

FERMENTATIONS EN MILIEU SOLIDE COMME MOYEN DE VALORISATION DES PRODUITS AGRICOLES TROPICAUX AU MEXIQUE

La fragilité de l'économie agricole de nombreux pays du Sud, impose des recherches soutenues en vue d'obtenir une valorisation post-récolte maximale de toutes les ressources de la terre. La transformation par fermentation de produits agricoles ou dérivés, et notamment par Fermentation en Milieu Solide (FMS), offre en la matière de bonnes perspectives. L'Orstom et le Département des Biotechnologies de l'Université Autonome Métropolitaine (UAM) de Mexico, collaborent depuis 1981 dans ce domaine, au titre d'un accord de coopération inclus dans l'accord général ORSTOM-CONACYT au Mexique.

Ce programme conjoint porte sur l'étude des fermentations en milieu solide (FMS) post-récolte des produits agricoles tropicaux. Ses objectifs sont à la fois la recherche de base sur les cultures de moisissures et sur les FMS, l'étude des techniques exploitables dans ce domaine en agro-industrie, mais aussi le transfert à une échelle pré-pilote des applications économiques issues de ces recherches.

LES RECHERCHES DE BASE ET LA CONNAISSANCE DES PROCESSUS DE FERMENTATION

Afin d'approfondir les connaissances concernant les cultures de moisissures en phase solide, et ainsi parvenir à une meilleure exploitation, il est nécessaire de développer des recherches plus générales sur les mécanismes et les caractéristiques de la croissance en phase solide (activité de l'eau, transfert de masse et transfert de chaleur).

Par ailleurs, ces recherches et plus encore leurs applications, demandent l'obtention pratique et abondante d'inoculas de spores, des études sur la physiologie de la sporulation et la production de spores en conditions contrôlées. L'Orstom possède déjà dans ce domaine une expérience reconnue.



Croissance d'Aspergillus niger sur farine de manioc après 35 h de fermentation solide - Photo : S. Roussos

LES TROIS AXES DE L'ÉTUDE

Trois types de substrats agricoles tropicaux ont fait l'objet d'études quant à leur valorisation par FMS ; il s'agit du manioc, de la bagasse de canne à sucre et de la pulpe de café. L'importance économique respective de chacun de ces produits, notamment pour l'ensemble de la zone Amérique Centrale-Amérique Latine, fut décisive dans le choix des axes d'étude par les responsables du programme.

l'enrichissement protéique du manioc

Le développement contrôlé d'une souche d'*Aspergillus niger*, sélectionnée pour ses capacités de croissance, a permis d'améliorer de 2 à 16 % la teneur en protéines microbiennes du manioc, accroissant par là même ses qualités nutritionnelles. Les résultats obtenus en laboratoire ont été reproduits à l'échelle semi-pilote (10-20 kg) sur deux types de réacteurs (agités et statiques). Quoiqu'offrant sur le plan technique des perspectives intéressantes, et notamment en matière d'alimentation animale, le faible prix de la protéine de soja rend toutefois cette technique difficilement compétitive.



Compostage de la pulpe de café au Mexique en vue de son utilisation comme fertilisant - Photo : S. Roussos

la valorisation des excédents de bagasse de canne à sucre

La FMS ouvre de nouveaux horizons quant à l'utilisation à des fins économiques des excédents de bagasse de canne à sucre que les usages actuels en tant que source d'énergie ou matière première de l'industrie papetière ne suffisent pas à résorber. Ce programme a d'ores et déjà permis d'explorer plusieurs voies dans ce sens.

L'utilisation de la bagasse de canne à sucre comme support solide pour la culture et la production de champignons filamenteux a permis la mise au point d'un nouveau procédé de culture. Celui-ci a fait l'objet d'un dépôt de brevet de l'ORSTOM/UAM en France et de

trois certificats d'invention de l'UAM/ORSTOM au Mexique. Par ailleurs, la culture de champignons filamenteux cellulolytiques (*Trichoderma harzianum*, *Aspergillus terreus*) a permis la fabrication de jus à haute activité cellulase. Intéressants pour leur capacité à améliorer les qualités digestives des fourrages tropicaux de nature cellulosique.

la détoxification de la pulpe de café

La pulpe de café, chair du fruit dont seul le grain est utilisé, est un déchet peu recyclable du fait de sa teneur toxique en caféine.

