Les propriétés rhéologiques de l'amidon aigre de manioc en Colombie

Dominique Dufour, Catherine Brabet

L'amidon aigre est un aliment typique de l'Amérique latine, produit principalement en Colombie et au Brésil. En Colombie, il est produit dans de petites installations appelées « râperies » *(rallanderías),* localisées traditionnellement dans les régions productrices de manioc des départements de Valle, Antioquia, Huila, Cundinamarca et Cauca. Dans ce dernier département, on trouve près de 200 râperies qui produisent 6 000 à 1 000 tonnes d'amidon aigre par an, ce qui représente entre 70 et 80 % de la production nationale (Ruiz, 1988 ; 1991). Le Brésil produit 20 000 tonnes d'amidon aigre par an dans de nombreuses petites industries rurales et quelques moyennes et grandes unités, principalement localisées dans les Etats de Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná et Saõ Paulo (Cereda, 1991 ; Cereda et Nuñes, 1992).

L'amidon aigre est obtenu par fermentation naturelle d'amidon extrait des racines de manioc, puis il est séché au soleil avant d'être commercialisé. La fermentation et le séchage au soleil donnent à l'amidon aigre des propriétés spécifiques et, en particulier, un pouvoir de panification (aptitude de la pâte à lever pendant la cuisson au four). Pour ces propriétés, l'amidon aigre est utilisé dans l'élaboration de pains traditionnels sans gluten, comme le *pandeyuca* et le *pandebono* en Colombie ou le *pão de queijo* au Brésil (pains de manioc au fromage).

Le principal critère utilisé par les producteurs et les boulangers pour évaluer la qualité de l'amidon aigre est le pouvoir de panification. L'analyse sensorielle

des pains, réalisée par un groupe entraîné, permet de compléter l'évaluation, en prenant en compte les goûts des consommateurs. Pendant les transactions commerciales, un amidon aigre de bonne qualité doit être de couleur blanche, de granulométrie fine, de faible humidité et de saveur acide.

Les étapes de la production de l'amidon aigre

Les différentes étapes du procédé apparaissent dans la figure 1. Les opérations de lavage, râpage et tamisage sont généralement réalisées de manière mécanique.

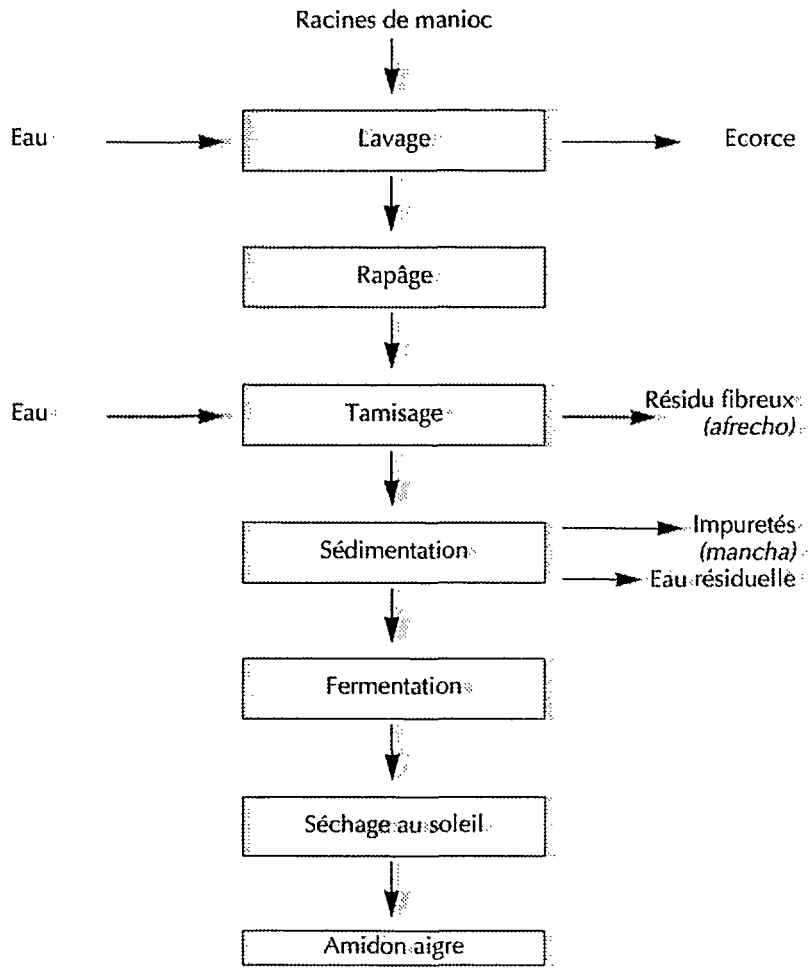

Figure 1. Procédé de production d'amidon aigre de manioc.

