



Contribution à l'utilisation du sorgho rouge (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en brasserie : choix des conditions de brassage (température et pH)

Arthur Amisi K., Matthieu Lunda N., Stanis Kibi K., Jean-Claude Bwanganga T.

Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques. Département de Chimie et Industries Agricoles. BP 14071 Kinshasa 1 (RDC). E-mail: arthuamisi@hotmail.fr; arthur.amisi@unikin.ac.cd; arthur.amisi-kapepa.1@ulaval.ca

Reçu le 05 novembre 2021, accepté le 22 décembre 2021, publié en ligne le 24 décembre 2021

RESUME

Description du sujet. L'utilisation du sorgho rouge en brasserie offre plusieurs avantages, notamment l'absence de gluten. En Brasserie, il est important d'optimiser le brassage du malt de sorgho rouge produit en République Démocratique du Congo en définissant les meilleures conditions de brassage (température et pH) qui favorisent l'expression maximale des amylases du sorgho rouge lors du brassage.

Objectifs. L'objectif global est de contribuer à la processabilité du sorgho rouge en brasserie moderne. Spécifiquement, l'étude vise à définir les valeurs optimales de température et du pH qui favorisent l'expression maximale des amylases du sorgho rouge lors du brassage.

Méthodes. Pour ce faire, 27 objets (deux doubles) ont été mis en expérimentation suivant un plan factoriel complet (3 tampons \times 3 niveaux de température pour le premier palier \times 3 niveaux de température pour le deuxième palier), où 1,38 g de farine de sorgho ont été placés dans chacun de 27 tubes à essai ou 27 traitements contenant 10 ml de solution tampon (3 tampons (p1 : pH=5 – p2 : pH=5,5 – p3 : pH=6,5)). Tous les traitements ont ensuite été portés à 50 °C pendant 10 minutes dans un bain-marie thermostatisé pour ensuite être soumis à trois paliers de température (3 températures pour le premier palier (TB1=60 °C, TB2=62,5 °C et TB3=65 °C pendant 15 minutes ; 3 températures pour le deuxième palier (TA1=70 °C, TA2=72,5 °C et TA3=75 °C pendant 20 minutes ; et une température (100 °C : ébullition pendant 75 minutes).

Résultats. Les résultats de cette étude montrent que le meilleur traitement est P1TB3TA3 qui n'est pas significativement différent de P2TB2TA1 qui n'est pas non plus significativement différent de P1TB1TA3 (p=0,05). Autrement dit, le meilleur tampon est le tampon acétate (pH=5) ; la meilleure température pour le premier palier est de 62,5 °C et celle pour le deuxième palier est de 75 °C.

Conclusion. Cette étude a permis d'obtenir la meilleure température et le meilleur pH de brassage du moût de malt de sorgho rouge. Soit 62,5 °C pour β -amylase et 75 °C pour l' α -amylase ; le meilleur pH de brassage est de 5. Cette étude fournit ainsi des informations techniques aux brasseurs pour la fabrication de la bière à base du sorgho tant au niveau industriel qu'artisanal.

Mots-clés : sorgho rouge, brassage, température, pH, α -amylase, β -amylase.

ABSTRACT

Contribution to the use of red sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in brewing: choice of brewing conditions (temperature and pH)

Description of the subject. The use of red sorghum in brewing offers several advantages, including the absence of gluten. This study was initiated in order to optimize the brewing of red sorghum malt produced in the Democratic Republic of Congo by defining the optimum values of temperature and pH which promote maximum expression of red sorghum amylases during brewing.

Objectives. The focus of this study is to contributing to the processability of red sorghum malt in a modern brewery industry. Specifically, the study aims to define the optimum value of temperature, pH, which promotes maximum expression of amylases during the brewing process of red sorghum malt.

