
 Soumis le : 25 Avril 2014

Forme révisée acceptée le : 11 Septembre 2014

Email de l'auteur correspondant :

noel.akis@yahoo.fr

Caractérisation du procédé de *gambari-lifin* (farine de maïs décortiqué-dégermé) et influence de la variété de maïs sur la qualité physico-chimique et rhéologique.

Amélia N. ADJILE^a, Ayihadji P. F. HOUSSOU^b, Nelly MONTEIRO^c, Marcellin C. FAINOU^a, Noel H. AKISSOE^c, Fatiou TOUKOUROU^a

^a Laboratoire de Microbiologie et de Technologie Alimentaire, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 01 BP : 2009Cotonou, Rep. Bénin

^b Programme des Technologies Agricoles et Alimentaires, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Porto-Novo, 01 BP 128 PTAA –INRAB Porto-Novo, Bénin

^c Département de Nutrition et Sciences des Aliments, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 01 BP : 2009Cotonou, Rep. Bénin

Résumé

Le *gambari-lifin* est une farine issue du maïs décortiqué-dégermé utilisée pour préparer la pâte (owo) ou entrant partiellement dans la boulangerie et la pâtisserie. Cette étude vise à caractériser d'une part, le procédé traditionnel de production du *gambari-lifin* à travers une enquête technologique auprès des productrices-vendeuses, et d'autre part, la farine aux plans physico-chimiques et rhéologiques. De plus, l'effet de quatre variétés dont une locale (Gnonli) et trois améliorées (DMR-ESR-W, QPM Faaba et TZPB-SR) sur la qualité physico-chimique et rhéologique de cette farine a été évalué. A l'exception du décorticage-dégermage et de la mouture, l'activité de production de *gambari-lifin* est essentiellement assurée par les femmes (74% des répondantes, N=34) qui sont majoritairement de l'ethnie Goun (71%) et dans une moindre mesure des Yoruba (16%). Selon les productrices-vendeuses (96% enquêtées), les clients/consommateurs préfèrent une farine très blanche possédant une très fine granulométrie et un goût légèrement acide. Les opérations unitaires comprennent l'humectage (aspersion d'eau à la main), le décorticage/dégermage, le vannage, le trempage, la mouture, le séchage au soleil et le tamisage. La luminance/blancheur (L*) de *gambari-lifin* des marchés varie entre 82,12 - 86,12 et la granulométrie médiane des particules (Gm50), entre 152,8 et 190,7 µm, confirmant ainsi les observations des enquêtées. A l'exception du rendement en farine, aucun effet variétal significatif au seuil de 5% n'a été mis en évidence sur les paramètres physicochimiques et rhéologiques de *gambari-lifin*; la variété locale (farineuse) a donné le rendement le plus élevé (73,1% contre 60,2 - 64,4%). Ces résultats présument que toutes les variétés (locales et améliorées) pourraient être utilisées pour la production de *gambari-lifin* et donneraient des pâtes répondant aux exigences des consommateurs. Toutefois, des études complémentaires sur le plan sensoriel et physicochimiques et sur d'autres variétés de maïs sont encore nécessaires.

Mots clés : *Gambari-lifin* - Maïs - Farine- mouture

Abstract

Gambari-lifin is a maize flour made from shelled-degermed grains used to prepare a dough called owo or partially used in bakery and pastry. This study aims to characterize the traditional processing techniques, and the quality attributes of *gambari lifin* through a survey among producers and sellers, and to evaluate the physicochemical and rheological properties of this flour. In addition, the effect of maize varieties (local: Gnonli and three improved DMR- ESR- W, and QPM Faaba TZPB -SR) on the physicochemical and rheological properties of the flour was investigated. Apart from shelling-degerming and milling, the processing of *gambari-lifin* are undertaken by women exclusively (74 % of respondents, N = 34) who are mostly from ethnic group Goun (71%) and to a lesser extent Yoruba (16%). According to the producers (96% respondents), customers/consumers prefer a very white flour with very small particle size and light sour taste. The unit operations include wetting (water spray by hand), shelling/degerming, winnowing, soaking, milling, sun drying and sieving. The luminance/whiteness (L*) of *gambari-lifin* from markets varied between 82.12 and 86.12, while median particle sizes (Gm50) varied between 152.8 and 190.7 µm; this is consistent with surveys data. With the exception of milling yields, no significant varietal effect at the 5 % level was highlighted on the physicochemical and rheological parameters of *gambari-lifin*, the local variety (floury) giving the highest yield (73 % yield versus 60.2 to 64.4 %). This suggests that all varieties (local and improved) could be used for *gambari-lifin* production that could be used to prepare dough that meets the requirements of consumers. However, consumers' acceptance and other relevant physicochemical analyses and the test on other maize varieties should be undertaken.