Le lavage et l'épluchage

Le lavage et l'épluchage ont pour objectif d'éliminer l'écorce externe des racines de manioc, la terre et les autres impuretés. Ils se réalisent dans un tambour cylindrique où les racines de manioc subissent, sous un courant d'eau, la friction des autres racines et de la paroi du tambour, ce qui provoque le décollement de l'écorce et l'élimination de la terre. Les laveuses traditionnelles de manioc acceptent des charges de 80 à 150 kg, avec un débit d'eau de 30 à 45 l/min et une durée de lavage de 5 à 15 minutes par lot.

Le râpage

Le râpage des racines de manioc est l'une des opérations les plus importantes du processus. Il permet de libérer les granules d'amidon contenus dans les cellules de la racine. Le râpage se réalise dans un tambour de bois qui comporte une paroi perforée manuellement ; le tambour tourne dans une caisse, ce qui permet de produire une pâte fine ou grossière selon l'ouverture entre le tambour et la caisse de bois.

Le tamisage

A l'issue du tamisage, qui est l'étape la plus lente du processus, on obtient la *lechada* ou lait d'amidon, qui est de l'amidon en suspension acqueuse, et comme sous-produit l'*afrecho*, à haut contenu en fibres, qui est séché au soleil et utilisé dans l'alimentation animale.

Le dispositif utilisé pour cette opération est un tambour suspendu par un demi-axe qui est chargé et déchargé latéralement par une trémie. Il est équipé à l'intérieur d'aubes qui ont pour fonction de mélanger la pâte râpée avec l'eau (débit d'eau de 30 à 40 l/min). Sur la paroi du tambour se trouve une toile en coton ou en nylon de perforation 80 mesh, qui permet la séparation de l'amidon de la pulpe. Il permet seulement le passage de la lechada et retient l'afrecho.

Normalement, le tamisage d'un lot de 80 kg de manioc râpé dure entre 15 et 20 minutes. La qualité de l'amidon (teneur en fibres et en impuretés) dépend de la maille utilisée. Il est conseillé d'utiliser des mailles métalliques de perforation 100 ou 120 mesh, ou encore des mailles plus fines, selon l'amidon désiré. L'eau utilisée pour le filtrage doit être propre, à faible teneur en minéraux et autres solides qui endommagent le produit final. De la qualité de l'eau dépendent certaines colorations ou tons brunâtres de l'amidon. On recommande l'utilisation d'un filtre pour purifier l'eau, qui provient fréquemment de torrents ou de rivières.

La sédimentation

Après la sédimentation, on obtient l'amidon sédimenté et un deuxième sous-produit connu comme la *mancha,* à forte teneur en matière azotée, qui est utilisé dans l'alimentation porcine.

La sédimentation peut avoir lieu dans des cuves revêtues de carreaux de faïence émaillée. Une fois l'amidon sédimenté (6 à 24 heures), on retire l'eau qui surnage et la mancha restée à la surface de l'amidon. Récemment, on a commencé à utiliser dans les râperies un système de sédimentation dynamique, qui est constitué de canaux revêtus également de carreaux de faïence émaillée. Les canaux ont un tracé de 100 à 180 m sans pente. Ce système, déjà utilisé au Brésil, permet à l'amidon de sédimenter lentement pendant que circule la lechada. La mancha qui reste à la surface est éliminée naturellement par circulation de l'eau qui surnage.

