

Amélioration technologique des équipements d'extraction d'amidon en Colombie

*Technological improvement in starch extraction
equipments in Columbia*

G. CHUZEL * & **, D. PEREZ *, D. DUFOUR * & ***,
D. GRIFFON ***

** CIRAD-SAR, Montpellier (France)*

*** UNESP-FCA, Botucatu, (Brésil)*

**** CIAT, Cali (Colombie)*

- Résumé -

En Colombie, l'amidon maigre de manioc, obtenu après fermentation et séchage au soleil est un produit utilisé pour l'élaboration de produits traditionnels destinés à la consommation familiale.

Progressivement le marché local, puis les marchés urbains en expansion ont conduit les producteurs d'amidon à développer de petites agro-industries rurales. Les équipements utilisés n'ont toutefois pas connu d'amélioration sensible depuis les années 1960 et présentent donc une efficacité faible qui grève la rentabilité de ces unités.

Cette communication porte sur le diagnostic technologique de ces unités et présente des améliorations techniques effectuées sur les équipements utilisés. Les performances des opérations de lavage, d'épluchage et de râpage des racines, puis celles concernant l'extraction, le raffinage et la décantation de l'amidon de manioc utilisant des équipements améliorés sont comparés à celles utilisant des équipements traditionnels. Elles sont traduites en pourcentages d'efficacité et en gain sur le rendement final d'extraction de l'amidon de manioc.

- Abstract -

In Columbia, sour starch, obtained after fermentation and sun drying is a product used in making traditional foods destined for family consumption.

Gradually, local markets then urban markets in expansion have pushed starch producers to develop small rural agro-industries. The equipments used have not had remarkable improvements since the 1960s and they therefore present a low efficiency which affects the profitability of these units.

This paper is on the technological diagnosis of these units and presents technical improvements carried out on the equipments used. The yields from washing, peeling and root grating operations then that of cassava starch extraction, purification and decantation using improved equipments are compared to those that used the usual equipments. They are expressed as a percentage of the effectiveness and as gain in the final yield of cassava starch extraction.

Introduction

L'une des valorisations du manioc en Colombie concerne la production d'amidon aigre, *almidón agrio*. Cet amidon, fermenté naturellement et séché au soleil, présente des propriétés fonctionnelles spécifiques et en particulier un pouvoir de panification, ce qui le rend irremplaçable dans l'élaboration de nombreux pains au fromage ancrés dans les habitudes alimentaires locales (Chuzel, 1990 b ; Pinto, 1980).

La production d'amidon aigre de manioc est estimée à 8 000-9 000 tonnes par an ; Plus de 80 % de cette production sont localisés dans le Nord du département du Cauca, au Sud de Cali, zone montagneuse entre 1 000 et 1 600 m d'altitude, où sont concentrées les unités de transformation (*rallanderias*). Cette localisation est due à différentes raisons (SEDECOM, 1988 ; Chuzel, 1992) :

- cette région est caractérisée par des sols pauvres acides où le manioc constitue une des rares alternatives de production agricole ;
- le caractère périssable du manioc qui se détériore dès la récolte conduit à avoir les unités de transformation près des lieux de production plutôt que près des centres de consommation ;
- une disponibilité en eau importante indispensable pour l'extraction de l'amidon par voie humide ;
- des conditions climatiques (température et humidité relative) favorables à une telle production ;
- l'existence d'une infrastructure routière correcte permettant d'acheminer l'amidon aigre vers les centres de consommation (les *rallanderias* sont situées le long de la Panaméricaine, axe nord-sud, reliant Cali et Popayan, deux centres importants de consommation et depuis lesquels l'amidon aigre peut être acheminé vers d'autres régions du pays).