Methods. To do this, 27 objects (two duplicates) were put into experimentation according to a complete factorial plan (3 buffers \times 3 temperature levels for the first level \times 3 temperature levels for the second level), where 1.38 g of flour of sorghum were placed in each of 27 test tubes (27 treatments) containing 10 ml of buffer solution of each of 3 buffers (p1: pH = 5 - p2: pH = 5.5 - p3: pH = 6.5). Treatments were then brought to 50 °C for 10 minutes in a thermostatically controlled water bath and subjected to three temperature stages (3 temperatures for

the first stage (TB1 = 60 °C, TB2 = 62.5 °C and TB3 = 65 °C for 15 minutes; 3 temperatures for the second stage (TA1 = 70 °C, TA2 = 72.5 °C and TA3 = 75 °C for 20 minutes; and one temperature (100 °C: boiling for 75 minutes).

Results. The results of this study show that in relation to the comparison of the averages, the best treatment was P1TB3TA3 which is not significantly different from P2TB2TA1 followed by P2TB2TA1 which is also not significantly different from P1TB1TA3 (p-value=0,05). The best buffer is the acetate buffer (pH = 5); the best temperature for the first stage is 62.5 °C and that for the second stage is 75 °C.

Conclusion. This study provided the best temperature and pH for amylase activity during brewing of red sorghum. Or 62.5 °C for β -amylase and 75 °C for α -amylase; the best pH for both is 5. It thus provides technical information to brewers for making sorghum-based beer at the industrial and artisanal level.

Keywords: Red sorghum, brewing, temperature, pH, α -amylase, β -amylase.

Mots-clés : *Autranella congolensis*, taux de germination, pépinière, forêt à *Celtis*, République du Congo.

1. INTRODUCTION

La fabrication de la bière se fait en quatre grandes étapes à savoir, le maltage (trempage, germination et touraillage), le brassage (concassage, brassage proprement dit, filtration du moût, et ébullition), la fermentation et le soutirage. La production de la bière de sorgho revêt un caractère socio-économique remarquable puisqu'elle est abondamment utilisée au cours des cérémonies traditionnelles et constitue une importante source de revenus pour les femmes qui la produisent à l'échelle locale, en utilisant la technologie traditionnelle (Kayodé *et al.*, 2005).

Les procédés traditionnels de production des bières de sorgho sont longs, complexes et varient suivant les pays ou les régions (Coulibaly *et al.*, 2014) et reposent cependant sur les mêmes principes. Les trois grandes opérations sont le maltage, le brassage et la fermentation (Chevassus-Agnès *et al.*, 1976 ; Sawadogo-Lingani *et al.*, 2007 ; Bwanganga *et al.*, 2018).

L'intégration du sorgho en brasserie moderne est donc confrontée à l'optimisation de ces différentes étapes d'autant plus que les procédés brassicoles ainsi que les machines utilisées ont été développés pour l'utilisation du malt d'orge (Amisi *et al.*, 2019 ; 2020).

Plusieurs études ont été menées ces dernières années pour rechercher l'adéquation techno-fonctionnelle sorgho-brasserie (Bwanganga *et al.*, 2013a, 2013b, 2013c, 2018 ; Amisi *et al.*, 2019 ; 2020). Cette adéquation suppose que les propriétés techno-fonctionnelles soient améliorées pour assurer l'intégration agile du sorgho en brasserie moderne ou que les procédés et les machines utilisés soient adaptés à l'utilisation du malt de sorgho (Sang, 2008). Des malts de meilleure qualité, avec des activités enzymatiques adéquates, exempts de moisissures et de teneurs réduites en polyphénols ont déjà été obtenus (Phiarais *et al.*, 2005 ; Runavot, 2011 ; Amisi *et al.*, 2020 ; 2019).

L'utilisation des enzymes exogènes est devenue une pratique courante lors du brassage du sorgho faite d'optimisation des diagrammes de brassage (Goode *et al.*, 2002 ; Ogul *et al.*, 2006) et le sorgho non malté est souvent utilisé au Nigéria pour la production des bières de type européen. Des brassages avec 100 % de sorgho non malté ont été réalisés avec addition d'enzymes exogènes et les paliers de 50, 95 et 65 °C ont été utilisés (Goode *et al.*, 2002). Des diagrammes de brassage sont proposés dans la revue présentée par Ogbonna (2011).

