

Propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) de Côte d'Ivoire

N'G.G. Amani,* F.A. Tetchi & Aissatou Coulibaly

Keywords: Ginger- Starch- Physico-chemical properties- Retrogradation- Hydrolysis

Résumé

Dans le souci de valoriser le gingembre, des études sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles ont été menées sur l'amidon extrait des rhizomes de gingembre. Ses teneurs en amylose, cendre, lipide et protéine sont respectivement de 28,3%; 0,14%; 0,12% et 0,18%. La taille des grains d'amidon est comprise entre 6,43 et 38,56 μm . L'amidon natif de gingembre a montré une très faible sensibilité au suc digestif de l'escargot par contre l'amidon gélatinisé en est très sensible. L'hydrolyse acide a donné deux phases: une phase rapide pendant les 15 premiers jours et une phase lente au-delà. L'étude de la solubilité et du gonflement a révélé un faible pouvoir de gonflement et une faible solubilité dans l'eau. Le thermogramme a indiqué une température de gélatinisation élevée de l'ordre de 83,2 °C et une enthalpie de gélatinisation de 14,65 J/g. L'étude de la rétrogradation révèle que cet amidon rétrograde au bout de 2 jours et qu'à J_0 , la synérèse est de 44% et la clarté de 11,5%.

Summary

Physico-chemical Properties of Starch from Ginger Rhizome (*Zingiber officinale roscoe*) of Ivory Coast

*The ginger or rhizome of *Zingiber officinale roscoe* is one of spice valued for its characteristic aroma and pungency. It grows in tropical region, specially in south and east part of Asia. That spice in commercialised in dry form. In Ivory Coast, the ginger is often consumed in the form of drink commonly called "Gnamakoudji". In order to increase the value of ginger, studies about the physico-chemical and functional properties of ginger starch have been investigated.*

Its amylose, ash, lipid and protein content are respectively 28.3%, 0.14%, 0.12% and 0.18%. The granule size is between 6.43 and 38.56 μm . Native ginger starch shows a very low sensitiveness to snail's digestive sap, on the other hand, gelatinized starch is very sensitive. Acid hydrolysis gave two phases: a fast one during the first fortnight and a slow one beyond. The swelling and solubility study has revolted a weak swelling power and a low solubility in water. The thermogram showed a high gelatinization temperature in order of 83.2 °C and a gelatinization enthalpy of 14.65 J/g. Retrogradation study reveals that starch retrogrades at the end of two days and at J_0 , syneresis is 44% and clarity is 11.5%.

Introduction

Le gingembre ou rhizome de *Zingiber officinale roscoe*, est l'une des épices les plus prisées mondialement du fait de son caractère aromatique et de son âcreté (7, 10, 31). Il pousse dans les régions tropicales, en particulier dans le sud et l'est de l'Asie (10, 27). Cette épice est surtout commercialisée sous sa forme séchée (7, 27).

Des études ont été effectuées sur les qualités aromatiques de la poudre de gingembre (11); sur les méthodes de transformation du gingembre et ses applications dans les boissons naturelles non sucrées (32); sur les valeurs nutritionnelles du gingembre (28).

L'on constate que les huiles essentielles et l'oléorésine extraites du gingembre jouent un rôle important en industrie alimentaire (27) et ont été l'objet de nombreuses études (6, 26). Elles représentent les formes finales d'utilisation du gingembre dans les pays importateurs (30).

En Côte d'Ivoire, le gingembre est beaucoup consommé sous forme de boisson communément appelée «Gnamakoudji». Au cours de la fabrication de cette boisson, un dépôt d'amidon est observé, ce qui n'est pas du goût de nombreux consommateurs. En effet, outre les huiles essentielles et l'oléorésine, le

Unité de Formation et de Recherche Sciences et Technologies des Aliments, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

*Adresse du correspondant: Tél. (225) 22522968, Fax (225) 20378118 E-mail: amanigeorges@yahoo.fr

Reçu le 01.10.03. et accepté pour publication le 20.01.04.

gingembre renferme d'autres composés notamment l'amidon qui est son constituant majeur (14, 25) avec une teneur comprise entre 40,4 et 59% (25) et qui, jusqu'à présent a été très peu étudié.

L'amidon a de nombreuses utilisations: en industrie alimentaire, il est utilisé comme agent de texture (épaississant, stabilisant, gélifiant) de divers produits et également à des fins industrielles non alimentaires notamment comme lubrifiant et carburant dans l'industrie automobile, dans la fabrication du papier, dans l'élaboration des adhésifs de timbres postaux par exemple, des cartons ondulés, dans l'industrie textile à l'imperméabilisation et à la tenue du tissu (29).

