

PROPRIETES FONCTIONNELLES DES AMIDONS DE SIX VARIETES SELECTIONNEES DE MANIOC (*Manihot esculenta* CRANTZ)

F. H. EHUI¹, C. DJEDJI², A. SAKO³ et N. G. AMANI¹

¹Laboratoire de Technologie Alimentaire, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.
E-mail : amanigeorges@yahoo.fr

²Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Recherche Technologique, Laboratoire de chimie alimentaire, 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

³Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et de Mécanique des Fluides (LAPA-MF), Université de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

RESUME

En industrie alimentaire, l'on est soucieux de développer des nouveaux produits, à base d'amidons natifs résistants à certains traitements industriels connus pour leur altération de la structure des gels d'amidon. Ainsi, plusieurs amidons issus des variétés de manioc (Yacé, Bounda 1, Anango agba, TMS 4 (2) 1425, IM 89, Yavo) ont été obtenus. La taille, le pouvoir de gonflement et de solubilité, les propriétés d'empesage, la clarté et le pourcentage de synérèse à -18 °C pendant 6 semaines, de ces amidons ont été étudiés. Les résultats montrent que le diamètre moyen des grains d'amidon s'est situé entre 10,9 µm (Anango agba et IM89) et 15 µm (Yacé). La température de gélatinisation a varié entre 66 °C pour yavo et 69 °C pour TMS 4 (2) 1425. La température au pic a varié entre 75 °C (Yavo) et 81 °C (Anango agba). Le pouvoir de gonflement et de solubilité de ces amidons a varié, respectivement entre 30,9 - 35,5 g d'eau g-1 d'amidon et 13,1 - 25 % d'amidon solubilisé. L'amidon natif de des variétés de manioc étudiées n'a présenté aucune synérèse après 6 semaines (soit 42 j) de conservation à -18 °C. La clarté a varié de 36,6 (Yacé) à 52,9 % T (TMS 4 (2) 1425). L'étude des propriétés fonctionnelles des amidons natifs a laissé entrevoir de nouvelles opportunités de marché pour ces racines.

Mots-clés : Manioc, gonflement et solubilité, viscosité, amidon.

ABSTRACT

FUNCTIONAL PROPERTIES OF STARCHES OF SIX CASSAVA VARIETIES

Industries are constantly searching for local starch that is resistant to certain industrial processes, which are known to alter the structure of the starch gel. Thus, several starch materials obtained from 6 cassava varieties (Yacé, Bounda 1, Anango agba, TMS4 (2) 1425, IM 89, Yavo) were studied for their functional properties and pasting characteristics. Results show that the mean diameter of isolated starch granules ranged from 10.9 (Anango agba and IM 89) to 15 µm (Yacé). Gelatinization temperature ranged between 66 °C for Yavo to 69 °C for TMS 4 (2) 1425, with peak temperatures at 75 °C (Yavo) and 81 °C (Anango agba). The swelling and solubility of cassava varieties (at 90 °C) ranged from 30.9 - 35.5 and 13.1-25, respectively. Pasting clarity was between 52.9 ± 0.78 and 36.6 ± 0.23. Yacé had the highest clarity and TMS 4 (2) 1425, the lowest. After 6 weeks, syneresis, gel of cassava starches was zero. These results indicate that starches from the 6 cassava varieties can play an important role in the food industry.

Keywords : Cassava, swelling and solubility, viscosity, starch.

INTRODUCTION

Les rendements potentiels en amidon des végétaux des zones tropicales et subtropicales leur confèrent un grand intérêt, non seulement pour l'alimentation humaine, mais aussi, pour l'alimentation animale et pour les applications industrielles de l'amidon (Moorthy, 2002 ; Amani et Kamenan, 2003 ; Karam *et al.*, 2005 ; Sahoré *et al.*, 2007 ; Tetchi *et al.*, 2007).

En effet, l'amidon représente une matière première de grande importance dans l'industrie alimentaire et non alimentaire (Alvarez *et al.*, 2004 ; Daiuto *et al.*, 2005). Ces propriétés rhéologiques, son pouvoir liant, floculant et dispersant sont utilisés dans les industries non alimentaires pour la fabrication des textiles, des colles, des adhésifs, du papier-carton ou comme excipient ou agglomérant dans l'industrie pharmaceutique (Amani *et al.*, 1993). Dans le domaine alimentaire, l'amidon est une source industrielle pour la production de sirop de glucose, de pâtes alimentaires, des farines instantanées et de divers produits diététiques.