Keys words: *Gambari- lifin* - Maize - flour - Milling

1. Introduction

La production mondiale de maïs en 2010 est évaluée à 840 millions de tonnes, ce qui le place en première place devant le riz (696 millions de tonnes) et le blé (653 millions de tonnes) [1]. En Afrique de l'ouest, le Nigeria est le premier producteur de maïs, avec 9,18 millions de tonnes en 2011 [1]. Dans les autres pays Ouest-africains, les superficies consacrées à la production du maïs ont fortement augmenté, notamment dans les bassins de production du coton au Bénin, au Burkina-Faso et au Mali. Il demeure la première céréale locale du Bénin, loin devant le sorgho avec une production nationale en 2010 de plus d'un million de tonnes (1012630 tonnes) [2]. Parmi les produits dérivés, on rencontre des pâtes, des boissons et bouillies [3] mais également des pains, des produits grillés ou étuvés. Il a été ainsi dénombré une quarantaine de recettes à base de maïs au Bénin, regroupant les produits traditionnels de première transformation (farines « *lifin* », pâtes fermentées « *ogui, mawè* », etc.), les produits de deuxième transformation (pâte cuite ordinaire "*owo*", bouillies, l'*akassa*, etc.) et différentes boissons [4]. Parmi ces dérivés, la farine de maïs "*lifin*" occupe une grande place dans l'alimentation des populations, servant à la préparation de la pâte « *owo* » [4]. La transformation du maïs en pâte de type *owo* est également bien connue sous différentes appellations (*tuwo, tô, aseda, ugali, mudde*) dans les pays Ouest-Africains [5].

Au Bénin, le "*lifin*" est le nom générique des farines non fermentées de maïs comprenant des farines ordinaires (grains secs entiers moulus), des farines de grains torréfiés (grains entiers ayant subi une cuisson à sec, puis moulus) et des farines de grains décortiqués et dégermés, le "*gambari lifin*". A la différence de la farine de maïs décortiquée *tuwo* du Ghana [6], le "*gambari-lifin*" est légèrement fermentée du fait du trempage des gritz dont la mouture engendre une farine relativement humide qui est ensuite séchée au soleil ardent durant une journée. Ainsi, la production (le séchage en particulier) de "*gambari-lifin*" reste dépendante des variations de température (ensoleillement). De plus, les opérations de décorticage-dégermage et de mouture affectent la qualité nutritionnelle et technologique de *tuwo* de maïs [6], une farine proche de "*gambari-lifin*". Contrairement à la farine ordinaire des grains entiers (*lifin*) qui a fait l'objet de

nombreuses études [4], le "*gambari-lifin*", à notre connaissance, n'a fait l'objet d'aucune étude de caractérisation malgré son importance socioéconomique.

Le *gambari-lifin* est une farine noble, de première classe qu'on prépare au cours des grands événements (cérémonies de mariage, de décès et autres fêtes particulières) en pâte de type *owo* [4]. Selon nos observations préliminaires, il peut être également incorporé jusqu'à 15% (pain) et 50% (gâteaux) dans la farine de blé pour fabriquer le pain ordinaire ou les pâtisseries.

En effet, le "*gambari-lifin*" fait l'objet d'une intense activité commerciale au niveau national et international (Gabon, Nigéria). Il est livré/vendu dans des emballages de récupération en portions de 25 kg, parfois en portions inférieures à la demande du client. Le procédé de production diffère de celui de « *lifin* » [4] et de celui de *tuwo* de maïs [6]. A cause de la particularité du procédé de "*gambari-lifin*" par rapport aux autres variantes de farines entières de maïs et surtout de l'importance socioéconomique de cette farine, il est nécessaire d'appréhender le système technique de production, de caractériser le procédé et la farine.

Par ailleurs, seul le maïs constitue la matière première pour la production de "*gambari-lifin*". Plusieurs variétés de maïs (locales et améliorées) sont en culture au Bénin mais leur utilisation dans la production de "*gambari-lifin*" n'est pas encore documentée. Des auteurs ont rapporté l'effet des cultivars de maïs sur la qualité de la farine « *lifin* » [4] et celle de la pâte « *owo* » dérivée. De même, l'influence de la granulométrie de *tuwo* de maïs sur les caractéristiques texturales de la pâte dérivée a été évaluée [6]. Il est probable que l'usage des variétés de maïs autres que celle de prédilection pour la production de "*gambari-lifin*" génère de nouvelles informations permettant de mieux les valoriser. Le présent travail vise à caractériser la technologie traditionnelle de production de la farine *gambari-lifin*, à évaluer ses caractéristiques physico-chimiques et rhéologiques ainsi que l'effet de la variété de maïs sur la qualité du produit.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Neuf (09) échantillons de farine de "*gambari lifin*", ont été achetés auprès des productrices-vendeuses et revendeuses dans les deux principaux marchés (marché central et le marché Ouando) de Porto Novo. Ces échantillons ont été conditionnés dans des sachets polyéthylène et conservés à 4 °C. Ils sont ramenés à la température ambiante du laboratoire avant leur utilisation pour les essais et les analyses.