Ces diverses utilisations des amidons en général, sont fonction de leurs propriétés, ainsi que de leur coût et de leur disponibilité. En effet, une plus grande connaissance des propriétés de l'amidon de gingembre pourrait être intéressante en ce sens que le gingembre peut constituer une autre source de production d'amidon à côté de la pomme de terre, du maïs et du blé.

En effet, la valorisation rationnelle d'un amidon implique la connaissance préalable de ses propriétés (16). Ainsi une meilleure connaissance de l'amidon de gingembre faciliterait le choix de cet amidon dans une utilisation éventuelle en industrie alimentaire ou non alimentaire. Cela conduira à une amélioration certaine de la qualité du «Gnamakoudji» du fait de la mise en place d'une nouvelle technologie de fabrication de la boisson. Les travaux de Reyes *et al.* (31) ont mis en évidence quelques propriétés physico-chimiques. Cependant, il manque jusqu'à ce jour une analyse d'enthalpie différentielle (AED) de l'amidon de gingembre et quelques propriétés fonctionnelles telles que la clarté et la synérèse des gels d'amidon de gingembre.

Le présent travail a pour objectif d'être une contribution à la valorisation du gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) à travers la caractérisation des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de son amidon.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

La matière première utilisée est le rhizome de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*). Ces rhizomes ont été récoltés dans la région de Divo située au centre ouest de la Côte d'Ivoire.

Méthodes

1. Extraction de l'amidon

Les rhizomes de gingembre sont épluchés puis broyés à l'aide d'un broyeur à marteau et ensuite délayés dans l'eau. Le lait obtenu est tamisé et le liquide obtenu est laissé décanter. Le culot est séparé du surnageant et lavé plusieurs fois. Le dépôt obtenu

est essoré puis étalé sur du papier aluminium et mis à sécher à 45 °C pendant 48 h dans une étuve. Le produit obtenu est broyé pour avoir de la poudre d'amidon (2).

2. Composition chimique de l'amidon

La teneur en protéine a été déterminée à partir de l'azote total ($N \times 6,25$) obtenu par la méthode de Kjeldhal. Les lipides sont déterminés au soxhlet par extraction à l'hexane pendant 24 heures et les cendres par incinération au four à moufle électrique à 525 ± 25 °C pendant 24 heures.

3. Analyse d'Enthalpie Différentielle (AED) et teneur en amylose

L'Analyse d'Enthalpie Différentielle (AED) a été effectuée avec un calorimètre Perkin Elmer DSC 7 (Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA). Pour cette analyse, 10-11 mg d'amidon et 50 µl de lyso-phospholipide à 2% sont placés dans une capsule d'aluminium inox et fermé hermétiquement. La mesure est faite par rapport à une capsule de référence contenant 50 µl d'eau. Le four est programmé pour une cinétique de chauffage linéaire de 10 °C/min de 25 °C à 160 °C, puis maintenu constant à 160 °C pendant 2 min et enfin refroidi jusqu'à 60 °C à 10 °C /min. La variation d'enthalpie (ΔH) et la température de gélatinisation ou «onset temperature» (T_0) sont déterminées sur le thermogramme. La teneur en amylose est mesurée à partir de la variation d'enthalpie obtenue au cours de la formation du complexe amylose / lyso-phospholipide au refroidissement (24).

4. Pouvoir de gonflement et de solubilité

Le pouvoir de gonflement et de solubilité de l'amidon dans l'eau est déterminée en fonction de la température (22). On prépare une solution d'amidon à 1% (P/V) qu'on met au bain-marie à différentes températures allant de 60 °C à 90 °C avec des intervalles de 5 °C. Le mélange est mis sous agitation maximale pendant 30 minutes, puis centrifugé à 5000 tr/min pendant 15 min. Le gonflement est estimé par la quantité d'eau retenue par l'échantillon en faisant la matière sèche sur le culot (2 h à 130 °C). La solubilité est déterminée par le dosage de la quantité de sucre solubilisé dans le surnageant.

5. Etude de la rétrogradation

Cette étude est faite par le suivi de la synérèse et de la clarté des gels d'amidon sur une période de 28 jours. La synérèse est exprimée par la proportion (%) d'eau surnageant après centrifugation du gel (4% p/p) selon la formule: $\text{Synérèse}(\%) = \frac{\text{Liquide séparé (g)} \times 100}{\text{Masse de gel (g)}}$ (35). La clarté quant à elle consiste à lire à 650 nm, la densité optique des gels (1% p/p) d'amidon exprimée en Transmittance (%T) contre un blanc représenté par l'eau distillée (12).

