

# INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DU SECHAGE SUR LES PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES DES AMIDONS DE MAIS

Paul Malumba<sup>1,2</sup>, Claude Deroanne<sup>1</sup>, Thaddée Masimango<sup>2</sup>, François Béra<sup>1</sup>

1 Unité de Technologie des Industries Agroalimentaires. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques. Passage des Déportés, 2, 5030-Gembloux

2 Département de Chimie et des Industries Agricoles. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Kinshasa. BP 14071 Kinshasa 1

\*E-mail du correspondant : [paul\\_malu@yahoo.fr](mailto:paul_malu@yahoo.fr)

## 1. RESUME

Les amidons extraits des grains de maïs séchés aux températures de l'air comprises entre 54 et 130°C ont été caractérisés par Analyse Calorimétrique Différentielle (ACD), par granulométrie laser, par microscopie sous lumière polarisée et par diffraction des rayons-X. Il ressort de cette étude que le séchage aux températures élevées induit une modification des propriétés intrinsèques des amidons sans pour autant induire leur gélatinisation complète.

Mots clés : Amidon ; maïs ; cristallinité ; séchage ; DSC ; granulométrie ; Rayon-X

## 2. INTRODUCTION

Le séchage est la première opération à laquelle est soumis le maïs après sa récolte. La non maîtrise de la conduite de ce procédé est susceptible d'influencer négativement les opérations de fractionnement des grains et d'altérer les propriétés de leurs composants majeurs. En effet, de nombreux travaux ont montré que le séchage du maïs aux températures élevées induit des dénaturations irréversibles dont l'importance est tributaire de la température appliquée et du mode de conduite du procédé [1-7]. Quelques équivoques demeurent cependant quant à l'ampleur et à la nature des dénaturations que la température induit dans les amidons extraits des maïs séchés aux températures élevées.

Haros et al [2] et Altay et Gunasekaran [8] ont étudié par ACD l'influence de la température du séchage sur les propriétés des amidons extraits. Ces auteurs ont établi que les températures appliquées au séchage accroissent la teneur en protéines résiduelles des amidons extraits, ce qui pourrait justifier les modifications des propriétés thermiques observées. La diminution des enthalpies de gélatinisation des amidons laisse cependant penser qu'une modification de la structure interne des granules interviendrait pendant le séchage de maïs. Dans cette hypothèse, la variation des propriétés thermiques des amidons extraits ne serait pas le fait de leurs teneurs croissantes en protéines résiduelles, mais de la modification de l'architecture interne des granules. A ce jour, il n'existe malheureusement pas suffisamment de données pouvant soutenir cette hypothèse.

Dans la présente étude l'importance des modifications subies par les granules d'amidons extraits de maïs séchés à différentes températures est étudiée en appliquant des techniques pouvant rendre compte des modifications de l'ultra structure des granules. Concrètement, les amidons extraits sont caractérisés par ACD ; par granulométrie laser ; par microscopie optique et par diffraction des rayons-X.

## 3. MATERIEL ET METHODES

### 3.1. Séchage du maïs et fractionnement des grains par voie humide

Du maïs de variété Baltimore récolté en novembre 2005 au Centre de Recherche Agronomique de la Région Wallonne à Gembloux a été utilisé pour l'étude. Après la récolte, et afin d'assurer la stabilisation des grains humides, ceux-ci ont été conservés à -18°C. Le séchoir à lit fluidisé utilisé est constitué d'une colonne cylindrique de 0,12 m de diamètre. Il est équipé de 3 ventilateurs (Nilfisk de 1000 W) et d'un système de 6 résistances à ailettes de

500W. La régulation de puissance de chauffe est assurée par un régulateur PID autoadaptatif évolutif VULCAN 30760, permettant de maintenir la température de l'air à l'entrée du lit fluidisé à  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  de la consigne. Le procédé d'extraction d'amidon appliqué est celui développé par Nerying et Reilly [9] modifié par Haros et Suarez [1] ; Steinke et Johnson [10] ; Singh et Ekchoff [11] et Perez et al. [12]. La pureté des amidons a été mesurée par la méthode de Ewers (Iso 10520). Les teneurs en eau ont été déterminées suivant la Norme NF V 03-708

