



Stabilisation de la bière produite à partir de matières amylacées locales (*Sorghum bicolor* et *Musa acuminata*) par adjonction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus*

Edwige Dahouenon-Ahoussi ; René G. Degnon ; Euloge S. Adjou ; Dominique C.K. Sohounhloue

Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée. Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 01 BP : 2009 Cotonou, Rép. Du Bénin.

Adresse pour correspondance : ablawad2000@yahoo.fr

Originally Submitted on 9th December 2011. Published online at www.m.elewa.org on March 29, 2012.

Résumé

Objectif : La présente étude vise la valorisation des agro ressources et la réduction des pertes post-récoltes à travers l'amélioration de la technologie de fabrication la bière par utilisation de matières premières amylacées locales (*Sorghum bicolor* et *Musa acuminata*) et sa stabilisation par utilisation de l'huile essentielle de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*).

Méthodologie et Résultats: Deux diagrammes technologiques ont été élaborés. Il s'agit de la production par fermentation contrôlée à la température de 12°C et la production par fermentation à la température de 25°C. Les paramètres de production ont été évalués. Les qualités microbiologique, physico-chimique et sensorielle ainsi que des essais de stabilisation de la boisson par adjonction d'huile essentielle ont été investigués. Des résultats obtenus il ressort que la fermentation à 25°C entraîne une diminution considérable du pH et de la densité, avec une augmentation du taux d'alcool qui atteint 4,86 % après 7 jours de fermentation. Cependant, à 12°C, le pH du moût varie sensiblement avec un taux d'alcool de 3,37 %. Le produit fini (Bière) conserve une couleur brune, une qualité nutritionnelle appréciable et les essais de conservation ont montré une stabilisation de cette bière à température ambiante avec l'adjonction de l'huile essentielle de Citronnelle à une concentration de 1ml/L. Les analyses microbiologiques ne révèlent pas la présence de germes d'altération de la qualité marchande ni de germes pathogènes dans ces boissons stabilisées.

Conclusion et application : Les matières premières amylacées locales comme le sorgho et la banane peuvent être associées pour la fabrication de la bière en vue d'une fermentation combinée d'hydrates de carbones distincts pour la production de métabolites secondaires importants. L'huile essentielle de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*) est efficace dans la stabilisation de cette bière contre les effets d'altération dus à la poursuite de la fermentation.

Mots clés : sorgho, banane, fermentation, huile essentielle, bière, Bénin

Stabilization of beer produced with amylaceous local raw materials (*Sorghum bicolor* and *Musa acuminata*) by using essential oil from *Cymbopogon citratus*

Abstract

Objectives: This study focused on the valorization of agriculture resources and the reduction of post-harvest lost in the improvement of the manufacturing technology of beer by using raw materials from local

origin such as sorghum and banana and its stabilization during storage by addition of essential oil from *Cymbopogon citratus*.

Methods and Results: Two technological processes were developed. There are the production by the controlled fermentation at a temperature of 12 °C and the production at 25 °C. Production parameters and stabilization assays by using essential oil from *Cymbopogon citratus* were investigated. Results showed that the fermentation at 25 °C caused a considerable decrease in the pH and density, with increased rates of alcohol that reaches 4.86% vol. after 7 days of fermentation. However, at 12 °C, the pH changes very little with an alcohol content of 3.37% vol. The finished product (beer) retains a brown color, a significant nutritional quality and flavor characteristic of the fruit and the stabilization tests indicated that beers could be stored at room temperature using essential oil of *Cymbopogon citratus* at 1ml/L concentration. The microbiological analysis didn't indicate the presence of pathogens.

Conclusion and application: The coupled use of amylaceous local raw materials such as sorghum and banana improve the quality of beer in carbon hydrate and nutrients. Fermentation temperature should be controlled in other to ensure the quality of Beer. The use of essential oil from *Cymbopogon citratus* is effective in the stabilization of beers.

Key words: sorghum, banana, fermentation, essential oil, beer, Benin.

INTRODUCTION

La faim et la malnutrition demeurent un fléau dans le monde et touchent près de huit cent millions de personnes dont la majorité se trouve dans les pays en développement où la notion de sécurité alimentaire reste un luxe (FAO, 1997). Pour contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire, on devrait accroître la production agricole et valoriser les produits locaux grâce à l'utilisation judicieuse des connaissances techniques. L'Homme utilise depuis des millénaires la fermentation pour obtenir des aliments de valeur nutritive améliorée (Holzapfel, 2002; Motarjemi, 2002). En Afrique, certaines céréales telles que le sorgho, le maïs et le mil sont souvent transformées en boisson dont la fabrication comprend une étape essentielle de fermentation alcoolique (Assiedu, 1991 ; Kühle *et al.*, 2001 ; Naumova *et al.*, 2003). Ces boissons jouent un rôle parfois central dans les cultures des peuples. En effet, souvent attachées aux traditions d'hospitalité et de convivialité, elles font partie du savoir-vivre de la plupart des familles et servent à sceller des relations entre les individus (Derache, 1989). Au Bénin et à l'instar des autres pays de la sous-région, le sorgho est généralement transformé en une bière traditionnelle appelée « tchapalo ». Initialement produit dans le Nord du pays, cette boisson s'est implantée progressivement dans toute la capitale économique où elle connaît un

essor remarquable (Yao *et al.*, 1995 ; N'Da et Coulibaly, 1996). Dans son processus technologique empirique intervient une double fermentation : une fermentation alcoolique à laquelle s'associe une fermentation lactique naturelle (Valyasevi and Rolle, 2002). Au fil du temps, les conditions de fabrication n'ont pas évolué. Le séchage des grains de sorgho germés se fait toujours en plein air, en bordure des voies. De plus, le processus de production souffre d'un manque crucial d'instrument de mesure de précision, de bonnes pratiques d'hygiène et les moûts sucrés successifs sont inoculés avec le ferment issu de fermentations précédentes, sans qu'on connaisse bien la nature réelle de ce ferment (Yao *et al.*, 1995 ; N'Da et Coulibaly, 1996). Les bananes (*Musa acuminata*) sont aussi des sources d'hydrates de carbone directement assimilable et de plus en plus utilisées dans la production de boissons locale (Nago *et al.*, 1998). Les bières ainsi obtenues sont instables à cause de la poursuite de la fermentation. Elles ne peuvent alors qu'être conservées au frais afin de réduire la prolifération microbienne. Plusieurs études ont montrées l'efficacité des huiles essentielles de Citronelle (*Cymbopogon citratus*) dans la conservation des denrées alimentaires. Ainsi, la présente étude vise d'une part la combinaison des différents nutriments spécifiques

allant dans le sens d'une fermentation combinée d'hydrates de carbones distincts pour la production de métabolites secondaires importants dans une

bière stabilisée et d'autre part la stabilisation de cette bière par utilisation de l'huile essentielle de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*).