6. Hydrolyse acide

L'hydrolyse acide ménagée de l'amidon a été faite dans l'acide chlorhydrique 2,2 N à 35 °C sur une période 30 jours (20).

7. Digestibilité *in vitro*

La digestibilité *in vitro* a été faite sur l'amidon cru et l'amidon gélatinisé avec le suc digestif de l'escargot (34). Elle a été suivie pendant 120 minutes. Des aliquotes (0,5 ml) sont prélevés à des intervalles de temps réguliers (0, 5, 10, 15, 30, 60, et 120 minutes), que l'on met dans un bain-marie bouillant. Les sucres solubles sont dosés par les méthodes aux 3, 5 dinitrosalicylique (DNS). Le degré d'hydrolyse de l'amidon est exprimé en quantité de sucres réducteurs par le temps d'hydrolyse.

8. Détermination de la taille des grains d'amidon

La dimension des grains d'amidon est déterminée au microscope LEITZ DIALUX 20 à l'aide d'un oculaire à échelle micrométrique et d'un micromètre objectif. La distribution du diamètre moyen des grains est déterminée sur un total de 500 grains.

9. Microscopie électronique à balayage

Pour réaliser les photos en microscopie électronique à balayage (MEB), les échantillons d'amidon sont déshydratés par congélation. Puis recouverts d'une fine pellicule d'or (100-200 Å) par évaporation cathodique en utilisant évaporateur de métaux sous vide (JEOL JFC 100). Les échantillons ainsi préparés sont examinés avec un microscope électronique à balayage (JOEL 840A) équipé d'appareil photo, sous une tension de 10 KeV.

Résultats et discussion

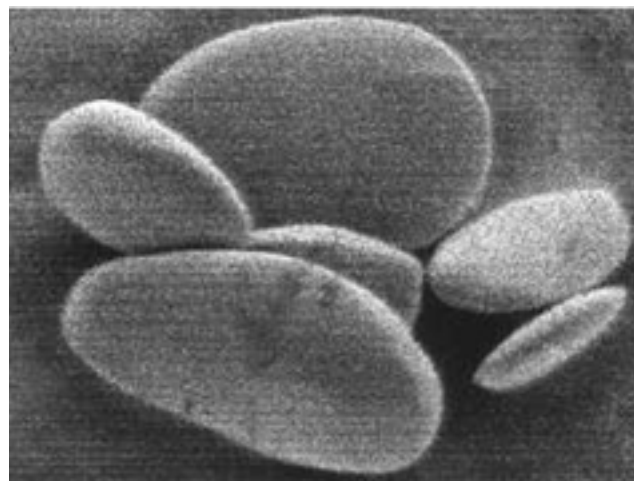
1. Propriétés physico-chimiques

Le tableau 1 présente certaines propriétés physico-chimiques telles les teneurs en cendres, protéines, lipides, amylose, la température de gélatinisation (T_g) et l'enthalpie différentielle (ΔH) de l'amidon extrait du gingembre.

Ces résultats indiquent une très faible teneur en cendre (0,14%), protéines (0,18%) et lipides (0,12%). Cela donne un taux de composés non glucidiques de 0,44%. Ce résultat est dans le même ordre que celui trouvé antérieurement (21, 31) et qui est 0,43% comme teneur en composés non glucidiques. Ces composés non glucidiques ont des valeurs très proches de celles obtenues par Amani (1) sur les ignames «Florido (*D. alata*)» et «Kponan (*D. cayenensis-rotundata*)» (Tableau 1). De même, la teneur en amylose (28,3%) et le ΔH (14,65 j/g) sont aussi proches des deux variétés d'igname citées plus haut. En outre, le gingembre possède une forte T_g (83,2 °C) nettement supérieure à celles de ces deux ignames (Tableau 1) mais de toutes les ignames en général, à l'exception du «Dumetorum (*D. dumetorum*)» qui a une T_g de 81,7 °C (1).

2. Morphologie des grains d'amidon

Les grains d'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) sont ovoïdes et quelquefois sphériques (Figure 1a).

