Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2025 ; 8(4), 99-109
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Essai de préparation du Fufu protéique à base de manioc (*Manihot esculenta* L.), de maïs *(Zea mays*) et de haricot igname d'Afrique (*Sphenostylis stenocarpa*) pour la lutte contre la malnutrition en République Démocratique du Congo

Denis Bungu Mulombo*, Joseph Katanga Kabalevi, Tresor Mungele Osel

Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. BP 117 Kinshasa XI (RDC). E-mail: denisbungum@gmail.com

Reçu le 10 octobre 2025, **accepté** le 27 novembre 2025, **publié en ligne** le 27 décembre 2025
DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v8i4.9

RESUME

Description du sujet. Le fufu à base de trois farines (manioc + maïs + haricot igname d'Afrique) est une des alternatives à la consommation du fufu à base de manioc en vue de lutter la malnutrition protéique et les différentes maladies alimentaires (le Konzo par exemple) causées par le manioc.
Objectif. L'objectif de ce travail est d'évaluer le niveau d'appréciation et d'acceptation du fufu à base de manioc et du maïs par l'ajout de la farine du Haricot Igname d'Afrique (HIA) réputée riche en protéines de bonne qualité. .
Méthodes. Le fufu a été préparé avec trois farines (manioc, maïs et HIA). Les procédures de préparation ont été les mêmes que celles du fufu habituel avec les farines de manioc et du maïs. L'étude a consisté à déguster le nouveau fufu (manioc, maïs et haricot igname d'Afrique) à l'Université de Kinshasa en comparaison des fufus du manioc et du maïs. Les dégustateurs ont répondu sur base d'un questionnaire par rapport au goût, à la couleur, la consistance et l'odeur.
Résultats. Les résultats ont montré que le fufu à base des trois farines manioc + maïs + HIA avec 18,6% des protéines a été accepté et apprécié par 99,0 % des dégustateurs.
Conclusion. Le fufu (manioc + maïs et HIA) peut remplacer le fufu actuel à base du manioc et du maïs par ailleurs non balancé en acides aminés et constitue l'une des causes des troubles digestifs.

Mots-clés : Fufu, Haricot Igname d'Afrique, appréciation, dégustation, RDC.

ABSTRACT

Testing the preparation of protein-rich Fufu based on cassava (*Manihot esculenta* L.), maize (Zea mays) and African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) for the fight against malnutrition in the Democratic Republic of Congo
Description of the subject. Fufu processed from three flours (cassava + corn + African yam bean) is one of the alternatives in the consumption of fufu based on cassava with aim to fight against the protein malnutrition and the various food diseases caused by cassava, including the Konzo disease.
Objective. The objective of this work is to evaluate the level of appreciation and acceptance of new cassave staple by adding flour from African yam bean (AIH) deemed rich in good quality proteins.
Methods. The fufu was staple has veeb processed from three flours (cassava, corn, and HIA). The processing methodology were the same as those of the usual fufu with cassava flour and corn. The study consisted of tasting the new fufu (cassava, corn, and African yam bean) at the University of Kinshasa in comparison with the cassava and corn fufu. The tasters answered to the questions regarding the taste, the color, the hardness and the smell
Results. The results indicated good the appreciaition of the fufu based on the three cassava flour + corn + HIA improved in 18.6 %. The new fufu rich in proteins was accepted and appreciated by 99.0 % of the tasters.
Conclusion. Fufu (cassava + corn and HIA) can replace the current, usuel and common fufu based on cassava and corn, which is by the way not balanced in amino acids and one of the causes of digestive disorders.

Keywords: Ffufu, African yam bean, malnutrition, appreciation, tasting, DRC.

1. INTRODUCTION

En République Démocratique du Congo, le manioc est la culture vivrière qui vient en première position en termes de l'étendue cultivée et de la consommation (Dadier *et al.,* 2022). Le manioc demeure la principale source d'énergie pour les consommateurs comme féculent de base. Il est consommé par les 2/3 de la population congolaise et au quotidien sous forme de fufu, de chikwangue ou de malemba pour certaines provinces comme le Kwilu, le Kwango, le Mai – Ndombe, l'Equateur et le Kongo – Central (Lukombo *et al*., 2022).

Depuis quelques décennies, la farine du manioc est associée dans la préparation du fufu avec celle du maïs pour améliorer sa texture et sa consistance mais aussi la teneur en protéines notamment la lysine qui est abondante dans le maïs (Semassa *et al.,* 2016). Toutefois, d'importants cas de malnutrition protéique et des maladies comme le Konzo chez les enfants et les femmes allaitantes continuent d'être signalés à Kahemba et Popokabaka dans la province du Kwango et dans plusieurs autres sites de la RDC à forte dose de consommation du manioc (Daniel *et al.,* 2014).

Les plantes reconnues capables de stocker suffisamment des protéines dans leurs organes sont les légumineuses et les plus cultivées en RDC sont le soja (*Glycine max*), le haricot (*Phaseolus vulgaris*), le niébé (*Vigna unguiculata)*, l'arachide (*Arachis hypogaea*), le haricot igname d'Afrique (*Sphenostylis stenocarpa)*, le pois cajan (*Cajanus cajan*) et le voandjou (*Vigna subterranea*). Ces légumineuses pouvaient participer dans la préparation du fufu mais malheureusement, la plupart d'elles, sinon la quasi – totalité, ne produisent que des graines destinées aux autres usages alimentaires et donc ne pourront pas accompagner la farine du manioc dans l'enrichissement du fufu en protéines (Lineback. & Ke, 1975 ; Jacques *et al.,* 2016).

Pourtant, le Haricot Igname d'Afrique (HIA) est l'une des légumineuses exceptionnelles qui produit en plus des graines, des tubercules aussi gros que le manioc contenant jusqu'à 19 % des protéines balancées en albumines et capables d'accompagner le fufu du manioc et maïs afin de couvrir et de contourner la carence en protéines qui demeure la plus grande source de malnutrition en milieu rural (Lui *et al.,* 2010 ; Bungu *et al.,* 2016).

