

Production Du Bili-Bili, Biere Traditionnelle De Sorgho Du Nord Cameroun : Diversité Des Procédés De Production Et Qualité Des Produits

Touwang Charles,

Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP),
Université de Maroua, Maroua, Cameroun

Nso Emmanuel Jong,

Ndjouenkeu Robert,

Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro Industrielles (ENSAI),
Université de Ngaoundéré, Ngaoundéré, Cameroun

Doi: 10.19044/esj.2018.v14n36p207 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p207](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p207)

Abstract

The production of "bili-bili", a fermented drink made from sorghum, is one of the main components of urban food craft structures in North Cameroon. The technical practices incorporate differentiations justified by the adaptation of local technical availabilities thus leading to a variability of the final product quality. This study was therefore conducted in order to determine the influence of the various local practices identified in this part of Cameroon on intermediate products and the finished product. This study shows that the raw material (djigari) has a good malting ability with a weight of thousand grains of 29.57g, a germinative energy and a germinative capacity of 96 and 93.75% respectively. Its protein content is 12.79% and the total tannin and polyphenol contents are 0.47 and 0.64% respectively. The physicochemical parameters of samples taken at different stages of production vary by process. The different processes have a significant effect ($P < 0.05$) on the physicochemical characteristics of "bili-bili" with the exception of the alcohol content. The ACP plane projection of the relations between the "bili-bili" characteristics and the different processes has shown that the four beers produced from the different processes are all different.

Keywords: Sorghum, "Bili-bili", technical practices, quality, North-Cameroon

Résumé

La production de « bili-bili », boisson fermentée élaborée à partir du sorgho, constitue une des composantes principales des structures de l'artisanat

alimentaire urbain du Nord Cameroun. Les pratiques techniques intègrent des différenciations justifiées par l'adaptation des disponibilités techniques locales conduisant ainsi à une variabilité de la qualité du produit final. Cette étude a donc été menée dans le but de déterminer l'influence des différents procédés traditionnels de production identifiés dans cette partie du Cameroun sur les produits intermédiaires et le produit fini. Il ressort de cette étude que la matière première (djigari) présente une bonne aptitude au maltage avec un poids de 1000 grains de 29,57g, une énergie germinative et une capacité germinative respective de 96 et 93,75%. Sa teneur en protéines est de 12,79% et les teneurs en tanins et polyphénols totaux respectivement de 0,47 et 0,64%. Les paramètres physicochimiques des échantillons prélevés à différent étape de la production varient en fonction des procédés. Les différents procédés ont un effet significatif ($P < 0,05$) sur les caractéristiques physicochimiques du « bili-bili » à l'exception de la teneur en alcool. La projection sur plan ACP des relations entre les caractéristiques des « bili-bili » et les différents procédés a montré que les quatre bières produites à partir des différents procédés sont toutes différentes.

Mots-clés: Sorgho, « Bili-bili », pratiques techniques, qualité, Nord-Cameroun

Introduction

Le « bili-bili » est une boisson traditionnelle à base de sorgho produite dans les régions des savanes du nord Cameroun. En Afrique, cette boisson est connue sous diverses appellations en fonction de la zone de production. On parle de Mtama en Tanzanie, Dolo au Burkina faso, Burukutu au Nigéria et Bili-bili au Tchad (Tisekwa, 1989 ; Kayode *et al*, 2005 ; Odunfa et Adeyele, 1985 ; Maoura, 2005). Le développement de ce secteur de production au Cameroun trouve ses motivations dans son caractère générateur de revenu et de valeur ajoutée à une variété de sorgho moins consommée sous forme de boule. Les communautés productrices de cette boisson sont principalement les ethnies des savanes de l'extrême-nord qui en fonction de leur migration dans le pays intègre au procédé originel de production des adaptations territoriales des outils, pratiques et ingrédients. De même, des réajustements techniques sont introduits localement par les populations autochtones réceptrices de la pratique technique. On peut ainsi distinguer quatre variantes du procédé de production du « bili-bili » dont la mise en pratique conduit à l'obtention des produits de qualité variable. Raison pour laquelle l'objectif de cette étude est de déterminer l'influence des différents procédés localisés de production sur les caractéristiques du « bili-bili ». Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer les qualités physicochimiques et technologiques des produits en fonction des procédés de production traditionnels identifiés. Cet objectif

s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle la diversité territoriale des systèmes techniques est porteuse d'une variabilité de la qualité des produits.

Materiel Et Methodes

Source et préparation des échantillons de « bili bili »

Les quatre variantes de procédé de production de « bili-bili » identifiés dans la région des savanes du Cameroun (figure 1) ont été mises en œuvre par des opératrices de la ville de Maroua sur le sorgho « Djigari » (variété rouge). 500 Kg de sorgho ont été achetés chez un fournisseur habituel des productrices de « bili-bili » de la ville de Maroua et répartis entre quatre productrices. La réalisation de chaque procédé a été confiée à une opératrice disposant d'un savoir-faire sur le procédé en question, c'est-à-dire l'ayant déjà réalisé dans ses activités de production de « bili-bili ». Chacune des opératrices a réalisé trois productions du procédé dont elle a hérité.

