

Amélioration d'un système d'extraction par voie humide d'amidon de manioc

Improved equipment for wet cassava starch extraction

G. CHUZEL * & **, D. PEREZ *, D. DUFOUR * & ***,
F. ALARCON *****

* CIRAD-SAR, Montpellier (France)

** UNESP-FCA, Botucatu (Brésil)

*** CIAT, Cali (Colombie)

– Résumé –

L'extraction de l'amidon de manioc par voie humide en Colombie se fait traditionnellement au moyen d'une tamiseuse cylindrique rotative munie de pales internes et revêtue intérieurement d'un tamis en nylon ou en toile. L'extraction sous eau se fait par batch avec un chargement de 60 à 80 kg de pulpe durant 15 à 20 minutes. Cette technologie conduit à une extraction incomplète, plus de 16 % de l'amidon restant dans le tourteau d'extraction. Par ailleurs, le tamisage imparfait du lait d'amidon conduit à la présence de fibres et impuretés dans le produit final.

Une autre technologie peut être également utilisée, avec des performances similaires. L'équipement consiste en une vis sans fin en bois posée sur une toile et formant ainsi une auge. Une proposition d'amélioration du procédé technologique a consisté à combiner ces deux modes d'extraction et d'effectuer un raffinage complémentaire du lait d'amidon.

L'équipement amélioré proposé consiste donc en un extracteur cylindrique rotatif à chargement frontal, tapissé intérieurement d'une maille en inox et muni de quatre vis sans fin mécanisées pour améliorer les conditions de mélange entre la pulpe de manioc et l'eau. Au-dessous du tambour est placé un tamis vibratoire permettant une meilleure purification du lait d'amidon. Une première série d'essais comparatifs entre l'équipement amélioré et celui traditionnel dans les mêmes conditions de fonctionnement a conduit à un gain de performance et d'ordre de 20 % en quantité d'amidon extrait, avec l'équipement amélioré.

Les conditions de fonctionnement de cet équipement ont été ensuite optimisées. Les conditions optimales de fonctionnement correspondent à une charge de 80 kg, un débit d'eau de l'ordre de 36 l/min et une maille de tamis de 40 mesh. Le pourcentage d'amidon restant dans le tourteau varie entre 11 et 14 %, ce qui permet d'obtenir un grain de 6 à 7 % pour le taux d'extraction d'amidon par rapport à l'équipement traditionnel.

- Abstract -

In Colombia, wet cassava starch extraction is traditionally performed using a cylindrical sifter (diameter 0.7 to 1 m ; length 0.8 to 1 m) rotating at 15 to 25 rpm, equipped with internal paddles and covered with nylon or tissue sieve mesh.

A cassava batch (60-80 kg) is washed with water for 15 to 20 min, which corresponds to a capacity of 200-300 kg per hour. The water amount needed is about 8-12 m³ per tonne of cassava roots.

This technology allows non complete extraction, as 16 % of starch still remains in the cattle-cake. Some fibers and impurities are also present in the end-product, due to the insufficient sieving of the extracted « starch milk ».

Another technology similarly efficient is also known. Its consists of using an endless mechanized wooden screw (4-5 m length), fixed on a sieve mesh and forming like a trough.

Technical improvements were proposed. They consist in the combination of both the former extraction technologies and in additional sieving of the « starch milk ».

The improved equipment is a front-loaded cylindrical drum (0.7 × 0.9 m diameter) rotating at 15 rpm and internally covered with inox sieve mesh. This extractor is equiped with four endless mechanized screws (2 on the right and 2 on the left), which allows a better mixing of a cassava pulp and water. A vibratory sifter, made from 120 mesh resistant plastic and located underneath the drum, allows additional refining of the « starch milk ».

Preliminary trials were carried out for comparing the efficiency of traditional and improved equipments, at the same experimental conditions. The pulp load/volume ratio was 97 kg/m³, corresponding to the optimal capacity of the traditional extractor. Efficiency of starch extraction increased (20%) with the improved equipment.