Les études réalisées par Liu *et al.* (2002), Thomas *et al.* (2005), Adewale et Dumet (2009) et par Adewale (2009) rapportent que la plante possède d'énormes potentiels nutritionnels et même se présente comme l'une des plantes tropicales à tubercules dans lutte contre la malnutrition protéique en Afrique.

L'objectif de ce travail est d'évaluer le niveau d'appréciation et d'acceptation du fufu à base de manioc et maïs par l'ajout de la farine du Haricot Igname d'Afrique (HIA). L'intérêt de cette étude est d'enrichir le fufu en protéines de bonne qualité en intégrant la farine du HIA et de promouvoir la culture de cette légumineuse en milieu paysan congolais.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu

Les essais de dégustation ont été menés en juin 2021 à Kinshasa dans deux sites (au site de l'Université, et à Cogelos) et en août 2022 à l'Université de Kikwit à 525 km de Kinshasa la capitale de la RD Congo). La caractérisation structurale et physico-chimique de l'amidon du HIA a été réalisée au Laboratoire de l'ingénierie agro – alimentaire de l'Université de Liège, Gembloux Agro-Biotech en Belgique.

2.2. Méthodes

La dégustation a concerné un échantillon de 300 personnes à raison de 100 personnes par site. Ces personnes ont été sélectionnées sur base de leur culture ou habitude sur la consommation du fufu. Dans les deux cas de la dégustation et de l'analyse de l'amidon, les tubercules du HIA, écotype Feshi, à chair plus tendre et peu fibreuse avec un rendement en farine plus élevé ont été utilisés.

Les tubercules ayant servi pour la dégustation et pour les analyses de l'amidon étaient récoltés d'une part dans les champs expérimentaux installés à Mampu au Plateau des Batéké. Le fufu a été préparé avec trois farines (manioc, maïs et HIA). Les procédures de préparation ont été les mêmes que celles du fufu habituel avec les farines de manioc et du maïs. Pour les fufus avec le maïs (seul ou en mélange avec d'autres farines), la bouillie a été préparée avec la farine du maïs ajoutée à l'eau bouillante. Il y a été ajouté les deux farines du manioc et du maïs préalablement mélangées aux proportions égales, 50 – 50 %. Les autres fufus (manioc ou HIA seul) ont été préparé sans bouillie du maïs.

Le témoin a concerné le fufu habituel sur base du manioc et du maïs et les deux types de fufu ont été servis dans deux cas différents :
(i) Dans le premier cas sur l'appréciation du goût, chaque type de fufu a été placé dans un bol différent, accompagné d'un questionnaire sur l'appréciation après dégustation. Le questionnaire a été remis à chaque dégustateur pour apprécier le goût de chaque type de fufu.
(ii) Dans le deuxième cas sur la comparaison des goûts, les différents types du fufu ont été servis

ensemble dans le même bol et comparés deux à deux. Les dégustateurs n'ont pas été informés de l'origine de chaque fufu. Pendant la dégustation, il a été utile de passer pour recueillir leurs avis sur la comparaison du fufu à base du HIA avec les autres fufus pour compléter dans les questionnaires en rapport avec les rubriques suivantes : (1) moins bon que, (2) aussi bon que et (3) et meilleur que.
Dans les deux cas de dégustation, les différents fufus étaient accompagnés des légumes et de viandes notamment l'amarante (*Amaranthus hybridus*), les feuilles de manioc (*Maihot esculenta*) le poisson et la viande de bœuf à la soupe de la tomate (*Solanum lycoprsicum*) et de l'aubergine (*Solanum melongena*) comme consommé habituellement par les ménages congolais

En ce qui concerne les analyses de l'amidon, les tubercules récoltés étaient conservés à la température de 4 °C avant d'être épluchés et congelés à – 20 °C puis lyophilisé à l'aide d'un lyophilisateur Heto (modèle DW 8, Allerod, marque Den). Les cossettes sèches ont ensuite été broyées en farine dans un moulin au Laboratoire IKA M20 (Allemagne).

Pour l'extraction de l'amidon des tubercules du HIA, la farine lyophilisée a été répartie en cinq volumes d'eau distillée et la fibre a été enlevée par passage à travers un tamis de 100 µm. L'amidon a été précipité et le surnageant décanté. L'amidon était de nouveau suspendu dans l'eau distillée et lavé à plusieurs reprises avec de l'eau douce et en centrifugeuse à 10.000 g pendant 15 minutes. Après chaque centrifugation, le surnageant a été éliminé; une bande brunâtre de matériaux provenant de la couche supérieure de l'amidon séché a été raclée. Le résultat de la fécule blanche a été congelé et lyophilisé. L'amidon séché a été légèrement pulvérisé et la poudre d'amidon fin obtenue stockée dans les récipients hermétiques.

Pour le dimensionnement microscopique des granules de l'amidon, ces dernières ainsi que les boues récupérées lors des traitements hydrothermaux ont été analysées par polarisation croisée de la lumière, avec un microscope Nikon Eclipse E 400 équipé d'une caméra CCD, Japon.

La distribution granulométrique a été déterminée à température ambiante dans de l'eau à l'aide d'un analyseur de diffusion laser (Malvern Instruments, Ltd, UK) équipé d'un Mastersizer 2000 (Ver.5.22) station d'analyse. La distribution de taille a été exprimée en termes des volumes de sphères équivalentes. Le gonflement des échantillons a été comparé en utilisant le diamètre médian D (v, 0,5) défini comme le diamètre pour lequel 50 % des particules en volume sont plus grandes (Malumba *et al.* 2008)

Le comportement à l'empesage a été utilisé pour obtenir les caractéristiques de collage d'échantillons. En effet, 3 g d'amidon ont été mélangés à température ambiante avec 27 g d'eau désionisée et ensuite soumis au chauffage tel que décrit dans le projet de norme ICC N 126. Les paramètres du collage de l'amidon étaient : le pic de viscosité (lors du chauffage par iode), la viscosité à la fin de la température de maintien, la viscosité du gel après la période de refroidissement, la viscosité de décomposition (pendant la phase de maintien), la viscosité du recul (pendant la phase de refroidissement) et la viscosité finale atteinte à la fin de la phase de refroidissement (Malumba *et al.*, 2009). La viscosité était exprimée en centipoise seconde (cPs).