La fermentation

L'amidon sédimenté est récupéré avec une pelle, puis il est déposé dans les cuves de fermentation. Les cuves, généralement protégées par un toit, sont de taille variable, d'environ 1,30 m^2 sur 1,20 m de profondeur, revêtues de faïence émaillée ou de bois. En Colombie, la fermentation se réalise de manière naturelle pendant 20 à 30 jours. Au Brésil, elle dure normalement entre 30 et 40 jours et parfois jusqu'à 60 jours. Pendant la fermentation, il est fréquent de recouvrir l'amidon d'une nappe d'eau (5-20 cm) ou d'une toile couverte de débris végétaux et d'eau pour maintenir l'humidité de l'amidon.

Le séchage

Après la fermentation, l'amidon est fragmenté et séché au soleil jusqu'à obtenir une humidité de 10 à 15 %. Une fois sec, c'est un produit stable qui se commercialise sous le nom de *« almidón agrio »* en Colombie et *« polvilho azedo »* au Brésil.

La fermentation de l'amidon de manioc

La fermentation de l'amidon de manioc se réalise en conditions anaérobies et à une température moyenne de 21 °C.

L'évolution de la microflore

Pendant la fermentation de l'amidon, la flore lactique prédomine : les comptages des microflores totales, aérobie, anaérobie et lactique, respectivement sur les milieux de culture Pca, viande-foie et Mrs[1], montrent que ces microflores sont présentes en quantités égales (10^8-10^9 Ufc/g d'amidon en base sèche)[2] et se maintiennent jusqu'à la fin de la fermentation (figure 2). Les bactéries lactiques sont prépondérantes dans la fermentation naturelle. Elles se multiplient uniquement au cours des premiers jours de la fermentation puis restent présentes dans le milieu sans division cellulaire (près de 5.10^8 Ufc/g d'amidon en base sèche).

Les levures et les champignons, dénombrés sur le milieu de culture Ygc[1], atteignent au début de la fermentation 10^5 Ufc/g d'amidon en base sèche mais diminuent progressivement au cours de la fermentation jusqu'à 10^2-10^3 Ufc/g d'amidon en base sèche.

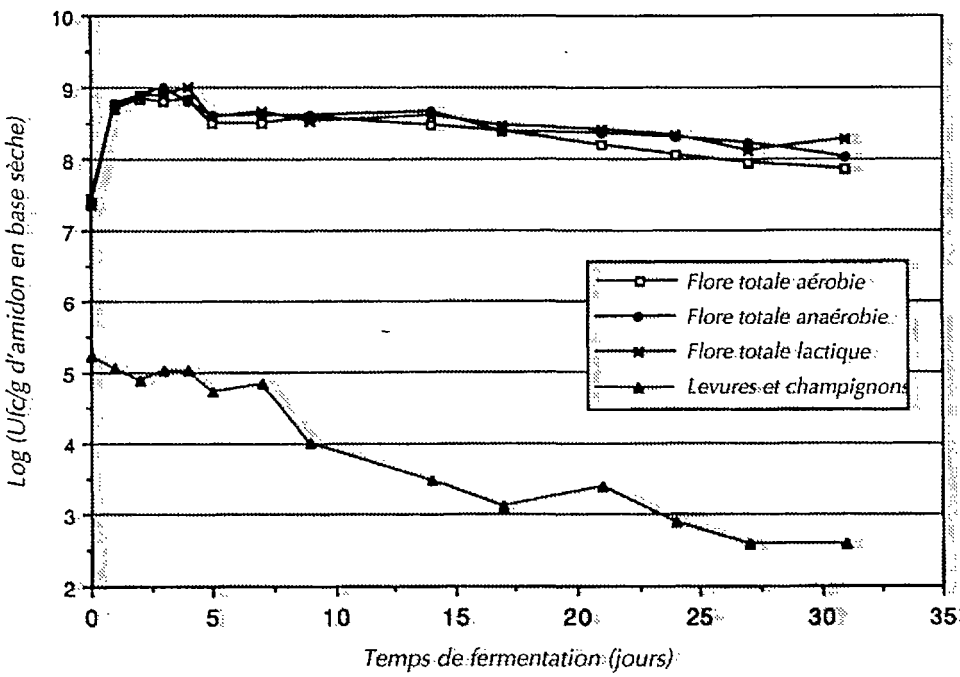

Figure 2. Evolution de la microflore au cours de la fermentation de l'amidon de manioc.

