, maltose) [30]. Nous remarquons que la durée de germination des céréales utilisées pour la production de cette bière est courte par rapport à celle observée dans la production de certaines bières traditionnelles africaines. Ce processus dure 2 jours comparativement aux 5 à 7 jours nécessaires pour la germination des grains utilisés par exemple dans la fabrication de la bière « kapsiki rouge » [5]. Par ailleurs, le diagramme technologique de la bière « kapsiki blanche » présente des différences au niveau de l'enchaînement des étapes comparativement au processus de production de certaines bières artisanales africaines comme le Amgba du Cameroun [29,31], le Bili-Bili du Tchad et du Cameroun [32], le Dolo du Burkina Faso [33], le Tchapalo de la côte d'ivoire [28].

En effet, nous remarquons que la majeure partie du grain (les cinq sixième du grain total) est utilisée sous une forme de farine grossière non maltée contrairement à la production des bières traditionnelles suscitées où la totalité de la matière première est maltée. De plus, à l'opposé de la technologie utilisée pour la production des bières suscitées, le moût obtenu lors de la production de cette bière est sous forme de « couscous » en lieu et place d'un moût de consistance liquide. Une autre différence majeure repose sur le temps cumulé de cuisson qui est de 3 heures pour cette bière artisanale contre plus de 5 heures pour la plupart des bières traditionnelles ci-dessus mentionnées. Les autres différences significatives entre le procédé de fabrication de la « kapsiki blanche » et ceux des bières artisanales citées plus haut résident non seulement au niveau de l'utilisation du ferment et mais aussi sur la durée de fermentation.

Le diagramme de la **Figure 1** ressort une fermentation « spontanée » qui se déroule sans ajout de ferment exogène et qui dure 2 jours contrairement à un délai plus court, d'environ 24 heures pour les autres bières artisanales [28, 29, 33]. Cette diminution du temps de fermentation des moûts de Dolo, de Tchapalo ou du Amgba serait la résultante de l'utilisation d'un starter pour accélérer le processus.

