

Production et caractérisation de l'amidon de manioc et de maïs pour la fabrication de médicaments traditionnels améliorés.

Production and characterization of cassava and maize starch for the manufacture of improved traditional medicines.

Guilao M^{1,2}, Bah TV^{1,2}, Diallo MST^{1,2}, Camara AK^{1,2}, Diané S^{1,2}, Camara A^{1,2}, Traoré MS^{1,2}, Baldé ES^{1,2}

¹Université Gamal Abdel Nasser de Conakry

²Institut de Recherche et de Développement des Plantes Médicinales et Alimentaires de Guinée.

Correspondances : Guilao Mory mguilao@irdpmag.edu.gn Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Institut de Recherche et de Développement des Plantes Médicinales et Alimentaires de Guinée BP : 6411 Dubréka (République de Guinée)

RESUME

Introduction : L'amidon est un polymère naturel et constitue l'élément de stockage principal des ressources botaniques tels que le manioc et le maïs, qui sont produits dans un environnement sain et largement consommés par nos populations. La fabrication, l'efficacité des produits pharmaceutiques et particulièrement les phyto-médicaments dépendent non seulement de leurs composants actifs, de leurs procédés de fabrication mais également du rôle joué par les excipients. Le but de cette étude était d'évaluer l'aptitude et la capacité de l'amidon de manioc et du maïs, à servir d'excipient dans la formulation de médicaments traditionnels améliorés.

Matériel et Méthodes : L'extraction de l'amidon a été effectuée par lessivage à l'eau à partir des tubercules de manioc et des grains de maïs, à maturité commerciale. La caractérisation organoleptique et rhéologique des granulés d'amidon a été réalisée au laboratoire de l'Institut de Recherche et de Développement des Plantes médicinales et Alimentaires de Guinée à Dubréka.

Résultats : Le manioc et le maïs avaient une teneur en amidon supérieur à 24%. Le taux d'humidité était respectivement de $6,1 \pm 0,07$ et $8,2 \pm 0,25$. Le pH était de 6 et 7. Le temps d'écoulement était de 5,5 secondes pour l'amidon de manioc et 7,2 secondes, celui du maïs ont été enregistrés. Le test de dissolution en ce qui le concerne a fourni des valeurs comprises entre 5 et 6 secondes. La mouillabilité était de 40ml pour chacun. Les différents paramètres évalués se situaient dans les normes de la pharmacopée.

Conclusion : L'amidon de manioc et de maïs sont des produits naturels disponibles et accessibles en Afrique. Leur extraction et caractérisation ont permis d'obtenir des résultats préliminaires, conformes aux normes de la pharmacopée. Ils pourraient ainsi être proposés comme liant dans la formulation de médicaments traditionnels améliorés.

ABSTRACT

Introduction: starch is a natural polymer and is the main storage element of botanical resources such as cassava and maize, produced in a healthy environment and widely consumed by our populations. The manufacture and efficacy of pharmaceuticals, particularly phytomedicines, depend not only on their active components, their manufacturing processes, but also on the role played by excipients. The aim of this study was to evaluate the suitability and capacity of cassava starch and maize to serve as an excipient in the formulation of improved traditional medicines.

Material and Methods: Starch extraction was carried out by water leaching from commercially mature cassava tubers and maize kernels. The organoleptic and rheological characterization of the starch granules was carried out at the laboratory of the Institute for Research and Development of Medicinal and Food Plants of Guinea in Dubréka.

Results: Cassava and maize had a starch content of more than 24%. The moisture content was 6.1 ± 0.07 and 8.2 ± 0.25 , respectively. The pH was 6 and 7. The flow time was 5.5 seconds for cassava starch and 7.2 seconds for maize starch was recorded. The dissolution test for these yielded values between 5 and 6 seconds.

MOTS CLÉS : amidon, manioc, maïs, caractérisation, médecine traditionnelle.