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal : Le matériel végétal utilisé est constitué des grains de sorgho de variété brun foncé (*Sorghum bicolor*) et des grappes de bananes plantains (*Musa acuminata*) mûres. Ces matières premières sont collectées dans les marchés locaux au sud du Bénin. L'huile essentielle de Citronnelle est obtenue par hydrodistillation grâce à un appareil d'hydrodistillation de type Clevenger (Lamaty et al., 1987), à partir de feuilles fraîches de *Cymbopogon citratus* collectées à Abomey-calavi (sol argileux) et identifiées à l'Herbier National du Bénin.

Matériel biologique : Le matériel biologique est constitué des levures de bière (*Saccharomyces cerevisiae*) lyophilisées commercialisées par la Société DSM Food France.

Dispositif expérimental : Le dispositif expérimental utilisé est présenté au niveau de la figure 2. Cette technologie expérimentale vise essentiellement l'amélioration de la technologie empirique de production de la bière de Sorgho (figure 1) décrite comme suit : les grains de sorgho sont trempés dans l'eau pendant 7 à 10 heures, germés pendant trois jours et séchés. Le malt ainsi obtenu est moulu pour donner la farine, puis empâté. Le dépôt est précuit pendant 2 à 2 h 30 min, le moût obtenu après mélange du surnageant et du dépôt précuit est laissé reposer pendant 9 à 12 h au cours desquelles il se produit une fermentation lactique naturelle. Après filtration, le filtrat aigre ou moût aigre subit une cuisson durant 5 à 6 h pour donner le moût sucré qui est par la suite refroidi etensemencé avec un ferment traditionnel. Après une fermentation alcoolique qui dure 9 à 12 h, on obtient le produit fini. Dans cette étude, la germination s'est déroulée à température ambiante et à l'abri des rayons solaires pendant 72 heures avec un arrosage rotatif par intervalle de 12 heures. Le séchage a été réalisé en milieu contrôlé afin d'éviter les contaminations croisées. Le moût obtenu a étéensemencé avec la levure de bière (*Saccharomyces cerevisiae*) à raison de 0,5 g par litre de moût (Ballogoun, 2006). Deux types de fermentation alcoolique ont été effectués : une fermentation à 25°C assimilable à une fermentation à température ambiante et une fermentation contrôlée à une température de 12°C. Les paramètres de suivi de

fermentations. Les qualités physico-chimiques, microbiologiques et nutritionnelles des bières produites sont également déterminées. L'efficacité de l'huile essentielle de citronnelle dans la stabilisation de la bière en vue de sa conservation à température ambiante a été investiguée. Des quantités d'huile essentielle avec un ratio de 0,5 /1000 et 1 /1000 (v/v) ont été ajoutées à des échantillons de bières produites. Ces échantillons ont été incubés à température ambiante et des analyses (physico-chimiques et microbiologiques) périodiques ont été effectuées. Des essais témoins (sans adjonction d'huile essentielle) ont été aussi réalisés.

Rendement de production : Le rendement de la production a été déterminé par le rapport de masse entre la quantité de moûts obtenus et la quantité de matière première utilisée selon la formule ci-dessous.

$$R_p = \frac{M_m}{M_p}$$

***R_p* :** Rendement de production (%)

***M_m* :** Masse du moût obtenu (g)

***M_p* :** Masse de matière première utilisée (g)

Analyses physico-chimiques : Afin de suivre l'évolution de la fermentation, certains paramètres tels que le pH, la densité et le taux d'alcool dans les moûts ont été déterminés tout au long du processus. La détermination de la teneur en solide total soluble (°Brix) et du pH sont effectuées par une lecture directe à l'aide réfractomètre et d'un pH-mètre de type Shott Gerate CG.820 respectivement. La densité a été déterminée par le rapport de la masse volumique de l'échantillon sur celle de l'eau (Aka et al., 2008). La teneur en alcool a été déterminée par distillation (AOAC, 2008). La teneurs en sucres totaux est déterminée selon la méthode de Ezoua et al., (1999). La concentration en vitamine C a été déterminée selon la méthode de Tomohiro (1990). La teneur en protéine a été déterminée par le dosage de l'azote total selon la méthode de Kjeldahl après minéralisation sulfurique en présence de catalyseur au sélénium, avec un coefficient de conversion de l'azote en protides de 6,25.

La teneur en matière sèche est déterminée par dessiccation à l'étuve à 105 °C (AOAC, 2008).

Appréciation de la qualité hygiénique des bières obtenues : Des études microbiologiques ont été réalisées sur les différents échantillons de boisson après l'opération de pasteurisation qui vise l'arrêt de la fermentation, indispensable dans la stabilisation de la bière produite. Toutes les manipulations ont été réalisées dans des conditions d'asepsie totale. Les méthodes standard d'analyses microbiologiques ont été utilisées (AFNOR). Les paramètres évalués sont : flore mésophile totale à 30°C (germes totaux ; NF V08-051), *Staphylococcus aureus* à 37°C (NF ISO 6888-1) ; levures et moisissures (ISO 7954). Cette évaluation a été réalisée en utilisant comme supports, les techniques standards d'analyses rapportées par Joffin et Joffin (2003). Les milieux de cultures et réactifs utilisés proviennent des Laboratoires BioMérieux et Diagnostics Pasteur. L'interprétation des résultats a été faite suivant un plan à deux classes en référence aux critères microbiologiques pour les produits végétaux et dérivés (guide législatif et réglementaire français, N°8155 du 12 décembre 2000), fixant le seuil de tolérance à $M = 10^2$ UFC/g ou /ml pour *S. aureus*.