La ressource potentielle en amidon représentée par de nombreux végétaux tropicaux est très importante ; mais l'extension de l'application de leurs amidons implique une meilleure connaissance des caractéristiques et des propriétés de ceux-ci. Ainsi, depuis quelques années certains d'entre eux font l'objet d'études en Afrique et en Europe, notamment ceux d'igname (Amani *et al.*, 2001 ; Brunscweiler *et al.*, 2005), de manioc (Charles *et al.*, 2005 ; Karam *et al.*, 2005 ; Aryee *et al.*, 2006), de taro (Amani *et al.*, 1993 ; Hoover, 2001), de patate douce (Koji *et al.*, 2003) et de gingembre (Reyes *et al.*, 1982 ; Amani *et al.*, 2004 ; Daramolo et Osanyinlusi, 2006). Cependant ces amidons font appel à un certain nombre de transformations de types physiques, chimiques et/ou enzymatiques modifiant à la base leurs propriétés physico-chimiques, fonctionnelles et nutritionnelles. Ces amidons modifiés sont considérés comme des additifs alimentaires et non comme des ingrédients de fabrication ; ils ne sont incorporables qu'en faible quantité dans les aliments. En plus, les industries alimentaires, désireuses de développer de nouveaux produits à connotation «naturelle», sont à la recherche d'amidons natifs résistants à certains traitements industriels connus pour altérer fortement la structure des gels d'amidon.

Ce travail a pour objectif d'étudier certaines propriétés fonctionnelles des amidons présents dans de nouvelles variétés de manioc soumis à différents stress tels que les traitements thermiques et la congélation à longue durée.

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL VEGETAL

L'étude a porté sur 5 variétés (Yacé, Bounda 1, Anango agba, TMS 4 (2) 1425, IM 89) de manioc et un témoin (Yavo) toutes issues de la Station de Recherche Technologique du Centre National de Recherche Agronomique (SRT-CNRA). Pour des raisons de comparaison, deux variétés d'igname Kponan (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) et Florido (*Dioscorea alata*) ont été étudiées. Elles proviennent de la plantation expérimentale de l'université d'Abobo-Adjamé (UAA).

METHODES

Analyse granulométrique

La détermination du diamètre moyen des grains d'amidon a été faite à l'aide d'un microscope photonique (OLYMPUS U-SPT, BX 40, JAPON) muni d'un «tube à dessiner». Le tube à dessiner superpose les deux images, celle de l'objet et celle du crayon. Cela permet de reproduire avec exactitude l'objet observé à l'oculaire. Mais au cours de la manipulation, en lieu et place d'une reproduction de la forme observée, c'est la taille du grain d'amidon qui a été déterminé à l'aide de papier millimétré. La technique du comptage du nombre de millimètres carrés contenu à l'intérieur du contour du grain est celle retenue. Cette technique fait partie des méthodes de mesure de surface (Locquin et Langeron, 1978). Les dimensions en centimètres du grain obtenu sont converties en micromètres à l'aide du facteur d'étalonnage spécifique à chaque objectif. L'objectif moyen est (X 40). Une pincée de la poudre à analyser est dissoute dans du lugol dilué ($2 \cdot 10^{-3}$ M, I_2 ; $2 \cdot 10^{-3}$ M, KI) et une goutte de la solution ainsi préparée est étalée entre lame et lamelle pour une observation au microscope. Pour chaque grain, la longueur et la largeur sont déterminées. On détermine les dimensions de 500 grains d'amidon ($n = 500$) avec une moyenne de 100 grains par lame.

MESURE DE LA VISCOSITE

L'étude de la viscosité est réalisée au viscoamylographe Brabender (OHG DUISBURG, modèle N° 80001, Allemagne de l'ouest). L'échelle de sensibilité utilisée est de 250 cmg. Le gel est préparé à 6 % (ms, P/P) sur la base sèche. Vingt-huit grammes d'amidon sont prélevés pour une solution totale de 485 g. La vitesse de rotation de la tête de mesure est de 75 tpm. La température a connu une variation de 30 à 95 °C. Elle est maintenue constante pendant 15 min à 95 °C avant d'être réduite à 50 °C. La vitesse de chauffage est 1,5 °C/min.

SOLUBILITE ET GONFLEMENT

Le gonflement et la solubilité ont été déterminés par la méthode décrite par Mestres *et al.* (1997). Une suspension à 1 % (ms, P/P) d'amidon dans de l'eau distillée, est mise à cuisson à différentes températures (60 à 95 °C) pendant 30 min. Après 15 min de refroidissement, l'empois est centrifugé à 5000 tpm pendant 15 min ; le surnageant et le culot sont collectés et pesés. Ils sont séchés pendant 24 h pour le surnageant et 48 h pour le culot, puis les poids sont déterminés.

DETERMINATION DE LA CLARTE DES SOLUTIONS D'AMIDON

La clarté des solutions (1 % ms, P/P) d'amidon a été déterminée selon la méthode décrite par Craig *et al.* (1989). Environ 0,2 g d'amidon est pesé dans un tube à vis en quartz. La masse est complétée à 20 g avec de l'eau distillée. Le tube fermé et le contenu bien homogénéisé sont portés au bain-marie bouillant (100 °C) pendant 30 min avec agitation maximum chaque 5 min. La solution ainsi préparée est refroidie et la clarté ou pourcentage de transmittance (% T) est déterminée au spectrophotomètre (UNICO SPECTROPHOTOMETER, n° 1100) à 650 nm contre un blanc contenant de l'eau distillée.