KEY WORDS: starch, cassava, maize, characterization, traditional medicine

The wettability was 40ml for each. The various parameters evaluated were within the pharmacopoeia standards.

Conclusion: Cassava and maize starch are a natural product available and accessible in Africa. Its extraction and characterization allowed us to obtain preliminary results, in accordance with pharmacopoeia standards. It could be proposed as a binder in the formulation of improved traditional medicines.

INTRODUCTION

En 2020, la limitation de vaccins et médicaments essentiels pendant la pandémie de Covid-19 a menacé l'approvisionnement de l'Afrique qui dépend trop massivement de ses exportations (95%). Cet épisode a provoqué une prise de conscience sur la nécessité de produire localement nos médicaments et constitut donc un enjeu important en matière de santé publique. Le manioc et le maïs sont largement cultivés dans les régions tropicales et subtropicales d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine. Ils sont très accessibles et peuvent répondre à une adaptation favorable à divers sols et conditions environnementales. L'amidon est une source de calorie de base et constitut l'élément de stockage principal des ressources botaniques (céréales, légumineuses et tubercules). La teneur de l'amidon en amylose et en amylopectine, qui sont deux polymères de glucose varie avec l'espèce végétale : (20% et 80%) pour le manioc, (25% et 75%) pour le maïs et (23% et 77%) pour la pomme de terre. L'amidon est une poudre blanche insoluble dans l'eau froide et constituée d'entités microscopiques de 2 à 100µm de diamètre. Cette taille des grains est un facteur à considérer dans la détermination et l'interprétation de ses propriétés physico-chimiques. Les granulés d'amidon forment des complexes d'inclusion en présence d'acide gras, d'alcools, d'agents tensioactifs et d'autres composés apolaires qui peuvent modifier certaines propriétés fonctionnelles, dont la résistance à l'hydrolyse enzymatique, l'aptitude au gonflement et leur comportement rhéologique à l'empesage. Les granulés d'amidon seront susceptibles par leur capacité à absorber ou à donner de l'eau, d'améliorer la stabilité ou les caractéristiques d'écoulement des préparations. L'efficacité des médicaments pharmaceutiques dépend non seulement de leurs composants actifs, de leurs procédés de fabrication, mais également du rôle joué par les excipients pharmaceutiques. La définition traditionnelle des excipients comme substances inactives et rentables a considérablement évolué ; ce qui leur permet d'être toujours maintenus comme des éléments essentiels des formulations médicamenteuses, constituant 80 à

90% du produit final. Les progrès rapides des systèmes d'administration ainsi que les développements scientifiques et technologiques dans le domaine biopharmaceutique ont suscité un regain d'intérêt pour leur utilisation dans les formes posologiques solides ; en raison de ses caractéristiques de biocompatibilité, de non-toxicité et haute disponibilité. Les amidons pharmaceutiques sont utilisés pour lier, transporter, désintégrer, épaisse et enrober dans plusieurs d'applications. Les effets des amidons de maïs et manioc sur les propriétés mécaniques de la formulation et leur influence sur la rupture fragile des comprimés de paracétamol ont été étudiés. Leurs rôles en tant qu'excipients comprennent la modulation de la biodisponibilité et de la solubilité des ingrédients en principe actifs. L'augmentation de leur stabilité dans la forme posologique, le maintien de l'osmolarité et/ou du pH des formulations liquides, la prévention de la dissociation et de l'agrégation. Le développement des formes galéniques et l'amélioration de la stabilité des médicaments issus de la pharmacopée et de la médecine traditionnelle, fait partir des priorités de l'Institut de recherche et de développement des plantes médicinales et alimentaires de Guinée. L'optimisation de la production et de la commercialisation en vue d'une meilleure valorisation en particulier, la fabrication et la délivrance des médicaments traditionnels améliorés dans nos systèmes de santé, s'avère indispensable et capitale. L'objectif de cette étude est d'obtenir de l'amidon à partir des tubercules de manioc et des grains de maïs, afin d'évaluer son aptitude à servir d'excipient naturel efficace pour la formulation de médicaments traditionnels améliorés.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Les tubercules de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et les grains de maïs (*Zea mays* L.), en maturité commerciale, étaient dépourvus de toutes moisissures. Ils ont été sélectionnés et identifiés au laboratoire de botanique de l'Institut de Recherche et

de Développement des Plantes Médicinales et Alimentaires de Guinée, sise dans la préfecture de Dubréka, district de Kopèrè ; Latitude N 9°47'39.65532" ; longitude W 13°31'4.18548".