L'emploi en FMS d'une souche de *Penicillium* sp. permet la détoxification de la pulpe de café par dégradation spécifique de la caféine, à raison de 100 % en 48 heures. Ces résultats peuvent augurer d'une utilisation, à moyen terme, de la pulpe de café, déchet abondant dans cette région du monde, dans l'alimentation animale.

Par ailleurs, 400 souches de champignons filamenteux, isolées au Mexique, sont actuellement testées dans le but

d'évaluer leurs potentialités à produire des métabolites nouvelles, par fermentation sur la pulpe de café.

LA VALORISATION DES RECHERCHES

Outre la valorisation des résultats des recherches, dont l'exploitation commerciale est envisagée par une protection des droits (brevet et certificat d'invention), ce programme a permis la réalisation de nombreux travaux et l'organisation de congrès régionaux et internationaux, ainsi que de plusieurs séminaires.

L'Orstom, en collaboration avec l'Université Autonome Métropolitaine d'Iztapalapa (UAM-I) ainsi que l'Institut Mexicain du Café (INMECAFE) ont organisé le Premier Séminaire International sur la Biotechnologie pour l'Agro-Industrie du Café (I-SIBAC) en 1989 à Xalapa (Mexique). Au cours de ce séminaire, des thèmes relatifs à la biotechnologie du café ont été traités et plus particulièrement :

- l'amélioration génétique, la micro-propagation du café et la lutte biolo-

gique contre les principales maladies du café;

- la valorisation des principaux sous-produits de l'industrie du café :

- la production de biogaz à partir des eaux de lavage,

- la production de champignons comestibles, d'enzymes, de probiotiques ainsi que d'aliments pour le bétail à partir de la pulpe de café.

En novembre 91 a eu lieu le Second Séminaire International sur la Biotechnologie pour l'Agro-industrie du Café (II-SIBAC) à Manizales en Colombie. Les trois thèmes présentés étaient :

- les aspects agronomiques et la lutte biologique;

- le traitement des eaux résiduelles;

- la valorisation des sous-produits.

Dans le cadre de la formation à la recherche, le groupe a pu accueillir de nombreux stagiaires français et mexicains, mais aussi de nombreux autres pays d'Amérique Latine (7 en deuxième cycle, 5 en troisième cycle, 5 thèses de doctorat d'ores et déjà soutenues et 7 à venir).

De même, ce programme est à l'origine d'un certain nombre d'actions bilatérales ou multilatérales de coopération sur le thème des FMS entre la France, le Mexique, Cuba, l'Argentine, l'Equateur, le Costa Rica, la Colombie et le Brésil.

L'audiovisuel est largement mis à contribution dans la valorisation scientifique de ce programme. Ainsi trois films vidéo ont été réalisés dans ce cadre par les équipes de l'UAM et de l'ORSTOM. Il s'agit de "El catador de café y las Biotecnologías" (film de 18 minutes en français et espagnol sur l'apport des biotechnologies dans l'agro-industrie du café), de "Mas dulce en el Azucar" (film de 18 minutes en français et espagnol sur l'apport des biotechnologies dans l'agro-industrie de la canne à sucre) et de "De la caña al azúcar" (film de 10 minutes en français et espagnol sur le procédé industriel d'élaboration du sucre à partir de la canne à sucre).

Enfin, ce programme a fait l'objet de nombreuses publications communes entre chercheurs français et mexicains, dont les plus significatives sont mentionnées sous la rubrique "Pour en savoir plus", ci-après ■

Gustavo Viniegra-Gonzalez
Departamento de Biotecnología -
Universidad Autónoma Metropolitana
Iztapalapa - Mexique.
Sebastianos Roussos et Maurice
Raimbault
Département Milieux et Activité
Agricole - Unité fonctionnelle de
Biotechnologie "Physiologie et
Métabolisme Cellulaires".



Fabrication des cuves de fermenteur à l'atelier de verre de la UAM-I - Photo : S. Roussos



V 37 A 25



V 23 A 25



V 29 A 25



V 36 A 25

Isolement de champignons filamenteux dégradant la caféine de la pulpe de café - Photo : S. Roussos.

Pour en savoir plus

Raimbault M., Revah S., Pinah F. et Villalobos P. (1985) "Protein enrichment of cassava by solid substrate fermentation using molds isolated from traditional foods" (J. Ferment. Technol. 63 : 395-399).

Oriol E., Contreras R. et Raimbault M. (1987) "Use of microcalorimetry for monitoring the solid state culture of *Aspergillus niger*" (Biotechnol. Techniques 1: 79-840).