Pour la résistance de l'amidon aux températures élevées, les analyses thermogravimétriques des amidons ont été effectuées avec un TGA/DSC1 de Mettler-Toledo (Suisse) tel que décrit par Freschi *et al.* (2014). Les analyses ont été conduites sous un flux d'azote de 35 et 100 ml/min pour le gaz protecteur et le gaz de purge, respectivement. L'utilisation de l'azote à la place d'air permet d'éviter la perturbation de la chaleur générée par l'allumage des échantillons par le processus de combustion qui va compliquer le graphique en fonction de la température (Malumba *et al.* 2008). Les expériences ont été menées dans des casseroles en aluminium sans couvercle. Les masses d'échantillons ont été ont été pesées avec précision autour de 10 mg et les thermogrammes ont été obtenus sur une plage de température comprise entre 35 et 600 ºC avec une vitesse de chauffage de 5 ºC/min. La combustion non oxydative des granules d'amidon a été évaluée directement par la perte de masse à l'intervalle de température entre 250 et 450 °C. Pour caractériser la plage de température et le pic de combustion, un premier dérivé de masse perte selon la température de combustion a été utilisée.

3. RESULTATS

3.1. Résultats sur l'appréciation du goût des différents fufus

L'appréciation du fufu à base de la farine du haricot igname d'Afrique par les dégustateurs est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Appréciation des différents fufus

Types	Réponses					
	Pas bon	Passable	Bon	Très bon	**Effectif**	**Total %**
Manioc seul	62	96	100	42	300	100
Maïs seul	75	93	97	35	300	100
HIA seul	69	98	102	31	300	100
Manioc + maïs	0	6	118	176	300	100
Manioc + HIA	72	39	125	64	300	100
Maïs + HIA	0	7	120	173	300	100
Manioc + maïs + HIA	0	4	111	185	300	100

En considérant que l'appréciation « aussi bon que » et « meilleur que » reflètent le niveau ou les possibilités d'acceptation d'un aliment, le fufu obtenu par la combinaison des farines Manioc + maïs + HIA a obtenu une plus grande appréciation, 296 voix, deux voix de plus que le fufu habituel basé sur les farines du manioc et du maïs, 294 voix.

Ces résultats montrent aussi que le fufu à base du HIA et du maïs est autant apprécié par les dégustateurs avec 293 contre 294 voix pour le fufu manioc + maïs. A cet effet, le fufu HIA + maïs peut – être consommé avec la même appréciation que le fufu manioc + maïs bien que le mélange de trois farines puisse être le mieux apprécié. Les fufus à farine unique maïs ou manioc ou HIA n'ont pas obtenu des bonnes appréciations car non seulement qu'ils ne sont plus suffisamment consommés mais aussi par ce qu'ils présentent une mauvaise consistance. Pour le fufu à base du HIA seul, les réponses des dégustateurs font penser à la farine du manioc. Il est important de savoir que ce fufu peut – être consommé au goût et à la considération du fufu à base du manioc.

Toutefois, la coloration brunâtre du fufu à base du HIA, semblable à celle que donne la farine obtenue du manioc séchée à la fumée, a poussé aux dégustateurs d'hésiter par 69 dégustateurs ayant répondu « pas bon ». L'appréciation par 296 personnes sur les 300 dégustateurs, soit 98,67 % du fufu Manioc + maïs + HIA montrent que le HIA peut faire partie intégrante du fufu et se consommer sans méfiance et figurer parmi les féculents de base dans la préparation du fufu.

3.2. Comparaison du goût du fufu du HIA par rapport aux autres habituels

Le tableau 2 présente les résultats sur la comparaison de l'appréciation des goûts des fufus par rapport aux autres fufus habituellement consommés en République Démocratique du Congo.

Tableau 2. Appréciation des goûts des fufus par rapport aux autres fufus habituellement consommés en RDC

Types de fufus	**Critères de comparaison**			
	Moins bon que	**Aussi bon que**	**Meilleur que**	**Total %**
HIA par rapport maïs	34	86	201	300
HIA par rapport au manioc	12	270	18	300
HIA par rapport au manioc + maïs	259	36	5	300
HIA + manioc + maïs par rapport au maïs	0	11	289	300
HIA + manioc + maïs par rapport au manioc	0	9	291	100
HIA + manioc + maïs par rapport au manioc + maïs	1	152	147	100

Les résultats du tableau 2 indiquent la comparaison du goût du fufu à base du HIA ou de son mélange avec les autres farines de manioc ou du maïs par rapport aux fufus à base du manioc ou du maïs ou encore de leur mélange. Ces résultats montrent que le meilleur fufu selon les réponses de 299 dégustateurs est celui composé du mélange HIA + manioc + maïs mais aussi meilleur que le fufu manioc + maïs par 147 dégustateurs.

En ce qui concerne la préparation du fufu, la farine du maïs est celle qui améliore la consistance du fufu du manioc et du HIA car le fufu HIA + manioc a été jugé moins bons par 259 dégustateurs. En effet, 270 dégustateurs ont jugé le goût du fufu à base du manioc aussi bon que celui du fufu à base du HIA. Ce qui signifie que le fufu à base du HIA est semblable et peut substituer dans des cas de malnutrition protéique aigue au fufu à base de manioc.