Outre les farines "*gambari-lifin*" collectées dans les marchés, quatre variétés de maïs ont été offertes par le Centre de recherche sur les cultures vivrières d'Ina (Nord-Bénin) à savoir :

- Une variété locale (Gnonli), caractérisée par des grains petits et non dentés avec un albumen plus farineux, tendre et un péricarpe mince ;
- Trois variétés améliorées (QPM Faaba, DMR-ESR-W, TZPB-SR) caractérisées par des grains plus gros avec un albumen vitreux, dur et un péricarpe plus épais.

2.2. Enquêtes sur le système technique de production

Une enquête par ratissage systématique a été réalisée dans les deux grandes villes du Bénin (Cotonou et Porto-novo) auprès de vingt cinq (25) productrices-vendeuses de *Gambari-lifin* dans les marchés (central et Ouando) à Porto-Novo et neuf (9) revendeuses dans le marché Dantokpan (Cotonou). Des informations qualitatives ont été collectées sur la production, la commercialisation, les attributs de qualité ainsi que les données sociodémographiques des acteurs.

2.3. Phase expérimentale

- o Suivi de production de *Gambari-lifin*

Cinq productrices ont été suivies sur leur site de production pour identifier les paramètres et variables technologiques permettant de caractériser le procédé de production de *Gambari-lifin*. De même, la variation de la température au cours du séchage a été enregistrée au moyen d'un enregistreur de température (Maxim ibutton High temperature DS1922E, Gamme de températures : +15 à 140 °C).

- o Influence de la variété de maïs

Le *gambari-lifin* a été produit avec l'aide d'une productrice vendeuse expérimentée suivant la technologie traditionnelle. Ainsi, 4,5-5,0 kg de chaque variété ont été pesés dans des seaux en plastique, puis transformés en *gambari-lifin*. Les quatre variétés ont été transformées successivement

dans l'intervalle d'une heure. Deux productions (répétitions) ont été réalisées par variété. Les farines produites ont été conservées à 4 °C environ jusqu'aux analyses.

2.4. Analyses physicochimiques

La couleur des farines a été déterminée avec un chromamètre Minola CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc, Osaka, Japan). La granulométrie a été déterminée sur des échantillons de 25 g à l'aide d'un tamiseur vibrant (Retsch AS 200) muni de quatre tamis d'ouverture de mailles décroissantes de 300 µm, 180 µm, 112 µm et 63 µm. Le pourcentage de passant (PP) de l'échantillon à travers chaque tamis a été déterminé.

La teneur en matière sèche des échantillons de farine a été déterminée par séchage à l'étuve (Heraeus T 5042) à 105 °C pendant 72 heures suivant la méthode AACC 44-15A [7]. La teneur en cendres et en protéines brutes ont été déterminées [7].

2.5. Détermination des propriétés rhéologiques

Le comportement à la cuisson des échantillons de farine de maïs a été déterminé au moyen d'un Viscosimètre (RVA Model 4, Newport Scientific, Australia). Les mesures des viscosités ont été effectuées en deux répétitions sur une suspension aqueuse à 8% de matière sèche. Le cycle thermique comprend :

- un équilibrage à 35 °C pendant 1 minute;
- un chauffage de 35 à 95 °C à 6 °C /mn, un maintien de température à 95 °C pendant 5 minutes ;
- un refroidissement de 95 à 50 °C à raison de 6 °C/mn.

L'indice de solubilité et le pouvoir de gonflement ont été déterminés en deux répétitions sur 28 g de suspension aqueuse à 4% de matière sèche (1,29 g de matière sèche pour 28 g de mélange). Le cycle thermique suivi comprend :

- un équilibrage à 35°C pendant 1 minute;
- un chauffage de 35 à 90°C, à 6°C par minute;
- un chauffage à 90°C pendant 30 secondes.

Après le cycle, la suspension est immédiatement versée dans les tubes qui sont placés dans un godet, puis centrifugée à 3000 tours durant 15 minutes.

Le surnageant et le culot sont alors séparés. Ils sont ensuite séchés à l'étuve à 105 °C pendant 48 heures, puis l'indice de solubilité et le pouvoir de gonflement ont été calculés [4].

2.6. Analyses statistiques

Les données d'enquêtes ont été traitées à l'aide du logiciel SPHINX PLUS² Version 4.5 (Copyright 2003-2006). Les statistiques descriptives ont été calculées sur les données d'analyses physiques, biochimiques et rhéologiques avec le logiciel Microsoft Excel. Des analyses de variance (ANOVA) à un critère (variété) ont été réalisées pour tester l'effet variétal sur chaque paramètre.

3. Résultats et discussion

3.1. Caractéristiques socio-démographiques des productrices

L'activité de production de "*gambari-lifin*" est essentiellement assurée par les femmes (74% des répondantes, N=34) majoritairement dans la tranche d'âge de 30 à 50 ans (70,2%), avec 5 à 15 ans d'exercice de cette activité pour 60,4% des répondantes et au delà de 20 ans pour 15%. Parmi les productrices-vendeuses, on rencontre des grossistes (16%, N=25) qui vendent sur le site de fabrication et ne livrent leur production qu'aux revendeuses ou à l'exportation vers le Gabon ou le Nigéria. Outre les productrices-vendeuses, d'autres femmes, essentiellement de Cotonou, s'investissent uniquement dans la vente (26%, N=34); elles achètent le "*gambari-lifin*" chez les productrices grossistes à Porto-Novo pour les revendre. Bien que l'activité soit dominée par les femmes, des hommes interviennent dans les opérations de décortilage-dégermage et de mouture en prestation de service. Dans la zone de production (Porto-Novo), les enquêtés appartiennent aux groupes ethniques : *Goun* (71%, N=34), *Yoruba* (16%), *Nagot* (9%) et *Bariba* (4%). Le niveau de scolarisation est très faible, avec 65% des productrices enquêtées analphabètes, 19% ayant un niveau du cours primaire et 9% cours secondaire.