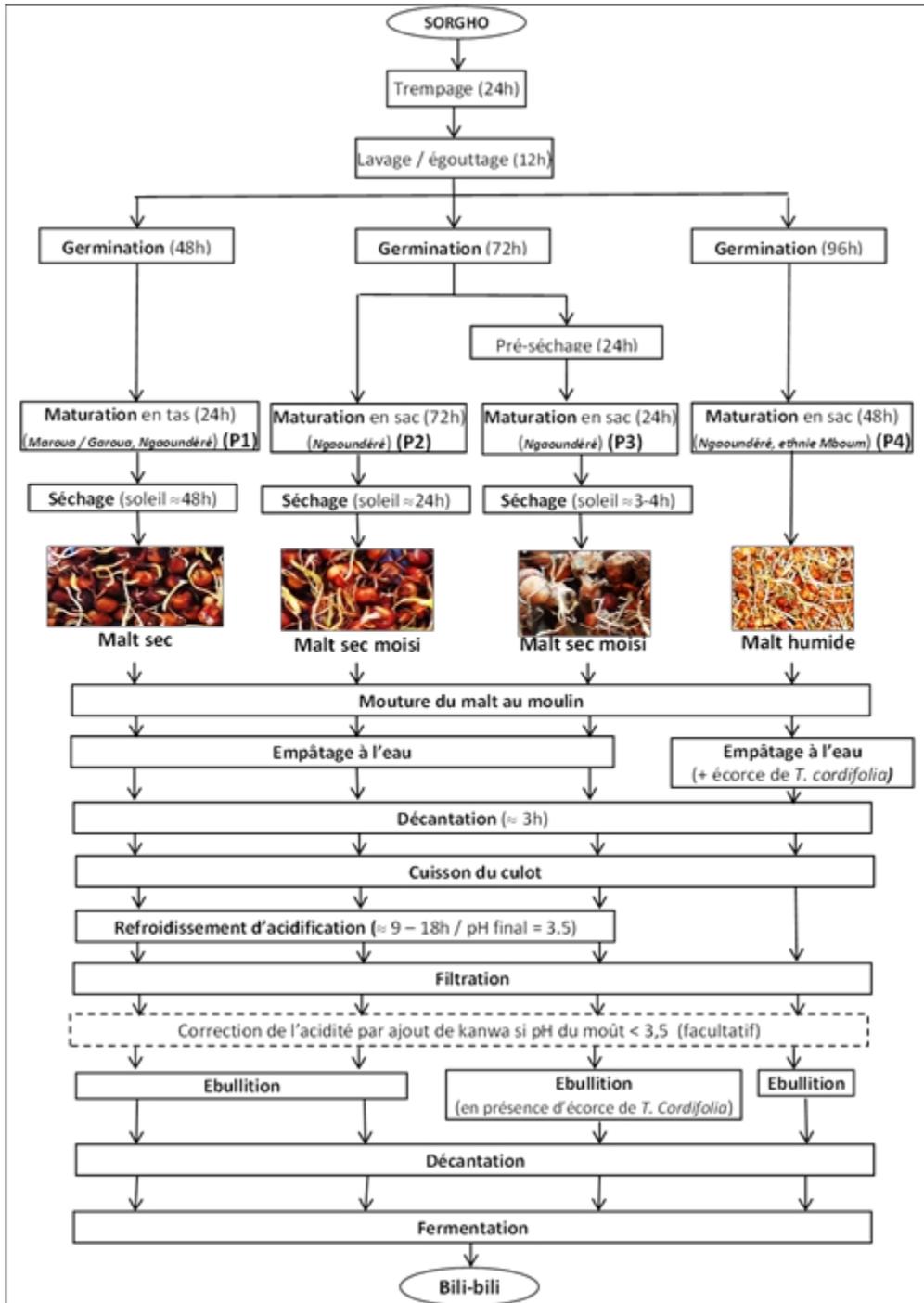


Figure 1 : Diagramme de production du « bili-bili » dans les régions du Nord Cameroun

Prélèvement des échantillons :

Au cours de chaque production, des échantillons de produits intermédiaires et finis ont été prélevés aux phases considérées comme caractéristiques de chaque procédé : maltage, brassage et fermentation. Les échantillons prélevés dans des bocaux en plastiques ont été transportés au laboratoire dans une glacière maintenue à 4°C par des blocs de congélation.

Analyses physico-chimiques

Les paramètres des analyses ont été définis sur la base des caractéristiques générales des boissons fermentées. Des analyses ont été effectuées sur le sorgho grain, les malts, les moûts et les bières obtenues à partir des différents procédés de production identifiés.

Le poids de 1000grains a été déterminé selon la méthode EBC (1998). La détermination de la teneur en eau est obtenue par la perte en masse. 25g de farine obtenue après broyage de grains de sorgho à l'aide d'un broyeur marque « Polymix PX-MFC 90D » est séchée dans une étuve à 105°C pendant 24 heures et l'humidité résiduelle exprimée en pourcentage. Les phénols et tanins totaux ont été déterminés par la méthode au folin ciocalteu avant et après traitement de l'extrait d'échantillon au polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) (Makkar *et al.*, 1993). Les extraits ont été obtenus après addition de 200mg de farine à 10ml d'acétone (70%). Après 30mn le mélange a été refroidi à 4°C puis centrifugé à 3000trs/min pendant 10min et le surnageant collecté pour les différents dosages. Les résultats ont été exprimé en équivalent g acide gallique par 100 g de malt (%). Les phénols résiduels dans les « bili-bili » ont été dosés par la méthode de Juan *et al* (1993) et les résultats exprimés en mg/L équivalent acide gallique. L'azote total a été déterminé après minéralisation des échantillons selon la méthode de Kjeldahl (AFNOR, 1984), et dosage selon la technique colorimétrique de Devani *et al.* (1989). La capacité et l'énergie germinative ont été déterminées par la méthode EBC (1998), tandis que le pH et l'acidité titrable ont été déterminés respectivement par la méthode de Nout *et al.* (1989) et AFNOR (1982). Le pouvoir diastasique a été déterminé selon la méthode de Bernfeld (1955) modifiée par Giamarchi (1992). Les sucres réducteurs ont été dosés par colorimétrie (540nm) en présence de l'acide 3-5 Dinitrosalicylique (Miller, 1959). La teneur en azote aminés libres a été déterminée par la méthode à la ninhydrine (EBC, 1998). Le taux d'alcool dans les « bili-bili » a été déterminé à l'aide d'un alcoomètre préalablement calibré puis plongé dans une éprouvette contenant 100ml de « bili-bili » dégazéifié par agitation. La couleur des « bili-bili » a été mesurée par spectrophotométrie à 430 nm.

Analyses statistiques

Toutes les mesures ont été effectuées en triple. Les résultats ont été exprimés en moyenne \pm écart type et les comparaisons entre les variables dépendantes ont été déterminées à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel statgraphics 3.0. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0,05$) ont été considérées comme significatives. L'analyse en composantes principales utilisées a permis d'explorer les liaisons entre variables et les ressemblances entre procédés.