Different experimental conditions were then tested, such as the load of cassava pulp (60, 80 and 100 kg), the water flow (36 and 54 l/min) and the drum internal sieve size (40, 60 and 80 mesh). This experimental design led to the optimisation of the improved equipment running, in terms of processing capacity and starch extraction ratio. Optimal conditions were reported as follows : cassava pulp load (80 kg), pulp load/volume ratio (196 kg/m³), water flow (36 l/min) and sieve size (40 mesh).

As the loading and unloading of the improved extraction equipment last 5 to 6 min for each batch, the processing capacity is then about 240 — 250 kg of cassava pulp per hour. The non-extracted starch, remaining in the cattle-cake, amounts as 11-14 %, which corresponds to 6-7 % increase of starch extraction efficiency, comparing to the traditional extraction equipment.

1. Introduction

La production d'amidon fermenté de manioc est une activité artisanale importante en Colombie avec deux zones de production : le département du Cauca au sud de Cali, et la région de Rio Sucio au nord de Cali. L'originalité du procédé consiste en une étape de fermentation de l'amidon sédimenté durant 3 à 4 semaines avant le séchage au soleil. L'extraction de l'amidon est faite suivant le procédé classique d'extraction par voie humide avec les opérations de lavage et râpage des racines, puis de tamisage de la pulpe sous eau (Chuzel, 1990b, Pinto, 1980) avec une capacité des installations entre 1 et 5 tonnes de racines fraîches par jour.

La production de cet amidon aigre a un impact socio-économique très important dans la mesure où il permet d'une part de valoriser la production locale de manioc qui constitue souvent la seule alternative pour les agriculteurs de ces zones défavorisées et d'autre part de préserver une activité rurale de transformation avec les répercussions qu'elle peut avoir en termes d'emplois ou de stabilisation des populations (SEDECOM, 1988 ; Chuzel, 1992).

Au niveau technologique, les unités de production d'amidon (qui portent le nom de *rallanderias*) présentent un certain degré de mécanisation mais l'efficacité d'extraction reste faible (Pinto, 1980). Les équipements de conception locale datent des années 1960 et ne sont plus adaptés aux exigences actuelles de productivité et hygiène (Chuzel, 1991). En particulier, l'étape d'extraction constitue l'un des goulots d'étranglement de ce procédé artisanal, avec un tourteau d'extraction (appelé *afrecho*) contenant jusqu'à 20 % d'amidon et une capacité entre 200 et 300 kg/h (CIAT, 1989 ; Chuzel, 1990 a, b). L'équipement le plus couramment utilisé (SEDECOM, 1988 ; Becerra et Gonzalez, 1991 ; Soto, 1992) est constitué d'un cylindre rotatif équipé de pales internes et revêtu d'un tamis en tissu parfois en nylon ou en bronze. Le procédé est discontinu, avec des traitements par batch de 60 à 80 kg de pulpe durant 15 à 20 minutes, l'opérateur arrêtant l'extraction, quand le lait d'amidon est suffisamment clair.

L'autre système rencontré, uniquement dans quelques *rallanderias* de la région de Rio Sucio, est constitué d'une vis sans fin taillée dans un tronc d'arbre de 3 à 4 m de long qui repose sur un tissu tendu en forme d'auge avec une alimentation en eau tout au long de cette vis.

Utilisant les principes rencontrés localement, un nouveau système d'extraction a été conçu (Muñoz et Otero, 1991 ; Perez, 1992) et ses performances ont été testées et comparées avec celles du système rotatif actuel.

2. Matériels et méthodes

2.1. Conditions expérimentales

Le système retenu pour l'extraction se déroule en deux étapes :

- une étape d'extraction proprement dite dans un extracteur cylindrique (\varnothing 0,76 \times 0,90 m), rotatif (15 trs/min) similaire aux extracteurs traditionnels, mais équipé de quatre vis sans fin mécanisées permettant d'améliorer les conditions de mélange entre l'eau et la pulpe de manioc et avec une maille en acier inox externe (voir figures 1 et 2) ;

- une étape de raffinage du lait d'amidon sur un tamis vibratoire (système bielle/piston). Un tamis en plastique résistant utilisé dans l'industrie papetière d'une maille de 100 mesh a été retenu.