Jusqu'aux années 1940, la production d'amidon de manioc est une activité domestique réalisée par les femmes. L'amidon est utilisé pour l'élaboration de produits traditionnels à base de fromage et d'amidon comme le *pandebono* ou le *pandeyuca* destinés à la consommation familiale. Dans les années 1950, afin de satisfaire le marché local, apparaît un certain nombre d'unités, toujours manuelles, qui commercialisent leur production sur la zone. Puis, avec l'urbanisation croissante des années 1960 et une demande importante pour ce type de produit sur les marchés urbains en pleine expansion, une petite agro-industrie rurale commence à se structurer et à rechercher les moyens d'améliorer cette production. C'est à cette époque qu'apparaît la mécanisation du procédé traditionnel (SEDECOM, 1988 ; Mosquera, 1992 ; Mosquera et Chacon, 1992). Les équipements sont conçus et réalisés localement avec une mécanisation progressive en fonction

des goulots d'étranglement identifiés et de la pénibilité du travail, tout d'abord la râpe, puis l'essoreuse d'extraction et la laveuse. Ainsi, les producteurs d'amidon ont développé leurs innovations et leur technologie, ce qui a conduit à l'heure actuelle à une chaîne type que l'on retrouve dans presque toutes les *rallanderias* (CIAT, 1990 & 1991 ; Chuzel, 1990 a et b, 1991 ; Soto, 1992).

Un développement important de la filière « amidon aigre » a donc eu lieu depuis les années 1960 (200 *rallanderias* environ estimées sur la zone). En effet, l'amidon aigre de manioc préserve sa niche de marché, n'ayant pas à concurrencer la production d'amidon des grandes firmes, comme cela est le cas pour l'amidon natif (ou « doux »), pouvant provenir d'autres sources amyloacées, en particulier du maïs (Mosquera, 1992).

La chaîne de transformation est caractérisée par sa robustesse, un entretien relativement facile s'appuyant sur les compétences locales, et des coûts d'investissement accessibles à ces petites agro-industries. Néanmoins, les équipements utilisés n'ont pas eu d'améliorations sensibles depuis les années 1960 et présentent une efficacité faible qui grève la rentabilité de ces unités d'extraction. Les travaux présentés ici portent sur le diagnostic technologique de ces unités de production et sur des améliorations techniques effectuées (Chuzel, 1992).

Matériels et méthodes

Le diagnostic technologique a été réalisé à partir du suivi d'une production journalière dans dix *rallanderias* travaillant en conditions réelles de production sur la zone. Pour quatre d'entre elles, le suivi a également été fait sur quatre lots de manioc de variétés différentes, provenant d'un champ expérimental du CIAT.

Ce suivi a porté sur :

- la description précise des équipements existants ainsi que le relevé de leurs caractéristiques (capacité, besoins en eau, puissance installée...);
- la détermination des bilans de masse pour évaluer l'efficacité du procédé.

Les teneurs en eau, en amidon et en fibres ont été déterminées sur quatre échantillons prélevés au hasard lors des différentes étapes du procédé.

Le taux d'extraction a été apprécié par la valeur de l'effet « râpage » R donné par :

$$R = \left(1 - \frac{Aa \cdot Fr}{Ar \cdot Fa} \right) \times 100$$

avec:

Aa et Ar sont les teneurs en amidon respectivement dans l'afrecho et dans les racines ;

Fa et Fr sont les teneurs en fibres respectivement dans l'afrecho et dans les racines.

Les équipements améliorés ont fait l'objet d'une première série d'essais au CIAT, ce qui a permis de valider les choix mécaniques retenus, d'évaluer les performances obtenues et d'apporter les modifications nécessaires. Ces équipements améliorés ont ensuite été transférés dans différentes *rallanderias* pour une évaluation *in situ*, afin de comparer, par des essais en parallèle, les performances des équipements existants et améliorés.

Résultats

1. Diagnostic technologique

1.1. Procédé

Le procédé consiste en une extraction de l'amidon par voie humide, suivie d'une étape de fermentation naturelle puis d'un séchage solaire (Figure 1).