Resultats Et Discussion

Caractéristiques physicochimiques du « djigari »

Le tableau 1 représente le profil physicochimique du sorgho rouge (djigari) utilisé par la majorité des brasseuses comme matière première principale pour la production du « bili-bili ». L'analyse des résultats montre qu'il présente quelques aptitudes au maltage. En effet son poids de 1000 grains ($29,57 \pm 0,25$), sa teneur en protéines ($12,79 \pm 0,77$), se situent dans la gamme des valeurs acceptables telles que prescrites par EBC (1998) (poids de 1000grains : 25 à 30g ; protéines : 7 à 15%). Sa capacité germinative et son énergie germinative supérieure à 90% telles que recommandées par Dewar *et al.* (1995) et Mathoto (2007) assurent au djigari une germination homogène des grains pour une production de malt de qualité. Sa teneur en tanin de l'ordre de $0,47 \pm 0,05$ le classe parmi les sorgho de type III (Dykes *et al.*, 2006).

Tableau 10: caractéristiques physicochimiques du sorgho rouge (djigari)

P 1000 (g)	$29,57 \pm 0,25$
Energie germinative (%)	$96 \pm 0,57$
Capacité germinative (%)	$93,75 \pm 2,47$
Protéines totales (%)	$12,79 \pm 0,77$
Tanins (%)	$0,47 \pm 0,05$
Polyphénols totaux (%)	$0,64 \pm 0,04$

Influence des procédés sur l'humidité des malts et les pertes liées au maltage

Le maltage suivant les différents procédés permet d'obtenir des malts aux caractéristiques variables. Le procédé de maltage P4 identifié dans la ville de Ngaoundéré aboutit à un malt de teneur en humidité de plus de 27%, ce qui représente un obstacle à sa conservation. Toutefois, le fait que la conservation du malt n'intègre pas les pratiques de ces productrices, limite le risque de dégradation dans la mesure où ce malt est directement utilisé. Les teneurs en eau des malts des procédés P1, P2 et P3 sont respectivement de 8,76 ; 9,30 et 11,38%. Une comparaison de nos résultats à ceux obtenus par Bayoï *et al.* (2015) en région Mandara au Cameroun et Maoura *et al.* (2006) au Tchad montre que les malts obtenus par les productrices mettant en pratique les procédés 1,2 et 3 ont une teneur en eau plus faible et sont donc de conservation

relativement aisée.

Le prolongement de la germination pendant 96 h au cours du procédé 4, conduit à une poussée excessive de radicelles et de plumules dont les répercussions sur les pertes liées au maltage ne sont pas bénéfiques sur le rendement de la production et sur le plan économique. Le *tableau 2* montre que pour un temps de germination allant de 48 à 96h, les pertes varient entre 18,24% et 34,86%. Ces résultats sont similaires à ceux d'Abiodun (2002) qui, au cours de ses études sur douze cultivars de sorgho rouge Nigérian, a constaté que les pertes liées au maltage augmentaient avec la durée de germination et étaient comprises entre 15,5% et 33,9% après 96h de germination.

Tableau 11: Humidité des malts et taux de pertes liées au maltage en fonction des procédés

Malt (Djigari)	Humidité (%)	Longueur des radicelles (mm)	Longueur des plumules (mm)	Pertes liées au maltage (%)
Procédé 1	8,76 ± 1,83 ^a	25,66 ± 3,25 ^a	13,85 ± 1,03 ^a	18,24 ± 3,39 ^a
Procédé 2	11,30 ± 3,04 ^a	41,08 ± 6,22 ^b	13,75 ± 3,82 ^a	26,96 ± 5,26 ^{ab}
Procédé 3	9,88 ± 2,66 ^a	30,7 ± 7,70 ^a	12,4 ± 4,86 ^a	31,96 ± 3,28 ^b
Procédé 4	27,22 ± 2,69 ^b	40,3 ± 6,85 ^b	28,6 ± 8,86 ^b	34,86 ± 2,88 ^{bc}

Les valeurs ayant les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

Influence des procédés sur les polyphénols totaux et tanins

La diminution du taux de polyphénols totaux dans les malts varie de 60 et 65% par rapport au taux initial de polyphénols du djigari non malté (0,55%) (*Figure 1*). L'analyse de variances montre que cette diminution est significative ($P < 0,05$) quel que soit le procédé mis en oeuvre. En effet durant le trempage, en plus de la dissolution des polyphénols dans l'eau de trempage, le trempage permet aussi de débarrasser les grains de sorgho des enveloppes telles que les glumes qui sont riches en composés phénoliques (Kayodé *et al.*, 2007). Une comparaison des taux de polyphénols des différents malts obtenus après mise en pratique des différents procédés ne révèle aucune différence significative.

S'agissant de l'influence des techniques locales de maltage sur le taux de tanin, les résultats montrent que les procédés peuvent être rangés en deux groupes. En effet, le maltage suivant les procédés 2, 3 et 4 entraîne une réduction de plus de 85% du taux de tanin initial du grain de « djigari » tandis que le procédé 1 ne le réduit que d'environ 70%. Une durée de germination d'au moins 72h associée à une mise en sac facilite la réduction de la teneur en tanin du malt. Plus cette durée est longue, plus la teneur en tanin est affectée. En effet durant la phase de maturation, la température et l'humidité du malt sont favorable au développement de microorganismes qui par leurs activités cataboliques produiraient des composés qui associés aux tanins les rendraient inactifs (Lefyedi *et al.*, 2007).