Equipement : L'équipement utilisé était composé de couteau, d'une râpe, d'une spatule, un tissu filtrant, des bassines, d'un mortier, une balance analytique Ohaus PA 214, une étuve Memmert, une plaque chauffante Ficher, un pH mètre, un bain à ultrason Branco 5510, de tamis et un dessiccateur.

Solvants et réactifs : Les réactifs utilisés étaient essentiellement, de l'eau potable, l'eau distillée, du chlorure de sodium, de solution iodée à 0,02N, d'hydroxyde de sodium.

Extraction de l'amidon

Extraction de l'amidon de manioc

Le principe d'extraction de l'amidon a consisté généralement en un lessivage à l'eau. Suivant le protocole décrit par -. La méthode d'extraction a été modifiée et adaptée aux conditions du laboratoire de l'institut.

Les tubercules de manioc ont été lavées à l'eau de robinet, triées et épluchées à l'aide d'un couteau en acier inoxydable ; puis rincées trois fois à l'eau et rincées à la main. Le broyat pâteux obtenu a été macéré dans un récipient à l'aide d'une spatule et filtré sur un tissu filtrant. Cette opération a été répétée cinq fois jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule de la filtration soit clair. Ce filtrat est laissé au repos pour sédimentation pendant 24h à 25°C. Le lait d'amidon obtenu après rejet du surnageant a été repris par une solution de chlorure de sodium pour séparer les protéines de l'amidon. Le dépôt blanc obtenu a été séché sur du papier aluminium pendant 48h à 40°C dans une étuve. L'amidon séché a subi un broyage dans un mortier, et la poudre ainsi obtenue a été tamisé jusqu'à obtention d'une granulométrie de 200µm, puis conservée hermétiquement dans des bocaux étanches.

Extraction de l'amidon de maïs : Les grains de maïs ont été lavés à l'eau de robinet, triés et pulvérisés. La poudre obtenue a été délayée dans de l'eau. Le broyat pâteux obtenu a été macéré dans un récipient à l'aide d'une spatule et filtré sur un tissu filtrant. Cette opération a été répétée cinq fois jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule de la filtration soit clair. Ce filtrat est laissé au repos pour sédimentation pendant 24h à 25°C. Le lait d'amidon obtenu après rejet du surnageant a été repris par une solution de chlorure de sodium pour séparer les protéines de l'amidon. Le dépôt blanc obtenu a été séché sur du papier

aluminium pendant 48h à 40°C dans une étuve. L'amidon séché a subi un broyage dans un mortier, et la poudre ainsi obtenue a été tamisé jusqu'à obtention d'une granulométrie de 200µm, puis conservée hermétiquement dans des bocaux étanches. A la fin des opérations, le rendement d'extraction a été déterminé suivant la formule :

$$R\% = \frac{M1 \times 100}{M0}$$

d'où Mo= quantité initiale en kg de tubercules de manioc ou grains de maïs ; M1= quantité d'amidon récupérée.

Caractères organoleptiques de l'amidon : le goût, l'odeur, l'aspect et l'homogénéité ont été décrits.

Détermination du pH

Elle a procédé à mettre en contact, 5g de poudre d'amidon dans 25ml d'eau distillée, agité pendant 1mn. Après 15mn de repos, le pH a été mesuré au cours de trois opérations successives .