Les caractéristiques des équipements sont données dans le tableau 1. Les capacités de traitement varient d'une étape du procédé à l'autre avec des goulots d'étranglement au niveau de l'extraction et du séchage. De plus, la disposition des différents équipements et l'organisation des postes de travail dans une *rallanderia* sont peu rationnelles, ce qui pénalise l'efficacité de ces unités (nombreuses manipulations du produit, déplacements répétés du personnel...)

Au niveau de la force motrice, une installation centralisée (puissance de 7 à 10 CV monophasique 110 V) est très couramment rencontrée. Le système de courroies de transmission pour les différents équipements pose le problème de la sécurité du personnel (de nombreux accidents ont été relevés) et conduit à un mauvais rendement énergétique lié à la sous-utilisation de la puissance installée (seule la râpe demande une puissance importante).

1.2. Eaux d'extraction

Les eaux utilisées pour l'extraction de l'amidon sont celles également utilisées pour la consommation humaine. D'une manière générale, ces eaux ne répondent pas aux normes de qualité exigées pour une eau potable, tant au niveau :

- microbiologique (présence de coliformes fécaux) que ;
- physico-chimique (turbidité élevée, matière organique, présence de fer...)

L'extraction d'amidon consomme des quantités d'eau très élevées, variant entre 12 et 15 m³/tonnes de manioc frais.

1.3. Eaux résiduelles

Les eaux résiduelles sont directement rejetées dans le milieu naturel (généralement le ruisseau voisin) et contaminent le milieu ambiant. La charge contaminante, notamment en cyanures, peut varier en fonction de la matière première utilisée, mais elle reste cependant élevée. Les valeurs relevées (moyenne et intervalle de variation) sont données dans le tableau 2.

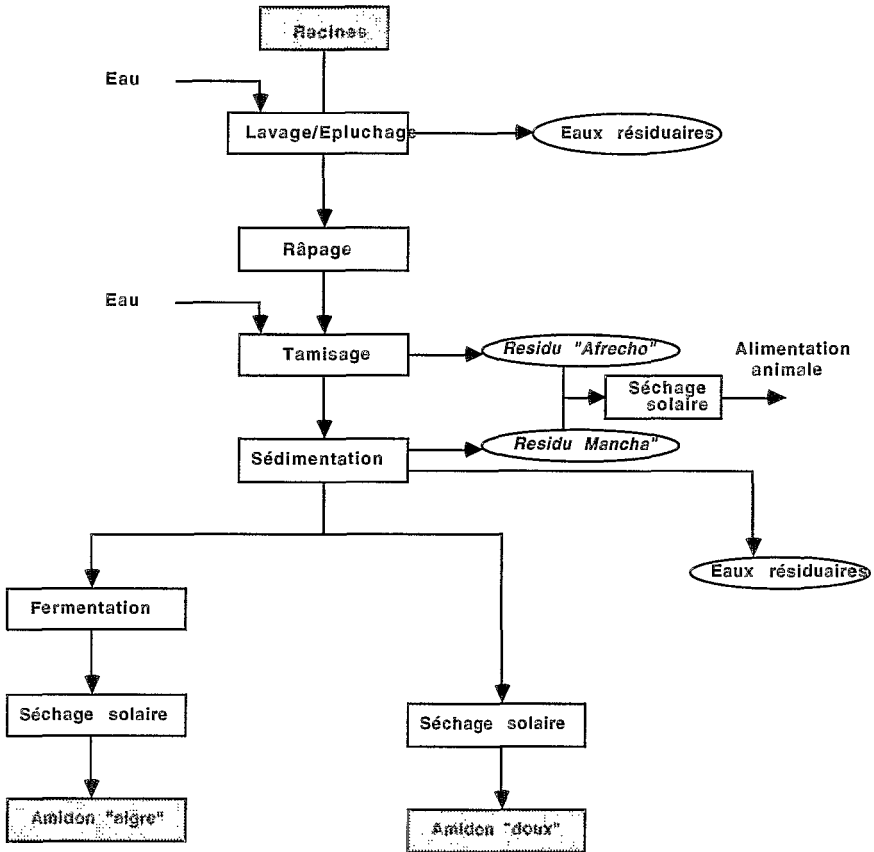


Figure 1
 Procédé traditionnel d'extraction d'amidon (doux ou aigre) de manioc

1.4. Bilan massique

Les bilans massiques, par rapport à la matière fraîche et à l'amidon extrait, mettent en évidence que l'efficacité globale du procédé (21 % en moyenne) est particulièrement faible, comparativement aux rendements obtenus dans des unités technifiées (25 à 28 %) ; de même, les pertes en amidon sont particulièrement significatives (25%), comme l'explicitent les figures 2 et 3.