Numération de la flore aérobie mésophile totale : Elle a été réalisée par un ensemencement dans la masse de 1 ml de chaque échantillon de boisson et de ses dilutions décimales en duplicata avec la Gélose Plate Count Agar (PCA) en surfusion. L'incubation a été effectuée à 30°C pendant 48h ; puis le dénombrement et la moyenne des germes en Unité Formant Colonie (UFC)/ml d'échantillon de boisson analysée ont été faits (NF V08-051).

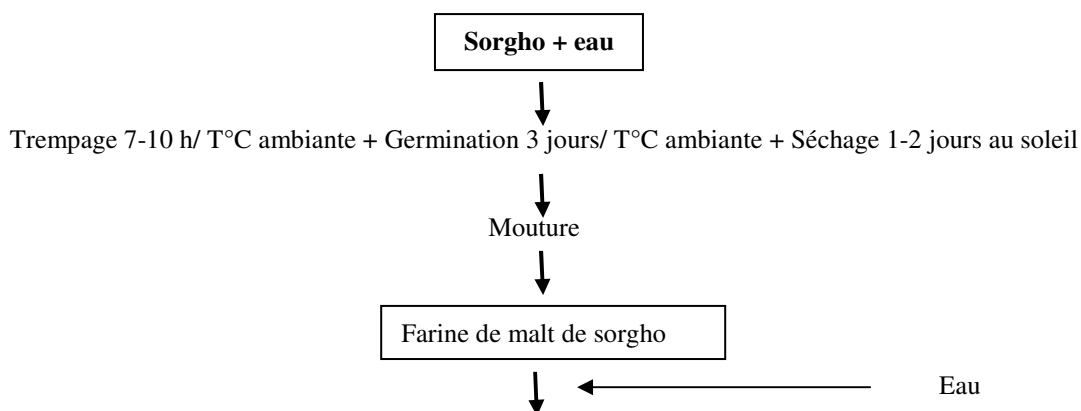
Recherche et dénombrement des Staphylocoques : La technique d'étalement en surface de 0,1ml d'inoculum (échantillon et dilutions décimales) sur le milieu Baird Parker complet réalisée en duplicata a été utilisée. L'incubation des milieux ensemencés a été

faite à 37°C/48H. Les colonies caractéristiques noires brillantes entourées d'halo clair ont été dénombrées ; puis repiquées sur Chapman suivis de coloration de Gram. Parallèlement d'autres colonies ont été triturées dans 5mL de Bouillon Coeur Cerveau (BCC) et incubées à 37°C/24heures pour le test de la coagulase. La réalisation du test a consisté au mélange dans un rapport de 1/3 respectivement pour le BCC ensemencé et le sérum de lapin, le tout a été incubé à 37°C/6heures; la première lecture a été faite 3heures après. Les tubes positifs correspondent à une prise en masse du contenu (NF EN ISO 6888-1)

Numération des levures et moisissures : Des aliquotes de 0,1ml des bières produites et de ses dilutions décimales ont été ensemencées en surface sur la gélose Sabouraud au Chloramphénicol, initialement préparée et coulée dans des boîtes de pétrie de 9cm de diamètre. Le dénombrement des colonies blanches ou colorées, lisses et crémeuses de levures et des moisissures sous forme poudreuses a été effectué après 5 jours d'incubation à 25°C selon la norme ISO 7954.

Analyse sensorielle : L'appréciation des caractères sensoriels des différentes bières a été réalisée par la méthode NF V09-002 (AFNOR, 1995), à partir d'une fiche technique préétablie et un jury constitué de dix testeurs sélectionner selon leur aptitude à déterminer les goûts sucré, amer et acide les couleurs et les arômes.

Analyses statistiques : L'analyse des données a été réalisée avec la méthode ANOVA à un et deux facteurs (s) à l'aide du logiciel STATISTICA (Stat., Soft, Inc, 1995). Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0,05$) sont considérées comme significatives. Quand la probabilité est supérieure à 0,05 ($P > 0,05$) les différences statistiques ne sont pas significatives.