EVALUATION DE LA SYNERESE DES GELS D'AMIDON

La synérèse nette se définit selon Zheng et Sosulki (1998) comme étant l'expulsion d'une

partie de la phase soluble hors du gel. La synérèse est déterminée selon la méthode décrite par Pingault (1995). La préparation des gels est faite avec 4 % (ms, P/P) d'amidon sur la base sèche. Environ 8 g d'amidon sont pesés, puis la masse est complétée à 200 g avec de l'eau distillée. La solution est préalablement chauffée à 100 °C sous agitation minimum pendant 15 min à l'aide d'un agitateur magnétique chauffant (AGIMATIC-M). Le gel ainsi préparé est distribué dans des tubes à centrifuger à raison de 6 g \pm 0,5 g par tube. L'ensemble des tubes (3 tubes par échantillon) est mis à congeler à -18 °C. Au bout de 42 jours (6 semaines), les tubes sont retirés, décongelés pendant 90 \pm 5 min dans un bain-marie à 50 °C, puis centrifugés à 5000 tpm pendant 30 min à l'aide d'une centrifugeuse (J. P. SELECTA, CE 95 N° 289886, Barcelone- Espagne). La synérèse est mesurée selon la méthode de Schoch (1968) décrite par Zheng et Sosulki (1998).

METHODE STATISTIQUE

L'analyse statistique des résultats a été faite par le logiciel StatSoft 99^e édition (statistica, France). La significativité des différences entre les moyennes a été calculée avec le test de Duncan. Chaque point est une moyenne de 3 essais.

RESULTATS

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES GRAINS

Les grains d'amidon de manioc sont relativement petits, leur taille varie entre 1,51 et 33,2 μ m (Figure 1). Les diamètres moyens sont 15, 13, 12 et 13,3 μ m, respectivement, pour les amidons de Yacé, Bounda 1, TMS 4 (2) 1425 et Yavo. Les variétés Anango agba et IM 89 ont le même diamètre moyen (10,9 μ m). Contrairement aux variétés de manioc, celles d'igname ont de gros grains. Les variétés Kponan et Florido ont respectivement pour diamètre moyen 29,3 μ m et 28,9 μ m. La distribution des grains des variétés de manioc est plus dissymétrique que celle des variétés d'igname (Figure 1).

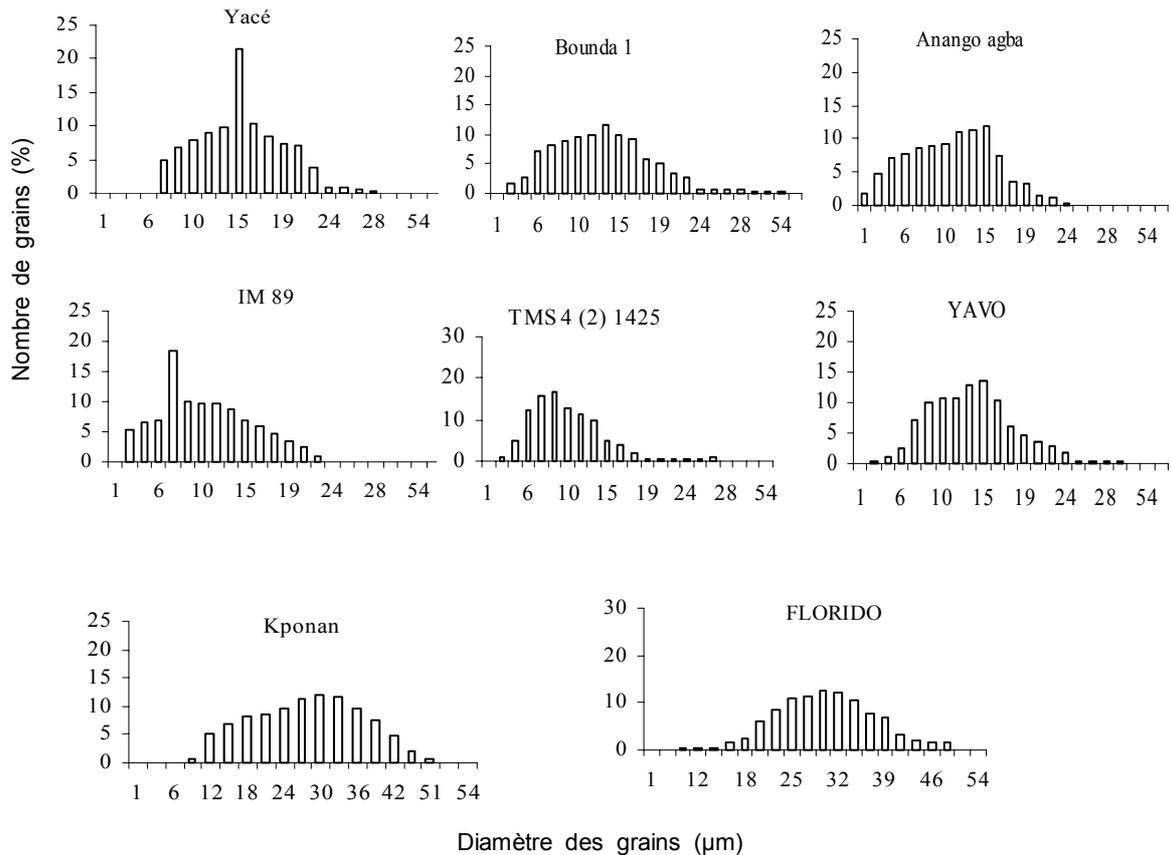


Figure 1 : Distribution de la taille des grains d'amidon des variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et d'igname (Kponan et Florido).