3.2. Description du procédé technologique de "*gambari-lifin*"

La figure 1 montre le diagramme technologique de *gambari-lifin*. A l'exception de la double mouture observée chez certaines productrices (20% des productrices), les opérations de transformation du maïs en *gambari-lifin* sont similaires chez les productrices enquêtées. Selon 80% des répondantes, les opérations unitaires comprennent successivement le triage/vannage, l'humectage, le décortilage/dégermage, le vannage, le trempage, l'égouttage/lavage, la mouture, le séchage au soleil et le tamisage. L'humectage des grains se fait par aspersion des grains à la main et ne nécessite pas un lavage observé dans le cas du *mawè* où les grains sont lavés avant d'être décortiqués [8]. Selon les meuniers qui

utilisent la machine Engelberg, cette opération facilite le décortilage-dégermage du maïs pour obtenir des gritz bien propres. Le séchage de la farine humide issue de la mouture des gritz trempés constitue l'étape la plus critique dépendante de l'ensoleillement et de l'environnement (salubrité des lieux). La farine humide est étalée en couche mince sur des nattes ou des bâches de toiles cirées, puis séchée le jour même de la production afin de lui conserver la blancheur désirée par les consommateurs. Celle-ci dépend fortement du tamisage/vannage et du séchage. En effet, 60% des productrices estiment que l'étape du tamisage assure l'élimination complète des germes, sons et rendant ainsi la farine plus blanche que la farine de maïs non décortiquée. Selon 72% des productrices, les temps pluvieux ou non ensoleillé constituent l'une des contraintes majeures à la production; ce qui les oblige parfois à reporter la production lorsque le temps est menaçant ou encore à prolonger la durée du trempage des gritz lorsque la production est déjà en cours; le cas échéant, elles renouvellent l'eau du trempage pour limiter la fermentation.

La figure 2 montre la variation de la température au niveau de la farine au cours du séchage. L'amplitude de variation de température 24,6 °C (24,5-49,1 °C), très élevée, est une preuve de l'inconstance de cette opération. Lorsque la farine est bien séchée, elle peut être conservée pendant une période de 4 mois à 1 an (85,7% des vendeuses). En ce qui concerne le tamisage, il se fait dans la majorité des cas (65% productrices) en deux étapes : un premier tamisage avec un tamis de maille élevée (0,5 mm), suivi d'un second tamisage avec tamis plus fin de maille d'environ 250-350 µm. Finalement, on obtient une farine fine, très blanche qui sont des critères de qualité désirée par les clients selon 74% des enquêtées. Globalement, un cycle de production dure 48 à 72 heures: l'étape la plus courte, l'humectage, dure environ 5 min alors que le trempage des gritz dure 24-40 h.

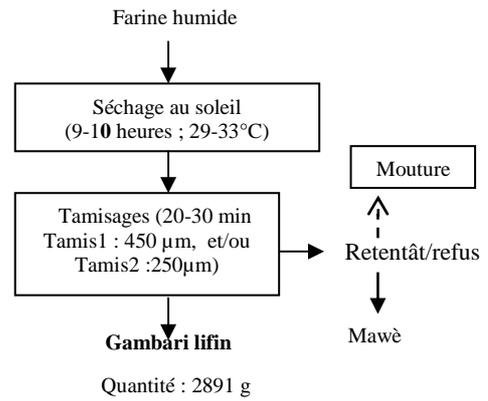
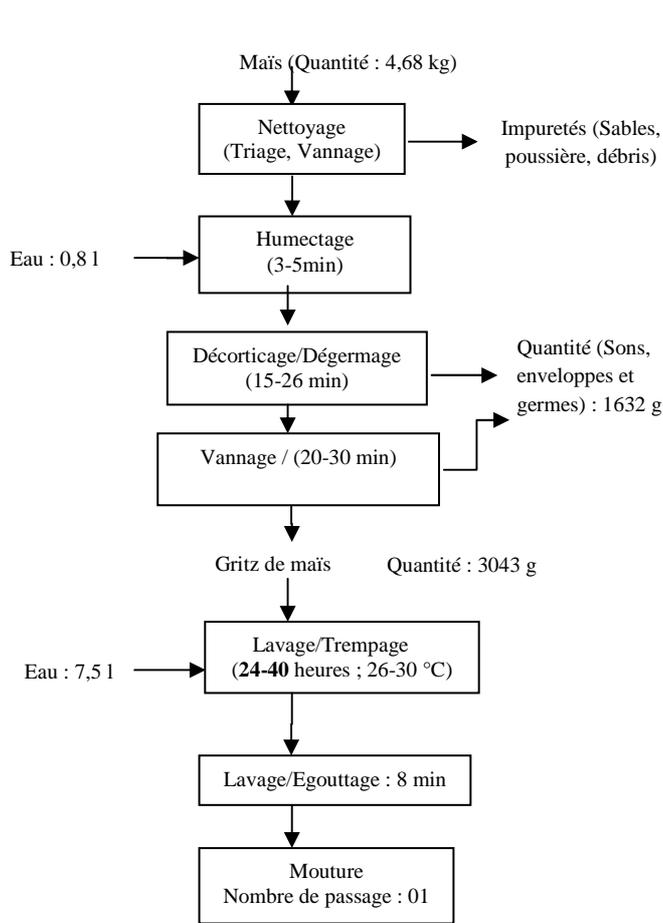