De manière à comparer ce système avec le système actuel, une première série d'essais (E1) a été réalisée à Mandiva (Cauca) dans la *rallanderia* Yuca Ltda, où a été installé l'équipement pilote, en parallèle avec un équipement traditionnel : le même ratio charge/volume dans les conditions de fonctionnement optimum de l'extracteur traditionnel, a été utilisé (97 kg/m³), avec un débit d'eau disponible de l'ordre de 35 l/min. L'équipement pilote disposait d'un tamis de maille 80 mesh.

Les essais (série E2) ont ensuite été conduits sur la plate forme expérimentale de la Seccion Utilización de yuca du CIAT à Cali pour optimiser les conditions de fonctionnement de cet équipement amélioré en fonction des paramètres charge (60, 80, 100 et 120 kg de pulpe), débit d'eau (36 et 54 l/min) et maille du tamis de l'extracteur (40, 60 et 80 mesh).

Les racines de manioc provenant de champs expérimentaux du CIAT (variétés CMC 76 et CM 1918-3) ont été lavées et râpées dans les conditions normales du procédé traditionnel.

2.2. Suivi expérimental

La concentration du lait d'amidon a été suivie par détermination du degré Baumé sur un échantillon prélevé chaque minute et la quantité d'amidon extraite a été déterminée à partir du débit de l'eau utilisée.

Les teneurs en fibres et en amidon de l'*afrecho* obtenu et de l'amidon extrait ont été déterminées.

3. Résultats et discussions

3.1 Comparaison avec le système traditionnel

Lors de l'essai E1, l'intérêt du système de mélange en termes d'efficacité au niveau de l'extraction a pu être clairement démontré : la figure 3 donne l'évolution comparative de la concentration du lait d'amidon durant une extraction.