Granule size distribution of cassava and yam (varieties Kponan and Florido) starches.

EVOLUTION DU GONFLEMENT ET DE LA SOLUBILITE

L'absorption d'eau des grains d'amidon de manioc se produit à partir de 60 °C et augmente régulièrement jusqu'à 95 °C (Figure 2). Par contre, les diagrammes de gonflement des variétés d'igname (Florido et Kponan), présentent deux phases. La première phase où le gonflement est faible entre 60 à 70 °C. La seconde phase où l'absorption d'eau par les grains d'amidon subissent un accroissement brusque vers 70 °C et augmente régulièrement jusqu'à atteindre 95 °C. L'allure des graphiques de la solubilité des amidons de manioc (Figure 3) est comparable à ceux du gonflement.

PROPRIETES VISCOGRAPHIQUES

Les viscoamylogrammes obtenus à partir de suspensions aqueuses d'amidon présentent la même allure pour les 5 variétés de manioc. On note cependant une différence d'allure entre les amidons d'igname, d'une part, et entre les

amidons d'igname et les amidons de manioc d'autre part (Figure 4). De façon générale, la température du début de gélification des amidons de manioc se situe entre 66 et 69 °C (Tableau 1). A partir de cette température, il y a un accroissement de la viscosité pour atteindre un maximum avant de redescendre après 15 min à 95 °C. Au refroidissement, il y a une remontée de la viscosité. Les viscoamylogrammes de suspensions aqueuses d'amidon d'igname présentent pour le Kponan (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) deux phases indiquant une croissance considérable de la viscosité et une phase intermédiaire où la viscosité est presque constante. Par contre, le Florido (*Dioscorea alata*) connaît une phase de croissance considérable et une autre phase où la croissance est progressive. Les amidons de manioc (Yacé, Bouda 1, Anango agba, TMS 4 (2) 1425 et IM 89) forment des empois moins visqueux que l'amidon de Kponan et plus visqueux que l'amidon de Florido.

CLARTE DES SOLUTIONS D'AMIDON

La clarté des solutions d'amidon est très variable (Figure 5). L'analyse des variances met en évidence des différences significatives entre les espèces, d'une part, et entre les variétés d'une même espèce, d'autre part. Les solutions d'amidon de manioc sont les plus claires. Leur clarté varie entre 52,9 % T et 36,6 % T, respectivement, pour Yacé et TMS 4 (2) 1425. Celles d'igname sont moins claires. Les variétés

Kponan et Florido ont une clarté de 25,5 % T et 32,2 % T, respectivement.

SYNERESE DES GELS D'AMIDON

Au bout de 6 semaines (soit 42 jours) de conservation des gels d'amidon à -18 °C, les amidons de manioc ne présentent aucune synérèse. Par contre, dans le cas des amidons d'igname, la synérèse atteint les valeurs de 27,3 % pour le Kponan et de 38,2 % pour le Florido.

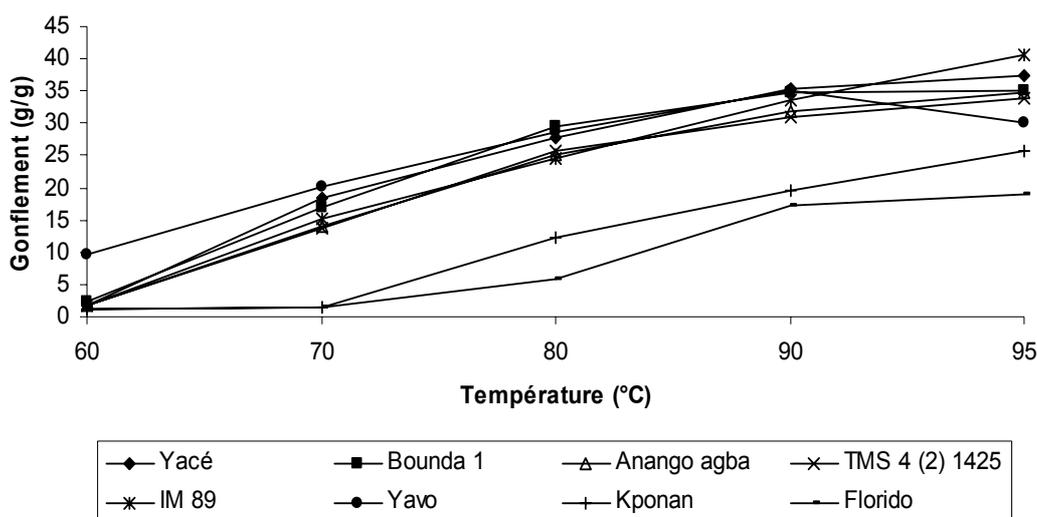


Figure 2 : Gonflement des suspensions d'amidon de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et d'igname (Kponan et Florido).

Swelling power of cassava and yam starches (Kponan et Florido).