[1] Milieux de culture utilisés en microbiologie :
Pca : *Plate Count Agar.*
Viande-foie : milieu de culture utilisé pour l'étude du mode respiratoire et l'isolement des bactéries anaérobies.
Mrs : *Man Rogosa Sharpe,* milieu de culture pour bactéries lactiques.
Ycg : *Yeast Extract Glucose Chloramphenicol.*

[2] Ufc : *Unité formant colonie* (équivalent au nombre de bactéries revivifiables).

L'évolution du pH, de l'acidité totale et de la teneur en acide lactique

En trois jours de fermentation, le pH de l'amidon baisse de 7 à 4, alors que l'acidité totale augmente rapidement du fait d'une forte production d'acide lactique (figure 3). Ensuite, le pH continue de baisser jusqu'à se stabiliser à 3,5, ce qui correspond au pKa de l'acide lactique. Ces résultats confirment la présence d'une flore lactique prédominante. Les bactéries lactiques ne se multiplient pas mais ont un catabolisme actif et la production d'acide lactique se poursuit tout au long de la fermentation.

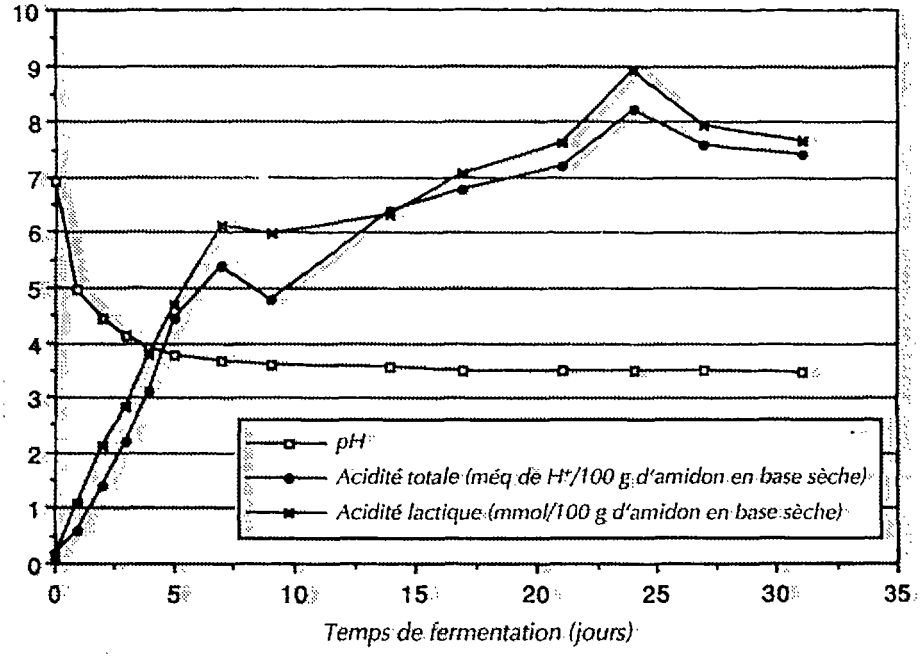

Figure 3. Evolution du pH, de l'acidité totale et de la teneur en acide lactique au cours de la fermentation de l'amidon de manioc.

La modification des caractéristiques physico-chimiques et rhéologiques de l'amidon

CARDENAS et DE BUCKLE (1980) et CAMARGO *et al.* (1988) montrent que la composition chimique de l'amidon doux (non fermenté) et de l'amidon aigre est similaire (amidon : 96 à 99 % ; matière azotée et cendres : 0,1 à 0,4 %), de même que la température de gélatinisation (60 à 61 °C).

En revanche, le pH, le nombre de groupes réducteurs, le poids moléculaire des amidons, la viscosité intrinsèque et la surface des granules d'amidon sont différents entre un amidon doux et un amidon aigre. L'amidon doux a un pH de

6,5 à 7 alors que l'amidon aigre a un pH de 3,5. L'amidon doux, par rapport à l'amidon aigre, présente une moindre quantité de groupes réducteurs et des poids moléculaires supérieurs (CARDENAS et DE BUCKLE, 1980). La viscosité intrinsèque d'un amidon doux est approximativement le double de celle de l'amidon aigre (BRABET et MESTRES, 1991). En microscopie électronique, la surface des granules d'amidon doux apparaît lisse alors que celle de l'amidon aigre présente des altérations (CARDENAS et DE BUCKLE, 1980). Ces résultats et ceux de chromatographie sur gel de BRABET et MESTRES (1991) montrent une hydrolyse des chaînes d'amidon pendant la fermentation.