Perte à la dessiccation

Sur une plaque chauffante, faire dessécher à 130°C, un verre de montre pendant 15mn. Puis le faire refroidir dans un dessiccateur pendant 10mn. 1,000g granulés d'amidon seront versés dans le verre à montre et le tout sera placé sur une plaque magnétique chauffante à 130°C pendant 90mn avant d'être refroidi dans un dessiccateur pendant 20mn et pesé. Le poids final a été calculé d'après la formule :

$$PD = \frac{M0 - M1}{M0} \times 100$$

d'où PD=perte à la dessiccation ; Mo= masse initiale de poudre d'amidon et M₁= masse finale de poudre d'amidon .

Humidité résiduelle

2g de granulés d'amidon ont été prélevés, puis versés dans un creuset propre et pesés. Dans une étuve à 105°C, les granulés d'amidons ont été séchés pendant environ 2 heures jusqu'à poids constant. L'échantillon séché a été refroidi dans un dessiccateur puis pesé. Le poids de l'amidon a été déterminé.

$$HR = \frac{Mo' - M1'}{Mo'} \times 100$$

d'où HR= humidité résiduelle ; Mo'= masse initiale de poudre d'amidon et M_{1'}= masse finale de granulés d'amidon .

Réaction à l'iode

Cette méthode a été décrite par Hassan MM et coll. et

Ernest D et coll. . On a procédé au chauffage de 1g de granulés d'amidon dans 50 ml d'eau distillée jusqu'à ébullition. Après refroidissement, 2 ml de l'empois opalescent obtenu a été prélevé et mis en réaction avec une solution d'iodé à 0,02 N pour la recherche d'une coloration bleue.

Détermination de la densité des granulés d'amidon

Dans une éprouvette séchée et préalablement pesée, 100ml de granulés d'amidons de manioc ont été introduites puis pesées. L'éprouvette pleine a été pesée et la densité des 100ml de granulés a été déterminée. L'opération a été reprise avec le maïs dans les mêmes conditions.

Détermination du temps d'écoulement

Introduire 100g de granulés d'amidon dans un entonnoir préalablement obstrué avant écoulement. Après libération de l'orifice, le temps d'écoulement de la totalité des granulés a été enregistré. L'essai a été repris 3 fois et le temps d'écoulement moyen a été calculé pour chaque type d'amidon .

Détermination du taux d'adhésivité

Elle a consisté à déterminer la quantité résiduelle de granulés d'amidon qui reste fixés sur un verre de montre sec, après y avoir mis et renversé 5g de granulés d'amidon à tester. Le verre de montre a été pesé avant et après le test à l'aide d'une balance de précision. Le taux d'adhésivité (A) a été calculé en tenant compte de la quantité de granulés d'amidon restés collés sur le verre de montre. L'essai a été répété 3 fois.

Détermination de la mouillabilité

Une prise d'essai de 2g de granulés d'amidon a été introduite dans un bêcher de 250 ml et de l'eau distillée a été rajoutée par fraction à l'aide d'une pipette afin de déterminer la quantité d'eau qui permet la dispersion totale des granulés .

Test de dissolution des granulés

1,5g de granulés d'amidon ont été placés dans un bêcher contenant 200 ml d'eau distillée à 25°C. Le temps de dissolution a été observé puis enregistré au cours de 3 essais consécutifs .

Analyse statistique des données

Un test de student a été réalisé grâce au logiciel statistique R, afin de comparer les moyennes et l'écart type des paramètres analysés lorsqu'une différence significative est notée entre les deux types de granulés d'amidons. Les tests ont été évalués au niveau de signification de 0,05.