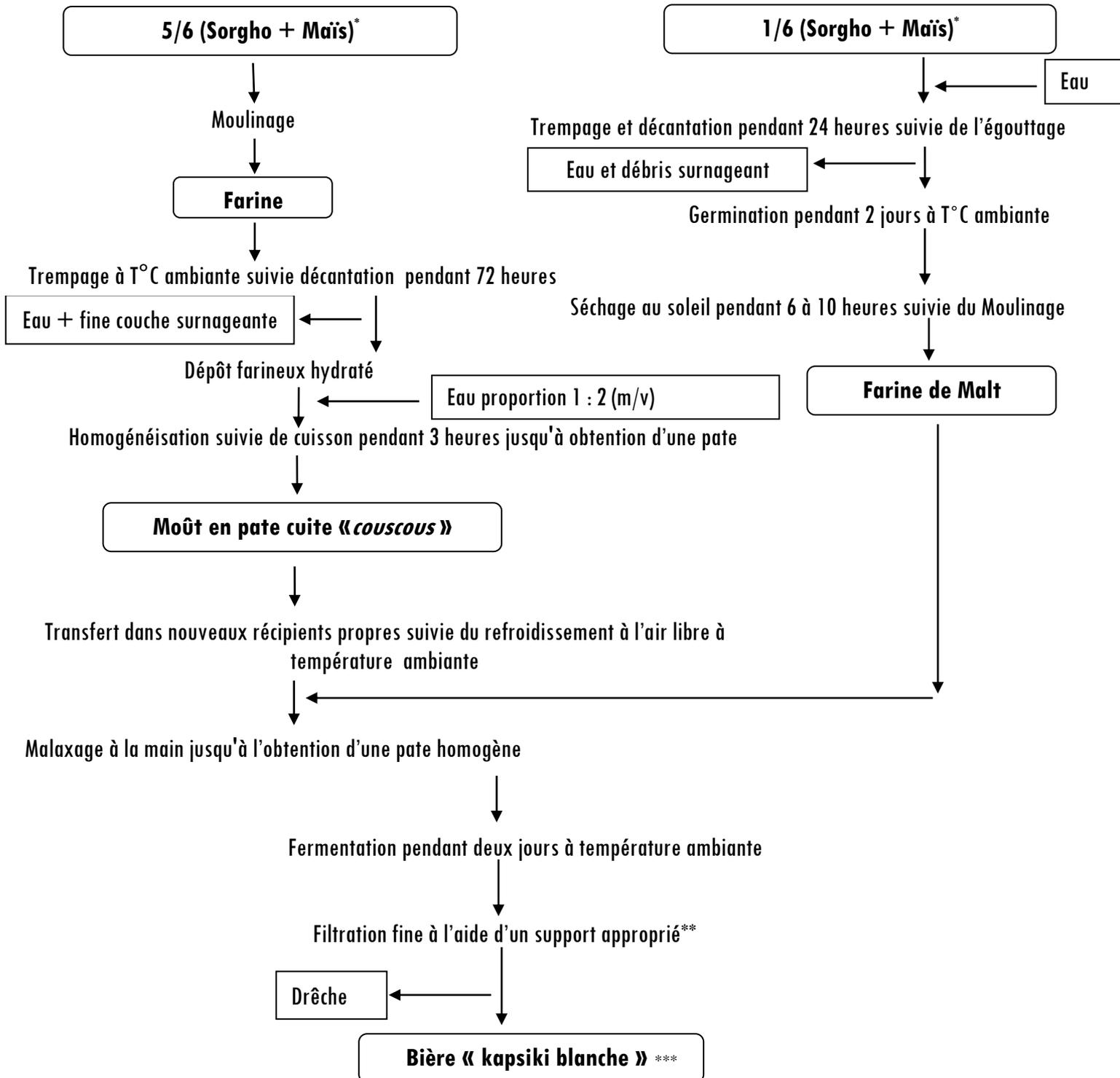


Figure 1 : Flow sheet du procédé de fabrication artisanale de la bière « kapsiki blanche »

* : Proportion variante en fonction des productrices ; ** : Opération parfois facultative ; *** : Boisson parfois consommée avec du piment liquide

3-2. Caractéristiques physico-chimiques de la bière « kapsiki blanche »

Le **Tableau 1** ci-dessous présente le profil physico-chimique des échantillons de « kapsiki blanche » dans les sites de production. Le pH des échantillons de bières analysés varie légèrement d'un site à un autre. Les valeurs enregistrées non significativement différentes au seuil $p < 5 \%$, fluctuent entre $2,77 \pm 0,27$ et $2,81 \pm 0,07$ avec un pH moyen de $2,79 \pm 0,02$. Le faible écart entre les valeurs de pH des échantillons provenant du même site serait le signe d'une homogénéité dans la préparation des bières par les productrices du site. Cette bière « blanche » avec un pH autour de 2,79 est légèrement moins acide que le Amgba pH 2,5 [29] et relativement plus acide que le Tchapalo pH 3,4 [28], le Dolo pH 3,5 [33], le Pito pH 3,66 [34] et le Burukutu pH 3,94 [35] brassés respectivement au Cameroun, en Côte-d'Ivoire, au Burkina-Faso, au Nigeria et au Ghana. De plus, selon [36] cette bière avec un pH inférieur à 4,5 serait de qualité satisfaisante par rapport à ce paramètre.

Tableau 1 : Profil physico-chimique des échantillons de bière « kapsiki blanche »