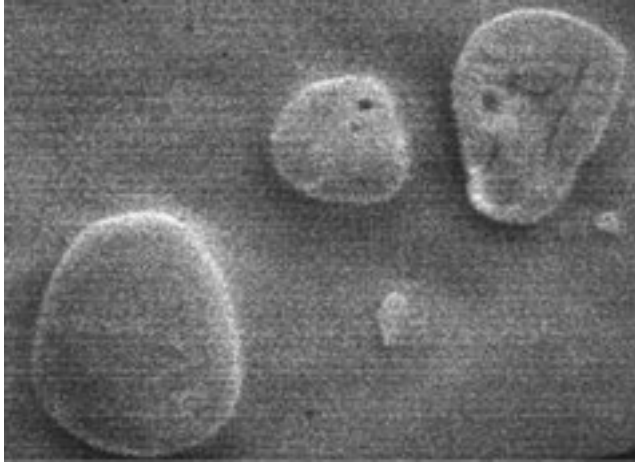


a: Grains natifs.

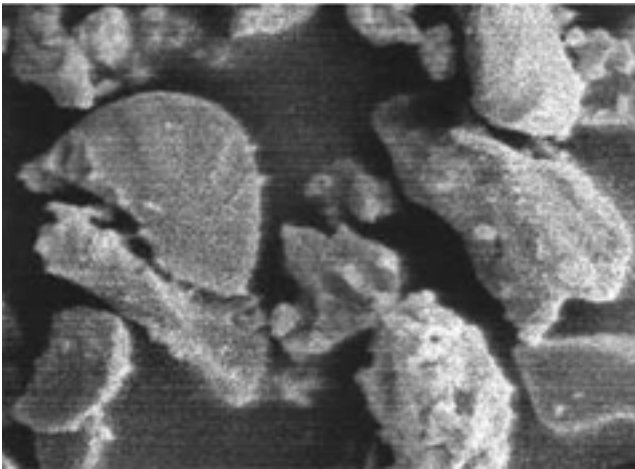
Tableau 1
Propriétés physico-chimiques de l'amidon purifié de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*)
(% par rapport à la matière sèche)

Propriétés	Cendre (%)	Lipides (%)	Protéines (%)	Amylose (%)	Amylopectine (%)	T _g (°C)	ΔH (j/g)
Echantillon							
Gingembre (<i>Zingiber officinale roscoe</i>)	0,14	0,12	0,18	28,3	71,2	83,2	14,65
Florido* (<i>Dioscorea alata</i>)	0,13	0,11	0,19	27,1	72,4	75,8	14,4
Kponan* (<i>Dioscorea cayenensis-rotundata</i>)	0,12	0,10	0,15	25,4	74,2	73,4	13,7

* Source: Amani (1)



b: Grains après hydrolyse enzymatique pendant 72 heures.



c: Grains après 25 jours d'hydrolyse acide.

Figure 1: Photographie des grains d'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) vus au microscope électronique à balayage.

La taille des grains est comprise entre 6,43 µm et 38,56 µm (Figure 2) avec une moyenne statistique de 18,16 ± 9,83 µm.

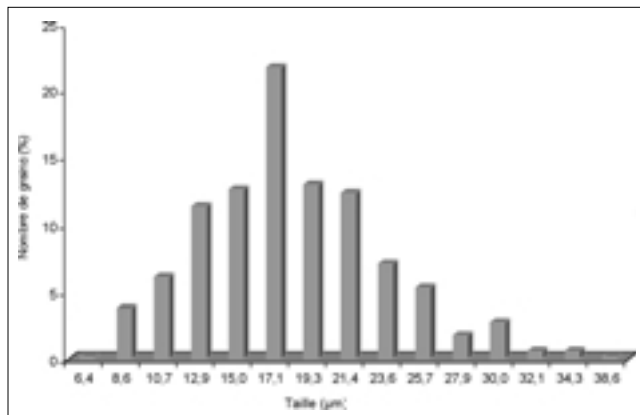


Figure 2: Fréquence de distribution de la taille des grains d'amidon de gingembre.

Le mode est représenté par les grains qui ont une taille de l'ordre de 17,1 µm. La répartition est telle que 94% ont une taille comprise entre 8,6 et 25,7 µm. L'amidon de gingembre présente des grains de taille supérieure à celle du riz (3-8 µm), du pois lisse (5-10 µm) et des grains d'avoine (6-10 µm) mais inférieure à celle de l'amidon de l'igname (1-70 µm) et proche de l'amidon de manioc (5-35 µm) comparativement aux études de Duprat *et al.* (17).

3. Gonflement et solubilité

Les résultats de l'étude du gonflement sont représentés sur la figure 3. Ces résultats ont montré que lorsque la température augmente, le gonflement augmente; cependant nous avons noté que l'amidon de gingembre par rapport aux autres racines et tubercules, avait un très faible taux de gonflement entre 60 à 85 °C.