NAKARUMA et PARK (1975) et CAMARGO *et al.* (1988) montrent que le gonflement et les solubilités respectifs des amidons doux et aigre sont équivalents jusqu'à 55 °C ; en revanche, entre 55 °C et 95 °C, l'amidon aigre est plus soluble et gonfle davantage.

Certaines études réalisées récemment par le programme de coopération entre le Cirad et le Ciat soulignent l'importance de la modification des propriétés rhéologiques au cours du processus de fabrication de l'amidon aigre. La figure 4 présente les viscoamylogrammes de cinq échantillons représentatifs de l'échantillonnage réalisé au long de la fermentation (tous les échantillons ont été séchés au soleil avant l'analyse). Les températures de gélatinisation (62,5 °C) et de viscosité maximale (70 °C) sont égales pour tous les échantillons. La tendance à la rétrogradation augmente avec le temps de fermentation. Les principales modifications des propriétés rhéologiques se produisent au cours des dix premiers jours de fermentation.

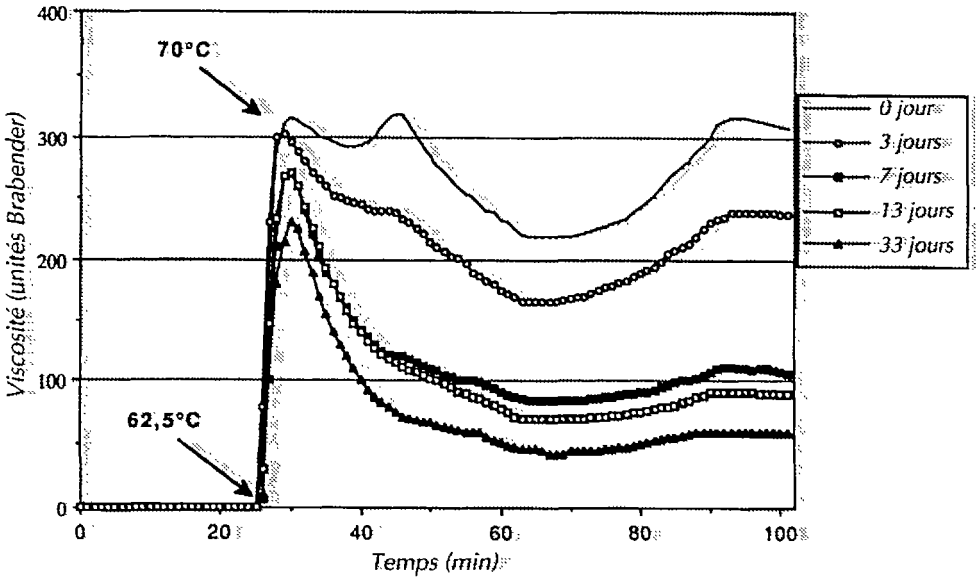

Figure 4. Evolution des propriétés rhéologiques de l'amidon aigre au cours de la fermentation.

La figure 5 montre l'acquisition du pouvoir de panification par l'amidon aigre au cours de la fermentation ; les volumes spécifiques des pains passent de 2,5 à 5,5 cm^3/g. On peut également observer que les changements les plus importants sont obtenus pendant les dix premiers jours de fermentation. La modification des propriétés rhéologiques des amidons est directement liée à l'acquisition du pouvoir de panification de l'amidon aigre.