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	Sites de prélèvement				
	Mogodé	Mokolo	Rhoumsiki	Rhoumzou	Moyennes
pH	$2,79 \pm 0,13^a$	$2,78 \pm 0,12^a$	$2,81 \pm 0,07^a$	$2,77 \pm 0,04^a$	$2,79 \pm 0,02$
Acidité totale (g.L ⁻¹)	$90,8 \pm 8,7^a$	$88,4 \pm 4,8^a$	$91,1 \pm 5,1^a$	$92,3 \pm 3,7^a$	$90,1 \pm 1,5$
Extrait soluble (°P)	$4,31 \pm 0,25^a$	$4,316 \pm 0,260^a$	$4,316 \pm 0,260^a$	$5,84 \pm 1,15^a$	$4,70 \pm 0,76$
Brix (°B)	$4,12 \pm 0,74^a$	$4,67 \pm 0,53^a$	$4,71 \pm 0,57^a$	$5,62 \pm 0,60^a$	$4,78 \pm 0,62$
Titre alcoolique (% vol)	$2,27 \pm 0,41^a$	$2,57 \pm 0,29^a$	$2,59 \pm 0,31^a$	$2,49 \pm 1,21^a$	$2,48 \pm 0,14$
Sucres totaux (g.l ⁻¹)	$50,20 \pm 7,40^a$	$55,70 \pm 5,30^{ab}$	$57,10 \pm 5,70^{ab}$	$65,20 \pm 6,40^b$	$57,00 \pm 6,19$
Conductivité (µS/cm)	$1150,0 \pm 4,08^a$	$1283,77 \pm 8,62^b$	$1516,92 \pm 9,25^c$	$1590,17 \pm 5,02^c$	$1385,21 \pm 204$
Densité spécifique (g/cm ³) à 15°C	$1,017 \pm 0,010^a$	$1,017 \pm 0,010^a$	$1,017 \pm 0,00^a$	$1,026 \pm 0,00^a$	$1,019 \pm 0,00$

Les valeurs moyennes précédées d'au moins une lettre (a, b ou c) commune dans une même ligne ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$) selon ANOVA et le test de comparaison multiple de Tukey.

L'acidité totale relativement importante varie de façon non significative entre $88,4 \pm 4,8$ g/L et $92,3 \pm 3,7$ g/L. Ces résultats se rapprochent légèrement de ceux obtenus par [37] sur la bière de plantain (environ 150 g/L). L'extrait sec réfractométrique oscillent de $4,31 \pm 0,25^{\circ}P$ à $5,84 \pm 1,15^{\circ}P$ avec des équivalents respectifs en Brix de $4,12 \pm 0,74^{\circ}B$ et $5,62 \pm 0,6^{\circ}B$. La teneur en sucres totaux de la bière « kapsiki blanche » varie entre $50,2 \pm 7,4$ g/L et $65,2 \pm 6,4$ g/L. Cette teneur en sucres totaux se rapproche de celles obtenues dans certaines bières traditionnelles africaines à base de céréales telles que le Burukutu (58,3 g/L) [35] et le Amgba (61,0 g/L) [31]. La teneur en alcool dont la moyenne est équivalente à $2,48 \pm 0,14 \%$ (v/v) fluctue entre $2,27 \pm 0,41 \%$ et $2,59 \pm 0,31 \%$ (v/v). On notera que la « kapsiki blanche » a un taux d'alcool qui se rapproche de celui du Munkoyo (2,1 %), une bière traditionnelle à base de maïs brassée en République Démocratique du Congo (RDC) et en Zambie [38] et de celui du Dolo (2,3 %), un breuvage à base de sorgho brassé au Burkina-Faso [33].