Fig. 1: Diagramme technologique de *gambari-lifin*

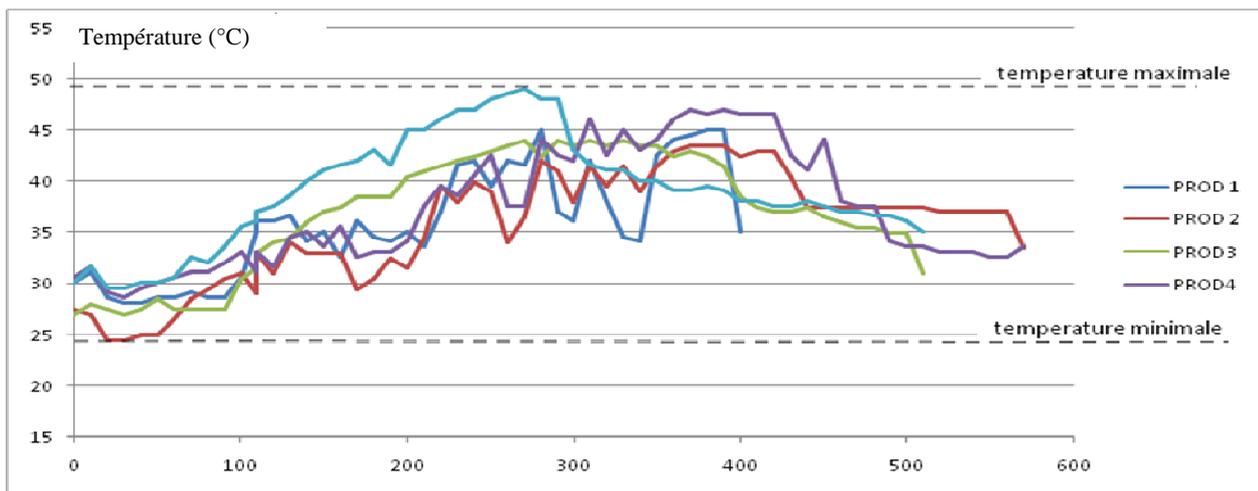


Fig. 2. Variation de la température de *gambari-lifin* au cours du séchage.

• Répartition granulométrique (Durée (min) i")

3.3. Caractéristiques physicochimiques des farines *gambari-lifin* collectées au marché

Une grande variabilité a été observée au niveau de la taille des particules entre les différentes farines collectées dans les marchés, avec la granulométrie médiane (Gm50) variant entre 153 et 192 µm (Tableau 1). La granulométrie

médiane (Gm50) a été définie comme étant la maille du tamis laissant passer 50% de la farine [9]. Le test de conformité réalisé sur la série des Gm50 calculées révèle que les Gm50 des "*gambari lifin*" sont conformes à ceux obtenus sur la granulométrie des farines de maïs entier "*lifin*" collectées sur les marchés de Cotonou dont les Gm50 variaient entre 125 et 200 µm [4]. En se référant à la grille de classification des farines de maïs entier [4], la plupart des échantillons de *gambari-lifin* collectés sont des farines fines, avec la granulométrie médiane rangeant entre 125 et 200 µm.

Tableau 1
Répartition granulométrique des farines des marchés

Gambari lifin du marché	Pourcentage cumulé de passant au travers des tamis de mailles (µm)				Granulométrie médiane Gm50 (µm)
	63	112	180	300	
Fm* 1	16	26	59	83	162
Fm 2	13	18	48	71	192
Fm 3	23	34	54	78	166
Fm 4	15	23	62	82	159
Fm 5	16	28	57	84	164
Fm 6	14	23	57	84	167
Fm 7	17	31	49	74	184
Fm 8	16	22	49	72	184
Fm 9	14	20	70	86	153
Moyenne	15	23	64	85	158
Ecart type	1	4	8	2	6