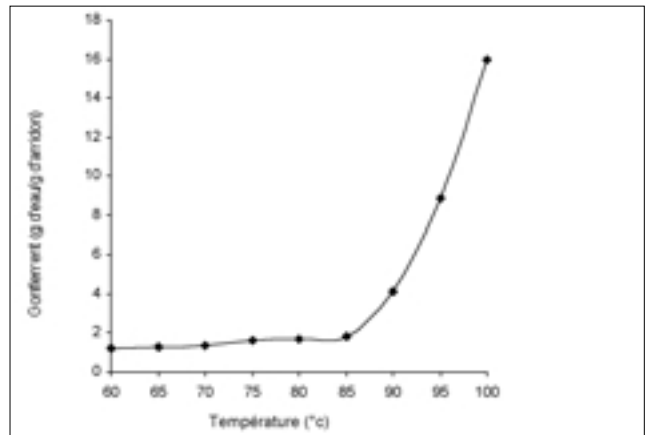


Figure 3: Gonflement de l'amidon natif de gingembre en fonction de la température.

Mais au-delà de 85 °C, le gonflement des grains d'amidon de gingembre est plus important. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus antérieurement (21, 31).

Le faible pouvoir de gonflement de l'amidon de gingembre de 60 à 85 °C et une augmentation à partir de 85 °C suggèrent la présence d'une force homogène et forte qui maintient la matrice du grain d'amidon (31) et elle est dénaturée à une température supérieure à 85 °C. Comparativement à d'autres plantes alimentaires, l'amidon de gingembre a un pouvoir d'absorption d'eau (18 g/g) inférieur à celui de la banane plantain qui est de 36 g/g (18), du taro (40 g/g) (2) mais similaire à celui de l'amidon réticulé de maïs (21) et du pungapung (*Amorphophallus campanulatus*) (13).

La solubilité de l'amidon de gingembre est représentée sur la figure 4. Elle est pratiquement nulle de 60 à 80 °C et plus importante à une température supérieure à 80 °C.

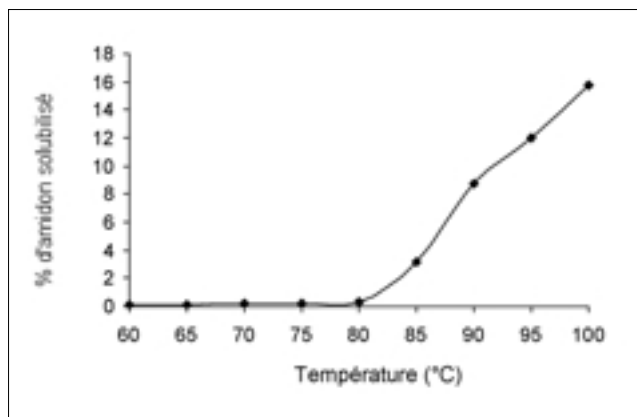


Figure 4: Solubilité dans l'eau de l'amidon natif de gingembre en fonction de la température.

Plusieurs études 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 (4, 5, 19, 23, 33). 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. L'étude de l'évolution de la solubilité en fonction du gonflement montre d'une façon générale l'existence d'une relation linéaire entre les deux phénomènes. Ainsi, une augmentation du gonflement s'accompagne d'une forte solubilisation. Ce phénomène a été observé au cours de l'étude de l'amidon du taro (2) et chez d'autres tubercules, notamment chez les ignames (15).

4. Etude de la rétrogradation

La figure 5 présente l'évolution concomitante de la clarté et de la synérèse toutes deux exprimant le degré de rétrogradation.

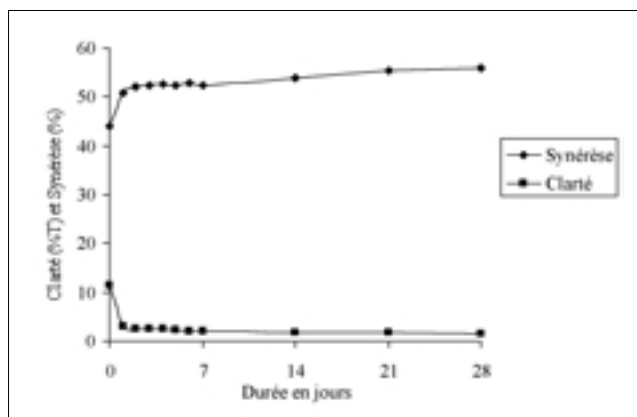


Figure 5: Evolution de la rétrogradation des gels d'amidon de gingembre conservés à 4 °C.

La synérèse est de 44% à J_0 et croît jusqu'à 52% à J_2 puis se stabilise par la suite avec une légère augmentation jusqu'à 56% le 28^e jour. La clarté quant à elle est de 11,5% à J_0 et décroît jusqu'à 2,6% à J_2 puis se stabilise par la suite avec une légère diminution jusqu'à 1,4% le 28^e jour (Figure 5).