RESULTATS

Caractérisation organoleptique

L'amidon extrait à partir des tubercules de manioc et grains de maïs, avait des caractères sensoriels relativement identiques : de couleur blanchâtre, acide et inodore pour le manioc et légèrement acide avec une odeur caractéristique pour le maïs (tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques organoleptiques de l'amidon de manioc et maïs

Caractères	Amidon de maïs	Amidon de manioc
Couleur	Blanchâtre	Blanchâtre
Goût	Légèrement acide	Acide
Odeur	Caractéristique	Inodore

Caractérisation et analyse rhéologique

L'obtention de l'amidon de manioc et du maïs par la méthode d'extraction aqueuse a donné un rendement respectif de 24,8% et 27,2%. L'extraction a été effectuée sur 3 kg de tubercules de manioc et 3kg de grains de maïs. Le pH mesuré était de 6 et 7 respectivement pour les granulés d'amidon de manioc et de maïs. Ces valeurs se situent dans les limites de l'intervalle comprise entre 5 et 8. Le taux d'humidité était de $6,1 \pm 0,07$ pour le manioc et $8,2 \pm 0,25$ pour le maïs (tableau 2).

Tableau 2. Caractérisation et rhéologie de l'amidon de manioc et de maïs

Paramètres	Manioc	Maïs	Norme pharmacopée	P value
Rendement %	24,8	27,2		0.94
Ph	6	7	5 à 8	0.91
Humidité %	$6,1 \pm 0,07$	$8,2 \pm 0,25$	≤ 10	0.002
Densité	0,5	0,6	$< 0,8$	1
Temps d'écoulement (s)	$5,5 \pm 0,05$	$7,2 \pm 0,08$	< 10	<0.01
Adhésivité (g)	$0,115 \pm 0,01$	$0,241 \pm 0,04$		0.02
Mouillabilité (ml)	40	40		1
Test de dissolution (mn)	5	6	≤ 15	0.90

S=seconde, g= gramme, ml= millilitre, mn= minute, pH=potentiel d'hydrogène, %=pourcentage

DISCUSSION

L'objectif de cette étude était d'obtenir de l'amidon à partir des tubercules de manioc et des grains de maïs, afin d'évaluer son aptitude à servir d'excipient naturel pour la formulation de médicaments traditionnels améliorés. Les paramètres mesurés étaient situés dans les normes de la pharmacopée

pour les deux types d'amidon. Le rendement d'extraction aqueux de l'amidon a permis d'avoir des résultats proches de 25,65 et 24,77% pour deux variétés locales de manioc TMR et TME 419 au Cameroun. Ce rendement d'extraction, pourrait être augmentée à 84,5% par la mise en place d'une nouvelle technique constituée d'une râpe, d'une centrifugeuse horizontale et d'un hydrocyclone pour une production industrielle d'amidon de manioc en Chine. Nos résultats ont montré que les deux types d'amidon avaient un pH et un taux d'humidité conforme aux normes de la pharmacopée. Des études antérieures ont montré des résultats similaires au Cameroun, avec des variétés de manioc TMR et TME 419. Des valeurs proches ont été trouvées dans l'amidon de manioc des variétés cultivars 2425 et 4115 et dans les variétés *Sipiera* et *Tselefou*, d'amidon de pomme de terre au Bangladesh. Il est important de souligner que l'amidon de manioc avait une humidité meilleure par rapport au maïs. Cela pourrait indiquer que l'amidon de manioc, lorsqu'il est utilisé dans la formulation des formes posologiques solides, absorberait moins d'humidité et donnerait éventuellement une meilleure conservation et stabilité physique que l'amidon de maïs. Par contre, la proximité de leur pH en termes de valeur serait un avantage dans l'absorption du métabolite actif dans l'organisme.

Nos résultats ont trouvé que le taux d'humidité du maïs était plus élevé que celui du manioc. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que l'amidon de maïs absorberait plus d'humidité que l'amidon de manioc, conservé dans les mêmes conditions de stockage du laboratoire. Une coloration bleue caractéristique observée en réaction avec une solution iodée a permis de confirmer la présence effective d'amidon dans les deux espèces végétales. Cette présence de coloration est dû à la fixation des molécules d'iode qui forment un complexe bleu-noir à l'intérieur des hélices d'amylose. Les granulés d'amidon de manioc avaient pratiquement les mêmes valeurs en termes de densité. Ce résultat est comparable à celui rapporté au Bangladesh sur des échantillons d'amidon de manioc et de pomme de terre. Comparativement aux résultats d'étude antérieures réalisées au Bangladesh sur la poudre d'amidon de manioc et de pomme de terre (5,34 et 5,4 secondes respectivement) et au Cameroun (7 secondes pour la poudre d'amidon de manioc TME 419, ajoutée au stéarate de magnésium ; et 11,5 secondes pour l'amidon de manioc TMR) ; nos