* :Fm : farine du marché

• *La couleur*

Le tableau 2 présente les paramètres de couleur du *gambari-lifin* vendu sur les deux grands marchés de Porto-Novo. Les farines avaient une couleur très blanche, avec ΔL (luminance) moyenne égale à 82,12 pour les farines du marché central et 86,12. Ces valeurs sont proches de 85,1 obtenue sur la farine de maïs entier collectée sur le marché de Cotonou [4] mais inférieures à celle rapportée par des auteurs qui donnait une luminance de 90,02 [6]. De plus, ces derniers ont rapporté que la luminance croissait en fonction de la finesse de la granulométrie de la farine. La blancheur et la finesse sont des critères de qualité importants qui déterminent l'acceptabilité d'une farine céréalière sèche [6]. Les deux paramètres sont étroitement liés : d'une part, la taille des ombres portées par les particules dépend de la grosseur de celle-ci ; d'autre part, l'indice de réfraction de la lumière à travers les particules est fonction de leur taille [4]. La farine apparaît ainsi d'autant plus blanche qu'elle est plus fine [6].

• *Caractéristiques physicochimiques des farines collectées*

Les valeurs moyennes des teneurs en matière sèche et en cendres de des farines étaient respectivement de 87,3 % (base humide : b.h) et 0,33 % (base sèche, b.s ; Tableau 2). En comparant la teneur en cendres du *gambari-lifin* à celle de la farine de maïs entier "*lifin*" [4], on peut estimer à près de 75% la perte en cendres enregistrée au cours de la production (0,33 contre 1,3%, b.s). La faible valeur du taux de cendres est probablement liée à l'intensité des opérations de décortiquage-dégermage et de tamisages puisque la teneur en cendres du *tuwo*, une farine de maïs décortiqué-dégermé [6], était largement supérieure à celles de nos échantillons, l'amplitude étant 0,80-0,97% (b.s). Malgré le décortiquage et le dégermage, le *gambari-lifin* contenait une teneur en protéines relativement élevée (8,23%, b.s) contre la gamme de 2,9 à 4,0% (b.s) observée pour *tuwo* [6]. Toutefois, cette teneur est inférieure à celle de la farine "*lifin*" qui était de 10,3% (b.s ; [4]) indiquant une perte de 20% (b.s) au niveau de *gambari-lifin*.

Tableau 2 :
Composition physicochimique des échantillons de farine *gambari-lifin* des marchés (n=9)1

Gambari lifin du marché		Matière Sèche (% , b.h)	Cendres (% , b.s)	Teneur en protéines (% , b.s)	Couleur (ΔL)
Central	Moyenne	87,87	0,25	8,01	82,12
	E.T ²	0,92	0,05	0,44	1,54
Ouando	Moyenne	86,73	0,4	8,44	86,12
	E.T	0,25	0,07	0,63	0,76
Marché	Moyenne	87,30	0,33	8,23	84,12
	E.T	0,47	0,01	0,13	1,15

¹Nombre d'échantillons de farine de marché analysés

²ET : Ecart type

3.4. *Propriétés rhéologiques des farines du marché*

L'amplitude de variation du pouvoir de gonflement et de l'indice de solubilité des farines collectées dans le marché était respectivement 5,9-6,87% et 3,79-5,12% (Tableau 4).

Les viscosités maximales des farines des marchés ont varié entre 80,4 et 83,4 uRVA pendant que les valeurs obtenues pour la viscosité finale fluctuaient entre 104,2 et 113,6 uRVA. Ces valeurs étaient plus faibles que celles observées pour *tuwo* de maïs, avec des amplitudes de 97,7-143,6 uRVA et 159,1-167,3 uRVA respectivement pour les viscosités maximale et finale [6] Le test **t** de comparaison des deux séries de farines n'a révélé aucune différence significative entre les viscosités des farines des deux marchés. La même tendance a été observée pour la

viscosité minimale des farines du marché central (15,8 uRVA) et celle des farines du marché Ouando (13 uRVA). La stabilité de l'amidon qui représente le degré de désintégration de l'amidon dû à l'éclatement des granules [10], était de $64,5 \pm 7,6$ uRVA pour les farines du marché central et $70,3 \pm 3,4$ uRVA pour les farines du marché Ouando. Les valeurs de l'indice de gélification (setback I) obtenues pour les farines *gambari-lifin* du marché étaient comparables à celles des farines *tuwo* du Ghana dont les valeurs fluctuaient entre 76,0 et 88,8 uRVA [6]. Les températures d'empesage des farines des marchés, étaient dans l'amplitude 71,1-74,6 °C observée sur *tuwo*, mais plus faibles que la valeur moyenne rapportée pour les farines de maïs entier (79,7 °C ; Nago ;

1997). En somme, la faible variabilité inter et intra marchés des paramètres rhéologiques des farines de *gambari-lifin*, peut être liée soit à l'unicité de la variété de maïs utilisée (*chankpot*) comme révélée par les enquêtes, soit au procédé qui implique que les grains de maïs (toute variété confondue) soient débarrassés de leur germe (riche en lipides) et les enveloppes (riche en fibres) qui affectent le comportement à la cuisson [4]. Il est vraisemblable que le dégermage-décorticage des grains de maïs annihile l'influence variétale à la cuisson comme l'attestent la similarité des paramètres rhéologiques de *tuwo* Ghanéen et de *gambari-lifin* du Bénin.