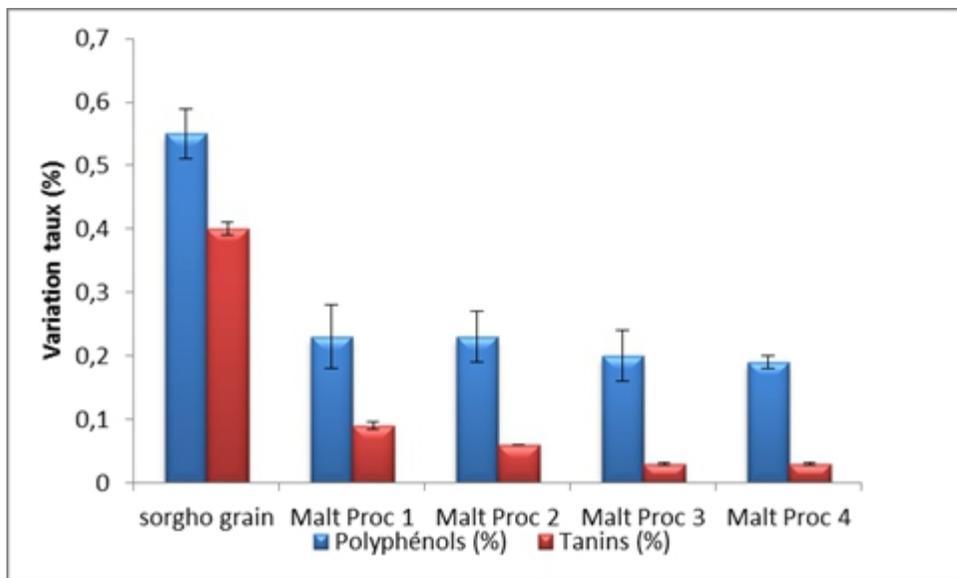


Figure 6: Variation du taux de polyphénols et tanins en fonction des procédés.

Influence des procédés sur le pouvoir diastasique des malts

Le pouvoir diastasique du malt désigne l'activité totale des amylases du produit dans du solvant aqueux. Il varie en fonction des différents procédés de maltage locaux recensés entre 92 et 142 UPD. Le procédé 3 présente une activité amylasique élevée par rapport aux trois autres, cependant le test de comparaison de moyenne montre qu'il n'y a pas une différence significative au seuil de 5% entre les procédés 2 et 4. Le procédé 1 est celui qui produit des malts avec un pouvoir diastasique le plus bas qui se rapproche de celui des malts de sorgho rouge produit par les productrices de bière de sorgho au Bénin (97,78UPD). De même, on constate que le procédé 3 conduit à des malts avec un pouvoir diastasique d'environ 50% supérieur à ceux obtenus par Kayodé *et al.* (2011). Cette aptitude à hydrolyser les polysaccharides qui est la plus importante propriété biochimique du malt serait facilitée par le traitement de pré séchage appliqué au malt avant le traitement post germination au cours du procédé 3. En effet cette étape de pré séchage pourrait être comparée à une aération du malt qui, comme l'indique Elgorashi *et al.* (2016) améliore le pouvoir diastasique des malts. De même, nous pouvons dire à la suite des travaux de Balogun *et al.* (2006) sur l'effet de la température de germination sur la qualité du malt que la mise en sac par une augmentation de la température de germination contribue à une amélioration du pouvoir diastases des malts des procédés 2, 3 et 4 par rapport au malt du procédé 1.

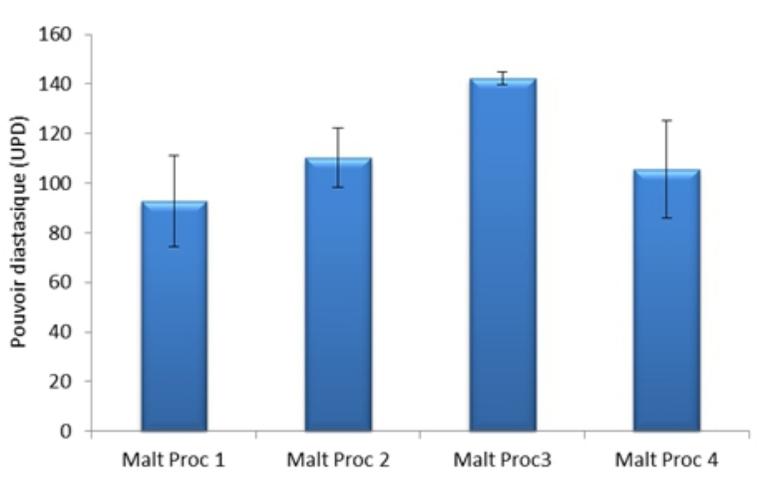


Figure 7: Variation du pouvoir diastasique du malt en fonction des procédés

Influence des procédés sur le pH des moûts

La figure 3 montre une baisse sensible du pH des moûts obtenus par brassage suivant les procédés 1, 2 et 3. Cette baisse de pH est le résultat d'une acidification spontanée consécutive à une infection des moûts par les microorganismes provenant du malt et du matériel de travail ou de l'environnement (Togo *et al.*, 2002). Ce sont pour la plupart des bactéries lactiques qui en sont responsables (Maoura *et al.*, 2006 ; Aka *et al.*, 2008). Cette fermentation lactique est facilitée par les conditions optimales de température et de pH des bactéries lactiques et surtout par la présence de sucres fermentescibles dans le milieu. On observe une baisse du pH qui passe de 5,5 à 3,5 dans le moût du procédé 1 ; de 5,8 à 3,5 dans le moût du procédé 2 , de 5,5 à 4 dans le moût du procédé 3 mais reste sensiblement constant (4,6 à 4,4) dans le moût du procédé 4 à cause de l'inexistence de phase d'acidification.