Les 201 dégustateurs ayant jugé le fufu du HIA meilleur que celui du manioc ont considéré le gout semblable à celui du manioc où ce dernier est considéré selon le rituel des consommateurs du fufu, que c'est le manioc qui

est le féculent de base dans la préparation du fufu dans la plupart des provinces sauf dans les provinces du grand Kasaï où c'est le maïs seul qui est utilisé comme farine dans la préparation du fufu.

3.3. Teneur en protéines (%), en fibres et en éléments minéraux (%, ppm) et des facteurs antinutritionnels (mg/100 g) des tubercules de l'écotype de Feshi

Le tableau 3 présente les teneurs en protéines et en minéraux des tubercules du HIA.

Tableau 31. Teneur en protéines (%), fibres et éléments minéraux (%, ppm) et des facteurs antinutritionnels (mg/100g) des tubercules de l'écotype de Feshi

Paramètres	**Tubercules**
Protéines (%)	10,70
Albumines (%)	55,98
Globulines (%)	3,66
Glutélines (%)	12,16
Amidon (%)	85,36
Matières grasses (%)	0,50
Cendres (%)	1,04
Ca (%)	0,07
Mg (%)	0,08
K (%)	0,56
Na (%)	0,02
P (%)	0,22
Zn (ppm)	84,00
Cu (ppm)	5,00
Mn (ppm)	15,00
Fe (ppm)	54,00
FI (%)	29,84
NDF	29,55
ADF	9,30
FSHPM (%)	3,89
FSFPM (%)	0,38
Polyphénols (mg/100g)	104,20
Flavonoïdes (mg/100g)	19,61
Tanins (mg/100g)	0,25

Légende : FI : Fibres insolubles, FSHPM : fibres solubles à haut poids moléculaires, FSFPM : fibres solubles à faible poids moléculaire.

Le tableau 3 montre une teneur en protéines de 10,70 % dans les tubercules et 26,72 % dans les graines. Cela laisse entrevoir les possibilités de découvrir des écotypes aux teneurs en protéines supérieures à 10,70 % ou celles de développer des variétés améliorées quant à ce.

En ce qui concerne les types de protéines, les résultats du tableau 3 indiquent des teneurs élevées en albumines 55,98 %. En revanche, les teneurs en globulines et en glutélines sont plus faibles dans les tubercules, respectivement 3,66 % et 12,16 %.

3.4. Teneurs en protéines des farines des fufus en Républiques Démocratique du Congo

Les résultats du tableau 4 renseignent les teneurs en protéines brutes des fufus par rapport aux farines à utiliser.

Tableau 4. Teneur en protéines des différents types de fufus

Types	**Teneur en protéines brutes (%)**
Manioc seul	1,3
Maïs seul	6,2
HIA seul	10,7
Manioc + maïs	16,9
Manioc + HIA	112

Maïs + HIA	16,9
Manioc + maïs + HIA	18,2

Les teneurs en protéines brutes des différentes farines renseignent la richesse protéique des différents fufus qui en résulteront correspondant au niveau de satisfaction protéique chez les consommateurs habituels du fufu. Les fufus en mélange avec la farine du HIA sont les plus riches en protéines qui sont par ailleurs de bonne qualité et mieux équilibrées. La farine du HIA à elle seule, en plus d'appartenir à la famille des *Fabaceae*, représente environ 10 fois plus de protéines de bonne qualité que le fufu du manioc qui est une *Euphorbiaceae* riche en latex.

3.5. Taille des granules d'amidon du haricot igname d'Afrique et de la pomme de terre

Les résultats sur la taille des granules d'amidon de *Sphenostylis stenocarpa* sont présentés sur la figure 1.

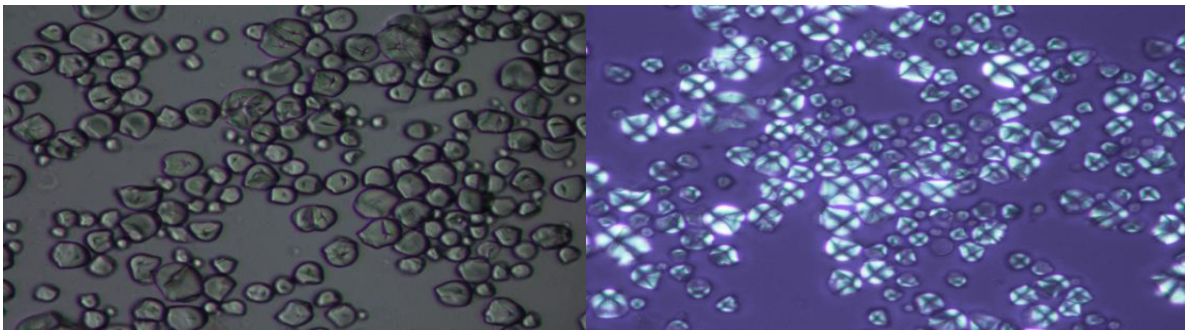


Figure 11. Taille des granules d'amidon du HIA

La figure 1 montre que les granules de l'amidon des tubercules du HIA sont de taille plus petite, variant de 5,7 µ et 49 µ avec un diamètre médian d'environ 19,5.

3.6. Température au pic de gélatinisation de l'amidon des tubercules du haricot igname d'Afrique

figure 12 décrit l'évolution de la température au pic de gélatinisation des tubercules du HIA.