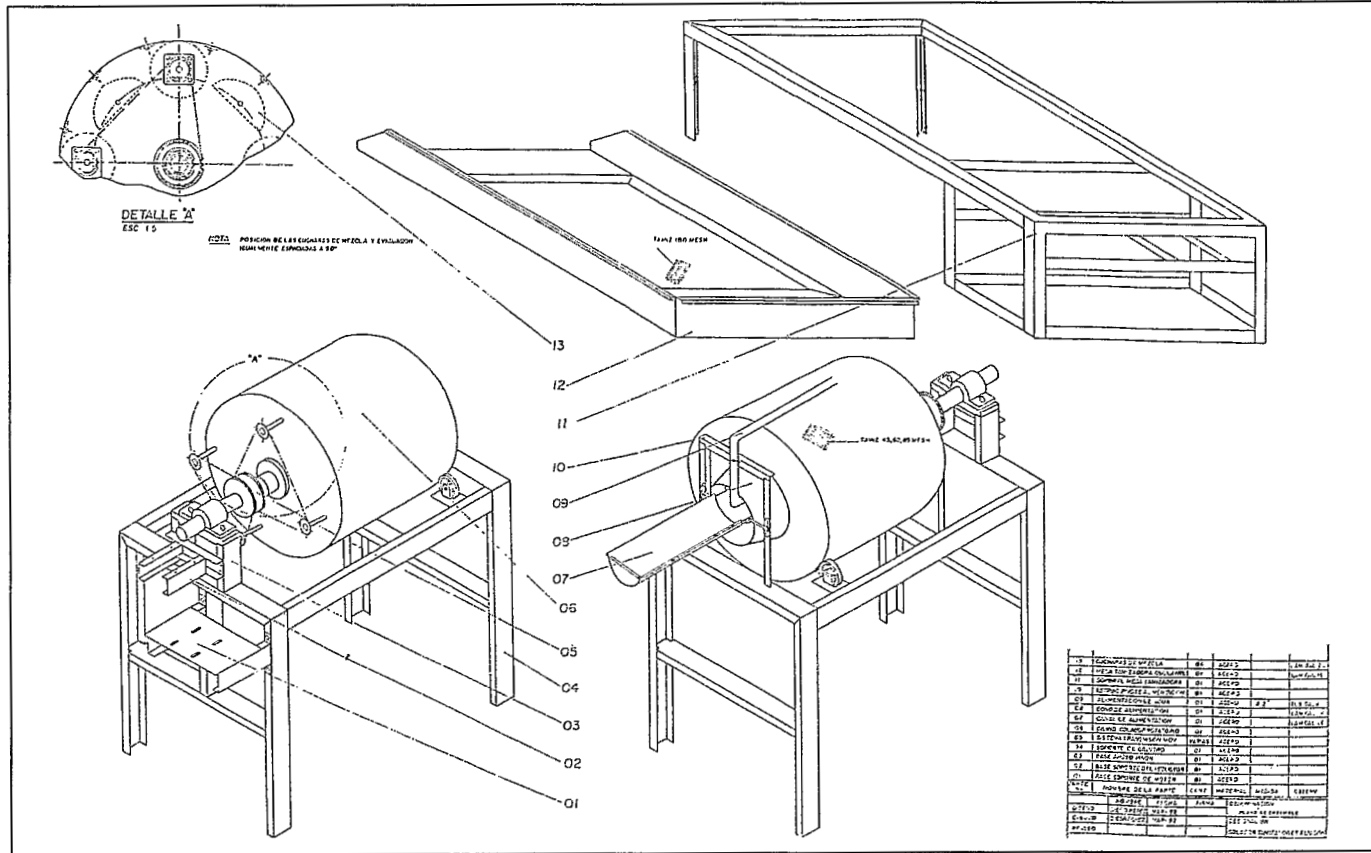


Figure 1
Vues d'ensemble du système d'extraction amélioré (d'après Perez, 1992)