L'effet « râpage » R de 81,1 % (± 8,1) reste faible alors qu'il est supérieur à 90 % dans des installations à technicité avancée.

Tableau 1
Équipements d'extraction d'amidon utilisés dans le procédé traditionnel

Équipement	Caractéristiques	Capacité	Observations
Laveuse	Cylindrique $\varnothing = 0,7 \text{ à } 1 \text{ m}$; L = 0,8 à 1 m Vitesse de rotation : 25 à 35 trs/min	300 à 400 kg/h Conso d'eau : 3 à 5 m ³ /t	Efficience variable pour enlever la couche liégeuse
Râpe	Tambour en bois revêtu d'une plaque métallique munie d'aspérités $\varnothing = 30 \text{ à } 40 \text{ cm}$; L = 40 à 50 cm Vitesse de rotation : 1 000 à 1 200 trs/min	800 à 900 kg/h	Pulpe de manioc grossière
Tamiseuse	Cylindrique avec un système de pales internes et revêtu d'un tamis en nylon ou bronze $\varnothing = 0,7 \text{ à } 1,0 \text{ m}$ L = 0,7 à 1,0 m Vitesse de rotation : 15 à 25 trs/min	200 à 300 kg/h Consommation d'eau 8 à 12 m ³ /t	Maintenance de la toile du tamis Efficience de l'extraction Impuretés dans le lait d'amidon
Sédimentation T	Tanks (3 à 5) avec différentes sédimentations successives avant transfert aux tanks de fermentation	5 à 8 m ³	Pertes d'amidon lors de la vidange Contamination par la « mancha » d'une couche à l'autre
Fermentation	Tanks où l'amidon est recouvert d'eau de décantation ou d'afrecho	1 à 2 m ³	Contaminations extérieures (insectes...) Influences des parois (bois, briques brutes, ciment, faïence...)
Séchage	Solaire au sol, sur des plateaux en bois, sur le toit de l'unité	Aire variable, souvent insuffisante (80 à 240 m ²) Charge de 3,5 kg (b.h.) au m ²	Contaminations extérieures (poussières, animaux...)

Tableau 2
Charge contaminante des eaux résiduaires des « rallanderias »

	Fourchette relevée	Moyenne
DO	4 500 à 13 000 mg/L	9 100 mg/L
DBO5	1 500 à 8 500 mg/L	3 100 mg/L
Cyanure	1 à 5 mg/L	2,1 mg/L
pH	3.9 à 4.7	4,1
Solides totaux	2 000 à 7 000 mg/L	5 740 mg/L