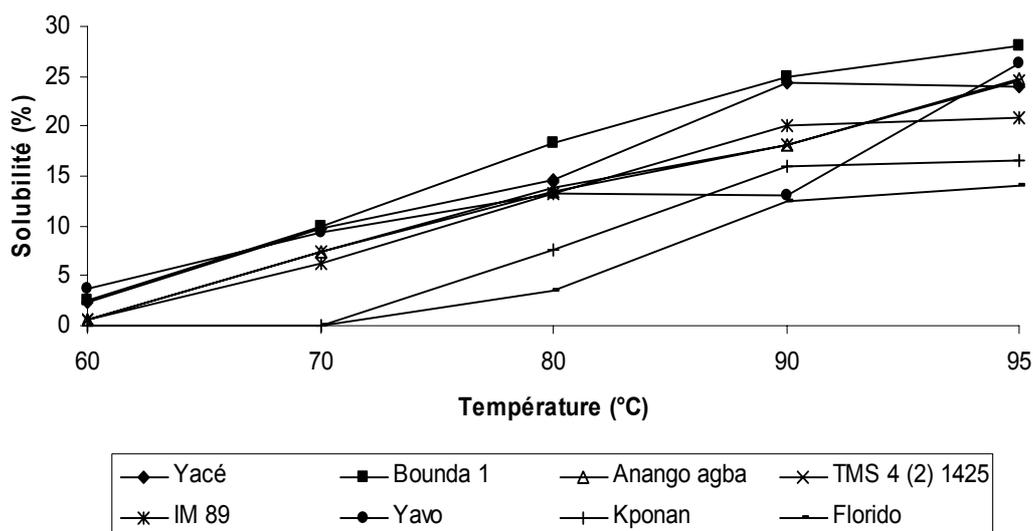


Figure 3 : Solubilité des suspensions d'amidon de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et d'igname (Kponan et Florido).

Solubility of cassava and yam starches (Kponan et Florido).

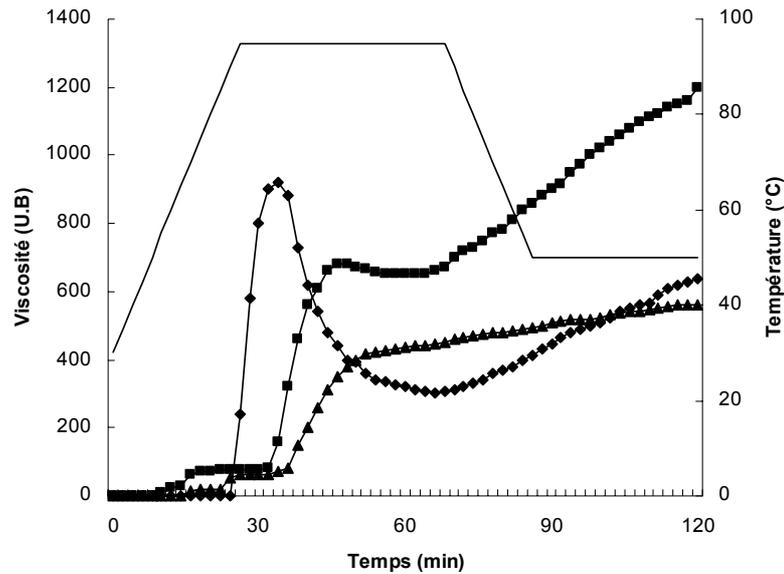


Figure 4 : Viscoamylogrammes de Brabender des amidons de manioc (◆) (*Manihot esculenta* Crantz) et d'igname (Kponan (■) et Florido (▶)) : (solution 6 % d'amidon).

Brabender viscograms of cassava (◆) and yam (Kponan (■) and Florido (▶)) starchpastes (6 g dry starch/100g paste).

Tableau 1 : Paramètres viscoélastiques des amidons des variétés de manioc et d'igname (Kponan et Florido).

Pasting properties (Brabender) of cassava and yam (Kponan and Florido) starches.

échantillons	Tg (°C)	Vm (U.B.)	Vr (U.B.)	Ve (U.B.)	Vm-Vr	Ve-Vr
Yacé	68	920	320	580	600	260
Bounda 1	68	920	320	620	600	300
Anango agba	67	980	320	580	660	260
TMS 4 (2) 1425	69	880	380	680	500	300
IM 89	68	920	320	580	600	260
Yavo	66	700	175	360	525	185
Kponan	82	680	880	1200	—	320
Florido	78	420	480	560	—	80

U.B. : Unité Brabender ; Tg : Température du début de l'apparition d'une augmentation de la viscosité à partir de l'apparition d'une augmentation de la viscosité ; Vm : Viscosité maximale ; Vr : Viscosité après 15 minutes à 95 °C ; Ve : Viscosité à 50°C après refroidissement ; Vm-Vr : Chute de la viscosité ; Ve-Vr : Indice de gélification.

U.B. : Brabender Unit, Tg : Pasting température, Vm : Maximal viscosité, Vr : Viscosity after 15 minutes at 95°C, Ve : Viscosity at 50°C after cooling, Vm-Vr : Viscosity the end of holding period, Ve-Vr : Freezing index.

