

III → MATIÈRES PREMIÈRES

La pâte de sorgho sucrier

Dans ce numéro, Hoang Quoc Lam*, Yves Le Bigot*, Michel Delmas* et Gérard Avignon** nous proposent une étude sur le fractionnement en milieu acide formique des principaux composants chimiques du sorgho sucrier (*Sorghum Bicolor L. Moench*).

* Laboratoire de Catalyse, chimie fine et polymères, Institut national polytechnique de Toulouse, Ecole nationale supérieure de chimie

** Compagnie Industrielle de la Matière Végétale

Les caractéristiques mécaniques élevées des pâtes à papier obtenues à partir de sorgho sucrier, par cuisson en milieu soude-anthraquinone, ainsi que les propriétés papetières remarquables des pâtes obtenues après blanchiment, ont été rapportées (réf. 1, 2, 3, 4, 5). Dans cet article, nous présentons les conditions de traitement et les propriétés des pâtes obtenues par cuisson, de cette même matière végétale, en milieu acide organique. Ce type de protocole opératoire

permet à la fois d'hydrolyser les hémicelluloses et les lignines et de libérer les fibres de cellulose (réf. 6, 7, 8). Cette technologie permet de s'affranchir totalement des réactifs minéraux et de séparer sélectivement les principaux composants chimiques de la matière végétale.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

La matière première utilisée est une bagasse de sorgho sucrier (*Sorgho Bicolor L.*

Moench) désucriée à l'échelle industrielle. Il s'agit donc d'un mélange de feuilles, de tiges, de moelle et d'épis. Afin de réaliser une étude comparative des propriétés papetières de diverses parties de la plante, une autre bagasse de ce même sorgho, démoellée manuellement et désucriée à l'eau chaude (80°C, 2 h), a également été préparée.

La cuisson est réalisée dans un réacteur en verre d'un litre sous pression atmosphérique. La matière première est d'abord imprégnée avec la liqueur de cuisson à 50°C pendant 30 mn, la montée en température est fixée à 20 mn, le rapport liqueur/matière sèche est égal à 10, la quantité de bagasse utilisée est de 40 g dans chacun des essais.

La pâte ainsi obtenue est lavée d'abord deux fois à l'acide formique, puis à l'eau chaude, elle est ensuite défibrée dans un pulpeur, lavée soigneusement à l'eau, séchée et analysée. La

liqueur issue de la cuisson est évaporée pour régénérer l'acide formique. La lignine est alors précipitée par addition d'eau au milieu, filtrée, lavée plusieurs fois à l'eau et séchée. Les sucres solubles dans l'eau sont obtenus sous forme de sirop.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

- Caractéristiques chimiques des pâtes

Les conditions de traitement de la bagasse de sorgho et les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau 1.

Il ressort de ce tableau que :

- la délignification est meilleure lorsque le temps et/ou la température de cuisson augmentent.

- la réduction de l'indice kappa est rapide au début de la cuisson (moins de deux heures). Au delà de cette valeur, la vitesse de délignification ralentit. Ce phénomène est dû probablement à la compétition entre la délignification et la reprécipitation des lignines dissoutes lorsque le temps de cuisson est trop long⁽⁷⁾.

- le rendement en pâte et la teneur en pentosanes des pâtes obtenues diminuent avec l'augmentation de la température de cuisson. La viscosité de l'holocellulose n'est, quant à elle, que peu affectée par ce paramètre. La séparation sélective de la cellulose, des hémicelluloses et de la lignine est donc mieux réalisée à température élevée.

- la présence de moelle et de feuilles n'affecte pas significativement la délignification de la bagasse de sorgho sucrier en milieu acide formique. Au cours de la cuisson, une grande partie (75-85 %) de ces fractions de la plante est solubilisée dans la liqueur de cuisson. Les caractéristiques chimiques des pâtes obtenues sont, quant à elles, très bonnes, le degré de polymérisation moyen de l'holocellulose est en général supérieur à celui obtenu en milieu soude-anthraquinone⁽¹⁾.

Tableau 1. Conditions de cuisson et caractéristiques chimiques des pâtes obtenues en milieu acide formique à 80 % (v/v) à partir de différentes fractions de sorgho sucrier

Fractions	Temps (h)	T*, (°C)	Rendement (%)	Kappa	Pentosanes (%)	Viscosité (cm ³ /g)	DPv
Sorgho entier	1	100	39,9	45,9	17,5	1.137	1.732
	2	100	37,3	37,4	8,9	1.138	1.735
	3	100	35,3	36,3	8,5	1.090	1.654
désucrié	2	110	36,8	29,3	6,7	1.081	1.638
	2	120	36,4	26,7	5,9	1.080	1.636
Tige** démoellée, désucriée	2	100	44,4	49,2	11,3	1.442	2.253
	2	110	43,1	35,6	8,8	1.301	2.011
	2	120	41,5	22,1	5,9	1.168	1.784
Feuilles	1	100	16,4	45,3	17,2	849	1.254
Moelle	2	100	25,9	29,9	8,6	963	1.442

* Température du bain d'huile. - ** Tige démoellée manuellement et désucriée à l'eau chaude (80°C, 2 h).

- Le rendement est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche initiale.

- La teneur en pentosanes est exprimée en pourcentage par rapport à la pâte sèche.