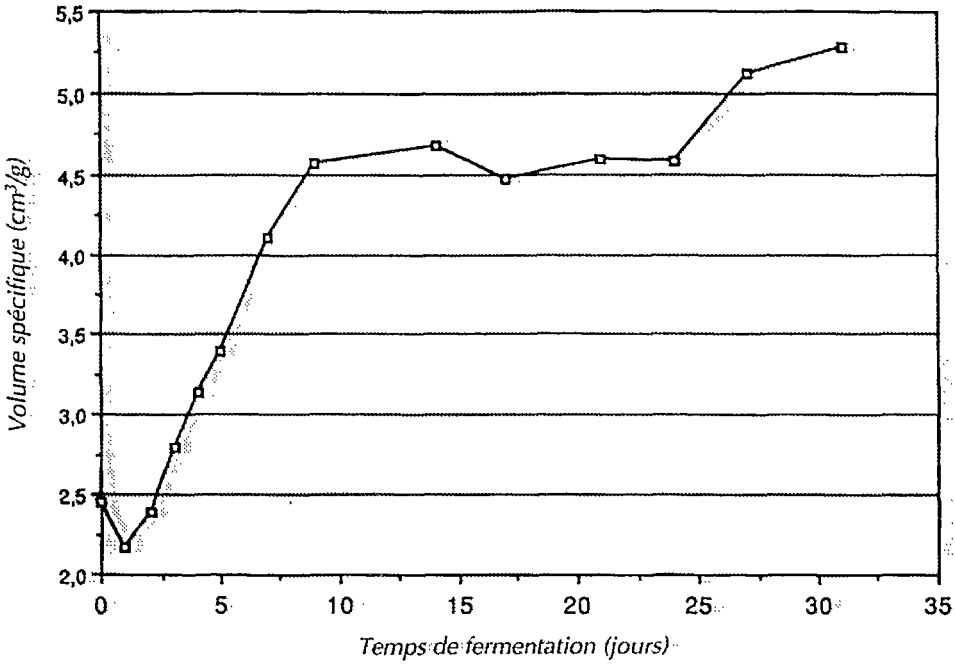

Figure 5. Evolution du pouvoir de panification de l'amidon de manioc au cours de la fermentation.

L'effet de l'exposition au soleil

Quelques essais de séchage en étuve à 40 °C montrent que l'exposition au soleil de l'amidon aigre est indispensable à l'acquisition du pouvoir de panification. Les essais de panification réalisés avec de l'amidon aigre séché en étuve ont donné des pains de très mauvaise qualité, de même volume que les pains confectionnés avec le même amidon sans fermentation. La fermentation donne à l'amidon de manioc une une aptitude à la panification, mais, seule, elle ne permet pas l'élaboration d'un amidon doté des propriétés requises pour son utilisation dans la fabrication de *pandebono* ou *pão de queijo* de bonne qualité. L'exposition au soleil est indispensable pour l'obtention d'un amidon aigre de bonne qualité.

Dans la figure 6, on peut observer une modification des propriétés rhéologiques de l'amidon fermenté, qui apparaît au cours du séchage solaire de l'amidon aigre. Le séchage en étuve ne modifie pas les propriétés de l'amidon fermenté ; au contraire, après une exposition de 8 heures au soleil, il apparaît une forte tendance à la rétrogradation et une forte diminution du pic maximal de viscosité (de 320 à 220 unités Brabender).