Les variations de ces deux phénomènes: la croissance de synérèse et la décroissance de la clarté expriment la rétrogradation qui est en fait une réorganisation des molécules d'amylose et d'amylopectine ayant diffusé hors du grain d'amidon lors de la gélatinisation. La stabilisation de celle-ci traduit le maximum de rétrogradation et par conséquent la fin de la réorganisation de ces deux polymères. Il faut noter que le gingembre rétrograde très vite puisque au bout de deux jours seulement, la rétrogradation se stabilise; ces résultats sont semblables à ceux précédemment obtenus sur les ignames (3).

5. Sensibilité au suc digestif de l'escargot

Une étude comparée a été menée à propos de la sensibilité exprimée en cinétique d'hydrolyse sur l'amidon natif et l'amidon gélatinisé (Figure 6).

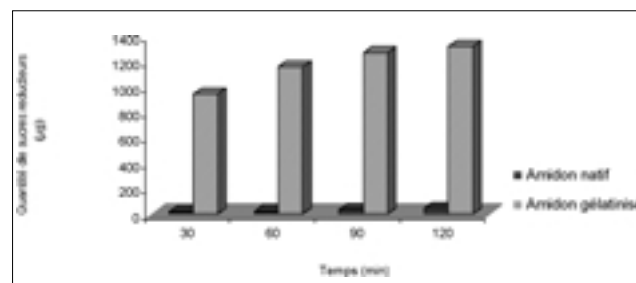


Figure 6: Etude comparative des quantités de sucres réducteurs produits au cours de l'hydrolyse enzymatique de l'amidon natif et de l'amidon gélatinisé de gingembre.

Cette étude montre que l'amidon natif est difficilement hydrolysable par le suc digestif de l'escargot ce qui n'est pas le cas pour l'amidon gélatinisé. Cela pourrait s'expliquer par la différence de structure entre les types d'amidon. En effet, l'état de gélatinisation de l'amidon conditionne largement sa susceptibilité vis-à-vis des amylases car au cours de la gélatinisation l'amidon perd sa cristallinité (disparition de la croix de biréfringence en lumière polarisée) et devient plus aisément hydrolysable par les enzymes (8). Dans l'amidon natif, l'enveloppe du grain est plus résistante à l'activité enzymatique que l'intérieur du grain. Tous les traitements mécaniques (cisaillement, broyage) qui altèrent, fissurent la surface externe du grain d'amidon augmentent sa susceptibilité à l'attaque enzymatique (8, 9).

L'observation en microscopie électronique à balayage de l'amidon natif après une attaque enzymatique de 72 heures montre que l'attaque s'effectuerait par des

canaux qui s'élargissent de la périphérie vers le centre et que le seul point extérieur sensible paraît être la région du hile (Figure 1b).

6. Hydrolyse acide

L'étude de l'hydrolyse acide ménagée (HCl 2,2 N, à 35 °C) de l'amidon de gingembre donne les résultats représentés à la figure 7.

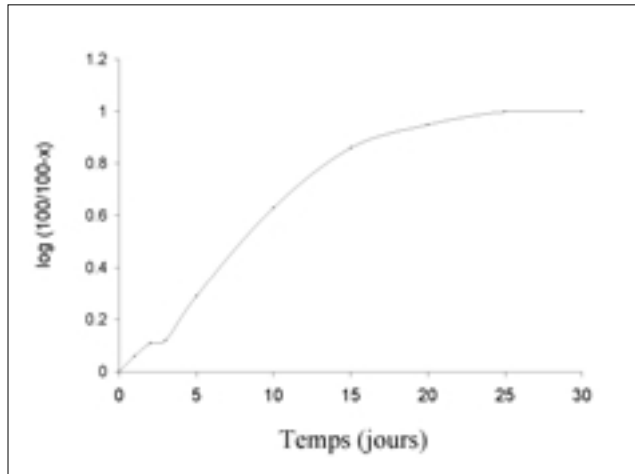


Figure 7: Cinétique d'hydrolyse acide ménagée (HCL 2,2 N; 35 °C) d'amidon natif de gingembre (X= % d'hydrolyse).