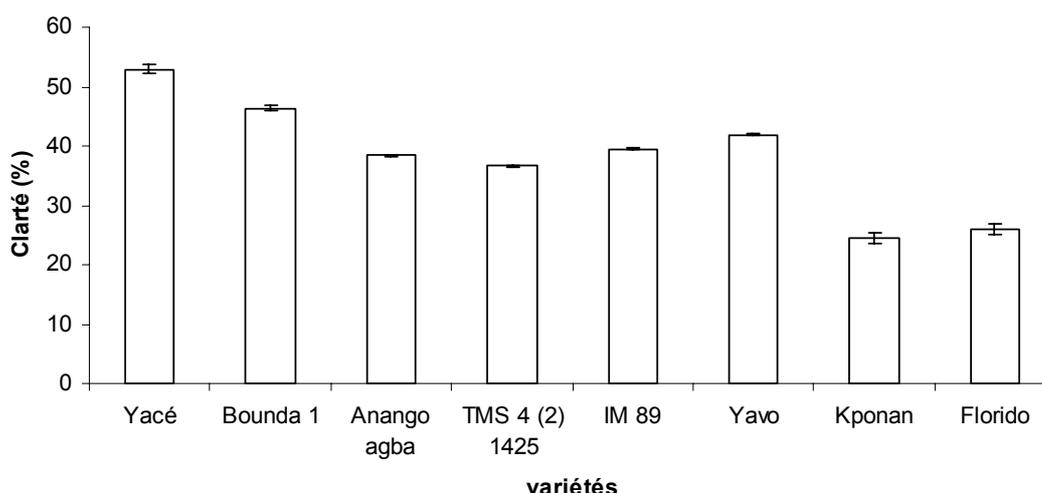


Figure 5 : Clarté des gels à 1 % (P/P) d'amidon de manioc (Yacé, Bounda 1, Anango agba, TMS 4 (2) 1425, IM 89, Yavo) et d'igname (Kponan et Florido).

Paste clarity 1 % (P/P) of cassava starches (Yacé, Bounda 1, Anango agba, TMS 4 (2) 1425, IM 89, Yavo) et d'igname (Kponan et Florido).

Les barres d'histogrammes surmontés de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$) d'après le test de comparaison multiple de Duncan.

Histogram bar with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

DISCUSSION

Les diamètres de la taille des grains de manioc (*Manihot esculenta* Crantz : 1,51 - 33,2 μm) et d'igname (*Diocorea alata* : 3,02 - 52,9 μm ; *Diocorea rotundata* : 10,6 - 54,4 μm) sont similaires à ceux rapportés par Moorthy (2002).

La taille des grains d'amidon est un facteur à considérer dans la détermination et l'interprétation des propriétés physico-chimiques de l'amidon (Li *et al.*, 2001 ; Lindeboom *et al.*, 2004). Une variation de la taille des grains pourrait être en partie responsable des différences observées sur les propriétés étudiées.

Les diagrammes de gonflement des amidons de manioc étudiés sont en accord avec les résultats de Saf-Kantanka et Acquistucci (1996). Les gonflements mesurés sur les variétés d'igname Florido et Kponan donnent des résultats semblables à ceux de *D. alata* et *D. cayenensis-rotunda*, étudiés par Amani *et al.* (2001). Ces résultats indiquent une relation étroite entre les phénomènes de gonflement et de solubilité. On observe une capacité d'hydratation et une solubilité plus élevées chez les variétés de manioc que chez celles de l'igname.

Selon Delpeuch et Flavier (1980), le gonflement est réduit là où les liaisons interchaines sont les plus nombreuses ou les plus fortes. Plusieurs auteurs ont également montré que la présence de lipides dans l'amidon tend à réduire la solubilité et le gonflement, du fait qu'ils établissent des liaisons avec l'amylose (Ratnayake *et al.*, 2002 ; Lindeboom *et al.*, 2004). Ceci entraîne une augmentation de la masse moléculaire de l'amylose et le blocage de la fixation des molécules d'eau, empêchant ainsi le gonflement du grain et la diffusion de l'amylose hors de celui-ci (Amani *et al.*, 2004).

L'allure des courbes de viscosité en fonction de la température et du temps est semblable à celles décrites par Alves *et al.* (2002) pour les amidons d'igname et par Daramolo et Osanyinlusi (2006) pour les amidons de manioc. Le comportement viscographique des amidons de manioc étudiés est comparable à celui donné par Brunnschweiler *et al.* (2005) pour les pommes de terre. Quant aux températures d'empesage des variétés de manioc étudiées, elles sont comparables à celles obtenues par Hoover (2001), Amani *et al.* (2005), et Saf-Kantanka et Acquistucci (1996). En effet, ces auteurs ont obtenu respectivement 62 °C ; 64,3 °C et 74 °C. Les variétés de la présente

étude sont plus résistantes à la cuisson que celle de Daramola et Osanyinlusi (2006). Cela s'observe dans la durée de cuisson plus longue. Leur durée de cuisson variant de 7 à 10 min selon que la variété est comparable à celle de l'amidon de taro (Amani *et al.*, 1993).