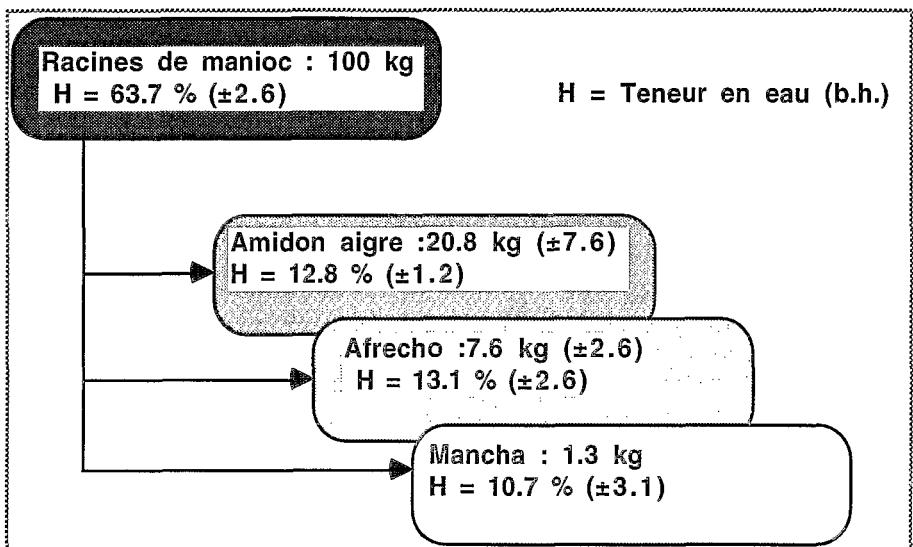


Figure 2.
Bilan massique par rapport à la matière fraîche (moyenne ± écart type)

2. Amélioration technologique des équipements

Ce diagnostic a pu mettre en évidence les goulots d'étranglement sur les équipements existants et proposer un certain nombre d'améliorations technologiques au niveau du procédé traditionnel d'extraction de l'amidon. De manière à ce que les innovations soient susceptibles d'être adoptées à court terme, l'idée retenue a consisté à utiliser les mêmes principes technologiques mais avec une conception selon les règles de l'art du point de vue mécanique (dimensionnement, calculs...) Par ailleurs, un certain nombre d'innovations permettant d'améliorer l'efficacité du procédé, les conditions de travail et la productivité, ont été introduites.

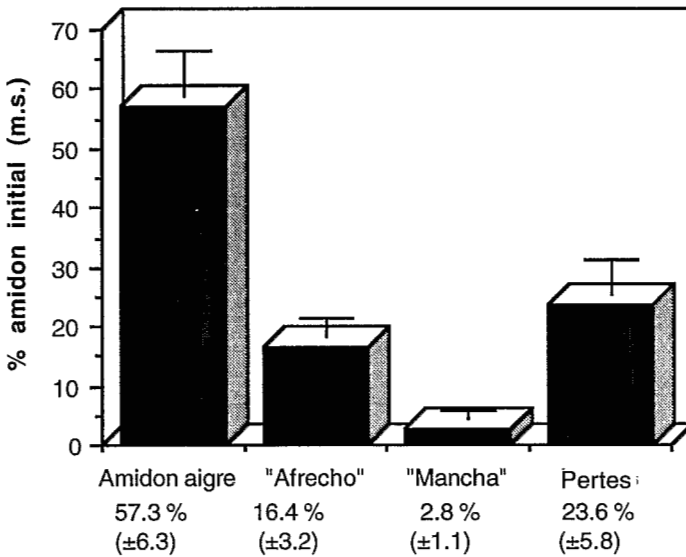


Figure 3

Bilan massique (base sèche) en amidon (moyenne ±écart-type)

2.1 Lavage-épluchage

La laveuse-éplucheuse (Aposte et Ferrucho, 1990) présente les caractéristiques suivantes :

- type concentrique (cylindre traversé longitudinalement par un axe supportant toute la charge) ;
- axe central tubulaire permettant la distribution d'eau sur tout le cylindre ;
- deux cylindres abrasifs (fils de nylon torsadés enroulés en spirale sur un axe mécanisé) afin d'augmenter la superficie de contact avec les racines ;
- superficie extérieure du cylindre en tôle perforée permettant l'évacuation des déchets ;
- entraînement par moto-réducteur (2 CV, 36 trs/min pour le cylindre et 140 trs/min pour les rouleaux abrasifs).

Les résultats comparatifs des équipements existants et améliorés sont donnés dans le tableau 3 pour un même ratio charge/volume de 5 cm³/kg, ce ratio permettant un lavage optimal tout en minimisant les pertes de pulpe lors de l'opération (Chuzel, 1992 ; Berecera et Gonzalez, 1991).