Nous avons constaté une forte hydrolyse de l'amidon de gingembre au cours des 15 premiers jours; puis s'en suit une faible hydrolyse jusqu'au 30^e jour. Cette figure laisse apparaître deux phases. La première est rapide et va jusqu'au 15^e jour. Elle est suivie à partir du 15^e jour de la deuxième phase ayant une faible pente. La première phase correspond à l'hydrolyse de

la fraction la plus amorphe du grain d'amidon et la seconde phase correspond à une dégradation lente de la partie cristalline (20). Concernant l'hydrolyse lente de la partie cristalline du grain d'amidon, deux hypothèses ont été émises: soit la densité des chaînes de l'amidon au sein des cristallites de l'amidon empêche la pénétration des ions H₃O⁺ dans la région soit l'hydrolyse des liaisons glycosidiques nécessite un changement de conformation (chaise et semi-chaise) de l'unité D- glucopyranosyl. Ce changement semblerait être impossible.

En outre, l'observation des grains d'amidon au microscope à balayage au 25^e jour d'hydrolyse acide (Figure 1c), révèle que les résidus sont non seulement polymorphes mais également de tailles variées. Ces résultats montrent que l'attaque de l'acide n'est pas unidirectionnelle, elle se fait sur toutes les surfaces exposées des grains d'amidon. L'abondance des résidus de petites tailles atteste que la dégradation est très avancée.

Conclusion

De l'étude des propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre, il ressort qu'il a une composition chimique non glucidique proche de celle d'igname, les grains d'amidon sont de petite taille et la température de gélatinisation élevée, il rétrograde vite et a une faible clarté. L'amidon natif de gingembre est très peu sensible à l'action du suc digestif de l'escargot, par contre l'amidon gélatinisé y est sensible. La forte résistance à l'attaque enzymatique et la température de gélatinisation très élevée, sont deux facteurs qui montrent que l'amidon de gingembre possède certainement une structure cohésive très forte capable de résister à des traitements thermiques.

Références bibliographiques

- Amani N.G., 2002, Propriétés physico-chimiques et moléculaires des amidons d'ignames (*Dioscorea* spp.) cultivées en Côte d'Ivoire. Relation avec la stabilité des gels aux traitements technologiques. Thèse d'état, Université d'Abobo-Adjamé, 203 pp.
- Amani N.G., Aboua F., Gnakri D. & Kamenan A., 1993, Etude des propriétés physico-chimiques de l'amidon de taro (*Xanthosoma sagittifolium*). IAA, 3, 136-143.
- Amani N.G., Tetchi F.A., Dufour D. & Kamenan A., 2002, A comparative study of the syneresis of yam starches and other modified. Journal of food technologies in Africa, Vol. 7, 1-9.
- Bjorck J., Eliasson A.C. & Drews A., 1990, Some nutritional properties of starch and dietary fiber in barley genotypes containing different levels of amylose. Cereal chem., 67, 4, 327-333.
- Boni P.L., Srivastava H.C. & Gharia M.M., 1990, Physico-chemical properties of *Canna edulis* starch – comparison with maize starch. Starch/Stärke, 42, 12, 460-464.
- Bordoloi A.K., Sperkova J. & Leclercq P.A., 2000, Essential oils of *Zingiber cassumunar* rox b. from northeast India. Journal of essential oil Research, 11, 4, 441-445.
- Borget M., 1991, Les plantes tropicales à épices. Editions Maisonneuve et Larose. VB1-1745, 182 p.
- Bornet F., 1992, Technologie des amidons, digestibilité et effets métaboliques. Cah. Nutr. Diét. 27, 3, 170-178.
- Bornet F., Champ M., Cloarec D. & Slama G., 1990, Importance de la nature physico-chimique des amidons sur leurs effets nutritionnels chez l'homme. Cah. Nutr. Diét. 4, 254-255.
- Chen C.C., Kuo M.C. & Ho C.T., 1986, High performance liquid chromatographic determination of pungent gingerol compounds of ginger (*Zingiber officinale roscoe*). Journal of food science. 51, 5, 1364-1365.
- Chou C.C., Wu J.L.P., Chen M.H. & Wu C.M., 1981, Flavor quality of ginger powders. Conférence proceedings, 119-131.
- Craig S.A.S., Maningat C.C., Seib P.A. & Hosney R.C., 1989, Starch paste clarity. Cereal Chem. 66, 173-182.
- Deang L.M. & Del Rosario R.R., 1993, Physico-chemical characteristics of starches from some root crops. The Philippine Agriculturist, 76, 4, 443-455.
- Dei-Tutu J. & Rish E., 1976, Studies on the composition of some Ghanaian ginger samples. Ghana Journ. agric. Sci. 9, 225-229.
- Delpeuch F. & Favier J.C., 1980, Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales: action de l'alpha amylase, gonflement et solubilité. Ann. Technol. Agric. 29, 1, 53-67.