Même si quelques bières de sorgho sont déjà brassées et ce, surtout après ajout d'enzymes exogènes, l'optimisation des conditions de brassage est importante. Cette optimisation suppose la définition des conditions pour une meilleure extraction des constituants des grains (hydrolyse des protéines sous forme d'acides aminés, hydrolyse des constituants des parois pour minimiser les problèmes de filtration : colmatage des filtres, l'hydrolyse des amidons sous-forme des sucres fermentescibles : glucose, maltose, maltotriose, etc.) Cette étude s'est focalisée sur la recherche des meilleures conditions de température et de pH – les durées des paliers étant maintenues constantes – pour une meilleure hydrolyse de l'amidon.

Trois températures ont été utilisées pour la β -amylase (60 ; 62,5 et 65 °C), 3 pour l' α -amylase (70 ; 72,5 et 75 °C) et trois pH (5 ; 5,5 et 6) dans un dispositif complet combinant les trois facteurs.

2. MATERIEL ET METHODES

L'essai était réalisé au laboratoire du Département de Chimie et Industries Agricoles à l'Université de Kinshasa, sur un écotype de sorgho rouge obtenu de la ville de Lubumbashi dans la province du Haut-Katanga en République Démocratique du Congo.

2.1. Extraction des composés phénoliques

Les grains de sorgho ont été triés manuellement et puis les composés phénoliques ont été extraits à l'aide du mélange acétone/eau : 70/30 (V/V) comme décrit par Bwanganga (2012) et modifié par Amisi (2019 ; 2020). Pour ce faire, 200 g de grains de sorgho rouge ont été mélangés avec 200 ml du système de solvant acétone-eau distillée (70/30) ; le mélange a ensuite été laissé au repos pendant 30 minutes puis centrifugé à 5000 tours/min pendant 5 minutes. Après centrifugation, le mélange a été rincé avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'une eau de rinçage plus ou moins claire afin de se rassurer de l'élimination d'une importante quantité de polyphénol des grains de sorgho.

2.2. Maltage

Les grains ont ensuite été trempés pendant 48 heures et puis laissés germer à l'abri de la lumière pendant 72 heures. Les malts verts obtenus ont été tournaillés à 40 °C à l'étuve pendant 48 heures puis moulus et tamisés (diamètre 1 mm).

2.3. Préparation des solutions tampons

Trois tampons de 200 ml chacun ont été préparés dont deux tampons acétates 50 mM (mélange de CH₃COOH et de CH₃COONa) à pH 5 (p1) et à pH 5,5 (p2) et un tampon phosphate 50 mM (mélange du KH₂PO₄ et du KHPO₄) à pH 6 (p3).

2.4. Brassage

Pour réaliser le maltage, 1,38 g de farine de sorgho ont été placés dans chacun de 27 tubes à essai contenant 10 ml de solution tampon (3 tampons (p1 : pH=5 – p2 : pH=5,5 – p3 : pH=6,5). Tous les traitements ont ensuite été portés à 50 °C pendant 10 minutes dans un bain-marie thermostaté. Tous les traitements ont ensuite été soumis à trois paliers de température (3 températures pour le premier palier (TB1=60 °C, TB2=62,5 °C et TB3=65 °C pendant 15 minutes ; 3 températures pour le deuxième palier ((TA1=70 °C, TA2=72,5 °C et TA3=75 °C pendant 20 minutes ; et une température (100 °C : ébullition à reflux pendant 75 minutes). Vingt-sept (27) objets (deux doubles) ont

été mis en expérimentation dans un plan factoriel complet (3 tampons × 3 niveaux de température pour le premier palier × 3 niveaux de température pour le deuxième palier) et les moûts obtenus ont été centrifugés à 5000 tours/min pendant 5 minutes.