Caractéristiques mécaniques des pâtes

Les propriétés mécaniques des pâtes ainsi obtenues ont été déterminées. Les pâtes ont préalablement été broyées dans une pile de broyeur ($^{\circ}\text{SR}=42$), puis mises en feuilles à l'aide d'un appareil de Frank à deux sécheurs selon la norme AFNOR NF Q50-002 (méthode Rapid-Köthen). Les mesures des propriétés mécaniques sont réalisées selon les normes habituelles. Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 2.

Les caractéristiques mécaniques des pâtes obtenues sont intéressantes. Ces pâtes se révèlent tout à fait adaptées à l'obtention de divers types de papier. Il ressort également du tableau 2 que les propriétés mécaniques des pâtes obtenues sont affectées par l'augmentation de la température de cuisson. Ce phénomène est dû probablement à la réduction de la teneur en pentosanes de la pâte issue de cuisson réalisée à température plus élevée. Une faible teneur en pentosanes limite en effet la possibilité de formation des liaisons interfibrilles, ce qui diminue la résistance mécanique de la pâte⁽⁹⁾.

LA LIGNINE

En ce qui concerne la lignine isolée de sorgho sucrier, l'examen de son spectre IR montre qu'elle possède des bandes caractéristiques de la lignine de graminée 10. Cette lignine est constituée de trois types d'unités phénylpropanes : parahydroxyphénylpropanes, guaiacylpropanes et syringylpropanes (H, G, S). La bande à 832.5 cm⁻¹, attribuée aux vibrations C-H des unités p-hydroxyphénylpropanes est dominante, la bande à 1124.8 cm⁻¹ est caractéristique d'unités syringyles 10. La bande à 1167.7, typique pour les trois types d'unités HGS de la lignine, indique la présence des groupes carboxyles dans une structure

Tableau 2. Caractéristiques mécaniques et optiques des pâtes obtenues

Matières premières	Température de cuisson (°C)	Longueur de rupture (m)	Indice de déchirure (mNm ² /g)	Indice d'éclatement (kPa. m ² /g)	Blancheur, (photovolt)
Bagasse entière	100	5.218	4,56	2,84	26,4
Tiges	100	7.242	5,85	4,28	43,5
démoullées	115	6.635	5,50	4,13	46,6

Concentration de l'acide formique, (%v/v) : 80
Temps de cuisson, (h) : 2

ester conjugué⁽⁷⁾. Les deux bandes à 1603.5 et à 1513.5 cm⁻¹ correspondent aux vibrations de noyaux aromatiques. Une forte bande à 1719.7 cm⁻¹ montre la présence attendue de fonctions carbonyles.

CONCLUSION

La séparation sélective de la cellulose, des hémicelluloses et de la lignine de différentes fractions de la bagasse de sorgho sucrier a été bien réalisée en milieu acide formique, les pâtes obtenues présentent :

- un degré de polymérisation moyen élevé,
- une faible teneur en lignine et en pentosanes,
- des caractéristiques mécaniques satisfaisantes.

Le temps et la température de cuisson ont des effets très importants sur la délignification

et sur l'hydrolyse des hémicelluloses, l'obtention de cellulose de haute pureté (pour les usages chimiques) requiert une température élevée et une durée de cuisson relativement longue. La transformation de la pâte en feuille de papier demande, quant à elle, des conditions de cuisson plus douces pour conserver à la pâte une teneur raisonnable en pentosanes.

La présence de moelle et de feuille n'affecte pas, à la différence des cuissons réalisées en milieu soude-anthraquinone, la délignification de la bagasse de sorgho sucrier, ce qui représente un avantage considérable de ce procédé, car il permet à la fois de simplifier le processus de traitement et de valoriser ces fractions sous forme de produits d'hydrolyse (sucres). La lignine issue de ce proces-

sus de cuisson de bagasse de sorgho sucrier est caractéristique d'une lignine de graminée. Cette lignine, peu dégradée au cours de la cuisson, est tout à fait utilisable en tant que matière première, notamment comme macromonomère en synthèse de polymères. ■

Références

1. A. Vezier, J. Villeronce, Y. Le Bigot et M. Delmas : *Papier, Carton et Cellulose*, décembre (1995).
2. A. Vezier, J. Villeronce, Y. Le Bigot et M. Delmas : *Papier, Carton et Cellulose*, août (1996).
3. X. Bonnevie : thèse présentée le 6 décembre 1994, INP Toulouse (1994).
4. P. Cappelletto, F. Mongardini, G. Nenci et L. Bilancini : First international Sweet Sorghum Conference : " Sweet Sorghum a multipurpose crop with great potential for exploitation next century". September 1997, Beijing, China (1997).
5. A. Vezier : thèse présentée le 26 janvier 1996, INP Toulouse (1996).
6. R. A. Joung and J. L. Davis : *Holzforchung* 40 : 99-108 (1986).
7. A. Seisto and K. Poppus-Levlin : *Tappi journal* 80 (9) : 215-221 (1998).
8. M. Delmas et G. Avignon : *Brevet français n° : 97.13658* (1997).
9. A. Seisto and K. Poppus-Levlin : *Nordic pulp and paper research journal* 12(4) (1997).
10. O. Faix : Sixth International Symposium on wood and pulping Chemistry, Melbourne, Australie, APPITA Ed. 1 : 601-607 (1991).