Toutefois, cette teneur en alcool est moins importante que celles rapportées pour certaines bières artisanales africaines mentionnées plus haut comme le Pito (3,09 %) et le Tchapalo (5,22 %), deux boissons à base de sorgho brassées respectivement au Nigéria et en Côte-d'Ivoire tandis que cette teneur en alcool est largement supérieure à celle du Bushera (0,27 %), une boisson brassée au Kenya [39]. La densité varie non significativement entre $1,017 \pm 0,01$ g/cm et $1,026 \pm 0,00$ g/cm. Ces valeurs sont relativement similaires à celle obtenue par [28] avec la bière artisanale Tchapalo (1,01g/cm). Enfin, les échantillons de bière « kapsiki blanche » ont une conductivité qui varie significativement de $1150,0 \pm 4,08$ à $1590,17 \pm 5,02$ μ S/cm. La conductivité est un paramètre qui permet d'évaluer la teneur en électrolytes de la bière, cas de certains ions minéraux comme le Ca^{2+} et le Fe^{2+} . Par conséquent, à lumière de l'importance relative de ce paramètre, il serait fort possible que la bière « kapsiki blanche » soit riche en électrolytes essentiels pour le bon fonctionnement de l'organisme. En effet, il a été prouvé que les boissons fermentées artisanales africaines à base de céréales sont des sources de minéraux tels que le fer, le manganèse, magnésium, phosphore, calcium, potassium et cuivre [40]. Les analyses statistiques effectuées sur la composition physico-chimique de bières « kapsiki blanche » montrent de façon générale qu'il n'y a pas de différence significative entre les échantillons des différents sites. En effet, les paramètres physico-chimiques de cette bière sont sensiblement les mêmes d'un site à un autre. Malgré une différence au niveau du procédé de fabrication, les résultats obtenus avec cette bière sont similaires à ceux de [41] qui ont montrés une constance dans les propriétés physico-chimiques du Tchapalo prélevé dans neuf sites différents dans la ville d'Abidjan. A première vue, cette régularité paraît surprenante puisque la production artisanale de la bière « kapsiki blanche », est faite sans appareil de mesure et de précision. Les opérations se faisant par simple appréciation visuelle et sensorielle [28]. Cette invariabilité apparente pourrait s'expliquer par le fait que la fabrication étant empirique, les brasseuses ont gardé les mêmes réflexes et les habitudes. Ce qui leur permet d'obtenir des produits finis plus ou moins identiques. Cependant, les fluctuations observées entre les sites, peuvent avoir une incidence notable sur le plan hygiénique.

3-3. Caractéristiques microbiologiques de la bière « kapsiki blanche »

Le profil microbiologique des échantillons de bière « kapsiki blanche » est récapitulé dans le **Tableau 2** ci-dessous. La flore bactérienne totale évaluée varie entre les valeurs minimale de $(1,2 \pm 0,2)10^6$ UFC/mL et maximale de $(4,5 \pm 0,5)10^8$ UFC/mL à Mokolo. Cette différence significativement importante entre la flore bactérienne totale du site de Mokolo (zone urbaine) et celles des sites en zone rurale serait due à la maîtrise des certaines opérations cruciales au cours de la production de la bière « kapsiki blanche ». En effet, une mauvaise germination peut probablement entraîner un malt fortement contaminé qui pourrait conditionner la qualité hygiénique de la bière. Ainsi, en zone rurale, il serait probable que la fabrication de la bière soit réalisée par des productrices très expérimentées, soucieuses de la qualité du produit final contrairement en zone urbaine où la production de la bière est expéditive et obéi à des critères qui optimisent le bénéfice tout en minimisant les coûts. La flore fongique varie de $(2,2 \pm 0,5)10^5$ UFC/mL à $(4,3 \pm 0,4)10^5$ UFC/mL dans le site de Rhoumsiki. L'analyse des résultats montre que les échantillons de bière en provenance des différents sites sont nettement au-dessus du seuil d'insécurité ($< 10^5$ UFC/mL). L'analyse de résultats de la colimétrie révèle une contamination à des degrés variable. La charge des échantillons en coliformes totaux varie entre $(1,1 \pm 0,1)10^3$ UFC/mL et $(2,4 \pm 0,1)10^4$ UFC/mL à Rhoumzou. Excepté les échantillons de Mokolo, tous les autres ont des valeurs très au-dessus du seuil d'insécurité ($< 10^3$ UFC/mL). Les coliformes thermo tolérants oscillent entre $(1,0 \pm 0,2)10^2$ UFC/mL et $(6,1 \pm 0,3)10^2$ UFC/mL à Mokolo et Rhoumzou respectivement. Les résultats de la colimétrie militeraient pour une mauvaise qualité hygiénique des échantillons de bière « kapsiki blanche » en provenance des trois sites ruraux (Mogodé, Rhoumsiki, Rhoumzou) contrairement à ceux du site urbain (Mokolo).