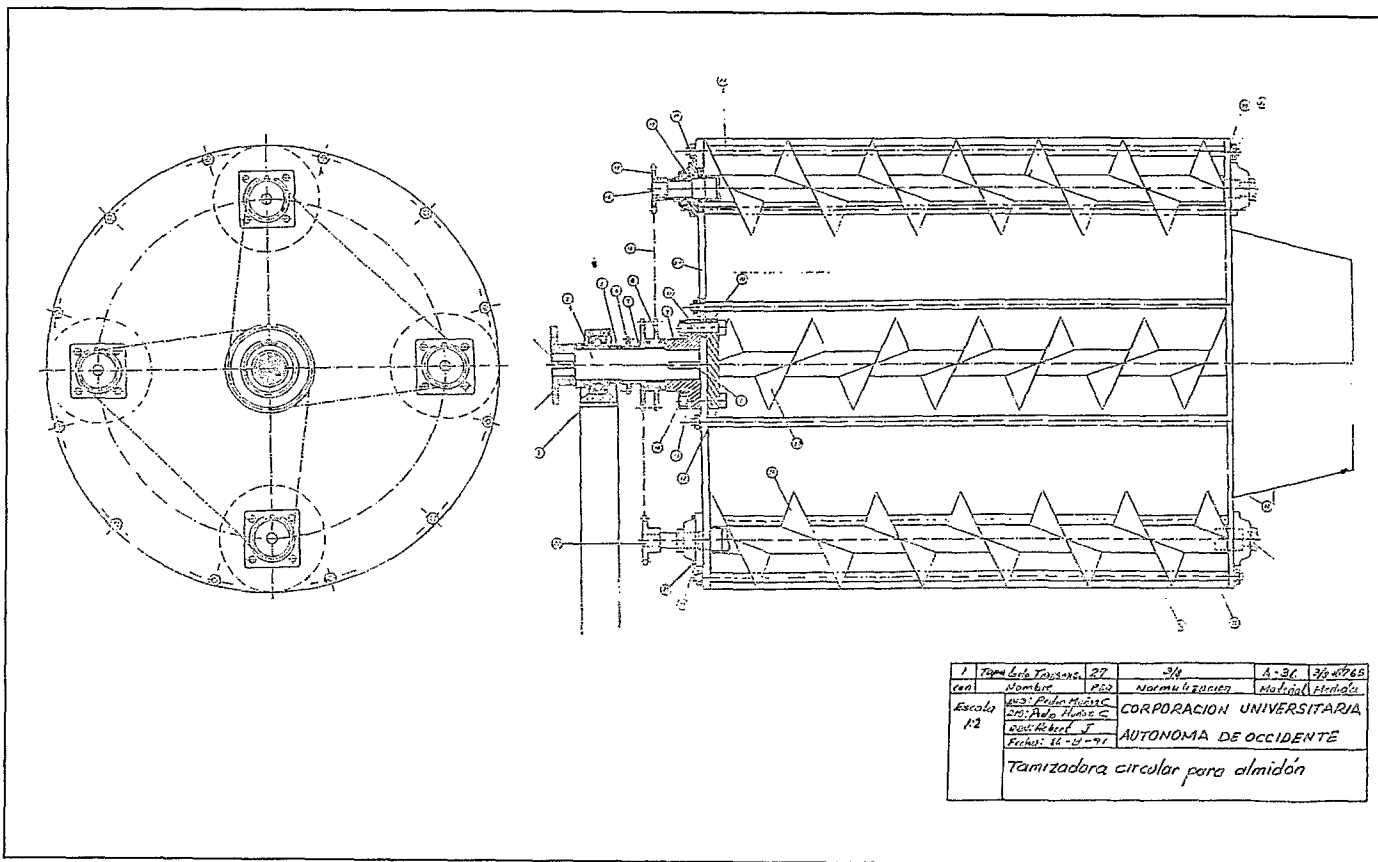


Figure 2
 Détails de l'extracteur amélioré rotatif (d'après Muñoz et Otero, 1991)

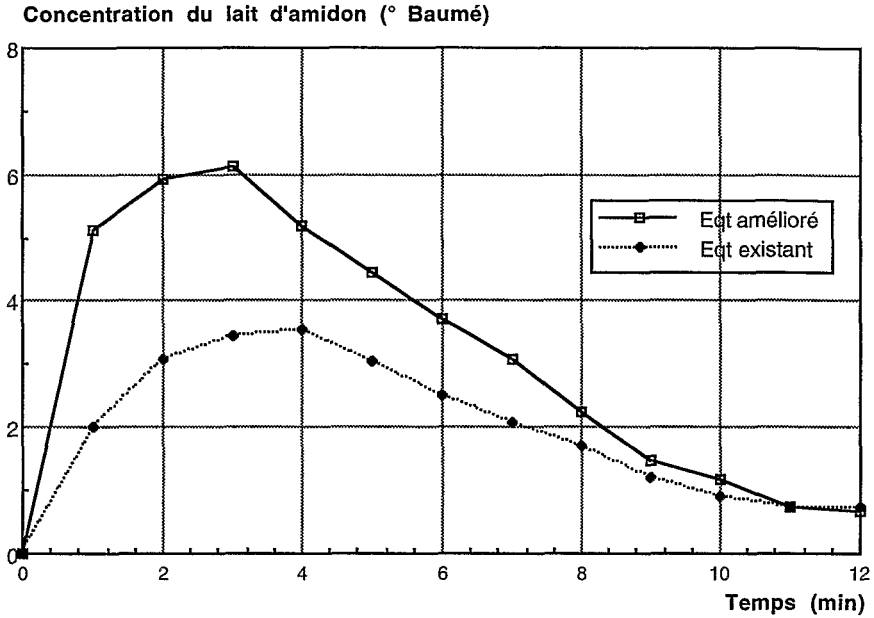


Figure 3

Evolution de la concentration du lait d'amidon durant l'extraction pour l'équipement traditionnel et l'équipement amélioré

Néanmoins, comme le montre les résultats obtenus au tableau 1, l'équipement amélioré ne présente pas une capacité de traitement supérieure à celle de l'équipement traditionnel *dans les conditions de fonctionnement retenues* (ratio charge sur volume de 97 kg/m³).

Mais, le dispositif de vis de mélange devrait permettre de réaliser une extraction dans de bonnes conditions avec des chargements beaucoup plus importants (essais E2) que ceux retenus dans l'essai comparatif E1.