Barrios-Gonzalez J., Tomasini A. et Viniegra-Gonzalez G. (1988) "Penicillin production by solid state fermentation" (Biotechnol. Letters 10 : 793-798).

Oriol E., Schetino B., Viniegra-Gonzalez G. et Raimbault M. (1988)

"Solid state culture of *Aspergillus niger* on support" (J. Ferment. Technol. 66 : 1-6).

Oriol E., Raimbault M., Roussos S. et Viniegra-Gonzalez G. (1988) "Water and water activity in the solid state fermentation of cassava starch by *Aspergillus niger*" (Appl. Microbiol. Biotechnol. 27 : 498-503).

Barrios-Gonzalez J., Martinez C., Aguilera A. et Raimbault M. (1989) "Germination of concentrated suspensions of spores from *Aspergillus niger*" (Biotechnol. Letters 11: 551-554).

Saucedo-Castaneda G. et Gomez J. (1989) "The effect of glucose and ammonium sulfate on kinetic acidification by heterogeneous mixed cultures" (Biotechnol. Letters 11: 121-124).

Raimbault M. et Viniegra-Gonzalez G. (1989) "Valorisation des sous-produits agricoles tropicaux par fermentation en milieu solide". (Rapport final, Contrat CEE-STD1 n°418-Fr et 106-Mex ; 58 pages).

Roussos S. (1989). "Procesos biotecnológicos : el papel del microbiólogo" (Interface 32 : 7-10).

Roussos S., Aquihuatl M.A., Brizuela

M.A., Olmos A., Rodriguez W. et Viniegra-Gonzalez G. (1989)

"Produccion, conservacion y viabilidad de inoculo de hongos filamentosos para las fermentaciones solidas" (Mico. Neotrop. Aplic. 2 : 3-17).

Saucedo-Castaneda G., Gonzalez P., Revah S., Viniegra-Gonzalez G. et Raimbault M. (1990) "The effect of lactobacilli inoculation on Cassava (*Manihot esculenta*) silage : Fermentation pattern and kinetic Analysis" (J. Sci., Food Agric. 50 : 467-477).

Saucedo-Castaneda G., Raimbault M. et Viniegra-Gonzalez G. (1990) "Energy of activation in cassava silages" (J. Sci., Food Agric. 51).

Saucedo-Castaneda G. Gutierrez-Rojas M., Bacquet G., Raimbault M. et Viniegra-Gonzalez G. (1990) "Heat transfer simulation in solid substrate fermentation" (Biotechnol. Bioeng. 35 : 802-808).

Raimbault M., Editeur - Orstom (1988) Solid state fermentation in bioconversion of agroindustrial raw materials.

Roussos S., Licona-Franco R., Gutierrez-Rojas M., (1989) co-editors Inmecafo, Orstom, UAM I, Mexico DF.

Mexico : solid substrate fermentation for commercial use of tropical agricultural produce

Since 1981, Orstom has been working in collaboration with the Autonomous University of Mexico (UAM) in a research program on the use of solid state fermentation (SSF) to process agricultural by-products. The aims are both basic research into mold cultures and SSF and development of commercial agro-industry applications, to be protected by patent.

The project focuses on three substrates: cassava, sugarcane bagasse and coffee pulp, all of which are economically important in Latin America.

With cassava, the development of a vigorous strain of *Aspergillus niger* has made it possible to increase the protein content of the substrate.

This could potentially be useful for animal feeds, but the low cost of soybean protein makes the technique uncompetitive.

Work on bagasse as a substrate for filamentous fungal cultures has led to a new culture method: a pa-

tent has been applied for in France and three invention certificates granted in Mexico. From two of these filamentous fungi, the joint teams have also produced juices capable of improving the digestibility of high-cellulose tropical forage.

Coffee pulp is a waste product that is hard to recycle owing to its toxicity. But SSF of the pulp by one *Penicillium* strain completely breaks down the toxic caffeine so that the pulp can be used in animal feeds. In addition, 400 different filamentous fungus strains isolated in Mexico are being assessed for their capacity to produce new metabolites by fermentation on a coffee pulp medium.

The research team has also contributed to a number of relevant international and regional conferences and has taken in trainees from Latin America and France. The program has led to other bilateral or international SSF research projects, and three video films have been produced.

Viniegra-Gonzalez G., Roussos Sevastianos, Raimbault
Maurice

Fermentations en milieu solide comme moyen de valorisation
des produits agricoles tropicaux au Mexique

ORSTOM Actualités, 1991, (34), p. 23-25. ISSN 0758-833X