16. Delpeuch F., Favier J.C. & Charbonniere R., 1978, Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales. *Ann. Technol. Agric.* 27, 4, 809-826.
17. Duprat F., Gallant D., Guilbot A., Mercier C. & Robin J.P., 1980, Les polymères des végétaux. Ed. B. Monties, Gauthier-Villars, 176-231.
18. Gnakri D., 1993, Valorisation du fruit de plantain (*Musa* sp). 1 - Caractérisation physico-chimique de l'amidon. 2 - Etudes nutritionnelle, métabolique et physiologique des aliments dérivés: foutou et fofou. Thèse doctorat d'état ès Sciences naturelles (option Biochimie-nutrition), Université nationale de Côte d'Ivoire.
19. Hoover K. & Hadziyev M., 1981, Characterization of potato starch and its mono-glyceride complexes. *Stärke*, 33, 9, 290-300.
20. Hoover R., 2000, Acid- treated starches. *Food rev. int.* 16, 3, 369-392.
21. Hur J. & Sung-Kon K., 1984, Comparison of some physico-chemical properties of ginger root and cross-linked corn starches. *Korean J. Food sci. technol.* 16, 2, 201-205.
22. Leach H.W. & Schoch I.J., 1959, Structure of the starch granule. II. Action of various amylases on granular starches. *Cereal chem.* 38, 34-46.
23. Meredith P., Dengate H.N. & Morrison W.R., 1978, The lipids of various sizes of wheat starch granules. *Starch / Stärke*, 30, 119-125.
24. Mestres C., Matencio F., Pons B., Yajid M. & Fliedel G., 1996, A rapid method for the determination of amylose content by using differential scanning calorimetry. *Starch/Stärke*, 48, 1, 2-6.
25. Natarajan C.P., Padman Bai R., Krishnamurthy M.N., Raghavan B., Shankaracharya N.B., Kuppuswamy S., Govindarajan V.S. & Lewis Y.S., 1972, Chemical composition of ginger varieties and dehydration studies on ginger. *Journal of food science and technology*, 9, 120-124.
26. Onyeneke P.C. & Hashimoto S., 1999, The composition of the essential oil of dried nigerian ginger (*Zingiber officinale roscoe*), *European food research & technology*, 209, 6, 407-410.
27. Oti E., Okwuowulu P.A., Ohiri V.U. & Chijioke G.O., 1988, Biochemical changes in ginger (*Zingiber officinale roscoe*) rhizomes stored under river sand and under dry grass in pits in humid tropics. *Trop. Sci.* 28, 87-94.
28. Pradeep K.U., Georvani P. & Eggum B.O., 1993, Common indian spices: nutrient composition, consumption and contribution to dietary. *Plant foods for human nutrition*, 44, 2, 137-148.
29. Ramirez M., 1997, Caractérisation des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles d'amidons de racines et tubercules tropicaux. Diplôme d'Université chimie et technologies des matériaux organiques. Université Montpellier II. 36 p.
30. Ratnambal J.M., Gopalam A., Nair M.K., 1997, Quality evaluation in ginger (*Zingiber officinale roscoe*) in relation to maturity. *Journal of plantation crops*, 15, 2, 108-117.
31. Reyes F.G.R., D'Appolonia B.L., Ciarco & Montgomery M.W., 1982, Characterisation of starch from ginger root (*Zingiber officinale*). *Starch*, 34, 2, 40-44.
32. Sarr A., 1992, Method for transforming root ginger and its applications. French patent application, FR 2, 664-795.
33. Swinkels J.J.M., 1985, Composition and properties of commercial native starches. *Stärke*, 37, 1, 1-5.
34. Yeboua A., Achy N. & Diopoh K., 1986, Hydrolyse des substrats amyliques par les glycosidases du suc digestif d'*Achatina balteata*. *Annales de l'Université d'Abidjan*, tome XXII, 306-307.
35. Zheng G.H. & Sosulski F.W., 1998, Determination of water separation from cooked starch and flour pastes after refrigeration and freeze-thaw. *Journal of food science*, 63, 1, 134-139.

N'G. Amani, Ivoirien, Docteur d'Etat ès Sciences, Science et Technologie des Aliments, Enseignant-Chercheur à l'Unité de formation et de recherche de l'Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire.

F.A. Tetchi, Ivoirien, DEA en Science et Technologie des Aliments, Etudiant en thèse à l'INRA de Nantes, France.

Aissatou Coulibaly, Ivoirienne, DEA en Science et Technologie des Aliments, Etudiante en thèse à l'Université Laval du Québec, Canada.