résultats ont également montré que le temps d'écoulement des granulés d'amidon de manioc était relativement plus rapide que celui du maïs. Leur rapidité de dissolution pourrait être considérée comme un facteur de choix pour une utilisation ultérieure en tant que liant et désintégrant dans la formulation des granulés à base de poudres ou d'extraits de plantes médicinales. La même remarque a été observée sur le taux d'adhésivité des granulés d'amidon, qui révèle qu'une quantité résiduelle restée collée sur le verre de montre, est plus élevée pour le maïs que le manioc. Cette différence pourrait s'expliquer par la capacité du maïs à retenir plus rapidement l'eau.

S'agissant de la mouillabilité, nos données ont montré que 40ml d'eau ont suffi pour dissoudre l'amidon de manioc et de maïs. Cette mouillabilité entraînerait une désintégration par deux mécanismes physiques, notamment par capillarité ou par effet de mèche et gonflement. L'obtention de cyclodextrines (α , β ou γ) à partir de la dégradation enzymatique de l'amidon de manioc et de maïs, pourrait aussi être utilisé comme un agent solubilisant dans la formulation galénique afin d'améliorer la solubilité et la stabilité des médicaments traditionnels améliorés. Une étude approfondie sur le polymorphisme des grains d'amidon et l'aptitude au tassemement des granulés devra être réalisée. De même, un test de compatibilité entre l'excipient à base d'amidon et l'extrait de plantes par spectrométrie infra-rouge serait nécessaire.

CONCLUSION

L'amidon de manioc et de maïs sont des biopolymères naturels produits en Afrique. Leur extraction et caractérisation ont permis d'obtenir des résultats préliminaires, conformes aux normes de la pharmacopée. Ils pourraient ainsi être proposés comme liant dans la formulation de médicaments traditionnels améliorés.

REFERENCES

- 1. Velásquez G.** Reconsidérations sur la fabrication mondiale et locale de produits médicaux après le covid-19. South Cent Int Environ House 2 Chemin Balexert 7-9 CP 228 1211 Genève 19 Suisse Tel (41) 022 791 80 50 South@southcentre.int www.southcentre.int. ISSN 1819-6926. 2021;(118). p.1-34.
- 2. Keita M. Abdoulaye.** La production industrielle des

médicaments issus de la pharmacopée traditionnelle dans l'espace CEDEAO. [Doctorat d'état en Pharmacie]. [Bamako] Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), 2019.

3. Rosado-Souza L, David LC, Drapal M, Fraser PD, Hofmann J, Klemens PAW, et al. Cassava Metabolomics and Starch Quality. *Curr Protoc Plant Biol* 2019;4(4):1-46.

4. Jia Chen, Yalun Zhang, Chen Chen, Yan Zhang, Wei Zhou, Yaxin Sang. Identification and quantification of cassava starch adulteration in different food starches by droplet digital PCR | *PLOS ONE* 2020;15(2):1-16.

5. Lafargue D, Lourdin D, Doublier J-L. Film-forming properties of a modified starch/β-carrageenan mixture in relation to its rheological behaviour. *Carbohydr Polym* 2007;70(1):101111.

6. Pulido Díaz A, Lourdin D, Della Valle G, Fernández Quintero A, Ceballos H, Tran T, et al. Thermomechanical characterization of an amylose-free starch extracted from cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). *Carbohydr Polym* 2017;157:17771784.