Tableau 1

Performances des systèmes d'extraction (valeurs moyennes sur cinq essais) avec un chargement de 97 kg/m³ et un débit d'eau de 35 l/min.

	Équipement existant	Équipement amélioré
Charge	54 kg	40 kg
Temps de chargement	1,4 min	1,2 min
Temps d'extraction	9,0 min	12,0 min
Temps de déchargement	1,6 min	1,6 min
Temps total pour le batch	15,0 min	15,0 min
Capacité horaire	220 kg/h	160 kg/h

3.2. Influence du chargement

Pour des chargements de 60, 80 et 100 kg de pulpe, les temps d'extraction obtenus avec un débit d'eau de 36 l/min qui correspond au débit d'eau moyen disponible dans les *rallanderias*, ont été respectivement de 15, 17 et 18 minutes ; un chargement de 120 kg constitue la limite supérieure compte tenu des dimensions du cylindre et de la bouche de chargement.

Une augmentation de débit permet de réduire notablement le temps d'extraction : 10 minutes avec un débit de 54 l/min (soit 50 % de plus), au lieu des 15 obtenues pour une charge de 60 kg.

3.3 Optimisation des conditions de fonctionnement

Une série d'essais a été réalisée avec des mailles de 40, 60 et 80 mesh avec une charge de 80 kg (variété CM 1918-3) et des débits d'eau de 36 et 54 l/min.

Comme l'illustre la figure 4 qui donne la quantité d'amidon extrait, les temps d'extraction sont similaires mais le taux d'extraction croît avec le numéro de mesh de la maille de l'extracteur cylindrique.

Un diagramme similaire (figure 5) est obtenu avec un débit de 54 l/min : le temps d'extraction est ramené à 10 minutes mais la quantité d'amidon obtenue en fin d'extraction est moindre comme l'indique le tableau 2.

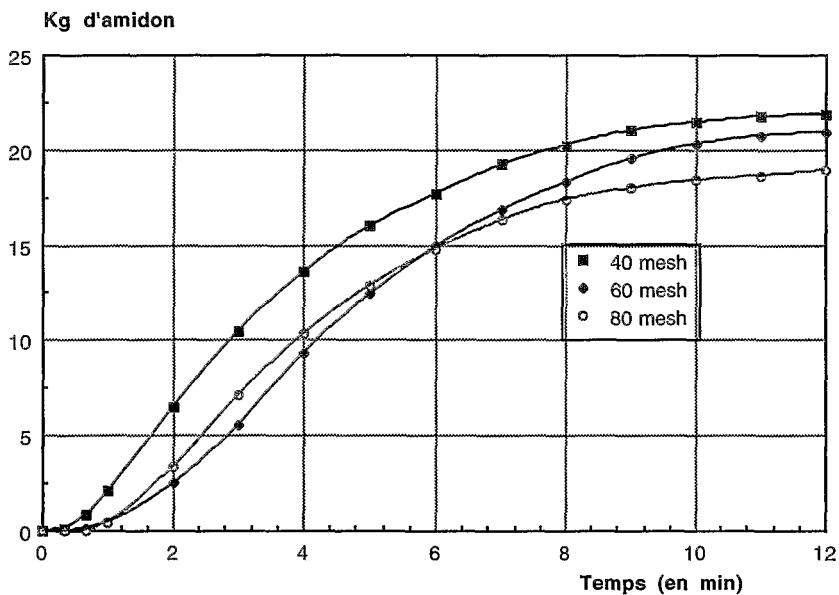


Figure 4

Evolution de la quantité d'amidon extraite en fonction du temps : débit d'eau de 36 l/min