L'équipement amélioré a une capacité de traitement similaire à celui existant. Cette capacité est amplement suffisante pour le tonnage journalier (entre 1 et 5 tonnes de racines fraîches) traité dans les *rallanderias*. mais offre une meilleure qualité de lavage des racines.

Tableau 3

Performances des systèmes de lavage-épluchage (valeurs moyennes sur cinq essais)

	Equipement existant	Equipement amélioré
Charge	85 kg	95 kg
Temps de chargement	1,2 min	1,0 min
Temps de lavage	6,0 min	7,0 min
Temps de déchargement	0,7 min	0,4 min
Temps total pour le batch	6,0 min	7,0 min
Capacité horaire	850 kg/h	815 kg/h
Efficacité du lavage *	69 %	79 %

* représenté par la moyenne du pourcentage de la surface « propre » (sans présence de couche liégeuse) par rapport à la surface totale d'une dizaine de racines prises au hasard sur cinq répétitions.

2.2 Râpage

Le système de coupe utilisé consiste en des lames de scie insérées sur un tambour en plastique avec une vitesse de rotation de 2500 trs/min (Jaramillo et Becerra, 1991 ; Perez, 1991). L'efficiencce du système de râpage a été évaluée en comparant l'effet « râpage » R des systèmes d'extraction traditionnel et amélioré (Chuzel, 1992). Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 4.

Le système de coupe permet de libérer beaucoup plus facilement les grains d'amidon lors du râpage et facilite ainsi l'étape d'extraction. Néanmoins, les coûts liés à l'achat et à l'usinage du tambour en plastique sont très élevés en Colombie (de l'ordre de 3 000 ff) ; ceci rend le prix de la râpe incompatible avec les ressources économiques des *rallanderos*. Aussi, nous proposons l'alternative d'utiliser le même principe mais avec des lames de coupe fixées sur un tambour en bois.

Tableau 4

Performances des systèmes de râpage (valeurs moyennes sur cinq essais)

	Equipement existant	Equipement amélioré
Capacité horaire	900 kg/h	1 200 kg/h
Effet « râpage » R	84 %	91 %

2.3 Système d'extraction

Le système retenu pour l'extraction (Muñoz et Otero, 1991) se déroule en deux étapes :

- une étape d'extraction proprement dite dans un extracteur cylindrique (diamètre 0,76 m, hauteur 0,90 m), rotatif (15 trs/min), similaire aux extracteurs traditionnels mais équipé de quatre vis sans fin mécanisées (qui permettent d'améliorer les conditions de mélange entre l'eau et la pulpe de manioc) et d'un tamis externe en maille acier inox ;
- une étape de raffinage du lait d'amidon sur un tamis vibratoire (système bielle/piston).

Les conditions optimales de fonctionnement de l'extracteur cylindrique (Perez, 1992) ont pu être établies comme suit :

- charge de 80 kg correspondant à un ratio charge sur volume utile de 196 kg/m³ ;
- débit d'eau d'extraction de l'ordre de 36 L/min, ce qui correspond au débit relevé dans les *rallanderias* ;
- maille du tamis, mesh 40.

Compte tenu des temps de chargement et de déchargement (5 à 6 min) pour chaque batch, la capacité horaire de l'équipement est estimée à 240-260 kg/h, ce qui correspond aux capacités de traitement des *rallanderias*.

Pour l'équipement amélioré, le pourcentage d'amidon restant dans l'afrecho varie entre 11 et 14 % avec une moyenne de 12,9 % ($\pm 1,1$), contre 16,4 % ($\pm 3,4$) avec l'équipement traditionnel. En ce qui concerne la teneur en fibres du produit final, elle varie entre 0,06 et 0,19 %, sans présenter de corrélation avec les conditions d'extraction. De toute façon, cette teneur reste en adéquation avec les normes généralement retenues pour l'amidon (inférieure à 0,8 %).

Au niveau du rendement final en amidon, le gain uniquement dû à l'équipement d'extraction peut donc être estimé à 6-7 %, soit plus de 22 % de rendement contre 20,8 % avec l'équipement traditionnel.