7. Rutot D, Dubois P. Les (bio)polymères biodégradables?: *Chim Nouv* 2004;86:6775.

8. Zhu F. Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. *Carbohydr Polym* 2015;122:456480.

9. Malumba P, Janas S, Deroanne C, Masimango T, Béra F. Structure de l'amidon de maïs et principaux phénomènes impliqués dans sa modification thermique. *Biotechnol Agron Soc Env* 2011;15(2):1-12.

10. Méité N, Konan LK, Tognonvi MT, Doubi BIHG, Gomina M, Oyetola S. Properties of hydric and biodegradability of cassava starch-based bioplastics reinforced with thermally modified kaolin. *Carbohydr Polym* 2021;254, pp.117322.

11. Patel R, Barker J, ElShaer A. Pharmaceutical Excipients and Drug Metabolism: A Mini-Review. *Int J Mol Sci* 2020;21,8224.

12. Rao VA, Kim JJ, Patel DS, Rains K, Estoll CR. A Comprehensive Scientific Survey of Excipients Used in Currently Marketed, Therapeutic Biological Drug Products. *Pharm Res* 2020; 37:200.

13. Deokar GS, Deokar AM, Kshirsagar SJ, Buranasompob A, Nirmal NP. Extraction, physicochemical characterization, functionality, and excipient ability of corn fiber gum-starch isolate from corn milling industry waste. *Int J Pharm* 2023;645:123401.

14. Hasan MM, Rana MS, Uddin N, Rahman KJ, Chowdhury SS. Comparative Evaluation of *Solanum tuberosum* L. and *Manihot esculenta* Starch as Pharmaceutical Excipients: Assessment by Preformulation Studies. *Bangladesh Pharm J* 2015;17(2):128134.

15. Ernest D, Beranger N, Urbain MT, Armand K. L'amidon De Manioc Dans La Formulation Des Comprimés. 2021;11(4):4054.

16. Amani NG, Buléon A, Kamenan A, Colonna P. Variability in starch physicochemical and functional properties of yam (*Dioscorea* sp) cultivated in Ivory Coast. *J Sci Food Agric* 2004;84(15):20852096.

17. Adi-Dako O, Kumadoh D, Egbi G, Okyem S, Addo PY, Nyarko A, et al. Strategies for formulation of effervescent granules of an herbal product for the management of typhoid fever. *Helijon* 2021;7(10):e08147.

18. Guangyu Dou, Xuetong Wang, Bochao Zhao, Xinan Yuan, Cenxuan Pan, Thierry Tran. The transformation and outcome of traditional cassava starch processing in Guangxi, China: Environmental Technology: 2023;42(21):3278-3287.

19. Djoko E, Chougouo RD, Ngondji TC, Wouessidjewe D. Formulation d'un médicament traditionnel amélioré à visée antiamibienne à base de *Euphorbia hirta* Linn. *Int J Biol Chem Sci* 2018;12(2):659667.

20. Cartwright AC. The British pharmacopoeia, 1864 to 2014: medicines, international standards and the state. 1st Edition 2016.p 266.

21. Šubert J, Kolář J. Theory and practice of pharmacopoeial control of quality of drugs and excipients X. Number of parallel determinations, processing of results and their use in the assessment of the content of active substances and excipients in the European Pharmacopoeia (Ph. Eur.). *Ceska Slov Farm Cas Ceske Farm Spolecnosti Slov Farm Spolecnosti* 2019;68(4):157-160.

22. Mbougueng PD. Influence des amidons natifs ou acétylés de manioc et de pomme de terre sur les propriétés physico-chimiques et texturales du pâté de Boeuf (*Bos indicus*). *Aliment Nutr Inst Natl Polytech Lorraine*, 2009.

23. Šubert J, Kolář J, Cizmárik J. Theory and practice of pharmacopoeial control of the quality of drugs and excipients VII. The colour reference solutions of the European pharmacopoeia (Ph. Eur.). *Ceska Slov Farm* 2018;67(1):3031.