2.5. Dosage des sucres réducteurs dans le moût

Les sucres réducteurs ont été dosés à l'aide de la méthode décrite par Miller (1959) avec quelques petites modifications, méthode testant la présence des groupes carbonyles libres des sucres par une réaction d'oxydoréduction entre les carbonyles libres des sucres qui s'oxydent et la fonction acide carboxylique de l'acide dinitrosalicylique (DNS).

Le réactif DNS a été préparé en mélangeant 0,75 g d'acide, 3,5-dinitrosalicylique, 22,5 g de tartrate de sodium et de potassium et 1,2 g de NaOH dans cet ordre dans 75 ml d'eau distillée (ce réactif a été conservé à 4 °C et ne devrait plus être utilisé après 15 jours). La calibration a été préparée avec du glucose (0 – 0,5 – 1 – 1,5 et 2 g/l). Les différents moûts obtenus ont été dilués (dilution 1/100). A 0,5 ml de chaque échantillon (solutions de calibration comprises) a été ajouté 0,5 ml de solution de DNS. Le mélange a été agité puis porté à ébullition pendant 5 minutes. Les tubes ont ensuite été refroidis dans un bain de glace puis 5 ml d'eau distillée ont été ajoutés avant la lecture de l'absorbance à 540 nm. La quantité de sucre libéré est exprimée en g d'équivalent glucose.

3. RESULTATS

3.1. Validité du modèle linéaire utilisé

La validité du modèle linéaire utilisé est présentée au tableau 1.

Tableau 1. Analyse de la variance trois facteurs : pH (P1 : pH5 ; P2 : pH5,5 ; P3 : pH6), température premier palier (TB1=60 °C ; TB2=62,5 °C ; TB3=65 °C pendant 10 minutes) et température deuxième palier (TA1=70°C ; TA2=72,5 ; TA3=75 °C pendant 10 minutes)

Source	DL	SC	CM	F	P
pH (P1, P2, P3)	2	118,021	59,011	568,02	0,000
TB (°C)	2	95,108	47,554	457,74	0,000
TA (°C)	2	138,163	69,082	664,96	0,000
pH*TB	4	206,504	51,626	496,94	0,000
pH*TA	4	250,042	62,511	601,71	0,000
TB*TA	4	39,142	9,786	94,19	0,000
pH*TB*TA	8	129,382	16,173	155,67	0,000
Erreur	27	2,805	0,104		
Total	53	979,168			

$$S = 0,322318 \quad R^2 = 99,71\% \quad R^2\text{-ajusté} = 99,44\%$$

L'analyse de la variance montre que les trois facteurs étudiés : p (p1 : pH=5 – p2 : pH=5,5 et p3 : pH=6), température premier palier TB (TB1=60 °C, TB2=62,5 °C et TB3=65 °C pendant 15 minutes) et température deuxième palier (TA1=70 °C, TA2=72,5 °C et TA3=75 °C pendant 20 minutes) ainsi que leurs interactions ont des effets significatifs au seuil de probabilité de 5 %. La validité de ce modèle est confirmée par la distribution normale et de moyenne nulle des résidus telle que montré sur les figures 1 et 2.

3.2. Adéquation du modèle, analyse des effets principaux et comparaison des moyennes

L'analyse des effets principaux et la comparaison des moyennes sont consignées aux figures 1 et 2.