La viscosité est largement influencée par la forme des grains, le pouvoir gonflant de ceux-ci et les interactions entre les molécules d'amylopectine et d'amylose (Charles *et al.*, 2005 ; Brunnschweiler *et al.*, 2005). En effet, à des températures élevées, les complexes amylose-lipides fondent graduellement, permettant ainsi à l'amylose et son complexant de diffuser à l'extérieur du grain. Il s'ensuit une diminution de concentration du complexant au niveau du grain qui perd ses propriétés d'hydratation et devient plus sensible aux cisaillements. La consistance de l'empois diminue ainsi que le pic d'empesage (Brunnschweiler *et al.*, 2005 ; Charles *et al.*, 2005). Ceci expliquerait la chute de la viscosité des amidons de manioc étudiés.

Les résultats de clarté des solutions d'amidon étudiées sont similaires à ceux obtenus par Amani *et al.* (2005) et Dufour *et al.* (2000) qui ont obtenu, respectivement, 54,1 % T et 43 % T pour les solutions d'amidon de manioc. Plusieurs études ont montré que les solutions d'amidon d'igname ne sont pas aussi claires que ceux de manioc (Karam *et al.*, 2005 ; Amani *et al.*, 2005). Aussi, les solutions d'amidon d'igname sont moins résistantes à la congélation que celles de manioc. Les résultats de Pingault (1995) confirment les nôtres dans la mesure où il note que le taux de synérèse des amidons de manioc est inférieur à celui des ignames. Selon cet auteur, les amidons de manioc ne présentent aucune synérèse au-delà de 8 semaines de conservation.

La synérèse est une conséquence de la rétrogradation. Bien que dépendant de plusieurs facteurs, la rétrogradation est d'abord due à la réorganisation d'amylose, mais également à la réversible cristallisation des chaînes externes courtes de l'amylopectine sur le long terme (Koji *et al.*, 2003 ; Bultosa et Taylor, 2004 ; Elkhalfia, 2004)

CONCLUSION

L'étude a permis de mettre en évidence une grande susceptibilité des amidons natifs de

variétés de manioc à répondre aux exigences industrielles de résistance à certaines contraintes (traitements thermiques, congélation à longue durée).

Les grains d'amidons de manioc étudiés sont de petite taille (10,9 - 35,5 μm) et leur température de gélatinisation (66 - 69 °C) est faible que celle d'ignames (Kponan et Florido). Les propriétés gonflantes et rhéologiques de ces amidons natifs à haute température peuvent être utilisées en technologie alimentaire.

Leur stabilité à la congélation indique que l'on peut utiliser ces amidons de manioc comme ingrédients fonctionnels dans les produits surgelés. Ces amidons, notamment les variétés Yacé et Bounda 1, sont utilisables comme agents épaississants dans les crème-desserts et comme ingrédients dans les garnitures de tourtes aux fruits en raison de leur bonne clarté.

Enfin, l'exploitation de ces différentes propriétés fonctionnelles pourrait permettre aux industries agroalimentaires d'utiliser des amidons natifs en remplacement des amidons modifiés. Toutefois, des tests d'application sont nécessaires pour confirmer ces susceptibilités.

REFERENCES

- Alvarez M. D., Fernandez C. and W. Canet. 2004. Rheological behaviour of fresh and frozen potato puree in steady and dynamic shear at different temperatures. *Eur Food Res Technol*, 218 : 544 - 553.
- Alves R. M., Grossmann V., Ferrero C., Zaritzky N. E., Martino M. N. and M. R. Sierakoski. 2002. Chemical and functional characterization of products obtained from yam tubers. *Starch/Stärke*, 54: 476 - 481.
- Amani N. G., Aboua F., Gnagri D. et A. Kamenan. 1993. Etude des propriétés physico-chimiques de l'amidon de taro (*Xanthosoma sagittifolium*). *Ind. Alim et Agric*, vol.n°110: 137 - 141.
- Amani N. G., Dufour D., Mestres C. and A. Kamenan. 2001. Resistance to technologie stress of yam starch gels. *FoodAfrica*, Internet Forum 31 March - 11 April. Internet Paper For Food Safety and Quality Management, 12 p.
- Amani N. G. et A. Kamenan. 2003. Potentialités nutritionnelles et technologie traditionnelle

