

instantanés

LE ROUISSAGE DU MANIOC : UNE FERMENTATION TRADITIONNELLE DÉVOILÉE

Le manioc, avec plus de 500 millions de consommateurs, est le principal aliment de nombreux pays tropicaux d'Asie, d'Amérique et d'Afrique. Les tubercules sont utilisés sous forme d'aliments très divers (amidon aigre, farinha de mandioca, gari, tapioca, fou-fou, chikwangue, lafun, racines bouillies voire mangées crues pour certaines variétés). Dans certains pays comme le Zaïre et le Congo, il représente jusqu'à 50% de l'apport calorique de la population. Traditionnellement, la préparation du fou-fou (farine de manioc) et de la chikwangue (pains ou bâtons de manioc), principaux aliments d'Afrique centrale, débute par une fermentation des racines de manioc. Celle-ci se déclenche spontanément, dans des biotopes très divers : les racines sont immergées dans des mares, des rivières, des fûts remplis d'eau de pluie ou encore enfouies dans une terre humidifiée. Cette fermentation, ou rouissage, provoque le ramollissement des tubercules, facilitant ainsi les transformations ultérieures. De plus, elle confère aux produits finis leur goût caractéristique et permet la dégradation des composés cyanogénétiques endogènes. La plupart des variétés de manioc cultivées en Afrique contiennent en effet de fortes teneurs en composés cyanés, essentiellement sous forme de linamarine (2-hydroxy-2-méthylbutyronitrile- β -D-glucopyranoside), souvent tenus pour responsables de l'apparition de certaines maladies neurologiques et de la formation des goitres chez certaines populations.

Le rouissage, jusqu'à présent effectué de façon artisanale par les femmes dans les villages, est en train de passer à un stade semi-industriel avec le développement de petites unités péri-urbaines. En effet, la production traditionnelle n'arrive plus à nourrir les villes africaines. La connaissance et la maîtrise des différentes étapes d'élaboration apparaissent donc de plus en plus importantes pour l'obtention de produits finis sains et de qualité constante. Les travaux menés par le laboratoire de microbiologie et de biotechnologie de l'Orstom à Brazzaville en collaboration avec la Direction de la recherche scientifique et technique du Congo (DGRST) ont permis d'élucider les mécanismes microbiologiques, biochimiques et physico-chimiques du rouis-

sage. et d'optimiser les facteurs de cette transformation.

Fermentation hétérolactique...

Au cours de la fermentation, les racines et le milieu s'acidifient très fortement (le pH passe de la neutralité à des valeurs égales ou inférieures à 4 en 48 heures environ), et la teneur en oxygène dissout devient nulle en une dizaine d'heures. Par ailleurs, la teneur en cyanures totaux chute à des taux non toxiques de l'ordre de 20-40 ppm, soit une détoxification de 90%. Enfin, les principaux métabolites fabriqués au cours du rouissage sont les acides lactique et acétique ainsi que l'éthanol, produits caractéristiques des fermentations lactiques, auxquels s'ajoute le butyrate, principal responsable de l'arôme des aliments à base de manioc fermenté.

Parallèlement, une étude microbiologique a montré que les bactéries lactiques constituent la flore dominante du rouissage. Leur croissance suit étroitement celle des bactéries fermentaires totales pour atteindre un maximum d'environ 10^9 bactéries par gramme de manioc frais, au bout de 48 heures de fermentation. La population lactique endogène du tubercule est composée en grande majorité de coques homofermentaires (*Lactococcus lactis*). Cette flore est supplantée au début du processus par une flore hétérofermentaire, majoritairement des *Leuconostoc mesenteroides*, qui vont jusqu'à atteindre 50% de la flore lactique totale. Après 48 heures de fermentation, on observe un accroissement important du nombre de *Lactobacillus plantarum*, bactéries qui supportent des pH de l'ordre de 4. Ces bactéries lactiques sont responsables de la production d'acide lactique, acétique et d'éthanol ainsi que de la forte acidification du milieu.

Les acides propionique et butyrique sont produits, quant à eux, par une flore anaérobie stricte au sein de laquelle les clostridies, et notamment *Clostridium butyricum*, jouent un rôle important. Ces dernières peuvent d'ailleurs se développer en début de processus grâce à la flore lactique hétérofermentaire qui maintient le pH du milieu aux environs de 5. La prédominance des bactéries lactiques empêche la prolifération de bactéries patho-



Champ de manioc dans la région de Bouansa (Congo). (F Ampe)

gènes et assure une meilleure conservation des produits transformés. Le rouissage est donc une fermentation hétérolactique, dans laquelle une production de butyrate, peu apprécié sous nos latitudes, est responsable de l'arôme caractéristique du fou-fou et de la chikwangue. Ce n'est qu'en fin de fermentation que se développe une population de levures qui n'a pas de rôle actif dans le rouissage mais qui pourrait intervenir dans la conservation de la pâte fermentée.