### 3.2. Analyse des propriétés thermiques des amidons

Les températures de gélatinisation ( $T_{\text{onset}}$ ,  $T_p$ ) ainsi que les enthalpies résiduelles ( $\Delta H$ ) des amidons ont été déterminées par ACD à l'aide d'un analyseur TA Instrument 2920, calibré avec de l'indium ( $T_{\text{onset}}$ :  $156,6^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta H$ :  $28,7 \text{ J g}^{-1}$ ) et de l'éicosane ( $T_{\text{onset}}$ :  $36,8^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta H$ :  $247,4 \text{ J g}^{-1}$ ). La procédure employée est celle décrite par Altay et Gunasekaran [8].

### 3.3. Analyse granulométrique des échantillons et étude de l'évolution de la cristallinité

La distribution granulométrique des populations d'amidons a été analysée à l'aide d'un granulomètre Laser (Malvern Instruments, Ltd ; Mastersizer 2000 Ver. 5.22) par voie humide. La procédure employée est décrite par Loisel et al. [13]. Le diamètre médian  $D(0,5)$ , et les diamètres des déciles  $D(0,1)$  et  $D(0,9)$  ont été retenus comme variables descriptives de la taille des granules.

Des observations au microscope optique NIKON ECLIPSE E 400, à l'aide d'un objectif NIKON PLAN 20x avec ou sans lumière polarisé ont permis d'apprécier la forme, la taille et l'état cristallin des granules d'amidons extraits des maïs séchés. Les polymorphismes cristallins ont été recherchés à l'aide d'un diffractomètre des rayons-X Philips PW3710. La procédure appliquée est décrite par Ronkart et al. [14].

## 4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 4.1. Paramètres de séchage et de fractionnement du maïs

Une diminution progressive de rendements d'amidon extrait est observée lorsque les températures appliquées au séchage de maïs sont élevées. Ceci concorde avec les observations faites par des nombreux auteurs [5 ; 15 ; 16 ; 17, 18].

**Tableau 1** Paramètres de séchage, rendement d'extraction et pureté des amidons.

Température °C de séchage	Durée de séchage (minutes)	Teneur en eau initiale g/g MS	Humidité finale g/g MS	Teneur en amidon g/g MS	Rendement d'extraction g/g MS	Pureté des amidons g/g MS
Non séchés	0	0,47	0,47	0,70	0,64	0,99
54	240	0,47	0,14	0,70	0,62	0,98
90	70	0,47	0,14	0,70	0,53	0,99
120	30	0,47	0,12	0,70	0,44	0,97
130	20	0,47	0,14	0,70	0,43	0,93

Le tableau 1 montre que les températures élevées appliquées au séchage réduisent de façon notable le rendement d'extraction des amidons du maïs, mais qu'elles n'influencent pas la pureté des amidons extraits des maïs séchés à moins de  $100^{\circ}\text{C}$ . Ceci a également été observé par Mistry et al. [18] lors du fractionnement de maïs séché à des températures comprises entre 20 et  $93^{\circ}\text{C}$ . Toute fois, la présente étude montre qu'au-delà de  $100^{\circ}\text{C}$ , la température de l'air de séchage accroît significativement la rétention des impuretés (protéiques) par les granules d'amidons extraits.

### 4.2. Analyse des propriétés thermiques des amidons

Les températures de gélatinisation ( $T_{\text{onset}}$  et  $T_p$ ) des amidons extraits augmentent avec la température appliquée pendant le séchage (Tableau 2). Haros et al. [2] et Altay et Gunasekaran [8] ont observés le même comportement pour les amidons extraits de maïs séchés à des températures comprises entre 25 et  $110^{\circ}\text{C}$ . Une même tendance à l'augmentation des températures de gélatinisation est observée par Sair [19], Kulp et Lorenz [20] et Donovan

et al [21] lors des traitements thermiques d'amidons à des teneurs en eau réduites, sans pour autant induire une gélatinisation complète des amidons. Ceci est apparenté à ce qui est observé lorsqu'on analyse les amidons extraits de maïs séchés à des températures élevées. La diminution de la teneur en eau pendant le séchage empêche une complète gélatinisation des granules, tout en modifiant certaines de leurs propriétés thermiques.