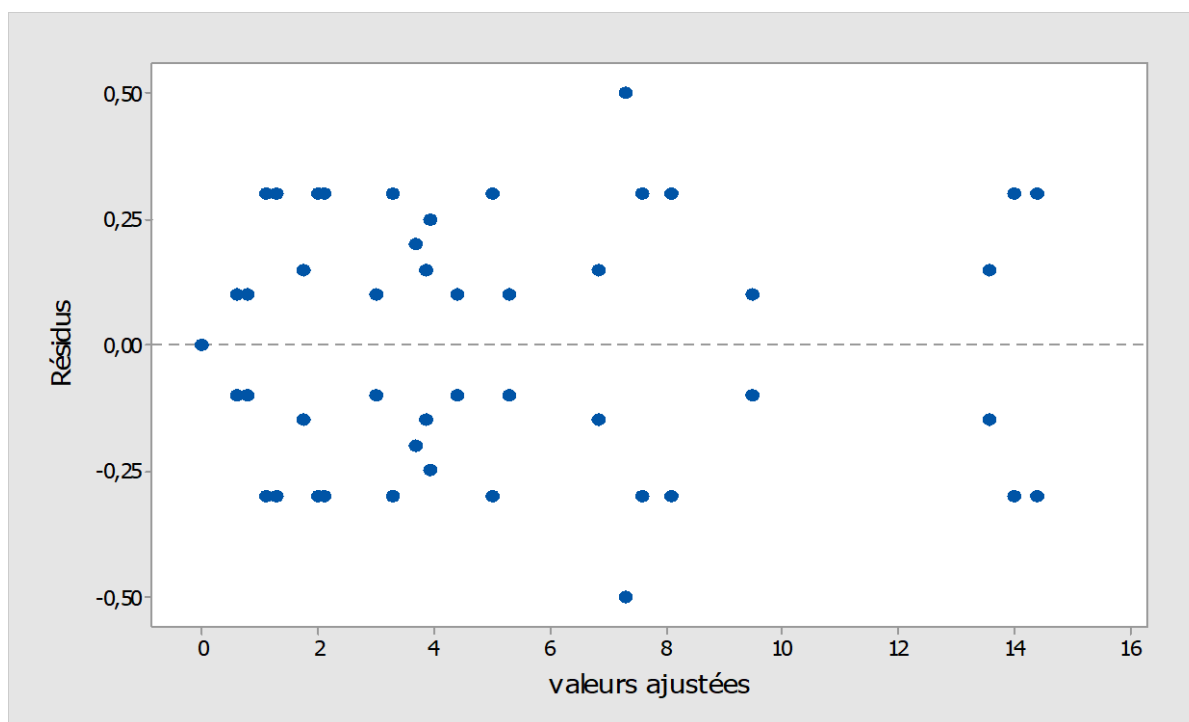


Figure 1. Résidus en fonction des valeurs ajustées

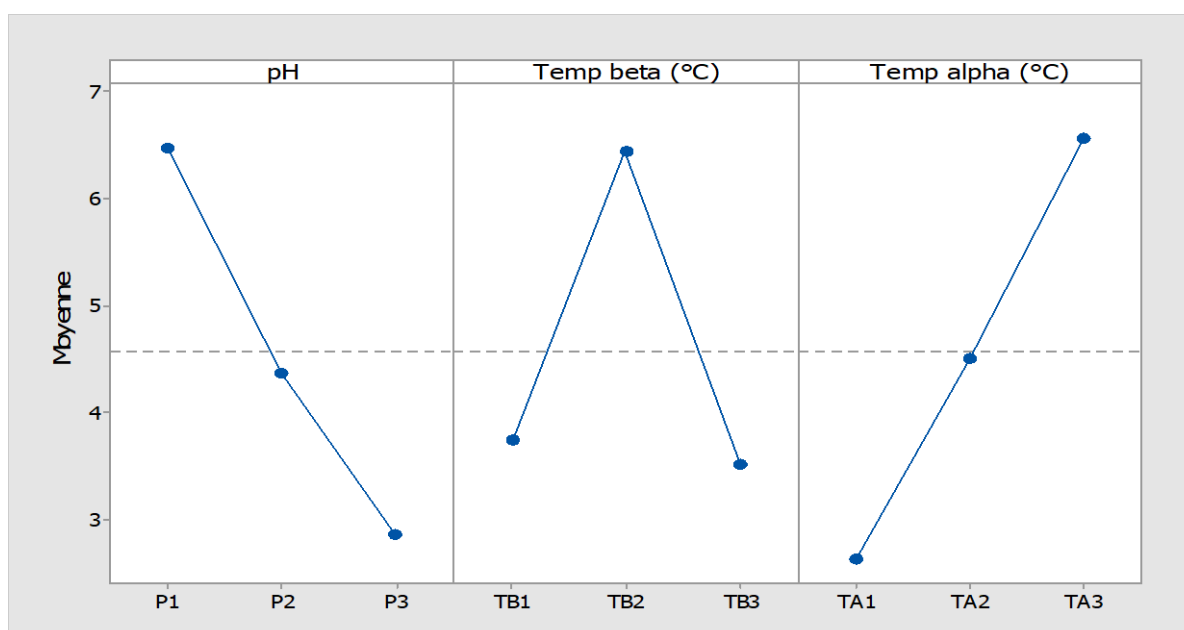


Figure 2. Effets principaux p (p1 : pH=5 – p2 : pH=5,5 et p3 : pH=6), température premier palier TB (TB1=60 °C, TB2=62,5 °C et TB3=65 °C pendant 15 minutes) et température deuxième palier (TA1=70 °C, TA2=72,5 °C et TA3=75 °C pendant 20 minutes) sur la densité du moût.

Les teneurs moyennes en sucres simples libérés exprimées en g d'équivalents glucoses par 100 ml de moût sont présentées au tableau 2.

Tableau 2. Comparaison des moyennes (Méthode LSD de Fisher $\alpha=0,05$) (les teneurs en sucres simples libérés sont exprimées en g d'équivalents glucose par 100 ml de moût)

Traitement	N	Moyenne	Groupage
P1TB3TA3	2	14,400	A
P2TB2TA1	2	14,000	A B
P1TB1TA3	2	13,550	B
P1TB2TA3	2	9,500	C
P2TB2TA2	2	8,100	D
P2TB2TA3	2	7,600	D E
P3TB2TA3	2	7,300	E F
P1TB3TA2	2	6,850	F
P2TB1TA2	2	5,300	G
P3TB1TA2	2	5,000	G H
P1TB1TA2	2	4,400	H I
P1TB2TA2	2	3,950	I J
P1TB2TA1	2	3,850	I J
P3TB2TA2	2	3,700	J
P3TB3TA2	2	3,300	J K
P2TB3TA3	2	3,000	K
P3TB1TA1	2	2,100	L
P3TB1TA3	2	2,000	L
P1TB3TA1	2	1,750	L M
P3TB3TA1	2	1,300	M N
P3TB3TA3	2	1,100	M N O
P2TB1TA1	2	0,800	N O
P2TB1TA3	2	0,600	O P
P3TB2TA1	2	0,000000	P
P2TB3TA2	2	0,000000	P
P2TB3TA1	2	0,000000	P
P1TB1TA1	2	0,000000	P

p (p1 : pH=5 – p2 : pH=5,5 et p3 : pH=6), température premier palier TB (TB1=60°C, TB2=62,5°C et TB3=65°C pendant 15 minutes) et température deuxième palier (TA1=70°C, TA2=72,5°C et TA3=75°C pendant 20 minutes). Les moyennes ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