Les streptocoques « fécaux » oscillent entre de $(2,7 \pm 0,8)10^4$ UFC/mL et $(3,6 \pm 0,1)10^4$ UFC/mL à Rhoumzou. A l'exception des échantillons de Mokolo où les streptocoques ne sont pas détectés, tous les échantillons en provenance des sites en zone rurale présentent des charges très au-dessus du seuil autorisé dans les boissons ($< 10^3$ UFC/mL). La charge en *Clostridia* sulfito-réducteurs des échantillons varie entre $(3,1 \pm 0,2)10^2$ UFC/mL et $(4,0 \pm 0,8)10^2$ UFC/mL à Rhoumzou. L'abondance des quatre dernières flores permet d'affirmer que la contamination des échantillons de bière « kapsiki blanche » en provenance de Mogodé, Rhoumsiki et Rhoumzou (sites ruraux) serait une contamination fécale, d'origine humaine ou animale [15]. Par ailleurs, la présence des streptocoques « fécaux » indique généralement une contamination fécale récente [43]. De plus, la présence des pathogènes comme les *Clostridia* sulfito-réducteurs dans les échantillons ressort un danger sur le plan sanitaire de la bière « kapsiki blanche ». En effet, selon [15], lorsque les *Clostridia* sulfito-réducteurs sont présents dans une boisson, il y'aurait présomption de la présence de *Clostridium perfringens*, germe impliqué dans les intoxications alimentaires.

Tableau 2 : Profil microbiologique de la bière « kapsiki blanche »

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	Sites de prélèvement				Normes (AFNOR)
	Mogodé	Mokolo	Rhoumsiki	Rhoumzou	
Flore totale (UFC/mL)	$(2,3 \pm 0,8) 10^6$ a	$(4,5 \pm 0,5) 10^8$ b	$(3,4 \pm 0,5) 10^6$ a	$(1,2 \pm 0,2) 10^6$ a	$< 10^6$
Coliformes totaux (UFC/mL)	$(1,9 \pm 0,4) 10^4$ a	$(1,1 \pm 0,1) 10^3$ a	$(1,2 \pm 0,8) 10^4$ a	$(2,4 \pm 0,1) 10^4$ a	$< 10^3$
Coliformes thermo tolérants (UFC/mL)	$(4,2 \pm 0,5) 10^2$ b	$(1,0 \pm 0,2) 10^2$ a	$(2,2 \pm 0,4) 10^2$ ab	$(6,1 \pm 0,3) 10^2$ b	$< 10^2$
Streptocoques fécaux (UFC/mL)	$(3,3 \pm 0,7) 10^4$ a	nd	$(2,7 \pm 0,8) 10^4$ a	$(3,6 \pm 0,1) 10^4$ a	$< 10^3$
<i>Salmonella</i> et <i>Shigella</i> (UFC/20g)	$(2,8 \pm 0,4) 10^3$ b	nd	$(1,3 \pm 0,2) 10^3$ b	$(4,1 \pm 0,5) 10^3$ a	Absence/20g
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs (UFC/mL)	$(3,7 \pm 0,3) 10^2$ a	nd	$(3,1 \pm 0,2) 10^2$ a	$(4,0 \pm 0,8) 10^2$ a	NC
Flore fongique totale (UFC/mL)	$(3,2 \pm 0,1) 10^{5a}$	$(3,8 \pm 0,2) 10^{5a}$	$(4,3 \pm 0,4) 10^{5a}$	$(2,2 \pm 0,5) 10^{5b}$	$< 10^5$
Flore sporulée totale (UFC/mL)	$(4,1 \pm 0,6) 10^{3a}$	$(4,5 \pm 0,5) 10^{3a}$	$(3,4 \pm 0,6) 10^{2b}$	$(3,4 \pm 0,6) 10^{2b}$	$< 10^4$

Les valeurs moyennes précédées d'au moins une lettre (a ou b) commune dans une même ligne ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$) selon ANOVA et le test de comparaison multiple HSD de Tukey, nd : non détecté, NC : Non Connu.

