

---

**RECUPERAÇÃO DE AMIDOS REMANESCENTES EM RESÍDUOS DE EXTRAÇÃO DA  
FÉCULA DE MANDIOCA**

Extraction of starches in cassava residue

Neusa Maria Pavão BATTAGLINI<sup>1</sup>Cláudio CABELLO<sup>2</sup>Ana Paula Cerino COUTINHO<sup>3</sup>Ricardo Kazuyuki TOKURA<sup>4</sup>

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo analisar a recuperação do amido residual decorrente do processo de extração de amido em resíduos de mandioca. O tratamento enzimático convencional para a recuperação do amido residual que se encontra encapsulado dentro das células nos amiloplastos e também ligados à parede celular requer um sistema de agitação e mistura, que realize eficientemente o contato do catalisador e simultaneamente aplique uma otimizada energia a esta operação. Neste estudo, a amostra ligno-celulósica foi agitada em um tanque que funcionou como reator, por tempo determinado, em diferentes concentrações de enzimas, rotações e à temperaturas constantes. Em cada ensaio, foram determinadas as características do produto final, como a densidade, viscosidade e as concentrações de amido residual e açúcares redutores totais. O melhor rendimento do processo ocorreu quando foram utilizados: tempo de processo 80 minutos; concentração de enzimas 1,5 KNU/ g de amido; agitação 15 rpm e temperatura 80° C sendo que a recuperação do amido foi de 69,3% com um consumo de energia de 34,7J.

**Palavras-chave:** amido, enzima, agitação

**SUMMARY**

This study had as objective analyzes the recovery of the residual starch due to the process of extraction of starch in cassava residues. The conventional enzymatic treatment for the recovery of the residual starch that one find encapsulated inside of the cells in the amyloplasts and also linked to the cellular wall it requests an agitation system and mixture, that it accomplishes the contact of the catalyst efficiently and simultaneously wall light an optimized energy the this operation. In this study, the sample lignocelulosic was agitated in a tank that worked as reactor, for certain time, in

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Depto de Física, Faculdade de Ciências -UNESP, Bauru – SP, Fone: (14) 3103-6084 neusapb@fc.unesp.br

<sup>2</sup> Centro de Raízes e Amidos Tropicais- CERAT/ UNESP, Botucatu–SP

<sup>3</sup> Universidade do Sagrado Coração- USC- Bauru-SP

<sup>4</sup> Aluno de Iniciação Científica- Unesp

different concentrations of enzymes, rotations and to constant temperatures. In each rehearsal, they were certain the characteristics of the final product, as the density, viscosity and the concentrations of residual starch and sugars total reducers. The movement of the product inside the tank was verified adding a blue color. The best income of the process happened when they were used: time of process 80 minutes; concentration of enzymes 1,5 KNU / g of starch; agitation 15 rpm and temperature 80°C and the recovery of the starch was of 69,3%, with a consumption of energy of 34,7J.

**Keywords:** starch, enzyme, agitation

## INTRODUÇÃO

O processo de extração de amido de raízes tropicais produz um resíduo que possui acima de 75% amido residual (peso seco). Esse amido residual encapsulado nas células dos amiloplastos pode ser recuperado pelo tratamento dos componentes ligno-celulósicos num processo de agitação com controle de temperatura e tornar-se um sub-produto para as agro-indústrias extratoras de amido. O amido é fonte de carbono para muitos processos na indústria de alimentos, tendo aplicação entre outras, como agente espessante, aglutinante e estabilizante, podendo ser utilizado em sopas, salsicharia e embutidos cárneos, molhos, cremes, etc. Outros segmentos industriais consumidores de amidos são as indústrias papeleira, de embalagens, adesivos, têxteis, tintas, construção civil e química (Orstertag 1994). A remoção dos amidos remanescentes no resíduo é feita pela sua solubilização que só é possível realizar economicamente aplicando temperaturas, agitação e catalizadores em suspensões. Na agitação são produzidas correntes de circulação na massa fluida que podem potencializar a ação enzimática por possibilitar que o catalisador participe mais

eficientemente nas reações de hidrólise que ocorrem nos grânulos de amido e nas paredes celulares. (REEVE,1992. A relação entre a potência consumida ( $P$ ) e o tempo de operação ( $\theta$ ) do sistema de agitação para produzir o contato do catalisador com o amido residual do farelo deve ser considerada na avaliação do sistema.

O cálculo da potência ( $P$ ) quando se utiliza um misturador pode ser feito, segundo Steffe, 1992 pelo torque ( $M$ ) no eixo do impelidor e pela rotação dos agitadores ( $N$ ) de acordo com a expressão:  $P = MN$

Este trabalho teve como objetivos analisar a combinação de um sistema de agitação com catalisadores enzimático e ácido para a hidrólise e solubilização dos amidos remanescentes nos resíduos gerados pela agroundustrialização da mandioca.

## MATERIAL E MÉTODOS

O resíduo foi obtido em agroindústria de processamento de mandioca ao final do processo de extração da fécula de um mesmo lote de matéria prima, embalado em saco de PVC em porções de aproximadamente 2,0 kg e estocado em congelador a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Para cada ensaio

realizado, a porção a ser usada era descongelada por um período de 12 horas. A caracterização físico-química quanto ao teor de umidade, concentração de matéria graxa, proteínas, fibras totais, teor de cinzas, pH e

concentração de açúcares solúveis foi feita de acordo com a metodologia da AOAC, 1990. No Quadro 1 estão os resultados das análises físico-químicas do farelo usado.