4. DISCUSSION

L'analyse des effets principaux montre que le traitement P1TB2TA3 peut, en moyenne, être considéré comme le meilleur. Autrement dit le meilleur tampon est le tampon acétate (pH=5, 50 mM) ; la meilleure température pour le premier palier est de 62,5 °C et celle pour le deuxième palier est de 75 °C. La comparaison des moyennes (Tableau 2) montre par contre que le meilleur traitement est le P1TB3TA3 qui n'est pas significativement différent de P2TB2TA1 qui n'est pas non plus significativement différent de P1TB1TA3 au seuil de probabilité de 5 %.

Dans cette étude la meilleure température de brassage pour le deuxième palier est de 75 °C, ce qui est bien plus supérieure à celle de 70 °C obtenue par Egwim et Oloyede (2006). La

température de 70 °C obtenue par Egwim et Oloyede (2006) l'a été lors d'un essai dans lequel le pH, non indiqué, a été maintenu constant. Dans cette étude, le barème choisi pour l'activité de l' α -amylase l'a été en mesurant une réponse commune de toutes les enzymes capables d'hydrolyser l'amidon (α - et β -amylases, α -glucanase et limite-dextrinase) dans les conditions de brassage (température et pH). La différence entre la valeur trouvée par Egwim et Oloyede (2006) et celle obtenue dans cette étude serait aussi due au pH fixé à 5 alors que le pH optimal pour l' α -amylase obtenu par Egwim et Oloyede (2006) était de 5,8.