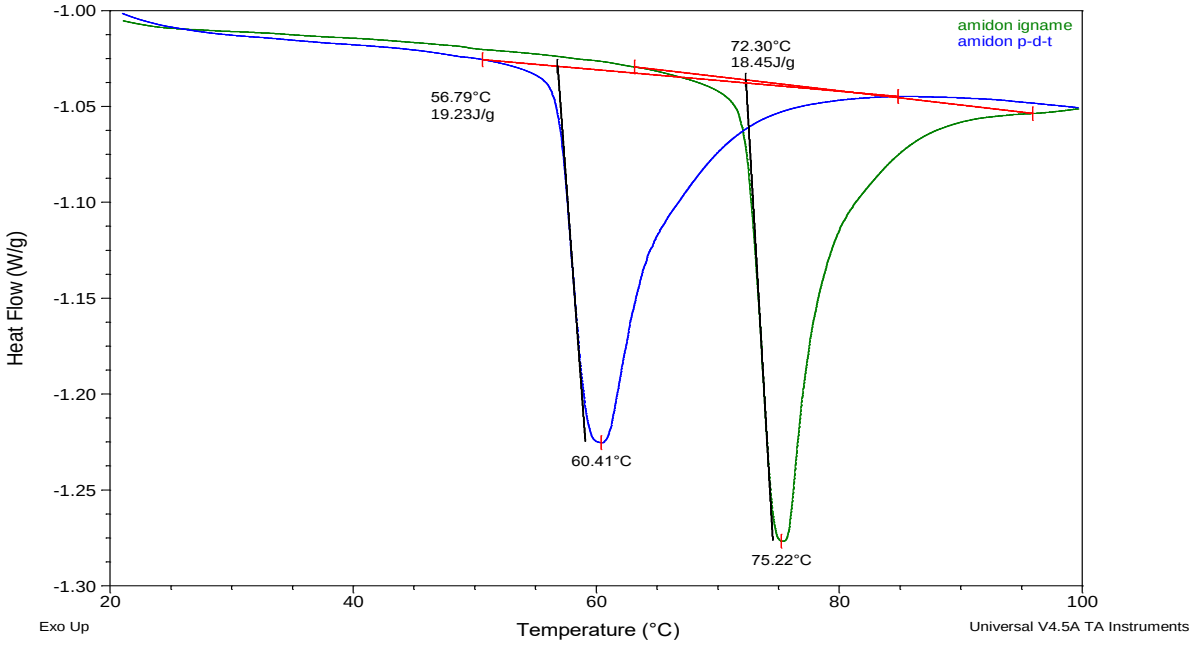


Figure 2. Température au pic de gélatinisation de l'amidon des tubercules

La figure 2 montre que la température au pic de gélatinisation de l'amidon des tubercules du HIA est plus élevée (75,22 °C) que celle des autres féculents en l'occurrence la pomme de terre avec un pic de 60,41 °C.

3.7. Comportement à l'empesage de l'amidon des tubercules du HIA

Les résultats sur le comportement à l'empesage de l'amidon des tubercules du HIA sont présentés dans les figures 3 et 4.

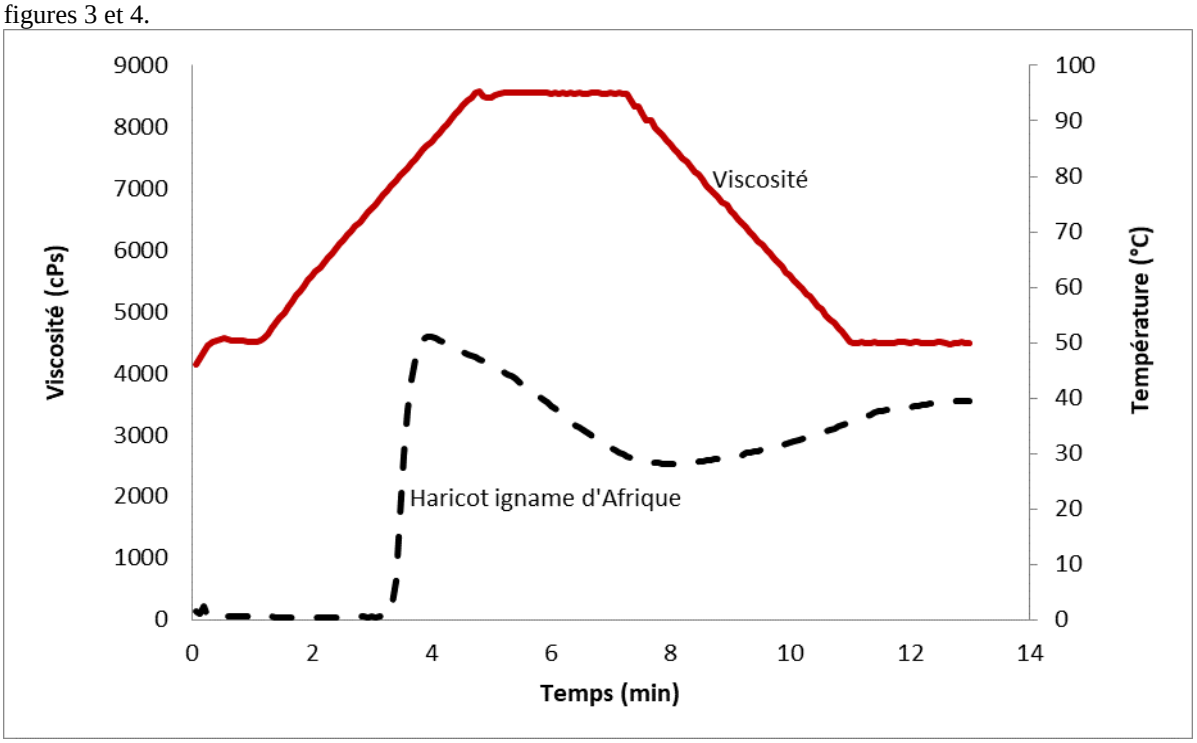
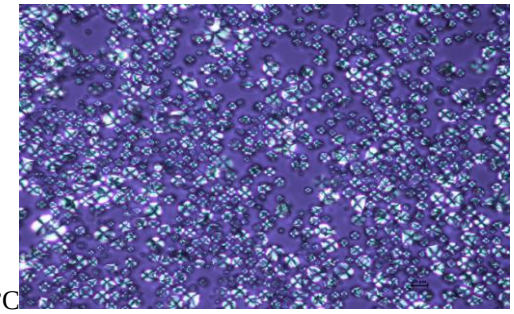
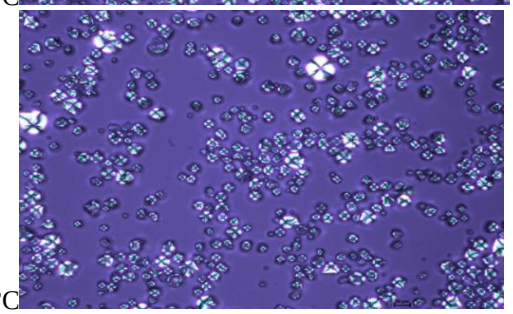