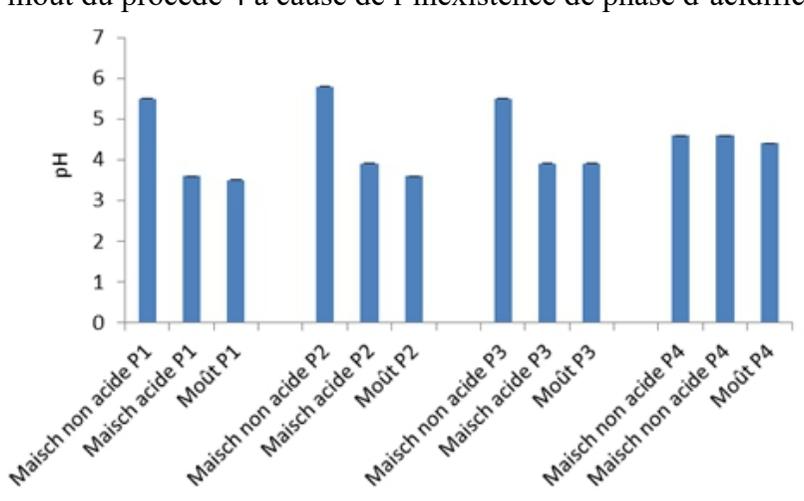


Figure 8: Evolution du pH dans les moûts en fonction des procédés

Influence des procédés sur la teneur en azote aminé libre (AAL)

La qualité et la quantité d'azote aminé libre dans le moût déterminent la qualité de la bière car ils influencent le métabolisme des levures et donc la vitesse de fermentation et la synthèse des composés aromatiques de la bière. Leur production est optimale pour un brassage à pH 4,6 (Taylor et Boyd, 1986). Ceci explique d'une part pourquoi le moût issu du procédé 4 qui présente un pH de 4,6 renferme une quantité plus importante d'azote aminé libre (Figure 4). D'autre part ceci serait due aux conditions de brassage et la richesse de *T cordifolia* soit en hydrolases dont l'activité augmente la taux d'AAL, soit sa richesse en AAL. La présence d'une phase d'acidification et les teneurs en polyphénols relativement élevées dans les malts des procédés 1 et 2 seraient aussi une explication de leur faible teneur en AAL.

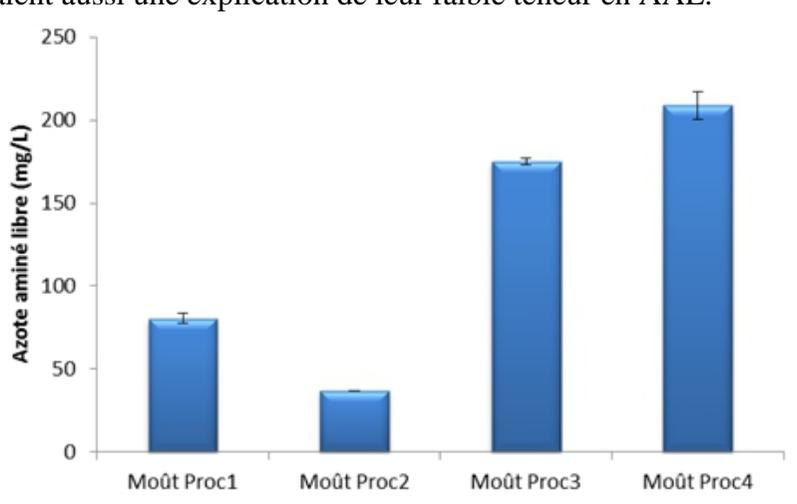


Figure 9: Variation du taux d'azote aminé libre du moût en fonction du procédé

Influence des procédés sur la teneur en sucres fermentescibles

Les moûts issus des variantes 3 et 4 présentent des teneurs en sucres réducteurs plus élevées de l'ordre du double de ceux des procédés 1 et 2. Les conditions d'ébullition (temps, et température notamment, voire pH du moût) sont susceptibles d'initier une hydrolyse des gommés polysaccharides contenues dans l'écorce de *triumfetta cordifolia* (Saidou *et al.*, 2011) utilisée dans les procédés 3 et 4, contribuant ainsi à augmenter le taux de sucres libres du moût.

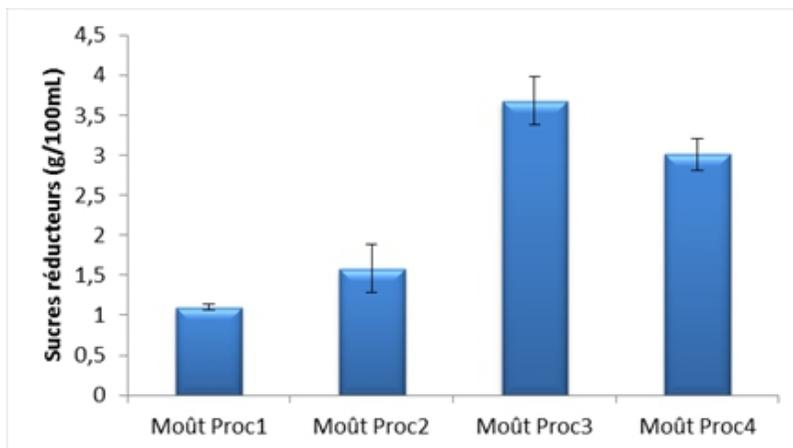


Figure 10: Variation de la teneur en sucres réducteurs dans les moûts en fonction des procédés

Influence des procédés de productions sur les caractéristiques du « bili-bili »

Les données des différents paramètres mesurés sur les « bili-bili » issus des quatre procédés sont récapitulées sur le tableau 3. Il y ressort que les « bili-bili » obtenus à la fin de la phase de fermentation alcoolique présentent un pH plus acide (3,5 – 4) lorsqu'ils sont produits à partir des procédés 1, 2 et 3. Ces observations peuvent s'expliquer par la production d'acides organiques par les bactéries lactiques contaminantes lors des phases d'acidification spontanées qu'intègrent ces procédés (1, 2 et 3). L'analyse de variances des résultats des pH montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les différents procédés. Toutefois aucune différence significative n'est observée entre les procédés 1 et 2. Le pH du « bili bili » obtenu avec le procédé 4 reste le plus élevé (4,4) car n'intègre pas de phase d'acidification. Les valeurs de pH des différents « bili-bili » produits sont supérieures à celles relevées par Djouldé *et al.* (2013), Osseyi *et al.* (2011) et Aka *et al.* (2008) à la suite de leurs travaux sur l'*amgba*, le *tchoukoutou* et le *tchapalo*, trois bières artisanales à base de sorgho rouge respectivement camerounaises, béninoise et ivoirienne. Par contre les valeurs rapportées par Dicko *et al.* (2006) sur le dolo (bière de sorgho burkinabé) sont supérieures à celles de notre étude. Ces différences pourraient s'expliquer par les variétés des matières premières, les différences technologiques, les intérêts financiers et par l'origine des productrices.