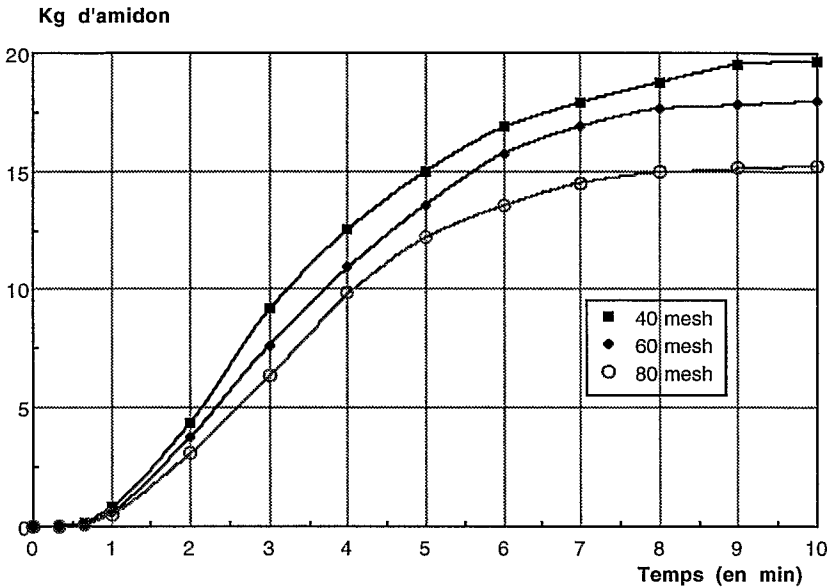


Figure 5

Evolution de la quantité d'amidon extraite en fonction du temps : débit d'eau de 54 l/min

En ce qui concerne la teneur en fibres du produit final, elle varie entre 0.06 et 0.19 %, sans présenter une corrélation avec les conditions d'extraction et reste de toute manière dans les normes généralement retenues pour un amidon (teneur en fibres inférieure à 0.8 %).

Tableau 2

Quantité d'amidon extrait (en kg) en fonction du mesh de la maille et du débit

	36 l/min	54 l/min
40 mesh	21,9	19,7
60 mesh	21,0	18,0
80 mesh	18,9	15,5

Ainsi, les conditions optimales de fonctionnement de l'extracteur cylindrique sont les suivantes :

- 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 ;
- maille de mesh 40.

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

Le pourcentage d'amidon qui reste dans l'*afrecho* varie entre 11 et 14 % avec une moyenne de 12,9 % ($\pm 1,1$) à comparer aux 16,4 % ($\pm 3,4$) obtenus avec l'équipement traditionnel.

Conclusions

L'équipement amélioré, basé sur des principes technologiques similaires aux équipements traditionnels, permet, dans les conditions optimales de fonctionnement déterminées, d'une part d'assurer une capacité d'extraction de l'ordre de 240 à 260 kg de pulpe par heure, du même ordre de grandeur que les capacités installées des *rallanderias* et d'autre part de diminuer les pertes en amidon dans l'étape d'extraction.

Le gain au niveau du rendement final en amidon, dû au seul équipement d'extraction amélioré, peut être estimé entre 6 et 7 %, conduisant à un rendement en amidon au niveau d'une unité d'extraction de plus de 22 % par rapport au 20,8 % obtenus avec la technologie traditionnelle. Ce gain en amidon extrait devrait justifier le surcoût lié à la construction de l'équipement amélioré.

Bibliographie

BECERRA (S.), GONZALEZ (L.G.), 1991 - *Evaluación técnica-económica de la tecnología existente y nueva para la extracción del almidón de yuca*. Tesis de grado, Corporación universitaria autónoma del occidente, División de ingeniería, Programa de ingeniería industrial, Cali, 178 p.

CHUZEL (G.), 1990a - Almidón de yuca, uso actual y potencialidades. *Cassava Newsletters*, 15 (1) : 9-11.

CHUZEL (G.), 1990b - « Diagnostico tecnológico de la producción del almidón de yuca en Colombia ». In *VI Seminario anual de yuca*, INIAP Porto Viejo, Ecuador, 7-9 de Noviembre 1990.

CHUZEL (G.), 1991 - « Mejoramiento de los equipos de extracción del almidón de yuca en Colombia ». In *VII Seminario latino-americano y del Caribe de ciencia y tecnología 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*. In Dufour (D.), Griffon (D.), éd. : *Amélioration de la qualité des produits fermentés à base de manioc*. Rapport final Contrat CEE TS2A-0225, CIRAD, Montpellier, France, 49 p.

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

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.), 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.