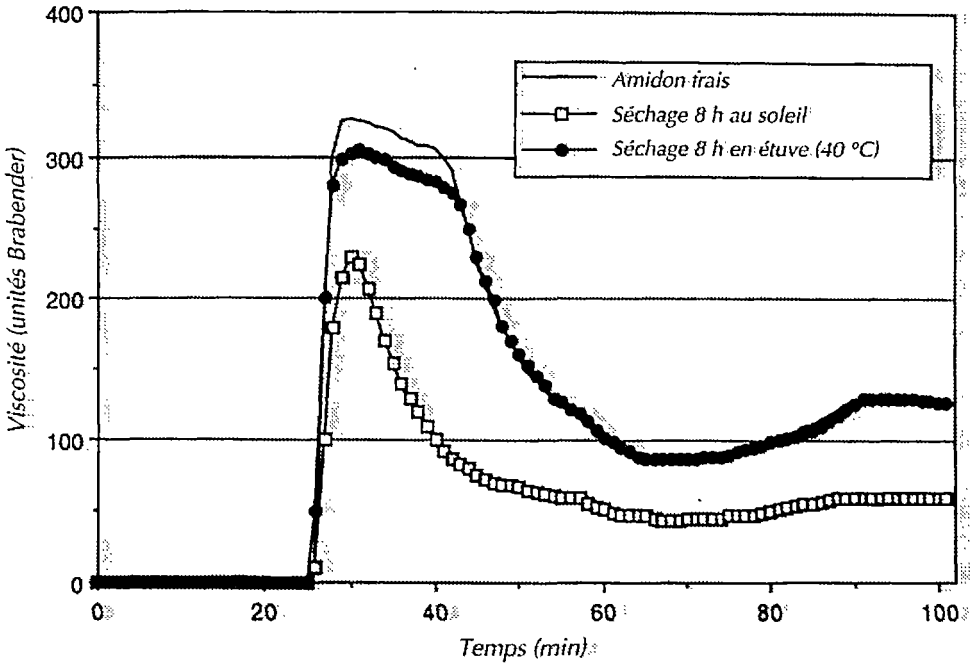

Figure 6. Influence du type de séchage sur les propriétés rhéologiques de l'amidon aigre.

Quelques analyses complémentaires ont montré que, durant le séchage solaire, la concentration en acide lactique diminue fortement de 0,9 à 0,6 g pour 100 g de matière sèche (soit une diminution de 35 %), alors qu'en étuve la concentration reste stable pendant le séchage. La diminution du contenu d'acide lactique est liée à l'apparition du pouvoir de panification. En panification classique, le gluten de blé forme un réseau tridimensionnel qui permet la rétention des bulles de gaz pendant la cuisson. Pour les farines non panifiables, quelques additifs améliorateurs de la panification (gommes de xanthane, Guar) sont ajoutés à la farine pour augmenter le pouvoir de panification. Dans l'amidon aigre de manioc, l'unique macromolécule prédominante est justement l'amidon. La formation du réseau tridimensionnel pourrait être causée par une réaction photochimique qui fait intervenir l'acide lactique et l'amidon fermenté. Ce réseau serait responsable de l'apparition du pouvoir de panification de l'amidon aigre fermenté et séché au soleil.

Conclusion et perspectives

La fermentation confère à l'amidon de manioc des propriétés physico-chimiques indispensables pour l'acquisition du pouvoir de panification pendant son exposition aux radiations solaires. La combinaison de la fermentation et du séchage solaire change les propriétés rhéologiques de l'amidon (tendance à la rétrogradation plus marquée, viscosité maximale plus basse), et augmente sa capacité de panification.

Une fermentation en anaérobiose stricte est nécessaire pour favoriser le développement de la flore lactique et optimiser ainsi la production d'acide lactique. L'inhibition des flores aérobies ou microaérophiles (non productrices d'acide lactique) permet d'obtenir un amidon de bonne qualité. Pour arriver à ce résultat, les cuves de fermentation doivent être profondes et recouvertes d'eau ou d'une couche isolante, en diminuant les échanges d'oxygène avec l'extérieur ; traditionnellement, certains paysans couvrent les cuves d'une toile recouverte de débris végétaux et d'eau. De plus, l'utilisation d'un inoculum de bactéries lactiques provenant des fermentations précédentes permet un bon développement de la fermentation et une production d'acide lactique en quantité maximale. Une collection de bactéries lactiques amylolytiques est en train d'être constituée pour être utilisée dans des cultures « starter » de fermentation.

La caractérisation des rayons solaires qui interviennent dans l'acquisition du pouvoir de panification devrait permettre la conception d'un séchoir artificiel, qui combine un séchage à l'air et une irradiation. On pourrait alors résoudre les problèmes climatiques, diminuer les coûts de main-d'oeuvre et la surface de séchage, ainsi que les pertes de produits (dues au vent, aux manipulations, à la contamination extérieure). Les industriels brésiliens sont intéressés par le développement d'un séchoir artificiel qui permettrait d'obtenir un amidon aigre de très bonne qualité.

Une bonne pratique de la fermentation et du séchage solaire, cumulée avec une utilisation de cultures sélectionnées pour la production d'amidon aigre, permettrait d'obtenir un produit de bonne qualité remplissant les conditions requises par les industries et les boulangeries.

Références biliographiques

Brabet C., Mestres C., 1991. Mise en évidence des modifications structurales de l'amidon de manioc au cours de la fermentation : mesure de la viscosité intrinsèque et technique de chromatographie de perméation de gel. *In* Avances sobre almidón de yuca. Resúmenes. 17-20 juin 1991, Cali, Colombie. Cali, Colombie, Ciat, p.99-104.