Figure 3. Comportement à l'empesage de l'amidon des tubercules du HIA, temps à la viscosité

L'analyse microscopique rapportée sur la figure 3 montre que l'amidon des tubercules du HIA devient visqueux après trois minutes et 45 secondes environ à la température d'environ 40 °C. Ces résultats signifient que la farine du HIA est visqueuse et peut produire un fufu homogène aux températures ne dépassant pas 100 °C grâce à sa bonne viscosité à la température relativement faible.



50 °C



55 °C

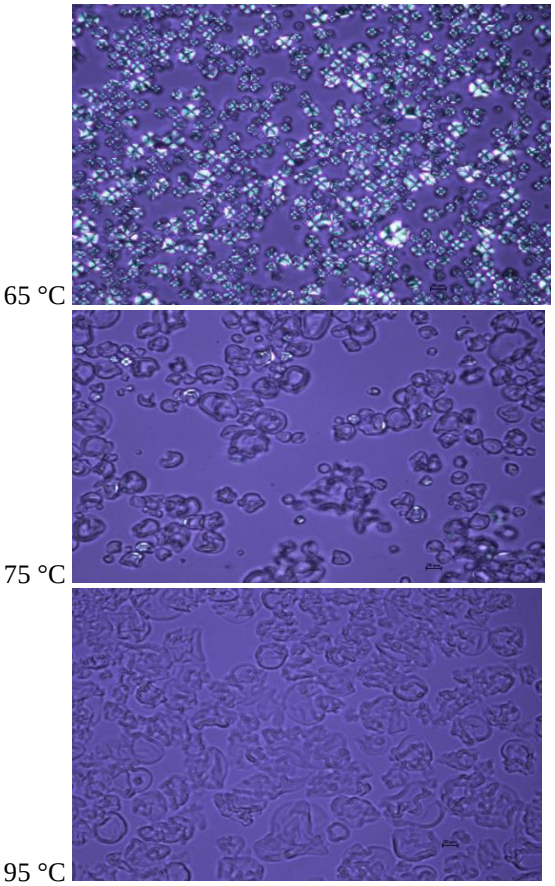


Figure 4. Comportement à l'empesage de l'amidon des tubercules du HIA et déstructuration

Les résultats de la figure 4 montrent que l'amidon des tubercules du HIA résiste jusqu'au – delà de 95 °C. Ce comportement de l'amidon des tubercules du HIA présage la capacité de la farine d'être utilisée dans la préparation du fufu autant que celle du manioc et du maïs et de l'utilisation de l'amidon dans la stabilisation des produits laitiers comme le yaourt, la crème glacée etc.

4. DISCUSSION

Cette recherche a consisté à évaluer le niveau d'appréciation et d'acceptation de la farine du HIA dans la préparation et la consommation du fufu. Au Nigéria, Nwosu *et al.* (2014) ont réalisé les mêmes rechercher dans l'utilisation de la farine des graines du HIA et du niébé dans la préparation de Moin – Moin, et Ojukwu *et al.* (2021) ont mené les mêmes recherches dans la préparation de Nsama, un repas à base des graines des légumineuses riches en protéines. Ces auteurs ont conclu que la farine du HIA serait quasi gratuitement accessible aux paysans car ils cultiveraient eux – mêmes et serait la meilleure source en protéines pour cette couche de la population et pour tous les autres consommateurs.

Plusieurs initiatives ayant consisté à suppléer la carence en protéines particulièrement en milieu rural par l'octroi des aides financières, des aliments riches en protéines et même de la culture des légumineuses à graines n'ont pas permis de résoudre définitivement le problème de malnutrition protéique particulièrement en milieux paysans. En effet, les légumineuses à graines, bien que riches en protéines, ne sont pas consommées avec la même fréquence et la même quantité que le manioc qui constitue l'aliment de base consommé au quotidien et en plus grande quantité (Rahal et Ghouini, 2019). Et donc, le moyen le plus efficace de contourner la malnutrition protéique serait d'enrichir le fufu qui se consomme sur une plus grande étendue de la RD Congo et qui est le seul féculent accompagné de tous les autres condiments ou repas.

Les études rapportées par Bungu *et al.* (2016) sur la performance de production de la plane montre une production moyenne de 15 tonnes des tubercules à l'hectare et donc susceptible de constituer une importante source des protéines pour les populations rurales en particulier qui est plus concernées par la malnutrition protéique, et pour les consommateurs du fufu en général.

Les teneurs en amidon, matières grasses, cendres et en éléments minéraux des graines de HIA des écotypes de la RDC telles que signalées dans le tableau 3, laissent présager une bonne balance en

minéraux dans les tubercules du HIA tel que rapporté par Kay (1987 ; Sandhu *et al*., 2004). A cela s'ajoute le Zinc, l'amidon et les fibres insolubles qui sont plus élevés dans les tubercules et qui jouent un rôle non négligeable dans la digestion, l'énergie et l'approvisionnement en Zinc, un microélément en proportion faible dans la plupart des aliments telles que rapportées par Asaoka *et al.* (1992), Kaur *et al.* (2002) et Peroni *et al.* (2006).