Selon plusieurs études sur les bières traditionnelles, les micro-organismes prédominants dans ces boissons sont principalement les bactéries lactiques et les levures [3, 28, 40]. Par conséquent, seule la présence de la flore fongique serait « normale » dans la bière « kapsiki blanche ». Les autres flores provenant de probables contaminations à partir des intrants comme la matière première, l'eau utilisée, ou des conditions peu hygiéniques au cours de la production de la boisson. En effet, les analyses ont montré de façon globale que les échantillons de Mokolo, en zone urbaine sont de loin de meilleure qualité hygiénique comparés à ceux en provenance des trois sites en zone rurale (Mogodé, Rhoumsiki et Rhoumzou). La différence sur la qualité hygiénique des bières dans les deux zones serait probablement liée à la mauvaise qualité de l'eau utilisée (puits, rivière et pluie) au cours de la préparation de cette bière en zone rurale (enquête).

Tandis que dans le site de Mokolo, l'eau est probablement de meilleure qualité à cause de la présence d'un système public d'adduction en eau potable. En effet, selon l'auteur [43], l'eau utilisée au cours de la production des boissons artisanales est généralement incriminée comme la principale source de contamination. De plus, l'absence de pasteurisation expliquerait aussi en partie la mauvaise qualité hygiénique de cette bière. En effet, nous constatons à la lumière du procédé de fabrication ci-dessus présenté que la bière produite est prête à consommer sans nécessiter une étape préalable de pasteurisation. Cette absence de pasteurisation, commune à la plupart des bières artisanales entraînerait une instabilité de ces bières sur le plan microbiologique. La flore sporulée présente des valeurs minimale et maximale respectives de $(3,4 \pm 0,6) 10^2$ UFC/mL et $(4,1 \pm 0,6) 10^3$ UFC/mL. La présence de cette flore dans la « kapsiki blanche » serait due aux résistances extraordinaires des spores bactériennes [42] mais aussi par leur capacité à moduler certaines de leur résistance comme celle face aux acides (acido-résistance) au cours du phénomène d'acido-résistance bactérienne thermo-induite [24]. Les auteurs [24] ont montré que le prétraitement des spores de bactéries à des températures comprises entre 45°C et 60°C induisait une augmentation de leur survie dans de l'acide acétique à pH 4,5 [24].

Durant la production des bières traditionnelles à l'instar de la « kapsiki blanche », les bactéries pathogènes pourraient être exposées en amont à une série de stress thermiques au cours de la germination et du séchage de la matière première, pendant la cuisson, la fermentation du moût et même durant la conservation. Excepté pendant la cuisson, ces températures généralement en dessous de l'optimum, sont considérées comme sublétales pour certaines bactéries. Dans certaines conditions, ces températures pourraient entraîner une hausse substantielle des résistances de certaines bactéries contenues dans la boisson. En effet, [44] ont montré que la survie des souches de *E. coli* prétraitées à 48°C pendant 10 minutes étaient significativement plus importante comparativement à celle des souches non prétraitées dans un milieu minimum glucosé à pH 2,5. Dans la même lancée, les auteurs [45] ont montré que la survie dans du jus de pommes à pH 3 des cellules en phase stationnaire de *Salmonella* serovar Typhimurium prétraitées à 4°C pendant 2 heures était plus importante que celle des cellules non prétraitées. Ainsi, il apparaîtrait que la persistance des coliformes et des autres flores comme *Clostridium*, *Salmonella* et *Shigella* dans la bière « kapsiki blanche » malgré son pH très acide (pH 2,79) et son acidité totale relativement importante pourrait aussi s'expliquer par un mécanisme d'adaptation qui impliquerait une acido-résistance bactérienne thermo-induite.