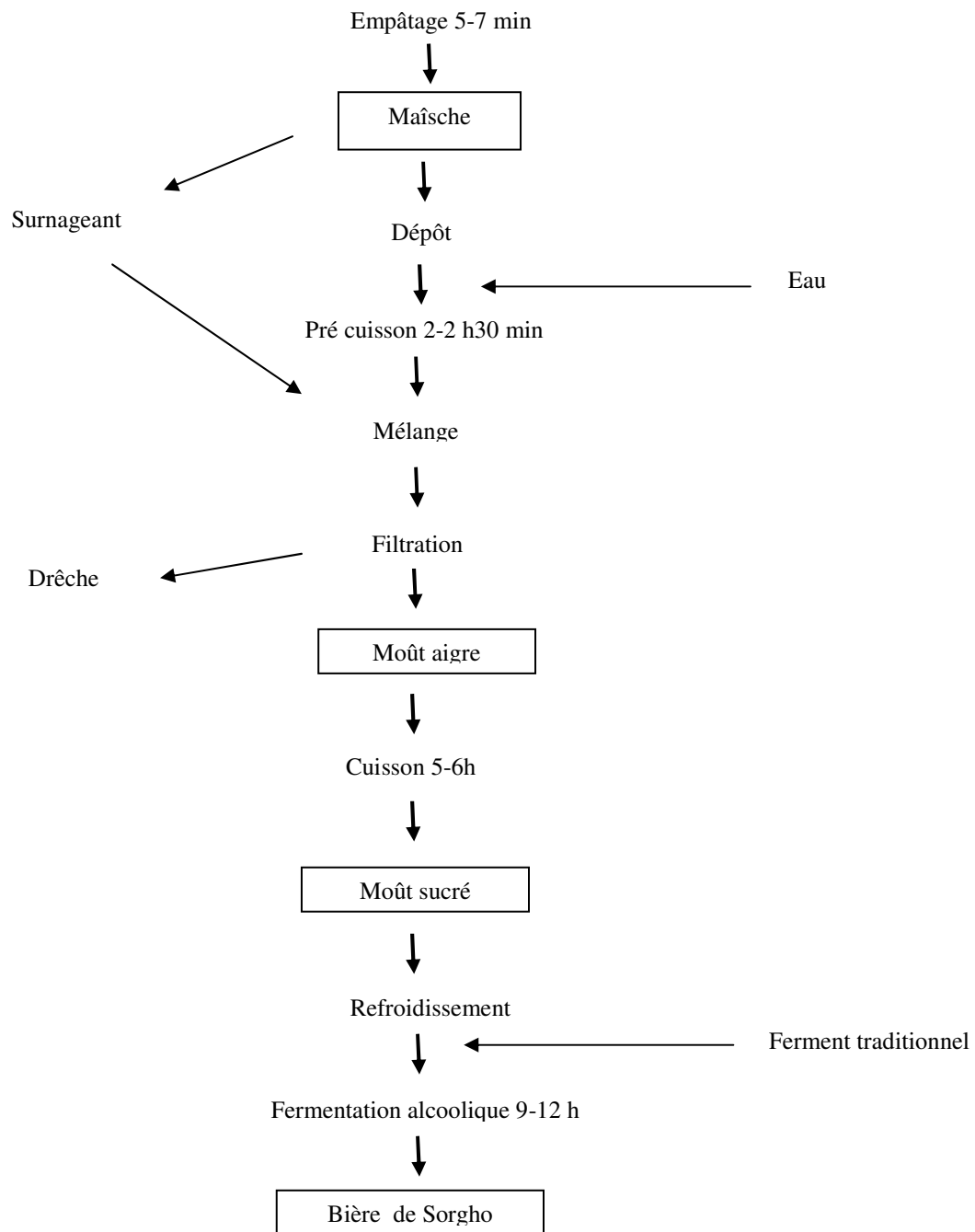


Figure 1 : Processus empirique de production de la bière de Sorgho

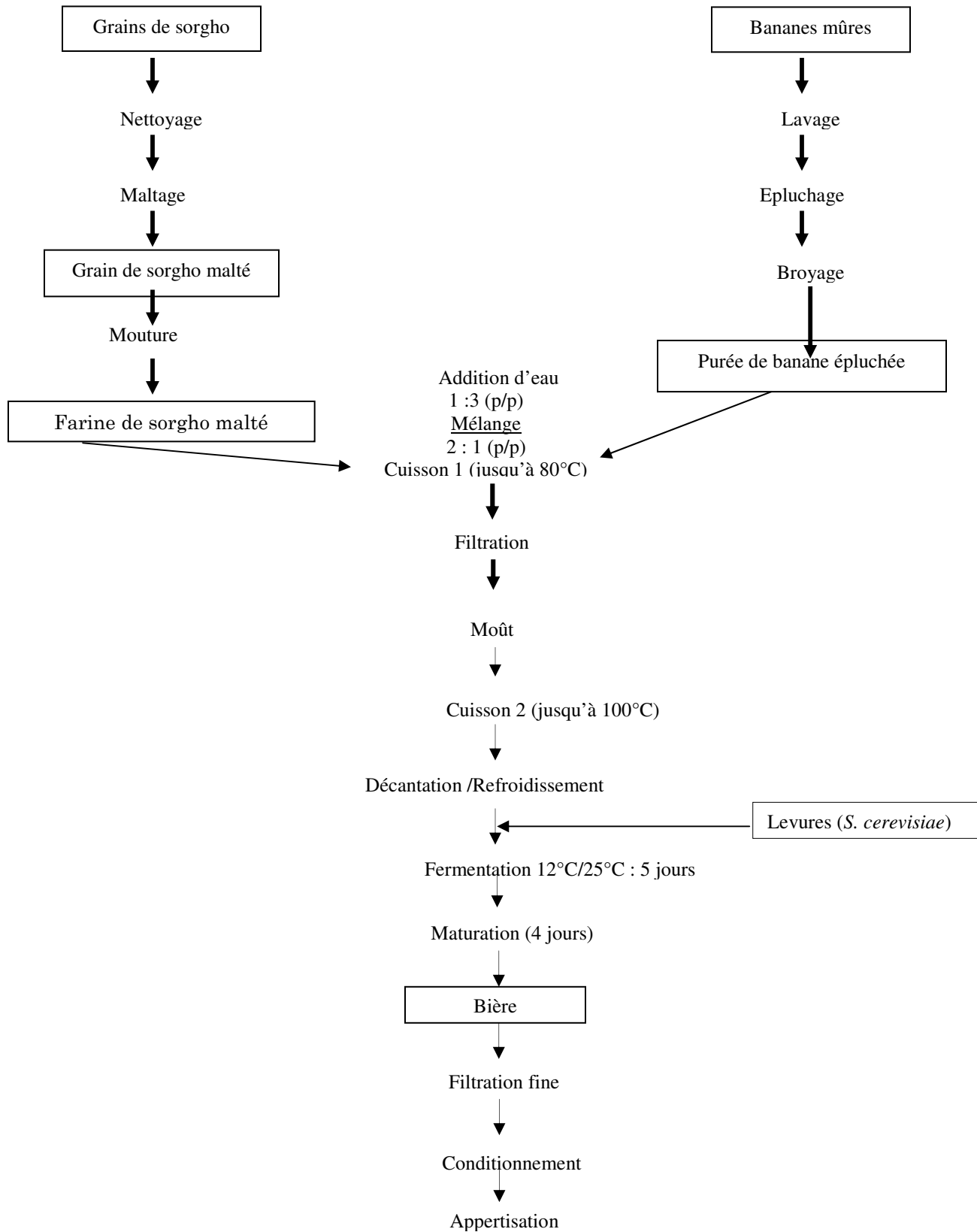


Figure 2 : Diagramme technologique de fabrication de la bière de Sorgho combinée à la banane.

RESULTATS

Bilan de matière : Les résultats du bilan de matière réalisé au cours de la production ont permis d'obtenir un rendement de production moyen de $56.04 \pm 0.6\%$. Ce rendement est nettement supérieur à ceux indiqués par Ballogoun *et al.*, (2006) au Bénin et qui représente le rendement moyen de production souvent obtenu par les productrices de bière locale à base de Sorgho.