Les résultats sur l'appréciation par 299 personnes sur les 300 dégustateurs, soit 99,67 % du fufu Manioc + maïs + HIA montrent que cette combinaison peut constituer le nouveau fufu et représenter une bonne solution à la malnutrition protéique car, d'une part, le paysan peut le cultiver et le produire en obtenant un rendement élevé d'au moins 10 t/ha (Bungu *et al.,* 2016), mais d'autre part, c'est une plante locale dont la RDC fait partie de l'aire d'origine et de culture traditionnelle (Katanga *et al.,* 2017).

La combinaison du fufu manioc + maïs + HIA n'exclut pas le manioc ni le maïs, mais plutôt enrichi le fufu en le renforçant en protéines balancées et riches en albumines. Aussi, l'association culturale HIA et manioc enrichit le sol en azote assimilable et joue positivement sur l'augmentation du rendement du manioc ou des céréales habituellement en association avec cette légumineuse tel que recommandé pour les sols tropicaux (Ibikunoluwa et Omotayo, 2010).

En ce qui concerne la qualité du fufu en mélange avec la farine du HIA, les analyses sur la déstructuration ont confirmé que la farine du HIA peut bien se préparer avec de l'eau chaude jusqu'à 100 °C sans se déstructurer et garder ses propriétés organoleptiques et protéiques comme le montre respectivement l'appréciation des dégustateurs et la teneur en protéines de 18,6 %.

Il est possible d'obtenir avec la farine du HIA, une bonne pâte conduisant à un fufu tendre et homogène justifié par la viscosité avec 4000 cPS à 40 °C après environs 4 minutes. Cela éviterait des fufus durs qui sont à l'origine des maux de ventre et qui prennent suffisamment du temps pour la digestion surtout quand il est consommé tard la nuit avant le couché (Malumbaa, 2017).

La teneur constatée dans les tubercules est dans la marge de ce que rapportent Duke (1981) et Adewale et Dumet (2009). Cette teneur peut, selon ces auteurs, atteindre 19 % dans les tubercules. Les tubercules du HIA sont ainsi, du point de vue protéique, plus nutritifs que le manioc (1 %), aliment de base en RDC sous

En considérant la teneur en albumines plus élevée que les globulines et les glutélines dans les tubercules de HIA, écotype de Feshi, cela laisse présager une balance en acides aminés essentiels et donc rend les tubercules plus nutritifs que les graines (Demol, 2002). Aucune étude n'a encore été menée sur les types des protéines du HIA en Afrique de l'Ouest. Il y a lieu d'approfondir cette étude selon le rôle joué par chaque type de protéine dans l'organisme des consommateurs et leur distribution dans les graines comme dans les tubercules.

La petite taille des granules du HIA présage d'une facile digestion de son amidon et évite le ballonnement du ventre par rapport à d'autres amidons avec une taille des granules plus élevée. Des analyses de digestibilité seront nécessaires à ce sujet.
Les résultats ont montré que les grains de l'amidon des tubercules du HIA gélatinisent à 75 °C, cela indique que l'amidon du HIA est plus résistant au traitement thermique et a une gélatinisation plus tardive (Evans et Haismer, 1979). Cette résistance à la chaleur de l'amidon des tubercules de *Sphenostylis stenocarpa*, peut très avantageusement être utilisée comme additif dans les soupes ou potages en poudres ou les corn – beef, etc.
Le fufu manioc + maïs + HIA se présente comme une solution adaptée à la situation socioéconomique de la population agricole congolaise qui est la plus touchée par la malnutrition protéique et dont le taux représente au moins 70 % de la population nationale

Les fufus à base du HIA sont riches en protéines, mais aussi ils sont balancés en acide aminés et mieux équilibrés en méthionine, cystéine en lysine qui sont des acides aminés déficitaires dans la plupart des légumineuses à graines y compris le soja (Adewale et Dumet, 2009).

5. CONCLUSION

Le haricot igname d'Afrique est une légumineuse locale et traditionnelle à tubercules et à graines qui fait depuis des temps anciens un repas de soudure pour la population de quelques provinces en RDC. Sa substitution par le manioc a été à la base de la carence en protéines dans les zones de grande consommation et des troubles digestifs avec des malformations comme le Konzo

Les résultats ont montré que le fufu à base des trois farines manioc + maïs + HIA avec 18,6 % des protéines a été accepté et apprécié par 99 % des dégustateurs. La consommation du fufu enrichi en farine du HIA s'avère une bonne alternative pour résoudre le problème de malnutrition protéique et contribuer efficacement à la satisfaction des besoins nutritionnels de cette population démunie.

Le test de dégustation a montré que le fufu à base des trois farines manioc + maïs + HIA peut

remplacer le fufu actuel à base du manioc et du maïs avec 7 % des protéines par ailleurs non balancées en acides aminés et l'une des causes des troubles digestifs. Des études ultérieures pourront être menées sur la digestibilité de la farine des tubercules et sur les vertus médicinales chez les consommateurs.

Références

Adewale D. & Dumet D., 2009. African yam bean: a crop with food security potentials for Africa. *African Technology and Development Forum Journal*, 6, 66 – 71.

Asaoka M., Blanshard J.V.M. & Rickard J.E., 1992. Effects of cultivar and growth season on the gelatinisation properties of cassava (*Manihot esculenta*) starch. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 59(1), 53 – 58.

Bungu M., Katanga K.J., Mungele O.T. & Kimema Y. S., 2016. Production et potentiel de rendement en tubercules chez les écotypes du haricot igname d'Afrique (*Sphenostylis stenocarpa*) Hochst de la République Démocratique du Congo. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 8, 57-64.