4. Conclusion

Cette étude a montré que le procédé de fabrication de la bière « kapsiki blanche » demeure encore artisanale et est utilisé de façon empirique par les brasseuses. De plus, nous avons noté que la production de cette bière se déroule sans ajout d'un ferment exogène particulier. La caractérisation de cette bière a ressorti des paramètres physico-chimiques statistiquement constants indiquant une qualité des bières produites et une maîtrise de la technologie par les brasseuses. La « kapsiki blanche » produite à un pH d'environ 2,79 avec une teneur en alcool variant de 2,27 à 2,59 % (v/v). Toutefois, la « kapsiki blanche » contient des microorganismes comme les coliformes, les streptocoques « fécaux », les Salmonelles et Shigelles qui pourraient non seulement altérer sa qualité pendant la conservation mais aussi avoir une incidence sur la santé des consommateurs. Par conséquent, malgré l'avancé des connaissances sur certaines caractéristiques de cette bière, il apparaît nécessaire d'intégrer dans les études ultérieures une approche d'analyse des risques et de maîtrise de points critiques (HACCP) afin d'assurer la production d'une « kapsiki blanche » de bonne qualité hygiénique. Mais aussi de proposer à long terme une meilleure technologie de fabrication, sans toutefois changer de façon significative les méthodes utilisées par les brasseuses.

Références

- [1] - F.A.O, in "L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde en 2014 " Ed Food and Agriculture Organization of United Nation, Rome, (2014).
- [2] - E. DAHOUEON-AHOUSSE, R. G. DEGNON, E. S. ADJOU and D. C SOHOUNHLOUE, *Journal of Applied Biosciences*, 51 (2012) 3596-3607.
- [3] - S. AKA, G. KONAN, G. FOKOU, K. M. DJE and B. BONFOH, *American Journal of Research Communication*, 2(5) (2014)103-153.
- [4] - C. M. KALUI, J. M. MATHARA and P. M. KUTIMA, *African Journal of Biotechnology*, 9(17) (2010) 2490-2498.
- [5] - J. R. BAYOÏ, D. R. DJOULDE, D. ABOUBAKAR, J. J. ESSIA-NGANG and F-X. ETOA, *British Biotechnology Journal*, 9(1) (2015) 1-11.
- [6] - E. NWACHUKWU, O.K. ACHI, and I.O. IJEOMA, *African Journal of Food Science and Technology*, 1(2) (2010) 21-26.
- [7] - W. E. A. VAN BEEK, in "Kapsiki beer dynamics" Ed. MEGA-TCHAD, (2014) 1-6.
- [8] - J. KOULANDI, in "Le bili-bili et la « libération » de la femme tupuri (idées et réflexions pour un débat constructif sur l'avenir de la communauté tupuri du Tchad et du Cameroun)" Editions et Média ed. Guider, Ka'arang (1999).
- [9] - S. A. ODUNFA, *Microbiology of fermented foods*, Elsevier Applied Science Publishers, 2 (1985) 155-191.
- [10] - J. SCHENSUL and M. LECOMPTE, in "Ethnographer's Toolkit" Walnut Creek, CA: Altamira Press, (1999).
- [11] - K. KUMAR, in "Conducting focus group interviews in developing countries" A.I.D. Program Design and Evaluation Methodology Report No. 8. Washington, D.C, U.S. Agency for International Development, (1987).
- [12] - N. ROBINSON, *Journal of Advanced Nursing*, 29(4) (1999) 905-913.
- [13] - O.I.V., in "Méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts". Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts, Ed., 1 et 2. France, Paris, (2015).
- [14] - AOAC, in "Official methods of analysis", 17th edition Arlington Washington D.C. (2008) 882-883.
- [15] - J. P. GIRAUD, in "Microbiologie alimentaire", Ed. Dunod, France, Paris, (2003).
- [16] - M. A. JOSLYN, in "Methods in Food Analysis. Physical, Chemical, and Instrumental Methods of Analysis", Ed: Joslyn, MA, (1970) 239-266.
- [17] - M. W. LOYER and M. A. HAMILTON, *Biometrics*, (1984) 907-916.
- [18] - L. B. SMITH, T. L. FOX and F. F. BUSTA, *Journal of Food Protection*, 48(12) (1985) 1044-1045.
- [19] - B. JARVIS, *Journal of Applied Microbiology*, 36(4) (1973) 723-727.
- [20] - R. M. BAIRD and W. H. LEE, *Progress in industrial microbiology*, 34 (1995) 77-87.
- [21] - J. C. DE MAN, *European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, 1(1) (1975) 67-78.
- [22] - E. M. RIBOT, M. A. FAIR, R. GAUTOM, D. N. CAMERON, S. B. HUNTER, B. SWAMINATHAN and T. J. BARRETT, *Foodborne Pathogens and Disease*, 3(1) (2006) 59-67.
- [23] - D. A. A. MOSSEL, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(12) (1959) 662-669.
- [24] - J. R. BAYOÏ, D. R. DJOULDE, P. B. KAMGA, M. NYEGUE, O. VOUNDI, D. BAKARY and F-X ETOA, *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 10(2) (2014) 570-575.
- [25] - D. C. MONTGOMERY, G. C. RUNGER and N. F. HUBELE, in "Engineering statistics" Ed. John Wiley & Sons, (2009).
- [26] - M. GAUTHIER, in "Statistique: Revue des mathématiques de l'enseignement supérieur", Ed. Vuibert, Belgique, Tournai, (2000).
- [27] - N. E. ASSIDJO, N. D. AMANE, M. A. GBONGUE and K. B. P. CARDOT, *Agronomie Africaine*, 17(2) (2005) 143-152.