2.4 Décantation

Outre les pertes élevées dues à l'entraînement d'amidon avec les eaux de vidange, le système de sédimentation en tanks conduit à un contact prolongé entre l'amidon et l'eau surnageante. Ceci induit des modifications physico-chimiques de l'amidon, et par conséquent des modifications de ses propriétés fonctionnelles. Ainsi, l'amidon séparé par sédimentation ne répond souvent pas aux critères requis par le secteur industriel (pH, couleur, viscosité), ce qui freine son accès aux marchés de l'utilisation industrielle.

Le système de sédimentation par canaux est connu depuis fort longtemps (système utilisé dans les années 1960 dans les féculeries malgaches). Actuellement, il est largement répandu au Brésil mais n'a jamais été utilisé en Colombie. Aussi, ce système a-t-il été expérimenté directement dans une *rallanderia* disposée à utiliser cette technique.

Le principe consiste en une précipitation sélective des particules d'une suspension d'amidon en mouvement. La longueur du parcours et la vitesse du courant sont suffisantes pour permettre la sédimentation de la totalité des grains d'amidon sans précipitation simultanée d'autres particules plus légères (protéines, fibres, impuretés...) Cette vitesse ne doit cependant pas dépasser une valeur critique à partir de laquelle le mouvement se transforme de laminaire à turbulent, conduisant à une mauvaise sédimentation de l'amidon (par entraînement de la *mancha*) et à des pertes d'amidon dans l'eau en sortie de canal. Dans la pratique, la vitesse du courant doit se situer entre 4 et 10 m/min avec une longueur du parcours de 120 à 150 m (Pinto, 1990). La largeur et la pente du canal dépendent principalement du débit et de la concentration du lait d'amidon.

Compte tenu des surfaces disponibles dans la *rallanderia* où cette technique a été testée, le système de décantation a constitué en une série de 10 canaux en zigzag (longueur 12 m × largeur 45 cm × hauteur 50 cm), ayant une pente longitudinale de 0,2 % avec les parois revêtues de carreaux en faïence. Ces canaux débouchent sur un tank de décantation de 25 m³ destiné à récupérer la « mancha ».

Outre la réduction des pertes d'amidon dans les eaux de vidange et la limitation de la pollution de l'environnement, les performances obtenues avec cette technique sont bien supérieures à celles du système traditionnel en tanks de décantation. Le rendement final en amidon est augmenté de 10 %, comme le montre le tableau 5 (Chuzel, 1992).

Tableau 5
Comparaison des systèmes de décantation en tanks et en canaux

	Tanks de décantation	Canaux de sédimentation
Rendement d'extraction amidon extrait/manioc	20,8 % *	23 %
Efficiéce d'extraction amidon final/amidon initial	57,3 % *	69 %

Du fait de la précipitation sélective en fonction du poids, ce système de sédimentation en canaux permet également de différencier des qualités d'amidon tout le long des canaux, comme l'indique le tableau 6. Ainsi, les producteurs peuvent disposer de différentes qualités d'amidon à proposer à des clients industriels potentiels.

Tableau 6
Évolution de la qualité des amidons en fonction du nombre de canaux

# Canaux	% d'amidon obtenu	Teneur en amidon	Teneur en fibres	Pulpe (mL)	pH
1 et 2	50 %	98 %	0,3 %	1	5,7
3, 4 et 5	39 %	97 %	0,4 %	6	5,5
6 à 10	11 %	96 %	0,4 %	12	6,4

* Valeurs moyennes obtenues avec le système traditionnel de séparation de l'amidon.

Conclusion

Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude ont mis en évidence les possibilités d'amélioration des équipements traditionnels d'extraction de l'amidon de manioc, tout en reprenant les principes technologiques développés par les producteurs eux-mêmes. Les innovations apportées devraient ainsi être facilement adoptées par ces producteurs ; elles leur permettraient alors de disposer d'outils plus performants et d'améliorer la qualité de leur produit.