CAMARGO C., COLONNA P., BULEON A., RICHARD-MOLARD D., 1988. Functional properties of sour cassava *(Manihot utilissima)* starch: polvilho azedo. J. Sci. Food Agric., 45(3) : 273-289.

CARDENAS O.S., DE BUCKLE T.S., 1980. Sour cassava starch production: a preliminary study. J. Food Sci., 45 : 1509-1512, 1528.

CEREDA M.P., BONASSI I.A., 1973. Alguns aspectos sobre a fermentaçao da fécula de mandioca. Tese Doutorado, Faculdade de Ciencias Médicas e Biologicas de Botucatu, Brésil, 89 p.

CEREDA M.P., 1985. Avaliaçao da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). I. Caracteristicas viscograficas e absorçao de agua. Revista Brasileira de Mandioca, 3 (2) : 7-13.

CEREDA M.P., 1991. Technology and quality of "sour" starch. *In* Avances sobre almidón de yuca. Resúmenes. 17-20 juin 1991, Cali, Colombie. Cali, Colombie, Ciat.

CEREDA M.P., NUÑES O.L.S., 1992. Brazilian fermented cassava starch. I. Production and Use. XVIth International Carbohydrate Symposium, Abstracts, Paris, France, 5-10 juillet 1992.

CHUZEL G., 1990. Cassava starch: current and potential use in Latin America. Cassava Newsletters, 15 (1) : 9-11.

CHUZEL G., 1992. Amélioration technique et économique du procédé de fabrication de l'amidon aigre de manioc. In Amélioration de la qualité des aliments fermentés à base de manioc, D. Dufour, D. Griffon (éd.), Montpellier, France, Cirad.

CHUZEL G., MUCHNICK J., 1993. La valorisation des ressources techniques locales. L'amidon aigre de manioc en Colombie. *In* Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales, J. Muchnick (éd.), Paris, France, L'Harmattan, p. 307-337.

DUFOUR D., BRABET C., CHUZEL G., GRIFFON D., 1991. Etude de la flore lactique naturelle lors de la fermentation d'amidon de manioc cru pour l'obtention d'amidon aigre. *In* Lactic91, bactéries lactiques : recherche et applications industrielles en agroalimentaire, Caen, France, 12-13 septembre 1991. Caen, France, Adria, p.3-7.

ESCOBAR C. A., MOLINARI J. E. ,1990. Obtención de parámetros para la evaluación de la calidad de un almidón agrio de yuca. Tesis de grado, Plan de Estudios de Ingeniería Química, Universidad del Valle, Cali, Colombie, 75 p.

FIGUEROA C., 1991. Fermentación del almidón de yuca. Tesis de grado, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombie, 182 p.

GOMEZ Y., 1992. Bacterias lácticas amilolíticas presentes en la fermentación del almidón agrio de yuca. Tesis de grado, Facultad de Ciencas, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombie.

JORY M., 1989. Contribution à l'étude de deux processus de transformation du manioc comportant une phase de fermentation : le gari au Togo, l'amidon aigre en Colombie. Mémoire de master en technologie alimentaire (régions chaudes), Ensia/Cirad, Montpellier, France, 45 p.

LARSONNEUR S., 1993. Influence du séchage solaire sur la qualité de l'amidon aigre de manioc. Mémoire ingénieur Utc, Cali, Colombie, 114 p.

LAURENT L., 1992. Qualité de l'amidon aigre de manioc : validation d'une méthode d'évaluation du pouvoir de panification et mise en place d'une épreuve descriptive d'analyse sensorielle. Mémoire ingénieur Utc, Cali, Colombie, 88 p.

NAKAMURA I.M., PARK Y.K., 1975. Some physico-chemical properties of fermented cassava starch ("polvilho azedo"). Die Stärke, 27 (9) : 295-297.

PINTO R., 1978. Extracción de almidón de yuca en rallanderías. Ica-Informa, 12 (9) : 3-6.

RUIZ R., 1988. Informe de actividad : programa de apoyo a las empresas productoras de almidón de yuca en el norte del Cauca. Cali, Colombie, Cetec/Sedecom.

RUIZ R., 1991. Agroindustria de almidón agrio en el norte del Cauca. *In* Avances sobre almidón de yuca. Resúmenes. 17-20 juin 1991, Cali, Colombie. Cali, Colombie, Ciat.