... et activités enzymatiques

Différentes activités pectinolytiques – pectinestérase, polygalacturonase et pectate lyase – ont été mises en évidence au cours du rouissage, mais aucune activité de type cellulase ou xylanase n'a été détectée. L'activité pectinestérase est essentiellement d'origine endogène ; ces enzymes, liées aux parois végétales dans l'espace intercellulaire par des forces ioniques, sont libérées dès le début du rouissage. En revanche, les enzymes dépolymérisantes (lyase et pectinase) sont d'origine exclusivement microbienne. L'ensemble du complexe pectinolytique est donc responsable de la dégradation des parois des cellules, ce qui provoque le ramollissement des racines au cours du rouissage. Les pectinestérases endogènes libérées, aidées dans une moindre mesure par des enzymes microbiennes, déméthylent les polymères pectiques des parois végétales qui sont ensuite coupés par des polygalacturonases et des lyases d'origine microbienne.

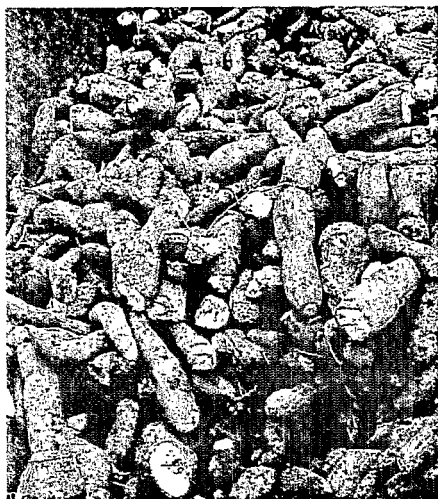
Malgré la très forte teneur en amidon (80% de la matière sèche), l'activité amylolytique détectée au cours de la fermentation reste très faible. L'amidon, peu dégradé, n'est donc que

instantanés

peu utilisé par les bactéries fermentaires comme source de carbone. En revanche, les sucres réducteurs sont largement consommés au cours de la fermentation, avec une nette préférence pour le saccharose. Enfin, les composés pectiques des parois cellulaires pourraient servir de source alternative de carbone pour les bactéries importantes impliquées dans le processus ; certaines bactéries pectinolytiques, comme une souche de *Bacillus polymyxa*, ont d'ailleurs été déjà isolées du rouissage.

En ce qui concerne les composés cyanés, l'origine des activités de type linamarase a été déterminée. De hautes activités endogènes ont été mesurées et la linamarine- β -D-glucosidase est entièrement responsable de la détoxification ; en effet, lorsque les racines sont râpées avant la fermentation – procédé suivi pour la préparation du gari – toute trace de composé cyané disparaît moins de deux heures après le début de la transformation. La dégradation des cellules végétales permet donc, au cours du rouissage, la mise en contact de l'enzyme (linamarase) et de son substrat (linamarine) situés dans des compartiments végétaux différents.

Par ailleurs, des activités linamarase ont été retrouvées chez certaines souches de *Lactobacillus plantarum*. De plus, les bactéries lactiques isolées et cultivées en milieux riches se sont montrées résistantes à des teneurs de 200 à 500 ppm de cyanures, ce qui rend ces bactéries particulièrement adaptées à ce milieu.



À gauche : tubercules de manioc fraîchement récoltés ; à droite : fût de rouissage. Les tubercules de manioc fraîchement récoltés sont trempés (ici après épluchage) dans des fûts contenant de l'eau de pluie. La fermentation est poursuivie jusqu'au ramollissement des tubercules. L'apparition de bulles à la surface témoigne de l'activité fermentaire. (F Ampe)



Mare de rouissage dans la région de Brazzaville (Congo). Les tubercules de manioc fraîchement récoltés sont immergés pendant trois à six jours dans l'eau et recouverts par des palmes. (F Ampe)

Un réservoir génétique à explorer

Le rouissage est donc une fermentation hétérolactique caractérisée par une forte production de butyrate. Les bactéries lactiques confèrent aux produits finis leurs qualités organoleptiques, mais n'interviennent pas de façon prioritaire dans les processus enzymatiques. Il s'agit donc d'un processus synergique au cours duquel des activités micro-

biennes se combinent à l'action d'enzymes endogènes pour ramollir les racines, dégrader les composés cyanogénétiques et conférer aux produits finis leur goût caractéristique. D'autre part, nous avons entrepris une optimisation du processus sur des critères simples définis par les exploitants (épluchage, variété, inoculum naturel). Ainsi, la durée du processus a pu être diminuée d'un facteur trois – de quatre ou cinq jours à une trentaine d'heures – sans altérer la qualité du produit fini.

À une époque où les processus de fermentation modernes font appel à des souches de plus en plus standardisées, les fermentations traditionnelles – notamment africaines – constituent une réserve génétique encore peu explorée de souches sauvages à forts potentiels (activités enzymatiques, bactériocines [1]). Nous avons par exemple isolé une souche de *Lactobacillus plantarum* fortement amylolytique. La sélection de souches nouvelles et performantes adaptées aux conditions africaines devrait également permettre de mieux valoriser certaines biomasses tropicales et de mettre en place de nouvelles transformations.

Frédéric AMPE* et Alain BRAUMAN*

* Laboratoire de microbiologie, Orstom, BP 181, Brazzaville, Congo.