Evolution du pH et de la densité du moût au cours de la fermentation : Les résultats de l'évolution du pH et de la densité du moût au cours de la fermentation sont indiqués respectivement sur la figure 3 et la figure 4. L'analyse de ces résultats montre qu'au cours de la fermentation, l'évolution de ces paramètres suit un schéma cinétique de trois temps : une phase d'accélération, une phase de ralentissement puis une stabilisation. Ce schéma cinétique peut être associé à la croissance des microorganismes fermentaires qui, sur un milieu composé riche en hydrates de carbone, réalisent une croissance avec une cinétique à trois temps (Sutra, 1998). Ces microorganismes

fermentaires décomposent le substrat avec une production d'alcool ou de métabolites acides qui entraînent une baisse de pH et de la densité du moût. Ces résultats indiquent aussi que l'activité fermentaires de la Levure de bière utilisées (*Saccharomyces cerevisiae*) dépendant aussi de la température de fermentation. Les valeurs de pH final obtenues sont 3 et 3,8 respectivement à 25°C puis à 12°C. La densité finale des moûts varie également en fonction de la température de fermentation (figure 4).

Evolution de la teneur en alcool des moûts au cours de la fermentation : Les résultats de l'évolution de la teneur en alcool dans les moûts au cours de la fermentation sont indiqués sur la figure 6. L'analyse de ces résultats montre aussi une augmentation de la teneur en alcool dans les moûts avec une cinétique en relation avec la croissance microbienne. Les teneurs finales en alcool dans les moûts sont de 4,8% vol. et 3,1%vol respectivement à 25°C et à 12°C.