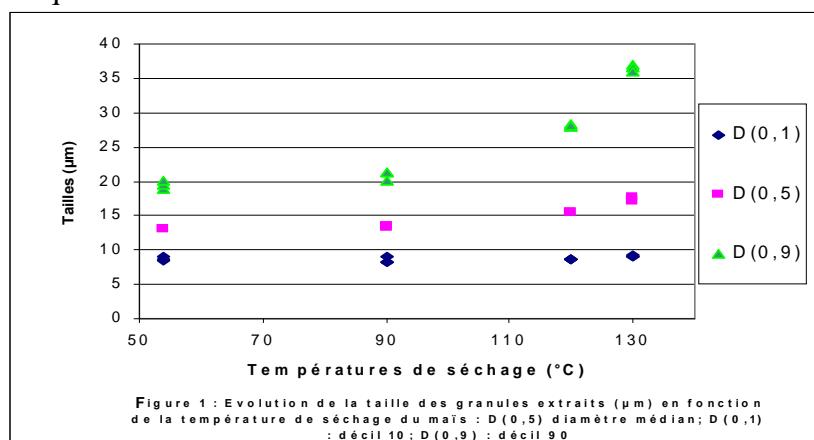
**Tableau 2 Températures et enthalpies résiduelles de gélatinisation observées par DSC**

Temperatures	T <sub>onset</sub>	T <sub>peak</sub>	ΔH
Untreated	56,3	64,6	11,7
54	57,1	64,4	11,6
90	59,5	67,6	9,7
120	58,3	71,4	6,5
130	59,3	70,1	5,8

Les paramètres de gélatinisation évoluent significativement pour des températures de séchage comprises entre 54 et 100°C, alors que la pureté des amidons extraits des maïs séchés aux mêmes températures (voir tableau 1) ne présente pas une variation significative. Ceci montre que les modifications des paramètres de gélatinisation dépendraient davantage de modifications intrinsèques des granules plutôt que des protéines résiduelles.

#### 4.3. Analyse granulométrique et étude de l'évolution de la cristallinité

Seuls les granules d'amidons extraits des maïs séchés à plus de 80°C présentent des accroissements significatifs de taille. Pour les variations des températures de séchage de 54 à 130°C, le volume médian des granules augmente d'un facteur 2,5, ce qui ne peut être attribué qu'à un gonflement plus important des granules d'amidon du fait de la modification de leurs propriétés intrinsèques.



Il ressort des observations au microscope sous lumière polarisée que le caractère biréfringent des amidons demeure présent chez les granules extraits des maïs séchés à 130°C pendant 20 minutes. L'absence de la gélatinisation complète des amidons lors du séchage de maïs aux températures de l'air de séchage est donc avérée.

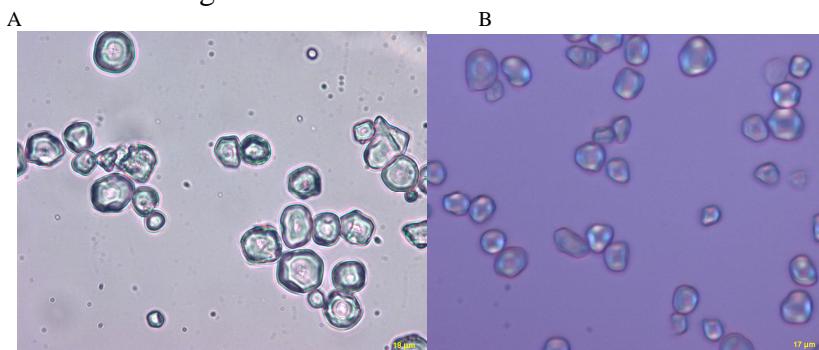
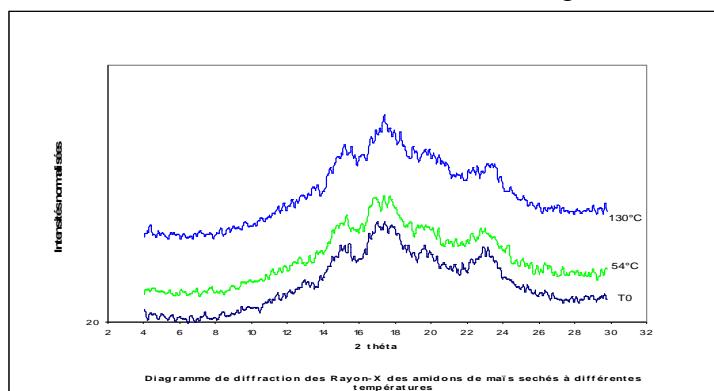