Les « bili-bili » obtenus par les procédés 3 et 4 contiennent des teneurs en sucres résiduelles plus élevées que ceux obtenus par les procédés 1 et 2. L'analyse de variances montre qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre ces deux groupes de procédés mais pas entre les procédés du même groupe. Les valeurs obtenues sont supérieures à celles trouvées dans le

tchapalo par Aka *et al.* (2008). Les durées de fermentation écoulées avant prélèvement des échantillons pourraient expliquer ces différences vu le fait qu'au cours de la fermentation alcoolique, l'introduction du ferment augmente la charge microbienne qui utilise les sucres réducteurs comme sources de carbones, pour produire de l'alcool et du dioxyde de carbone (Moll, 1991 ; Mugala *et al.*, 2003).

Les teneurs en azotes aminés libres des différents « bili-bili » varient en fonction des procédés de production. L'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les procédés. Toutefois cette différence n'est pas significative entre les procédés 1 et 2. Le « bili-bili » issu du procédé 4 présente une teneur en azote aminé libre 9 fois supérieure à celle du « bili-bili » du procédé 2. Cette forte teneur en azote aminé libre résiduelle est une source potentielle de nutriments pour les levures mais aussi pour les microorganismes indésirables.

Une quantification des polyphénols dans les « bili bili » issus des différents procédés montre que les teneurs en polyphénols varient en fonction du procédé utilisé avec des valeurs qui oscillent entre 384,8 mg/L (procédé 4) et 710,62 mg/L (procédé 2). Les « bili bili » issus des procédés 1 et 3 présentent des valeurs de 540,9 et 389,4 mg/L respectivement. L'analyse de variance de ces résultats montre d'une part qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les différents procédés et d'autre part qu'il n'existe pas de différence significative entre les procédés 3 et 4. Toutes ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par Djouldé *et al.* (2013) sur l'ambga, bière artisanale camerounaise à base de sorgho. Ces différences pourraient s'expliquer par les différences technologiques associées à l'obtention des différentes bières. Les « bili-bili » obtenus après brassage suivant les différentes méthodes présentent des couleurs différentes. La coloration plus foncée du « bili-bili » du procédé 1 (10,26 EBC) s'expliquerait par le taux de tannin élevé du malt et des réactions de Maillards qui surviendraient au cours du brassage.

Aucune différence significative n'a été observée entre les teneurs en alcool des différentes bières. Toutefois une comparaison des données montre que le « bili-bili » issu du procédé 1 à un taux d'alcool plus élevé de $4,0 \pm 0,8$ %. Les « bili-bili » issus des procédés 2, 3 et 4 ont des teneurs en alcool respectives de $2,75 \pm 0,5$ % ; $3,0 \pm 0,3$ % ; $3,2 \pm 1,2$ % (v/v). Toutefois, ces teneurs en alcool sont moins importantes que celles rapportées pour certaines bières artisanales africaines 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 (Fadahunsi *et al.*, 2013 ; Assidjo *et al.*, 2005) tandis que cette teneur en alcool est largement supérieur à celle du Bushera (0,27 %), une boisson brassée au Kenya (Muyanja *et al.*, 2003). Par contre elles se rapprochent de

celle rapportée par Bayoï *et al.* (2016) sur la bière artisanale kapsiki (2,27-2,59%) produite dans les Monts Mandara au Nord-Cameroun.

Tableau 12 : Composition biochimiques des «bili-bili» en fonction des différents procédés

Bili-bili	pH	Sucres réducteurs (%)	Protéines solubles (g/100mL)	AAL (mg/L)	Polyphénols (mg/L)	Couleur (EBC)	Teneur en alcool (%)
procédé 1	3,5±0 ^a	0,25 ± 0,29 ^a	0,56± 0,1 ^a	14,13 ± 3,26 ^a	540,9 ± 40,7 ^b	10,26± 0,6 ^c	4 ± 0,8 ^a
procédé 2	3,5±0 ^a	0,13 ± 0,07 ^a	0,73± 0,1 ^{ab}	8,69 ± 2,18 ^a	710,62 ± 10,7 ^c	7,6 ± 1,2 ^b	2,75 ± 0,5 ^a
procédé 3	4±0 ^b	0,62 ± 0,008 ^b	0,85± 0,1 ^b	52,14 ± 8,56 ^b	389,4 ± 49,2 ^a	5,2 ± 1,7 ^a	3 ± 0,3 ^a
procédé 4	4,4±0 ^c	0,66 ± 0,02 ^b	0,47± 0,2 ^a	79,38 ± 4,67 ^c	384,8 ± 51,4 ^a	4,63 ± 0,9 ^a	3,2 ± 1,2 ^a

Les valeurs ayant les mêmes lettres en exposant dans une colonne ne sont pas significativement différent au seuil de 5%

Analyse en composantes principales des paramètres des « bili bili » produits par les différents procédés

L'ACP effectué à partir des 7 paramètres analysés pour chaque « bili-bili » produit a permis de retenir deux composantes principales (Axe 1 et Axe 2) qui expliquent 90,73% de la variance totale des données. Les variables qui contribuent principalement de façon positive (coefficient >0,700) à l'axe F1 sont le pH, les sucres réducteurs et l'azote aminé libre. Les polyphénols et la couleur contribuent respectivement de façon négative et positive.

La figure 3 permet le regroupement des différents « bili-bili » produits. Le « bili-bili » obtenu avec le procédé 4 est plus proche de celui issu du procédé 3 sur l'axe F1 positivement. Il est caractérisé par un pH élevé, une forte teneur en sucres réducteurs et en azote aminé libre. Le « bili-bili » obtenu par le procédé 1 est plus rapproché du « bili-bili » issu du procédé 4 sur l'axe 2 positivement. Il est caractérisé par une teneur en alcool élevée. Le « bili-bili » du procédé 2 est plus rapproché du « bili-bili » du procédé 1 sur l'axe 1 négativement. Il est caractérisé par une forte teneur en polyphénols. Le « bili-bili » du procédé 2 est plus rapproché du « bili-bili » du procédé 3 sur l'axe 2 négativement. Il est caractérisé par une forte teneur en protéines solubles. Globalement l'analyse en composante principale montre que les 4 types de bières sont différents quant à leurs propriétés physicochimiques.