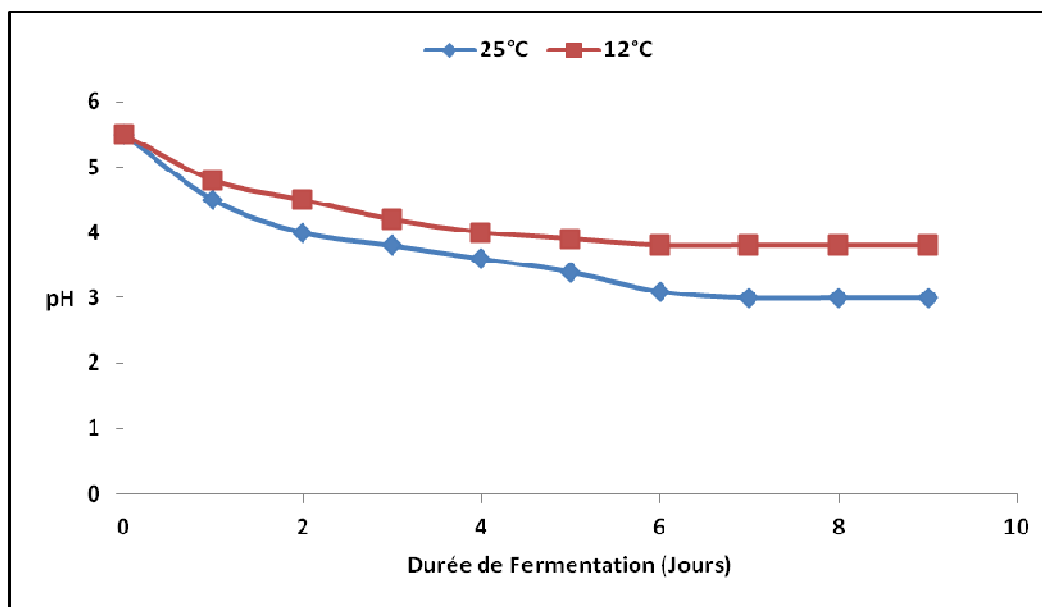


Figure 3 : Evolution du pH au cours de la fermentation

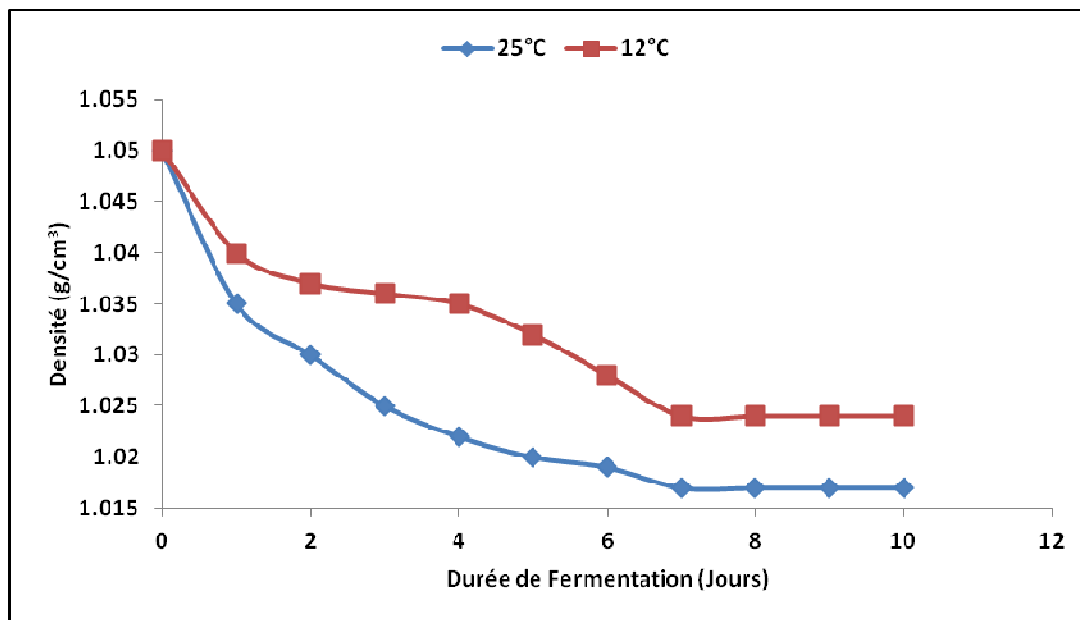


Figure 4 : Evolution de la densité au cours de la fermentation

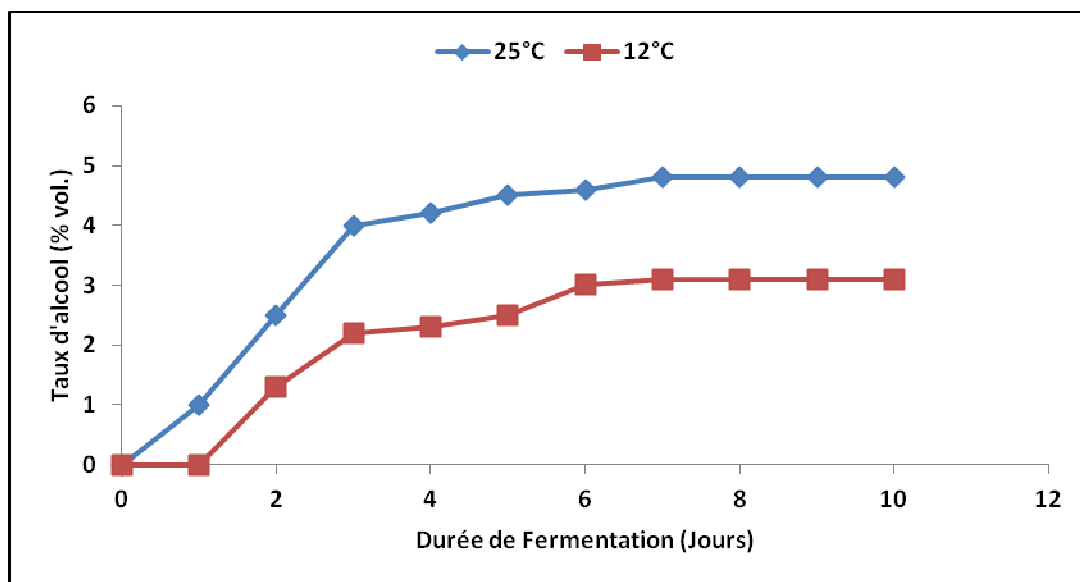


Figure 5: Evolution de la teneur en alcool au cours de la fermentation

Caractéristiques physico-chimiques des bières obtenues : Les résultats de la caractérisation physico-chimique des différentes bières obtenues après la filtration fine et la stabilisation du moût fermenté sont présentés dans le tableau 1. L'analyse de ces résultats montre des différences significatives ($P < 0,05$) au

niveau de la densité, du taux d'alcool, de la matière sèche, des sucres totaux et de la vitamine C dans les deux types de bière. Cependant, les différences statistiques au niveau de la teneur en protéine des bières ne sont pas significatives ($P > 0,05$).

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des bières obtenues.

	pH	Densité (g/cm ³)	TA (% vol)	MS (%)	ST (%)	Protéines (%)	Vitamines C (mg/100mL)
	X ±SD	X ±SD	X ±SD	X ±SD	X ±SD	X ±SD	X ±SD
Bière 1	3,8 ± 0,2 ^a	1,024 ± 0,04 ^a	3,1 ± 0,3 ^a	5,6 ± 0,4 ^a	0,68 ± 0,02 ^a	3,84 ± 0,1 ^a	1,72 ± 0,06 ^a
Bière 2	3,3 ± 0,4 ^a	1,017 ± 0,02 ^b	4,8 ± 0,2 ^b	3,9 ± 0,1 ^b	0,45 ± 0,04 ^b	3,82 ± 0,4 ^a	1,61 ± 0,03 ^b

X : Moyenne ; **SD** : Ecart type; **TA** : Taux d'alcool ; **MS** : Matière sèche ; **TC** : Taux de cendre ; **ST** : Sucres totaux

Bière 1 : Bière issue du moût fermenté à 12°C ; **Bière 2** : Bière issue du moût fermenté à 25°C.

Les valeurs moyennes précédées de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes selon ANOVA et le test de comparaison multiple de Tukey.

Caractéristiques microbiologiques des bières obtenues : Les résultats de l'analyse microbiologique des bières obtenues sont présentés dans le Tableau 2. L'analyse de ces résultats montre que les paramètres recherchés dans les bières produites sont conformes aux critères microbiologiques normatifs (guide législatif

et réglementaire français, N°8155 du 12 décembre 2000). L'absence de germes pathogènes (*Staphylococcus aureus*) et des levures et moisissures dans les boissons produites confère au produit une bonne qualité hygiénique et marchande.

Tableau 2 : Résultats de la qualité hygiénique des bières

	Flore totale (30°C)	<i>S. aureus</i>	Levures	Moisissures
Bière 1	3,9 10 ¹ UFC/MI	Absence	Absence	Absence
Bière 2	4,6 10 ¹ UFC/MI	Absence	Absence	Absence
Critères AFNOR	>10 ³ UFC/MI	>10 ² UFC/mL	Absence	Absence

Bière 1 : Bière issue du moût fermenté à 12°C ; **Bière 2** : Bière issue du moût fermenté à 25°C.

L'évaluation des caractéristiques organoleptiques montre que les bières produites sont brunes gazeuses et pétillantes avec un arôme de banane. Cependant la bière produite à partir du moût fermenté à 25°C paraît légèrement plus acide.

Etudes de stabilité des bières obtenues : Les résultats de l'étude de stabilité des bières obtenues par adjonction de l'huile essentielle et stockées à

température ambiante sont présentés dans les tableaux 3 et 4. L'analyse de ces résultats montre que le pH et le °Brix des échantillons témoins (sans adjonction d'huile essentielle) et des échantillons avec une concentration d'huile de 0,5ml/L ont diminués de façon significative. Cependant le pH et le °Brix des échantillons de bière avec une concentration d'huile essentielle de 1ml/L sont restés constants au cours du stockage.

Tableau 3 : Résultats du pH et du °Brix des bières au cours du stockage

Durée de stockage (Jours)	Concentration d'huile essentielle : 0,5 ml/L		Concentration d'huile essentielle : 1 ml/L		Témoins	
	pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix
0	4,8±0,6 ^a	13,5±0,1 ^a	5,7±0,2 ^a	14,8±0,3 ^a	3,7±0,4 ^a	11,5±0,5 ^a
7	3,6±0,2 ^b	11,2±0,3 ^b	5,6±0,1 ^a	14,7±0,1 ^a	3,1±0,2 ^b	10,2±0,1 ^b
14	3,1±0,2 ^c	10,4±0,1 ^c	5,5±0,3 ^a	14,5±0,1 ^a	2,7±0,3 ^c	9,4±0,3 ^c
21	2,6±0,1 ^d	9,5±0,2 ^d	5,4±0,2 ^a	14,5±0,2 ^a	2,5±0,1 ^d	9,2±0,1 ^c
28	2,1±0,2 ^e	9,1±0,2 ^e	5,4±0,1 ^a	14,5±0,1 ^a	2,0±0,3 ^e	7,7±0,4 ^c

Les valeurs moyennes précédées de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes selon ANOVA et le test de comparaison multiple de Tukey.