Sur des extraits purifiés d' α -amylase de malt de sorgho, obtenus dans des conditions optimisées de température et de pH de maltage, Adefila *et al.* (2012) ont trouvé des valeurs optimales de

température et de pH respectives de 60 °C et de 6,5. La difficulté pour une étude comme celle-ci est de trouver un compromis entre la réponse de l' α -amylase et celle de la β -amylase. Le pH optimum de la β -amylase étant généralement inférieur à celui de l' α -amylase, le compromis est parfois difficile à trouver surtout pour une céréale comme le sorgho dont la synthèse de la β -amylase ne se fait pas en grande quantité (Bwanganga, 2015).

Aussi, dans cette étude, le pH a été fixé (brassage dans des solutions tampons) alors que le pH du moût - étant la somme de plusieurs interactions : dissociation et association des acides et des bases faibles, des acides aminés, de l'acide phosphorique, acides carboxyliques du malt et ions bicarbonate et calcium de l'eau, etc. - est difficile à fixer à priori. C'est ainsi que lors d'un brassage classique, il sera parfois question de corriger le pH du moût par addition des acides ou des bases, ce qui est parfois difficile de par le fait que le moût est en général bien tamponné.

5. CONCLUSION ET SUGGESTIONS

L'objectif de ce travail était de déterminer les conditions optimales de pH et de température en vue d'obtention d'une bonne hydrolyse du moût de sorgho rouge lors du brassage. Il est nécessaire de maîtriser ces paramètres qui, de loin ou de près, peuvent influencer la bonne conduite du reste des étapes de la fabrication de la bière. Dans cette étude, les composés phénoliques qui sont des inhibiteurs des amylases ont en premier lieu été éliminés par l'extrait acétone/eau (70/30, V/V) avant le maltage afin de favoriser une meilleure activité des amylases.

Dans cette étude, le barème choisi pour une meilleure conduite du brassage l'a été en mesurant une réponse commune de toutes enzymes capables d'hydrolyser l'amidon (α - et β -amylases, α -glucanase et limite-dextrinase) dans les conditions de brassage (température et pH). Cette étude a permis d'obtenir la meilleure température et le meilleur pH de brassage du malt de sorgho rouge (62,5 °C pour β -amylase et de 75 °C pour l' α -amylase) et le meilleur pH (pH=5).

Des études supplémentaires sur la dissociation des acides et des bases faibles, des acides aminés, de l'acide phosphorique, des acides carboxyliques du malt et sur le comportement des ions bicarbonate et calcium de l'eau, etc. sont nécessaires pour contourner et tamponner le moût à un pH correct et éviter à chaque fois de corriger le pH du moût par addition des acides ou des bases. Aussi, de telles études doivent être complétées par des travaux d'optimisation des conditions de fermentation afin de mettre à la disposition des brasseurs, les informations nécessaires permettant d'intégrer le

sorgho dans leurs process tant à l'échelle artisanale qu'industrielle.