Bibliographie

- APONTE (C. H.), FERRUCHO (R.), 1990 - *Diseño de una maquina lavadora peladora de yuca*. Tesis de grado, Programa de ingeniera mecanica, corporación universitaria autonoma del occidente, Cali, 89 p.
- BECERRA (S.), GONZALEZ (L. G.), 1991 - *Evaluación tecnica-economica de la tecnologia existente y nueva para la extracción del almidon de yuca*. Tesis de grado, corporación universitaria autonoma del occidente, division de ingenieria, programa de ingenieria Industrial, Cali, 178 p.
- CHUZEL (G.), 1990 a - « Almidón de yuca, uso actual y potencialidades ». *Cassava Newsletters*, 15 (1) : 9-11.
- CHUZEL, (G.), 1990 b - « Diagnostico tecnologico de la producción del amidón de yuca en Colombia ». *VI Seminario Anual de Yuca*, INIAP Porto Viejo, Ecuador, 7-9 de Noviembre 1990.
- CHUZEL, (G.), 1991 - « Mejoramiento de los equipos de extracción del amidón de yuca en Colombia ». *VII Seminario Latino-americano y del Caribe de Ciencia y Tecnologia de Alimentos*, San Jose, Costa Rica, 2-6 de Abril 1990.

CHUZEL, (G.), 1992 - *Amélioration technologique et économique du procédé de fabrication de l'amidon aigre de manioc*. Rapport final Contrat CEE TS2A-0225, CIRAD-SAR, Montpellier, 49 p.

CIAT, 1989 - * Produccion y utilizacion del almidon de yuca *. *In Annual Report*, Cassava Program, CIAT, Cali: 33-38.

CIAT, 1990 - * Produccion y utilizacion del almidon de yuca *. *In Annual Report*, Cassava Program, CIAT, Cali : 18-28.

CIAT, 1991 - * Produccion y utilizacion del almidon de yuca *. *In Annual Report*, Cassava Program 1987-1991, CIAT, Cali : 243-250.

JARAMILLO (J. M.), BECERRA (J. F.), 1991 - *Diseño de la maquina ralladora de yuca*. Tesis de grado, programa de ingeniera mecanica, corporación universitaria autonoma de occidente, Cali, 89 p.

MOSQUERA (L.), 1992 - *Evaluación socio-economica de la producción y comercialización de almidón de yuca*. Proyecto CIAT, Documento de trabajo, 64 p.

MOSQUERA, (L.), CHACON (M.P.), 1992 - *Evaluación socio-economica de la producción y comercialización de almidón de yuca en algunos municipios en el Norte del departamento del Cauca*. Tesis de Grado, corporación universitaria autonoma de occidente, Division de Ciencias Economicas y Sociales, Programa Economia, Cali, 148 p.

MUÑOZ (P.), OTERO, (J. C.), 1991 - *Diseño de una maquina tamizadora circular y vibradora para almidón de yuca*. Tesis de grado, programa de ingeniera mecanica, corporación universitaria autonoma de occidente, Cali, 336 p.

PEREZ (D.), 1991 - *Desarrollo de berramienta para el rallado de yuca*. Tesis de grado, plan de estudios de ingeniera mecanica, universidad del Valle, Cali, 122 p.

PEREZ (D.), 1992 - *Reforma mecanica en un sistema rallado-colado para extraccion de almidón de yuca*. Informe de trabajo, CIAT, Junio de 92.

PINTO (R.), 1980 - *Elaboración y usos del almidón de yuca*. ICA, *Boletin tecnico* n° 66, Bogota.

SEDECOM, 1988 - *Mejoramiento tecnologico para plantas de almidón de yuca en el Norte del Cauca*. *Informe* n° 2, Cali, 44 p.

SOTO (O. C.), 1992 - *Levantamiento de planos, historia y funcionamiento de equipos existentes en planta productora de almidón de yuca*. Tesis de grado, programa de ingeniera mecanica, corporación universitaria autonoma de occidente, Cali, 46 p.