- de transformation des denrées amylacées en Côte d'Ivoire. In : Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles en Afrique de l'Ouest : les rôles des technologies alimentaires et nutritionnistes. 23 - 28 Novembre 2003, Ouagadougou, Burkina Faso. 2 p.
- Amani N. G., Kamenan A., Rolland-Sabaté A. and P. Colnna. 2005. Stability of yam starch gels during processing. African Journal of Biotechnology, 4 (1) : 94 - 101.
- Amani N. G., Tetchi F. A. et A. Coulibaly. 2004. Propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre (*Zingiber officinale* roscoe) de Côte d'Ivoire. Tropicultura, 22 (2) : 77 - 83.
- Aryee F. N. A., Oduro I., Ellis W. O. and J. J. Afuakwa. 2006. The Physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava. Food control 17 : 916 - 922.
- Brunnschweiler J., Luethi D., Handschin D., Farah Z., Escher F. and B. Condet-Petit. 2005. Isolation, physicochemical caractérisation and application of yam as thickening and gelling agent. Starch, 57 : 107 - 117.
- Bultosa G. and J. R. N. Taylor. 2004. Paste and gel properties and *In Vitro* digestibility of Tef (*Eragrotis tef* (Zucc.) Trotter). Starch/Stärke, 56 : 20 - 28.
- Charles A. L., Chang Y. H., Ko W. C., Sriroth K. and T. C. Huang. 2005. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. Journal of Agriculture Food Chemistry, 53 : 2717 - 2725.
- Craig A. S. S., Cloduraido C. M., Paul A. S. and R. C. Hosney. (1989). Starch paste clarity. Cereal chemists, 66 (3) : 173 - 182.
- Daiuto E., Cereda M., Sarmento S. and O. Vilpoux. 2005. Effets of extraction methods on yam (*Dioscorea alata*) starch characteristics. Starch, 57 : 153 - 160.
- Daramola, B. and S. A. Osanyinlusi. 2006. Investigation on modification of cassava starch using active components of ginger roots (*Zingiber officinale* Roscoe). African Journal of Biotechnology, 10 : 917 - 920.
- Delpeuch F. et J. C. Favier. 1980. Caractéristiques des amidons des plantes alimentaires tropicales : Action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité. Ann. Technol. Agric., 29 (1) : 53 - 67.
- Dufour D., Hurtado J. J., Ruales J. and C. Mestres. 2000. Functional properties of starches from perishable tropical sources. In starch behaviour under different agro-industrial stress conditions. 27 - 29 March, Cambridge, UK. Starch 2000, 8 p.
- Elkhalifa A. E. O., Schiffler B. and R. Bernhardt. 2004. Selected physicochemical properties of starch isolated from fermented sorghum flour. Starch/Stäch, 56 : 582 - 585.
- Hoover R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. Carbohydrate Polymers, 45 : 253 - 267.
- Karam L. B., Grossmann M. V. E., Silva R. S. S. F., Ferrero C. and N. E. Zaritzky. 2005. Gel texture characteristics of corn, cassava and yam starch blends: A Mixture Surface Response Methodology Approach. Starch/Stäche, 57 : 62 - 70.
- Koji I., Takahiro N. and Y. Osamu. 2003. Effet of cultivation conditions on retrogradation of sweetpotato starch. Starch/Stäche, 55 : 564 - 568.
- Li J. H., Vasanthan T., Rosnagel B. and R. Hoover. 2001. Starch from hull-less barley : I. Granule morphology, composition and amylopectin structure. Food Chemistry, 74 : 395 - 405.
- Lindeboom N., Chang P. R. and R. T. Tyler. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small starch : A Review. Starch/Stäche, 56 : 89 - 99.
- Locquin M. and M. Langeron. 1978. Manuel de microscopie, ed Masson, 352 p.
- Mestres C., Nago M., Akissoe M. and F. Matencio. 1997. End use quality of some African corn kernels. Cooking behaviour of whole dry-milled maize flours; incidence of storage. J. of Agri. And Food Chem., 45 (3) : 565 - 571.
- Moorthy S. N. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starch : A Review. Starch/Stäche, 54 : 559 - 592.
- Pingault P. 1995. Caractérisation d'amidon de racine et tubercules andins; Etude de la synérèse et de la résistance à différentes contraintes. Cirad. Sal. Montpellier - France, 33 p.
- Ratnayaka W. S., Hoover R. and T. Watnajoithi. 2002. Pea Starch : Composition, structure and properties - A Review. Starch/Stäche 54 : 217 - 234
- Reyes F. G. R., D'appona B. L., Cacco C. F. and M. W. Montgomery. 1982. Characterization

- of Starch from Ginger Root (*Zingiber officinale*) Starch/Stärke 34 (2) : 40 - 44.
- Saf-Kantanka and R. Acquistucci. (1996). The role of common salt in maintaining hot-paste viscosity of cassava starch pp 2 - 6.
- Sahoré D. A., Nemlin G. J. and A. Kamenan. 2007. Changes in nutritional properties of yam (*Dioscorea* spp.), plantain (*Musa* spp.) and cassava (*Manihot esculenta*) during storage. Trop. Sci. 47 (2) : 81 - 88.
- Schoch T. J. 1968. Effect of freezing and cold storage on pasted starches. In the freezing preservation of foods, Vol. 4, D. K. Tressler, w.B. Van Arsdel and M. J. Copley (ed), The AVI publishing Co., Westport : 45 - 46.
- Tetchi F. A., Rolland-Sabaté A., Amani G. N. and P. Colonna. 2007. Molecular and physico-chemical characterisation of starches from yam, cocoyam, cassava, sweet potato and ginger produced in the Ivory Coast. J Sci Food Agric 87 : 1906 - 1916.
- Zheng G. M. and F. W. Sosulski. 1998. Determination of water separation from cooked starch and flour pastes after refrigeration and freeze - thaw. J. of Food Science, 63 (1) : 134 - 139.