Figure 2 : Granules d'amidons extraits de maïs séchés à 130°C-20 minutes au microscope avec lumière normale (A) et lumière polarisée (B)

Les profils de diffraction obtenus pour les amidons de maïs séchés à différentes températures (figure 3) sont similaires à ceux décrits par Jouppila et al. [22] et par Sahaï et Jackson [23] pour les amidons natifs de type A. La persistance des pics de diffraction aux mêmes positions traduit l'absence de la modification de la forme cristalline des granules.



## 5. CONCLUSION

Le séchage par entraînement d'air chaud du maïs aux températures supérieures à 70°C induit une gélatinisation partielle des amidons extraits qui se traduit par une diminution progressive de l'enthalpie résiduelle de gélatinisation ; par l'augmentation des températures de gélatinisation et par le gonflement des granules. Les modifications observées ne peuvent pas être attribuées aux teneurs en protéines résiduelles des granules, mais à des modifications de leur structure interne autres que la modification complète de la forme de leurs mailles cristallines

## BIBLIOGRAPHIE

1. Haros, M., Suarez, C. *J. Food Eng.* **34** (1997) 473-481
2. Haros, M., Tolaba, M-P., Suarez, C. *J. Food Eng.* **60** (2003) 177-184
3. Peplinski, A.J., Paulis, J.W., Bietz, J.A., Pratt, R.C. *Cereal Chemistry* **71** (1994) 129-133 4.
4. Wall, S.J., James, C., Donaldson, G.L. *Cereal Chemistry* **52** (1975), 779-790.
5. Wight, A.W. *Starch* **33** (1981 a) 122-124
6. Wight, A.W. . *Starch* **33** (1981 b) 165-168
7. Brown, R.B., Fulford, G.N., Daynard, T.B., Meiering, A.G., Otten, L. *Cereal Chemistry* **56** (1979) 529-532
8. Altay, F., Gunasekaran, S. *J. Agric. Food Chem.* **54** (2006) 4235-4245
9. Neryng, A., Reilly, P.J. *Cereal Chemistry* **61** (1984) 8-14
10. Steinke, J.D., Johnson, L.A. *Cereal Chemistry* **68** (1991) 7-12
11. Singh, N., Eckhoff, S.R. *Cereal Chemistry* **73** (1996) 659-667
12. Pérez, O.E., Haros, M., Suarez, C., Rossel, C.M. *J. Food Eng.* **60** (2003) 281-287
13. Loisel, C., Maache-Rezzoug, Z., Esneault, C., Doublier, J.L. *J. Food Eng.* **73** (2006) 45-54
14. Ronkart, S., Blecker, C., Fougnies, C., Van Herck, J.C., Wouters, J., Paquot, M. *Carbohydrate Polymers* **63** (2006) 210-217
15. MacMasters, M.M., Earle, F.R., Hall, H.H., Ramser, J.H., Dungan, G.H. *Cereal Chemistry* **31** (1954) 451-461.
16. Watson, S.A., Hitara, Y. *Cereal Chemistry* **39** (1961) 35-44.
17. Weller, C., Paulsen, M.R., Steinberg, M.P. *Cereal Chemistry* **65** (1988) 392-397
18. Mistry, A.H., Wu, X., Eckhoff, S.R., Litchfield, J.B. *Cereal Chemistry* **70** (1993) 360-361.
19. Sair, L. *Cereal Chemistry* **44** (1967) 8-26
20. Kulp, K., Lorenz, K. *Cereal Chemistry* **58** (1981) 65-83
21. Donovan, J.W., Lorentz, K., Kulp, K. *Cereal Chemistry* **60** (1983) 381-387
22. Jouppila, K., Kansikas, J., Roos, Y.H. *Carbohydrate Polymers* **36** (1998) 143-149
23. Sahai, D., Jackson, D.S. *Starch* **46** (1994) 457-463