Tableau 4: Résultats de la flore totale (UFC/mL) des bières au cours du stockage

Durée de stockage (Jours)	Concentration en huile essentielle		Témoin
	1ml/L	2ml/L	
0	3,9 10 ^{1 a}	0,7 10 ^{1 a}	3,9 10 ^{1 a}
7	4,9 10 ^{1 b}	0,8 10 ^{1 a}	8,3 10 ^{1 b}
14	7,4 10 ^{1 c}	0,8 10 ^{1 a}	1,2 10 ^{2 c}
21	8,2 10 ^{1 d}	0,9 10 ^{1 a}	3,6 10 ^{2 d}
28	9,5 10 ^{1 e}	0,9 10 ^{1 a}	5,8 10 ^{3 e}
Critères AFNOR	>10 ³	>10 ³	>10 ³

Les valeurs moyennes précédées de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes selon ANOVA et le test de comparaison multiple de Tukey

DISCUSSION

L'étude de l'évolution des paramètres de fermentation au cours de la préparation de la bière montre qu'elle dépend non seulement du type de ferments utilisés mais aussi de la température d'incubation. En effet, les travaux de Aka *et al.*, (2008) sur la variabilité des propriétés physico-chimiques du moût fermenté lors de la préparation du tchapalo, indique que les productrices de cette boisson locale utilisent des ferments provenant de fermentations antérieures et dont la qualité n'est souvent pas assurée. L'incubation se fait aussi à température ambiante (25-30°C) avec pour conséquence une prolifération de la charge levurique. Selon Kouadio *et al.*, (2008), lorsque la température atteint 20°C la prolifération des levures s'accélère pour passer par un maximum vers 30°C. De même, selon les travaux de Valyasevi et Rolle, (2002), le moût subit une fermentation lactique avant la fermentation alcoolique. L'acide produit abaisse le pH et la plupart des microorganismes notamment les pathogènes sont incapables de se développer dans un tel milieu (Torija *et al.*, 2003 ; Aka *et al.*, 2008), garantissant ainsi la qualité sanitaire du produit. Cependant ce milieu acide est favorable au développement des levures qui assurent la fermentation alcoolique sans modifier le pH, et la teneur en protéines. Pendant cette fermentation, les levures utilisent les sucres fermentescibles qu'elles transforment en alcool et en dioxyde de carbone (Moll, 1991 ; N'Guessan *et al.*, 2008). Lors du brassage, l'amidon est partiellement hydrolysé par les amylases. Dans le cas de la préparation du tchapalo, 86,1 % des sucres totaux présents dans le moût sucré ont été métabolisés (Ballogoun, 2006). Cette importante hydrolyse des sucres serait la preuve de la présence dans le ferment de microorganismes producteurs d'hydrolase. En effet, les études faites sur les bières traditionnelles de sorgho en Afrique de l'ouest montrent

que ces boissons constituent un biotope complexe composé de plusieurs genres et espèces de levures (Kühle *et al.*, 2001 ; Naumova *et al.*, 2003). Dans ces types de boissons, les levures constituent la flore dominante (Djoulde, 2004). Leur prédominance est probablement due au fait qu'elles sont apportées par inoculation du ferment traditionnel dans le moût sucré pour assurer la fermentation alcoolique (Yao *et al.*, 1995 ; N'Da et Coulibaly, 1996) alors que les bactéries lactiques sont apportées par l'environnement et le matériel utilisé. La qualité nutritionnelle de la bière produite dépend étroitement des conditions de fermentation du moût. En effet, les teneurs en sucres totaux et en vitamine C sont relativement élevées dans les bières obtenues à partir du moût fermenté à 12°C. Ces valeurs sont aussi supérieures à celles enregistrées dans le "Tchapalo" (Aka *et al.*, 2008) où la fermentation s'effectue à température ambiante avec un ferment issu des productions antérieures. Les bières obtenues dans la présente étude sont aussi de qualités microbiologiques satisfaisantes avec une absence de germes pathogènes. Elles conservent une couleur brune, avec une fragrance caractéristique de la banane. L'étude de l'évolution des paramètres physico-chimiques de ces bières à température ambiante a montré que le pH et le °Brix des bières diminuent considérablement au cours du stockage. Cette diminution résulterait de l'action des germes fermentaires qui décomposent les sucres fermentescibles de la bière avec dégagement de dioxyde de carbone (CO₂) et production de métabolites acides. Par contre, on note une stabilité de ces paramètres au niveau des bières additionnées d'huile essentielle de Citronnelle à une concentration de 1ml/L. Cette stabilité des échantillons indique une inhibition de la flore fermentaire et confirme l'efficacité de l'huile

essentielle dans la conservation des denrées alimentaire. En effet, les risques inhérents de l'utilisation des produits chimiques de synthèse dans la lutte contre les pathogènes des denrées alimentaires sont manifestes et ces produits chimiques deviennent de plus en plus inefficaces avec le développement de souches résistantes. Ajouté à cela le problème de réfraction dû à l'utilisation abusive des antibiotiques qui ne donnent plus de réponse satisfaisante à son utilisateur pour cause d'usages multiples et incontrôlés (Yehouenou *et al.*, 2010). Ainsi, l'utilisation des huiles

essentielles (produits naturels) comme alternatives efficaces devient alors une urgence. Les huiles essentielles sont connues à la fois pour leurs propriétés aromatisantes et antimicrobiennes et les travaux de Dahouenon *et al.*, (2010) et de Yehouenou *et al.*, (2010) ont montrées que leur pouvoir antimicrobien est essentiellement dû à leur composition chimique. Ces observations sont également confirmées par les résultats de l'évolution de la flore totale (30°C) dans ces bières.