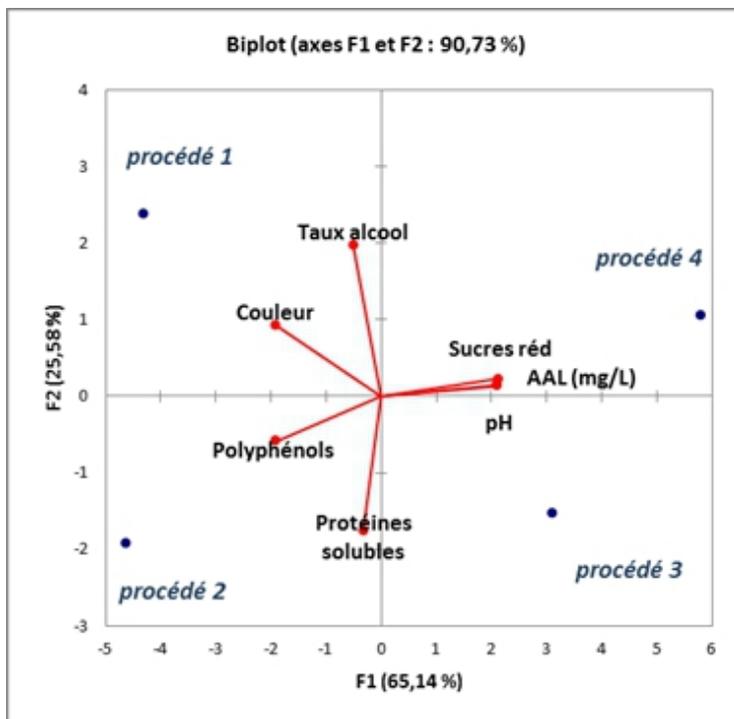


Figure 11: Projection sur plan ACP des relations entre les caractéristiques des « bili-bili » et les différents procédés

Conclusion

Les pratiques locales de mise en œuvre des procédés de production du bili-bili du Nord Cameroun mettent en évidence une différenciation des résultats des paramètres mesurés. L'ACP confirme que les bières produites à partir des 4 procédés identifiés sont différents. L'hétérogénéité de la pratique du maltage dans les différentes variantes du procédé, en termes notamment de durée de germination, des conditions de maturation et d'usage ou non du séchage, est susceptible d'induire une différenciation dans le comportement du malt au brassage et par conséquent une variabilité de la qualité observée du « bili-bili ». Par conséquent toute perspective de modification du procédé qui permettrait de définir des conditions opératoires optimales permettant d'obtenir un produit aux qualités sensorielles reproductibles mérite d'être envisagée.

References:

1. Abiodun A.A., 2002. The effect of kernel size and texture on the malting properties of sorghum. *The Journal of Food Technology in Africa*, (7): 78-81.
2. AFNOR, "Association Française de Normalisation," 1982 in *Recueil des Normes Françaises des produits dérivés des fruits et légumes. Jus de fruits*, AFNOR, Ed., 1 ed. Paris, 1982.

3. Aka Solange, Camara Fatoumata, Zinzendorf Nanga Yessé, Loukou Yao Guillaume, Dje Koffi Marcellin, 2008. Evaluation of Organic Acids and Sugars Contents During the Production of “Tchapalo”, a Traditional Sorghum Beer in Côte D’Ivoire. *Journal of Food Technology*, 6 (5): 189-195, 2008. ISSN: 1684-8462 Medwell Journals, 2008.
4. Analytica-EBC, 1998. *European Brewery convention*. Nürnberg: Fachverlag Hans Carl, 1998.
5. Assidjo N.E., Amane N.D., Gbongue M.A., Bohoussou K. et Cardot P., 2005. Caractérisation Physico-Chimique d’une bière traditionnelle Ouest Africaine : Le Tchapalo. *Agronomie Africaine* 17 (2) : 143-152 (2005)
6. Balogun R.O., Bird S.H., Rowe J.B., 2006. Germination temperature and time effect *in vitro* fermentability of sorghum grain. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, (127): 125–132.
7. Bayoi J., Djouldé D.R., Aboubakar D., Essia-Ngang J.J., Etoa F.X., 2015. Processing and quality of “red kapsiki” an Opaque Beer from “Mandara” Mountain in Cameroon. *British Biotechnology Journal* 9(1): 1-11, 2015 article no BBJ. 18919 ISSN: 2231-2927.
8. Bayoi James Ronald, Roger Darman Djouldé et François-Xavier Etoa, 2016. Technologie de fabrication, propriétés physico-chimiques et microbiologiques de la bière « kapsiki blanche » produite dans les monts Mandara au Nord – Cameroun. *Afrique Science* 12(2) (2016) 123 – 134.
9. Bernfeld P., 1955. "Amylases β and α . In: *Methods in enzymology* 1." SP Colswick, NO Kaplan. Eds. Academic Presse inc, New York, pp. 149-154.
10. Devani M. B., Shiohoo J. C., Shal S. A. and Suhagia B. N., 1989. Spectrophotometrical method for micro determination of nitrogen in Kjeldahl digest. *J. Ass. Off. Anal. Chem.* 72 (6) : 953-956.
11. Dewar J.R., Taylor, Joustra S.M., 1995. Accepted Methods of Sorghum Malting and Brewing Analyses, CSIR *Food Science and Technology*, Pretoria, South Africa, 1995.
12. Dicko M.H., Gruppen H., Traoré A.S., Voragen A.G.J., Berkel W.J.H., 2006. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology*, 5(5), 384-395.
13. Djoulde Darman Roger, Lenzemo Venassius, Essia Ngang Jean Justin, Etoa François Xavier, 2013. Processing of “Amgba”: A sorghum-maize based beer, brewed in Cameroon. *Journal of brewing and Distilling*. Vol. 4(1), pp. 11-18, January, 2013.