- [28] - S. AKA, N. D. T. DJENI and K. F. N'GUESSAN, *Afrique Science*, 04(2) (2008) 274-286.
- [29] - D. R. DJOULDE, V. LENDZEMO, J. J. ESSIA NGANG and F-X. ETOA, *Journal of Brewing and Distilling*, 4(1) (2013) 11-18.
- [30] - A. O. MAKOKHA, R. ONIANG'O, S. M. NJOROGÉ and P. K. KINYANJUI, *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 2(2) (2002) 59-66.
- [31] - S. CHEVASSUS-AGNES, J.C. FAVIER and A.J. ORSTOM, *Cahier de Nutrition et de Diététique*, 11(2) (1976) 89-104.
- [32] - N. MAOURA, M. MBAIGUINAM et C. GAILLARDIN, *Afrique Science*, 2(1) (2006) 69-82.
- [33] - F. M. ABDOUL-LATIF, I. H. N. BASSOLÉ, and M. H. DICKO, *African Journal of Biotechnology*, 12(13) (2013) 1517-1522.
- [34] - I. F. FADAHUNSI, S. T. OGUNBANWO and A. O. FAWOLE, *Natural Science*, 11(4) (2013) 98-103.
- [35] - V. C. EZE, O. I. ELEKE and Y. S. OMEH, *American Journal of Food and Nutrition*, 1(3) (2011) 141-146.
- [36] - CODEX STAN 247, in "*Norme générale codex pour les jus et les nectars de fruits*", (2005) 1-19.
- [37] - D. A. OUREGA, L. BAN, K. KOUADIO, F. N. GUESSAN, G. J. NEMLIN et K. TANO, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10(2) (2015) 666-677.
- [38] - C. E. A. LOVELACE, in "*Handbook of indigenous fermented foods*" Ed. Steinkraus K.H., Marcel Dekker, USA, New York, (1977) 371-373.
- [39] - C. M. MUYANJA, J. A. NARVHUS, J. TREIMO and T. LANGSRUD, *International Journal of Food Microbiology*, 80(3) (2003) 201-210.
- [40] - F. LYUMUGABE, J. GROS, J. NZUNGIZE, E. BAJYANA and P. P. THONART, *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16(4) (2012) 509-530.
- [41] - A. K. YAO, G. KADIO, A. COULYBALY and G. Z. AGBO, in "*Processing and industrial utilization of sorghum and related cereals in Africa*" Burkina Faso, Ouagadougou, (1995) 55-60.
- [42] - P. SETLOW, *Journal of Applied Microbiology*, 101 (2006) 514-525.
- [43] - R. O. RISIQUAT, *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 17(1) (2013) 113-117.
- [44] - G. WANG and M. P. DOYLE, *Letters in Applied Microbiology*, 26 (1998) 31-34.
- [45] - P. V. GAWANDE and A. A. BHAGWAT, *Journal of Applied Microbiology*, 93 (2002) 689-696.