Références

- Adefila O.A., Bakare M.K. & Adewale I.O., 2012. Characterization of an α -amylase from sorghum (*Sorghum bicolor*) obtained under optimized conditions. *J. Inst. Brew.*, 118, 63–69.
- Amisi K.A., Mava D., Kasonga T.R., Makaba M.E.R. & Bwanganga T. J.-C., 2020. Effects of gibberellic acid on the synthesis of α - and β -amylase during sorghum malting (*Sorghum bicolor* L. (Moench)). *Révue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 3(3), 89-93.
- Amisi K.A., Baguma K.P., Kibi K.S., Muselefu U.A., Mubiala K.M., Kimbemuken T.E. & Bwanganga T.J.-C., 2019. Modélisation de l'effet inhibiteur des composés phénoliques sur l'induction de la synthèse de l' α -amylase par l'acide gibbérellique lors du maltage du sorgho rouge (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). *Révue Africaine d'environnement et d'agriculture*, 2(1), 40-45.
- Bwanganga T.J.-C., Ba K., Destain J., Malumba K.P., Béra F. & Thonart P., 2013a. Vers une intégration du sorgho comme matière première pour la brasserie moderne (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17 (4), 622-633.
- Bwanganga T.J.-C., Béra F. & Thonart P., 2013b. Modelling the β -amylase activity during red sorghum malting when *Bacillus subtilis* is used to control mould growth. *J. Cereal Sci.*, 57, 115-119.
- Bwanganga T.J.-C., Pondo K.B., Malumba K.P., Destain J., Béra F. & Thonart P., 2013c. Suitability of the Weibull four-parameters model to predict the induction phase of amylase production during red sorghum malting when steep in dilute NaOH is used prior to resteeeping in a *Bacillus subtilis*-S499 based treatment. *J. Inst. Brew.*, 119, 265-270.
- Bwanganga T.J.-C., Buetusiwa T., Minengu JDD., Kibal I. & Tshiala H., 2015. Effects of phenolic compounds on the hydrolysis of red sorghum starch by extracted red sorghum malt α - and β -amylases. *Starch-Stärke*, 67, 854-859.
- Bwanganga T.J.-C., Amisi K.A., Kabiona F. & Baguma K.P., 2018. Modélisation de la déshydratation et de la destruction de l'activité α -amylase lors du touraillage d'un malt vert d'un écotype de sorgho rouge (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Révue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 1(2), 2-9.
- Chevassus-Agnès S., Favier J.C. & Joseph A., 1976. Technologie traditionnelle et valeur nutritive des bières de sorgho du Cameroun. *Cah. Nutr. Diet.*, 11, 89-104.
- Coulibaly W.H., N'guessan K.F., Coulibaly I., Djè K.M. & Thonart F., 2014. Les levures et les bactéries lactiques dans les bières traditionnelles à base de sorgho produites en Afrique subsaharienne (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12(2), 209-219
- Egwim C. & Oloyede O.B., 2006. Comparison of α -amylase activity in some sprouting Nigerian cereals. *Biokemistri*, 18(1), 15-20.

- Goode D.L., Halbert C. & Arendt E.K., 2002. Mashing studies with unmalted sorghum and barley. *J. Inst. Brew.*, 108(4), 465-473.
- Kayodé A.P.P., Adegbi A., Hounhouigan J.D., Linnemann A.R. & Robert Nout M.J., 2005. Quality of farmers varieties of sorghum and derived foods as perceived by consumers in Benin. *Ecol. Food Nutr.*, 44, 271-294.
- Miller G.L., 1959. Use of DNS Acid Reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chem*, 31, 426-428.
- Ogbonna A.C., 2011. Current developments in malting and brewing trials with sorghum in Nigeria: are view. *J. Inst. Brew.*, 117(3), 394-400.
- Ogul E.O., Odibo F.J.C., Agu R.C. & Palmer G.H., 2006. Quality assessment of different sorghum varieties for their brewing potential. *J. Inst. Brew.*, 112(2), 117-121.
- Phiarais, B.P.N., Wijngaard H. H. & Arendt E.K., 2005. The impact of kilning on enzymatic activity of buckwheat malt. *Journal of the Institute of Brewing* 111(3), 290-298.
- Runavot J-L., 2011. *Maltage à faible hydratation : dégradation des structures pariétales, diffusion et modification des protéines aleuroniques et caractérisation des barrières hydrophobes cuticulaires*. Thèse de doctorat, 140 p.
- Sang Y., 2008. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. *J., Agric. Food. Chem.*, 56, 6680-6685.
- Sawadogo-Lingani H., Lei V., Diawara B., Nielsen D.S., Moller P., Traoré A.S. & Jakobsen M., 2007. The biodiversity of predominant lactic acid bacteria in dolo and pito wort for the production of sorghum beer. *J. Appl. Microbiol.*, 103, 765-777.