(1) Protéines produites par certaines bactéries et destinées à détruire d'autres bactéries.

Biofutur

29, rue Buffon - 75005 PARIS
Tél: 47 07 11 22 - Télex: 202 400 F
Télécopieur: 43 36 80 93

COMITÉ DE PARRAINAGE

François Gros (France), président; Jean Dausset (France); Julian E Davis (France); Bernard Dela-palme (France); Pierre Douzou (France); Hansgeorg Gareis (Allemagne); Robert Lallès (France); Marc Van Montagu (Belgique); Pierre Polier (France); Jacques Robin (France); HG Schwick (Allemagne); Giorgio Tecce (Italie).

RÉDACTION

Direction de la rédaction: Christine Nouaille

Rédacteur en chef adjoint: Thierry Damerval

Chefs de rubrique: Declan Butler, Annette Millet,

Hélène Therre

Secrétariat de rédaction: Christine Chadirac, Euphrasie Kuevidjen, Valérie Mooli

Rédactrice en chef technique adjointe:

Véronique Lentaigne

Rédactrice graphiste: Anne Devanloy

CONSEILLERS DE LA RÉDACTION

Marcel Bayen, Michel Bernon, Gilbert Blanchard, Daniel Bouanchaud, Pierre E Bost, Guy Bourat, Claudio Basilico, John D Bu'Lock, Michel Caboche, Marc Chapplet, John Collins, Claude Costes, Pierre Coulombe, Michel Dagonneau, Pierre Darbon, Edgar J DaSilva, Friedrich Deinhardt, Jean-Marc Egly, Pierre Feillet, Gérard Gellf, Yvon de Hempinne, Henri Heslot, Michel Kaczorek, François Kourilsky, Yves Lebesgue, Robert Magnaval, Gabriele Milanese, Daniel Pardo, Vincent Pétiard, Jean-Pierre Raynaud, Max Rives, Richard Roblin, Roméo Roncucci, Joël de Rosnay, Giovanni Rossi, Jean-Louis Ruatti, Pierre Sarthou, Albert Sasson, JC Senez, Jean-Marc Seng, Gérard Siest, Gustave Strain, Daniel Thomas, Gérard Tiraby, Claude Vézina, Christian Vincent, Jean-Pierre Zala.

PUBLICITÉ: Emmanuelle Meyer assistée de Antoinette Bollaert

MARKETING: Marel Reinders

ABONNEMENTS: Christine Denoble
assistée de Agnès Richard

Biofutur est édité par



EDITIONS SCIENTIFIQUES

ELSEVIER

Directeur général et
directeur de la publication: Alain Devanloy

Administrateur: Danièle Devanloy

Secrétaire général: Patrick Régnier

CPPAP: 64 351 - ISSN 0294-3506

Composition: CGP, 62222 St-Martin-Boulogne

Impression: SIB, 62205 Boulogne-sur-Mer

Publication mensuelle. Tirage: 9 000 exemplaires

© 1992. Éditions Scientifiques Elsevier. Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction, par tous procédés, réservés pour tous pays.

Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et aux organismes liés contractuellement avec Biofutur, sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Couverture: (B Brake,
Photo Researchers,
Explorer)



SOMMAIRE - N° 114 - JUILLET / AOÛT 1992

- 5 Bonnes vacances (M Chalvin)
- 6 BIOACTUALITÉS
États-Unis: recommandation pour les empreintes génétiques
Japon: vers la première thérapie génétique ?
Courrier
Bioexpo 93
- 15 CHRONIQUE DU SIDA
Antiviraux: un peu plus (H Therre)
- 16 TRIBUNE
Non au génome breveté
Réponses à J Craig Venter
- Un rappel des faits (T Damerval)
- Breveter la connaissance (A Kahn)
- Une position humainement indéfendable (A Pompidou)
- 20 DOSSIER
Biotechnologies en société:
- Opinion sur rue (A Millet)
- Les associations en mouvement: écologistes et consommateurs (A de Chenay)
- Les biotechnologies s'exposent dans... les musées (P Habert)
- 32 BIOLOGIE CELLULAIRE
Les mélanocytes sortent de l'ombre (P Mercier)
- 36 INSTANTANÉS
Le rouissage du manioc: une fermentation traditionnelle dévoilée (F Ampe & A Brauman)
Senteurs orientales: arômes et parfums au Japon (S Altaba)
Les sociétés de biotechnologies européennes: un réseau très imbriqué (N Escourrou)
- 43 VIE DES SOCIÉTÉS
- 47 BREVETS
- 51 AGENDA
- 54 NOUVEAUX PRODUITS, NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS
- 56 BIOFUTUR EMPLOI
- 57 CONTENTS IN ENGLISH
- 58 BULLETIN D'ABONNEMENT

Cité/abstracté dans: BioBusiness, Current Contents, Excerpta Medica, Pascal/CNRS.
Il n'est pas imprimé de tiré à part. Copies d'articles disponibles via INIST (Nancy) et ISI (Philadelphia)



22 JUL. 1992