Dadier Batenchi B., Lwamenyire, D.L., Joseph B. N., Antoinette K C. & Kizungu M E., 2022. La production et commercialisation du manioc dans les groupements de Bugorhe et Irhambi-Katana, Kabare Sud-Kivu en RDC. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 4(36), 1024-1048

Daniel O L A., Guy B M., Marie-Thérèse S A., Jackin K K., Nicole M., Théodore K K. , Dieudonné M., Michael J B., Jean-Jacques T M., Jean-Pierre B M. & Tshala D K., 2014. Persistance des épidémies de konzo à Kahemba, République Démocratique du Congo : aspects phénoménologiques et socio-économiques. *Pan African Medical Journal*, 49(3), 644-649.

Demol J., 2002. *Amélioration des plantes*. Ed. Presses agronomiques de Gembloux, 581 p.
Duke J.A., 1981. *Handbook of legumes of world economic importance*. Plenum Press, New York, USA, New York and London, pp. 1981-1982.

Evans I.M. & Boulter D., 1979. Amino acid composition of seeds of meals of yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) and Lima bean (*Phaseolus lunatus*). *Journal Science, Food and Agriculture*, 25, 919 – 922.

Floriot J.L. 1993. *Approche et marketing des produits alimentaires intermédiaires*. Lavoisier, Lavoisier, pp. 237 – 242.

Freschi J., Doran L., Malumba P. & Blecker, C., 2014. Impact of freezing and thawing processes on wheat and potatostarch gel syneresis. *Starch/Stärke*, 66, 208–215.

Ibikunoluwa E M. & Omotayo FA., 2010. Use of Long Yam Bean (Sphenostylis stenocarpa) as Soil Amendment for the Growth, Leaf Chemical Composition and Yield of White Yam (Dioscorea rotundata L*). Journal of American Science*, 6(11), 10-17.

Jacques G., Stéphane W. & Oriane B., 2016. Les protéines végétales : contexte et potentiels en alimentation humainePlant proteins: Context and potentialities for human food. *Cahiers de nutrition et diététique*, 4(51), 177 – 185.

Katanga K., Bungu D. M., Mungele O. & Kimema Y. S., 2017. Situation du haricot igname d'Afrique (*Sphenostylis stenocarpa*) en République Démocratique du Congo : culture, consommation, et qualités gustatives. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 8, 57-64.

Kaur L., Singh N., Sodhi N.S. & Gujral H.S., 2009. Some properties of potatoes and their starches I. Cooking, textural and rheological properties of potatoes. *Food Chemistry*, 79(2), 177 – 181.

Kay D.E., 1987. *Crop and Product Digest*. No. 2, Root Crops. London, pp. 86 – 99

Lineback D. R. & Ke, C. H., 1975. Starches and low-molecular weight carbohydrates from chick pea and horse bean flours. *Cereal Chemistry*, 52, 334–347.

Liu Q., Charlet G., Yelle S. & Arul J., 2002. Phase transition in potato starch–water system I. Starch gelatinization at high moisture level. *Food Research International*, 35, 397–407.

Liu X., Yu L., Xie F., Li M., Chen L. & Li X., 2010. Kinetics and mechanism of thermal decomposition of corn starches with different amylose/amylopectin ratios. *Starch/Stärke*, 62, 139–146.

Lourdin, D., Putaux, J.-L., Potocki-Véronèse G., Chevigny C., Rolland-Sabaté A. & Buléon, A., 2015. Crystalline structure. In *Nakamura (Ed.), Starch: metabolism and structure (Part I)*, Japan: Springer, pp. 61–90.

Lukombo S., Nluta S., Bongenda M., Enene J., Kimfuema VJ., Nsuanda A. & Mahungu N.M., 2022. Transformation du manioc en RD Congo. In *Mahungu N.M., (éd). Le manioc en RD Congo*, pp. 2416-281.

Malumba P., Massaux C., Deroanne C., Masimango T. & Béra F., 2009. Influence of drying temperature on functional properties of wet-milled starch granules. *Carbohydrate Polymers*, 75, 299–306.

Malumba P., Vanderghem C., Deroanne C. & Béra F., 2008. Influence of drying temperature on the solubility, the purity of isolates and the electrophoretic patterns of corn, proteins. *Food chemistry*, 111, 564 – 572.

Malumbaa P., Bungu M.D., Katanga K.J., Lynn D., Sabine D. & François B., 2017. Structural and physicochemical characterization of *Sphenostylis stenocarpa* (Hochst. ex A. Rich.) Harms tuber starch Structural and physicochemical characterization of *Sphenostylis stenocarpa* (Hochst. ex A. Rich.) Harms tuber starch. *Journal of Food Chemistry*, 212, 305 – 312.

Nwosu J.N., Onuegbu N.C., Ogueke C.C., Kabuo N.O. & Omeire G.C., 2014. Acceptability of moin – moin produced from blends of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) and cowpea (*Vigna unguiculata*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(5), 996 – 1004.

Peroni F.H.G., Rocha T.S. & Franco C.M.L., 2006. Some Structural and Physicochemical Characteristics of Tuber and Root Starches. *Food science and technology international*, 6(6), 505-513.

Rahal L. & Ghouini A., 2019. Aliments et Nutriments : Mise au point, les protéines végétales : l'alternative idéale. *Algerian Journal of Health Sciences*, 1(1), 48-53.

Sandhu K. S., Singh N. & Kaur M., 2004. Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches. *Journal of Food Engineering*, 64, 119–127.

Semassa AJ., Padonou SW., Anihouvi VB., Akissoé NH., Adjanohoun A. & Baba – Moussa L., 2016. Diversité variétale, qualité et utilization du maïs (*Zea mays*) en Afrique de l'Ouest. *European Scientific Journal*, 12(18), 117 – 133.

Thomas B.A., Marshall A., Hans B.P. & Barbara F., 2005. Food safety and security: Fermentation as a tool to improve the nutritional value of African yambean. *In Conference on International Agricultural Research for Develop ment. Stuttgart-Hohenheim, Tropentag 2005*, pp 35 – 49.