Tableau 3

Propriétés rhéologique des farines collectées

Gambari lifin du marché		Indice de gonflement	Indice de solubilité	Vmin	Vmax	Vfin	Vmax-Vmin	Vfin-Vmin	Température d'empesage
entral	moyenne	5,9	3,79	15,8	80,4	113,6	64,5	97,8	74,1
	ET	1,1	0,6	4,4	3,2	1,5	7,6	5,8	0,1
Ouando	moyenne	6,9	5,1	13,0	83,4	104,2	70,3	91,2	74,1
	ET	0,2	1,5	0,1	3,2	7,1	3,4	7,3	0,1

Vmin : Viscosité minimale ; Vfin : viscosité finale ; Vmax : Viscosité maximale, Vmax-Vmin : Stabilité de l'amidon ; Vfin-Vmax : Indice de gélification
ET : Ecart type

Effet de la variété de maïs sur la qualité physico-chimique et rhéologique du "gambari lifin"

Le tableau 4 présente les paramètres de couleur, la granulométrie médiane et le rendement des farines "gambari-lifin" issu de quatre variétés de maïs. Aucun effet variétal significatif ($P > 0,05$) n'a été mis en évidence sur les valeurs de la luminance (L^*), avec une moyenne de 90,8. Ces valeurs semblent comparables à celles de *tuwo* (L^* variant entre 89,9 et 91,0 ; [6]) mais supérieures à celles des farines "lifin" issues de certaines variétés de maïs [4], avec des écarts d'au moins deux points. En ce qui concerne la répartition granulométrique des farines issues des variétés de maïs étudiées, aucun effet variétal significatif n'a été mis en évidence ($P > 0,05$) au niveau des pourcentages des particules passant au travers de chaque tamis. De même, la granulométrie médiane 50 (Gm50 : taille des 50% de particules) des farines analysées a varié peu, avec une amplitude de variation de

136,9 à 147,2 μm pour les quatre variétés étudiées (Tableau 4). Ces valeurs diffèrent de celles obtenues sur les farines "lifin" issues des mêmes variétés [4 ;11]. En effet, l'opération de tamisage de la farine séchée peut contribuer à cette finesse de *gambari-lifin*. De plus, le type de broyeur utilisé peut influencer la granulométrie de la farine [9].

Par ailleurs, le rendement des farines a été significativement affecté par la variété ($P < 0,05$): la variété locale Gnonli a donné le rendement le plus élevé (73,1%) en farines et la DMR-ESR-W le plus faible (60,2%) (Tableau 4). Ce résultat n'était pas attendu puisque la variété farineuse Gnonli devrait être difficile à décortiquer, avec le maximum de pertes.

Il semble que les variétés locales fournissent non seulement des farines *gambari lifin* très fines et très blanche mais également des farines avec un rendement plus élevé du fait des caractéristiques physiques de leurs grains.

Tableau 4

Influence des variétés sur les paramètres de couleur, la granulométrie et rendement en farines *gambari-lifin*

Variétés	Rendement	Couleur	Pourcentage de passant au travers des	Granulométrie
----------	-----------	---------	---------------------------------------	---------------

		ΔL	tamis de mailles (μm)				médiane (μm)
			63	112	180	300	
GNONLI	73,1 ^b	90,4 ^a	13,8 ^a	36,9 ^a	67,7 ^a	99,4 ^a	140,9
DMR-ESR-W	60,2 ^a	90,7 ^a	16,3 ^a	37,9 ^a	61,3 ^a	99,3 ^a	147,2
QPM Faaba	63,7 ^{ab}	91,0 ^a	14,1 ^a	36,3 ^a	62,8 ^a	99,1 ^a	147,1
TZPB-SR	64,4 ^{ab}	91,3 ^a	17,4 ^a	40,5 ^a	66,4 ^a	99,6 ^a	136,9

Les valeurs de la même colonne portant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5% (Test de Newman-Keuls)

Indépendamment des variétés de maïs, les teneurs en cendres des grains étaient similaires (1,38-1,43 %, b.s). Une perte de 78 à 85 % de la teneur en cendres a été observée au cours de la transformation, donnant des *gambari lifin* avec une amplitude de variation de 0,2-0,3 % (b.s) en taux de cendres.

Les valeurs moyennes de la teneur en matière sèche des grains secs et des gritz secs ont varié de 90,4 à 92,7 % (b.h). De même, la teneur en matière sèche des farines dérivées était comprise entre 90,7 et 95 %, ce qui indique que ces produits pourraient être bien conservables.