CONCLUSION

La présente étude a permis d'identifier les conditions optimales de production de bières stabilisées de sorgho combinées à la banane. La bière produite a un pH de 3,8, une teneur en alcool de 3,2 % vol alc., 1,61 mg/100 mL de vitamine C, une teneur en protéine de

3,84% et ne contient ni germes pathogènes L'huile essentielle de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*) possède une action efficace dans la stabilisation de cette bière contre les effets d'altération dus à la poursuite de la fermentation.

REMERCIEMENT

Les auteurs remercient sincèrement la Faculté des Sciences et Techniques et l'Ecole Polytechnique de

l'Université d'Abomey-calavi pour leur support financier dans la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- Agassounon Djikpo Tchibozo M, Toukourou F, de Souza C, Gbeassor M, 2006. Identification de la flore microbienne de six plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle béninoise. Microbiologie, Hygiène Alimentaire, 18: 24-29.
- Agassounon Djikpo Tchibozo M, Ahissou H, Ahanhanzo C, et Toukourou F, 2009. Appréciation des qualités microbiologiques et nutritionnelles de la boisson "Bissap" issue de la technologie traditionnelle améliorée, Journal de Recherche Scientifique de l'Université de Lomé, série A, 11 : 17-25.
- AFNOR, 1995. Méthode de détermination de l'acuité gustative. Analyse sensorielle. NF V09-002.
- AOAC, 2008. Official methods of analysis, 17th edition Arlington Washington D.C. 882-883p.
- Assiedu JJ, 1991. La transformation des produits agricoles en zone tropicale : approche technologique, Ed. Karthala et CTA, Paris.
- Balogou VY, Dossou J, de Souza CA, 2011. Controlled Drying Effect on the Quality of Sorghum Malts Used for the Chakpalo Production in Benin. Food and Nutrition Sciences, 2:156-161.
- Dahouenon-Ahoussi E, Sessou P, Wotto V, Yehouenou B, Kinsoudé E, Kpatinvoh B, Soumanou M, Sohounhloue D, 2010. Mise au point d'une technologie de production d'une boisson "Africa Drink " à base de Menthe poivrée et de Menthe verte. Bulletin de la Société Ouest Africaine de Chimie, 45 ; 98-103.
- Derache R, 1989. Toxicologie et sécurité des aliments. Edition Technique et documentation Lavoisier 55-60
- Djoulde DR, 2004. Mise au point d'un ferment mixte destiné à la bioconversion des tubercules de manioc cyanogène, Thèse de doctorat/Ph.D., Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-industrielles (ENSAI) de l'université de Ngaoundéré, Cameroun.
- Diagnostics Pasteur, 1986. La mycologie médicale – Prélèvement – Identification Antibiotogramme et Sérologie. Imprimé en France – Promoform, 15p.
- Ezoua P, Kouame D, Agbo N, 1999. Caractéristique du jus de la pulpe fraîche du fruit de rônier (*Borassus aethiopum*). Cahiers d'agriculture 8 : 126-128.
- FAO, 1997. Agriculture food and nutrition for Africa : a resource book for teachers of agriculture. Food and Agriculture Organization of United Nation. Rome. 135p.
- Holzapfel WH, 2002. Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in

- developing countries. International Journal of Food Microbiology, 75: 197-212.
- Joffin C, et Joffin J-N, 2003. Microbiologie alimentaire. Biologie et Technique, 5è édition, CRDP Aquitaine, 212p.
- Kühle AV, Jespersen L, Glover RL K, Diawara B, Jakobsen M, 2001. Yeast, 18:1069-1079.
- Lamaty G, Menut C, Bessiere J, Zollo PH, Fecam F, 1987. Aromatic plant of tropical central Africa. Volatiles components of two Annonaceae from Cameroon. *Xylopi aethiopica* and *Monodora myristica*. Flavour and fragrance journal. 2: 91-96
- Moll M, 1991. Bières et Coolers. Edition Technique et Documentation Lavoisier
- Motarjemi Y, 2002. Impact of small-scale fermentation on food safety in developing countries. . International Journal of Food Microbiology, 75: 213-229.
- Nago MC, Hounhouigan JD, Akissoe N, Zanou E, Mestres C, 1998. Characterization of Beninese traditional Ogi, a fermented Sorghum slurry: physicochemical and microbiological aspects. International Journal of Food Science and Technology, 33: 307-315
- Naumova ES, Korshunova IV, Jespersen L, Naumova GI, 2003. Yeast research Federation of Europe Microbiological Societies, 3: 177-184.
- N'Da AK. et Coulibaly S, 1996. Etude comparative de procédés traditionnels de préparation d'une bière locale appelée tchapalo. 2ème journées annuelles de la SOACHIM, Dakar-Sénégal, 40-46
- N'Guessan KF, Aka S, Djeni T, Dje KM, 2008. Effect of Traditional Starter Inoculation Rate on Sorghum Beer Quality. Journal of Food Technology 6: 271-277.
- Sutra L, Federighi M, Jouve J-L, 1998. Manuel de Bactériologie Alimentaire. 4th Edition, Polytechnica, Paris, France.
- Tomohiro S, 1990. Laboratory Manual for Food analysis", Technical Cooperation Projet of Jomo Kenyatta 76p.
- Torija MJ, Beltran M, Novo M, Poblet N, Rozès AM, and Guillamón JM, 2003. Effect of organic acids and the nitrogen source on alcoholic fermentation: Study of their buffering capacity. Journal of. Agriculture and Food Chemistry, 51: 916-922
- Valyasevi R. and Rolle RS, 2002. An overview of small-scale fermentation technologies in developing countries with special reference to Thailand: Scope for their improvement. International Journal of Food Microbiology, 75: 231-239.
- Yao AK, Kadio G, Coulybaly A, Agbo GZ, 1995. Production du "Tchapalo" à Partir du Sorgho en Côte d'Ivoire. In: Processing and industrial utilization of sorghum and related cereals in Africa. Ouagadougou, Burkina Faso, 22-26 November, pp: 55-60.
- Yèhouénou B, Noudogbessi J-P, Sessou P, Avlessi F, Sohounhloué D, 2010. Etude chimique et activités antimicrobiennes d'extraits volatils des feuilles et fruits de *Xylopi aethiopica* (Dunal) A. Rich. Contre les pathogènes des denrées alimentaires. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie, 029 : 19 - 27.