14. Dykes L., Rooney L.W., 2006. Sorghum and millet phenols and antioxydants. *J Cereal Sci.*, 44, 236-251.
15. Ekundayo J.A., 1969 The Production of Pito, a Nigerian Fermented Beverage. *Journal of Food Technology*, 4, 217- 225.
16. Elgorashi Ahmed GM, Elkhalifa Elamin A, Abdel moneim E, Sulieman, 2016. The Effect of Malting Conditions on the Production of Nonalcoholic Sorghum Malt Beverage *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering* 2016, 6(4): 81-86
17. Fadahunsi I.F., Ogunbanwo S.T., Fawole A.O., 2013. *Natural Science*, 11(4) (2013) 98-103
18. Food and Agriculture Organization (FAO), 1995. Sorghum and Millets for Human Nutrition, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, N° 27, 1995.
19. Giamarchi P., 1992. Dosage de l'activité alpha et béta-amylasique. In *Methodes d'Analyse*, Herzele P (ed). Laboratoire de Nutrition : Brazaville-Congo ; 1-8. (1992)
20. Juan M., Belén S., Domingo B., 1993. Automated determination of total polyphenols in apple juice, *Zeitschriftfür Lebensmitteluntersuchung und-Forschung* AVol. 197(5):424-426.
21. Kayode A.P.P, Aégbidi A., Linnemenn A.R, Nout M.J.R., et Hounhouigan J.D., 2005. Quality of farmer's varieties of sorghum and derived foods as perceived by consumers in Benin. *Ecology of Food Nutrition*, 44, 271-294.
22. Kayodé A.P.P., Ahouanse I.S., Kotchoni S.O. et Hounhouigan J.D, 2011. Optimisation du procédé traditionnel de maltage du sorgho pour la production de boissons fermentées. *International Journal of Biological and Chemical. Sciences.* 5(4): 1552- 561, August 2011. ISSN 1991-8631.
23. Kayodé A.P.P., Hounhouigan J.D., Nout M.J.R., 2007. Impact of brewing process operations on phytate, phenolic compounds and *in vitro* solubility of iron and zinc in opaque sorghum beer, *LWT. Food Sci. Technol.* 40(5):834-841.
24. Kühle Van der Aa A., Jespersen L., Glover R.L.K., Diawara B., Jakobsen M., 2001. Identification and characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from West African sorghum beer. *Yeast* 18, 1069-1079.
25. Lefyedi M.L., Taylor J.R.N., 2007. Control of the growth of coliforms and moulds in sorghum malting by bacterial and yeast cultures. *J. Inst. Brew.*, 113, 123-129.
26. Makkar H.P.S., Blummel M., Borowy N.K., Becker K., 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with

- chemical and protein precipitation methods. *J. Sci. Food Agric.* 61, 161–165.
27. Maoura N., Mbaiguinam M., Gaillardin C., Pourquoi J., 2006. Suivi technique, analytique et microbiologique de labilibili, bière traditionnelle Tchadienne, *Afr. Sci.* 02(1):69-82.
 28. Maoura N., Mbaiguinam M., Nguyen H.V., Gaillardin C., Pourquoi J., 2005. Identification and typing of the yeast strains isolated from bilibili, a traditional sorghum beer of Chad. *Afr. J. Biotechnol.* 4:646-656.
 29. Mathoto L.L., 2007. Control of microbial proliferation on sorghum during malting. *PhD thesis, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.*
 30. Miller G.H., 1959. « use of DNS acid reagent for determination of reducing sugar ». *analytical chemistry*, vol. 31, pp. 426-428.
 31. Moll M., 1991. Bière et coolers. *Sci. et Tec. Agroalimentaire, France*, pp: 516.
 32. Mugula J.K., Nnkoa S.A.M., Narvhusb J.A., Sorhaug T., 2003. Microbiological and fermentation characteristics of togwa, a Tanzanian fermented food. *Inter. J. Food Microbiol.*, 80, 187-199.
 33. Muyanja C.M.B.K., Narvhus J.A., Treimo J., Langsrud T., 2003. Isolation, characterisation and identification of lactic acid bacteria from bushera: a Ugandan traditional fermented beverage. *Int. J. Food Microbiol.*, 80, 201- 210
 34. Nout M.J.R, Rombouts F.M., Havelaar A, 1989. Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant food ingredients on some pathogenic microorganisms. *Int. J. Food Microbiol.*, 8: 351-361.
 35. Nwanguma B.C., Eze M.O., 1996. Changes in the concentrations of the polyphenolic constituents of sorghum during malting and mashing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70 (2): 162-166.
 36. Odunfa S.A., Adeyele S. (1985). Microbiological changes during the traditional production of ogi-baba, a west african fermented Sorghum gruel. *J. Cereal Sci.* 3: 173-180.
 37. Osseyi E.G., Tagba P., Karou S.D., Keteve A.P., Lamboni C.R., 2011. Stabilization of the traditional sorghum beer, “tchoukoutou” using rustic wine-making method. *Advanced Journal of Food Sciences and Technology.* 3(4), 254-258.
 38. Platt B.C., 1955. Somme traditional alcoholic beverages and their importance in indigeneous african communities. *Pro. Nutr. Soc.* 14: 115-124.

39. Price L.M., Van Scoyoc S and Butler LG, 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food chem.*, 26, 1214-1218.
40. Saidou C., Tchatchueng J.B., Ndjouenkeu R., Roux D. C.D., 2011."Extraction and partial characterisation of hydrocolloid gums from some african legumes," *International Journal of Food Engineering* : Vol. 7: Iss. 3, Article 15
41. Tisekwa B. (1989). Improvement of traditional manufacturing of sorghum beer (mtama) in Tanzania. *Thesis, Ghent University, Belgium*, pp. 2- 18.
42. Togo C.A., Feresu SB and Mutukumira AN, 2002. Identification of lactic acid bacteria isolated from opaque beer (chibuku) for potential use as a starter culture. *J. Food Technol. Afr.*, 7(3): 93-97.