Les viscosités minimale et finale, la stabilité de l'amidon, la température d'empesage et l'indice de gélification des farines *gambari-lifin* issues des variétés sont consignés dans le tableau 5. Aucun effet significatif au seuil de 5% de la variété de maïs n'a été mis en évidence quel que soit

le paramètre. La température d'empesage des farines a varié très peu d'une variété à une autre, avec une moyenne de 74,1°C, comparable à celle déterminée sur les échantillons de farine collectés aux marchés. Par ailleurs, les valeurs des viscosités finales des farines, de la stabilité de l'amidon et l'indice de gélification des farines étaient dans la fourchette observée pour les farines collectées sur les marchés. Toutefois, les viscosités des farines issues des variétés améliorées semblaient relativement plus élevées que celles des farines issues de la variété locale. Ainsi, on pourrait déduire que toutes les variétés (locales et améliorées) pourraient être utilisées pour la production de *gambari-lifin* et donneraient des pâtes avec des caractéristiques de cuisson similaires. Toutefois, des analyses sensorielles complémentaires doivent établir si ces caractéristiques correspondent aux exigences des consommateurs.

Tableau 5
Propriétés rhéologiques des farines issues des variétés étudiées

Variété	Viscosité minimale	Viscosité finale	Viscosité maximale	Stabilité de l'amidon	Indice de gélification	Température d'empesage
GNONLI	14,6 ^a	101,9 ^a	89,1 ^a	74,4 ^a	87,2 ^a	74,1 ^a
DMR-ESR-W	14,67 ^a	126,02 ^a	101,8 ^a	86,8 ^a	111 ^a	74,1 ^a
QPM Faaba	14,4 ^a	138,1 ^a	111,5 ^a	97,1 ^a	123,7 ^a	74,1 ^a
TZPB-SR	15,06 ^a	121,8 ^a	98,1 ^a	83,1 ^a	106,8 ^a	74,1 ^a
Moyenne	14,8 ^a	111,9 ^a	93,6 ^a	78,8 ^a	97,0 ^a	74,1 ^a
Ecart type	0,3 ^a	14,1 ^a	6,4 ^a	6,2 ^a	13,9 ^a	0,0 ^a

Les valeurs de la même colonne portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (Test de Newman-Keuls)

4. Conclusion

Le *gambari-lifin* apparaît comme la « reine » des farines préférentiellement utilisée pour préparer la pâte pendant les grands événements tels que les mariages, les baptêmes et les funérailles. D'autres usages en boulangerie et pâtisserie révélés sont des pistes pour la valorisation de cette farine. Il est souhaitable d'envisager l'étude de la chaîne de valeur pour mieux cerner ce secteur d'activité non encore documenté.

A l'exception du rendement, l'effet variétal n'a pas été mis en évidence sur les paramètres physico-chimique et rhéologique du *gambari-lifin*, suggérant ainsi l'utilisation, a priori, de toutes les cultivars de maïs. Toutefois, la préférence donnée à la variété "*chankpot*" (TZPB) demande que des tests sensoriels soient entrepris sur les pâtes issues des variétés étudiées.

Remerciements

Les travaux ont bénéficié du soutien financier du Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO). Nous tenons à exprimer notre reconnaissance aux promoteurs de ce projet ainsi qu'aux bailleurs de fonds.

Références

- [1] FAOSTAT. Agricultural database result. <http://www.Fao.org>. Consulté en décembre 2012.
- [2] AGRISTAT. Statistiques agricoles du Bénin. <http://www.countrystat.org/ben> (2012).
- [3] D. CHARALAMPOPOULOS, S.S. PANDIELLA, C., WEBB, . Growth studies of potential probiotic lactic acid bacteria in cereal-based substrates. *J. Appl. Microbiol.* (2002) 92, 851-859.
- [4] M. C. NAGO, H. N. AKISSOE, F. MATENCIO, C.MESTRES, . End use quality of some African corn kernels. 1. Physic-chemical characteristics of kernels and their relationship with the quality of lifin, traditional whole dry-milled maize flour from Benin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, (1997) 45, 555-564.
- [5] A.B. BELLO, L.W. ROONEY, R.D. WANISKA,. Factors affecting quality of sorghum to, a thick porridge. *Cereal Chemistry*, (1990) 67, 20–25.
- [6] K M. BOLADE., A. I. ADEYEMI, O.A. OGUNSUA.. Influence of particle size fractions on the physicochemical properties of maize flour and textural characteristics of a maize-based nonfermented food gel. In *International Journal of Food Science and Technology*, Nigeria, (2009) 44, 646–655.
- [7] AACC, (1984). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 8th edn St Paul, AACC.
- [8] D.J. HOUNHOUGAN. Fermentation of maize (*Zea mays* L.) meal for mawè production in Benin: physical, chemical and microbiological aspects. Ph.D thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, (1994) p 83.
- [9] G. FLIEDEL . Evaluation de la qualité du sorgho pour un aliment traditionnel : le tô. Rapport CIRAD-CA Montpellier. France (1994).
- [10] X. LIANG, J.M. KING . Pasting and Crystalline Property Differences of Commercial and Isolated Rice Starch with Added Amino Acids. *Food Chemistry and Toxicology*. (2003) 68: 832-838.
- [11] J.C.H. NASSARAH . Aptitude Variétale du maïs à la production de la farine "lifin" et de la pâte "owo", deux aliments traditionnels béninois, thèse pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, option : Nutrition et Science Alimentaire, (1995) pp. 8-10.