Quadro 1 - Análises físico-químicas do farelo previamente secado em estufa de circulação efetuada com 03 repetições.

Tipo de análise	Farelo de mandioca		
Umidade (%)	10,57	10,39	10,72
Medidas em peso seco			
Amido (%)	68,00	67,80	67,90
Fibras (%)	23,61	23,00	23,56
Matéria graxa (%)	2,76	2,69	2,82
Açúcares solúveis (%)	1,11	1,13	1,35
Proteínas (%)	1,65	1,67	1,64
Cinzas (%)	1,68	1,65	1,66
Acidez (%)	6,57	6,60	6,57

A determinação da concentração de amido no farelo foi feita com uma amostra do farelo que, primeiramente foi seco em temperatura de 55°C e posteriormente moído e peneirado em malha 0,25 mm. Dessa amostra foi coletada 300 mg que foi novamente seco em estufa a 105°C até peso constante e então colocado em um erlenmeyer de 250 mL onde foram adicionados 42 mL de água destilada e 1 mL de solução comercial de  $\alpha$ -amilase previamente preparada com a diluição em água destilada deionizada com igual volume de solução de enzima  $\alpha$ -amilase Termamyl 120L da Novo Nordisk, que possui 120 KNU (unidade enzimática estabelecida pelo fabricante). Após homogeneização, o

erlenmeyer foi colocado no banho-maria com agitação suave e sob temperatura de 90°C durante 20 minutos.

No erlenmeyer foram adicionados 5 mL de solução de enzima amiloglicosidase previamente preparada com a diluição de 10 mg em 1 mL de água destilada e deionizada com 5 mL de solução de enzima AMG 400 da Novo Nordisk que possui em cada mL desta solução 400 AGU (unidade enzimática estabelecida pelo fabricante) e colocados em banho-maria sob agitação por mais 55 minutos. A amostra foi retirada, resfriada em temperatura ambiente e transferida quantitativamente para um balão volumétrico sendo completado com água destilada até 250 mL

Transferiu-se uma alíquota de 5 mL da solução diluída para um balão volumétrico de 100 mL adicionando aproximadamente 50 mL de água e neutralizando com solução de hidróxido de sódio 2N até pH 7 e posteriormente completando seu volume com água destilada. A seguir filtrou-se com papel de filtro quantitativo, recebendo o filtrado em um bécker.

Do material filtrado foi feita a dosagem de açúcar redutor (AR), Equação 2, conforme método de Somogy e Nelson:

$$\% \text{ amido}(\text{base úmida}) = \frac{\% \text{ AR} - \% \text{ de solúveis}}{\text{peso da amostra}} \quad (2)$$

Nas amostras diluídas obtidas nos diversos ensaios de hidrólise foram realizadas determinações da concentração de carbono orgânico total utilizando um espectrofotômetro gasoso de absorção no infravermelho marca Shimadzu modelo TOC 5000 A. Cada amostra foi previamente filtrada em membrana 0,22  $\mu\text{m}$  para remoção de particulado insolúvel e foi tomado o valor médio de 03 (três) injeções de amostras consecutivas para determinar a concentração em ppm de carbono. Amostra padrão de biftalato de potássio ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_4\text{K}$ ) equivalente a 1000 ppm de carbono foi injetada para efetuar ajustes na curva de calibração.

A transformação das medidas de ppm de carbono em equivalente concentração de amido foi realizada utilizando a equação:

$$\text{Amido} = \frac{\text{TOC (ppm)} \times 2,25 \times d \text{ (g/L)}}{1000} \quad (3)$$

$$1000$$

onde: TOC – conc. carbono orgânico total e  
d – fator de diluição

O rendimento do processo de hidrólise é definido como a porcentagem de amido que foi removido do farelo e transformado em glicose. Considerando a utilização de um fator de conversão de 90%, assumiu-se que “ 100,0 g de amido produzem 100,0 g de glicose”. A equação para o rendimento ficou definida como:

$$\text{Rend}(\%) = \frac{\text{conc. glicose no hidrolisado}}{\text{conc. amido no farelo}} \times 100 \quad (4)$$

O sistema de agitação utilizado para potencializar a ação das enzimas é composto pelo tanque de reação com volume útil de 2 L, pelo impelidor âncora colocado centrado e introduzido verticalmente, por uma unidade de medidas que fornece a viscosidade e as mudanças do valor do torque obtido indiretamente no eixo do impelidor. O vaso de agitação tem uma jaqueta de condicionamento térmico, com circulação externa para um banho termostático que mantém a temperatura de trabalho definida pelo operador e indicada por um termopar colocado no interior da amostra. A Figura 1 mostra o sistema de agitação e a âncora usada durante o processo.

O resíduo com 7% de massa seca foi colocado no tanque de agitação (reator) e agitado continuamente a 15, 30 e 45 rpm, à 70, 80 e 90°C. Em ensaios separados adicionou-se enzima e ácido nas concentrações de 1,5 KNU/g de matéria seca e 6% respectivamente. As amostras foram coletadas a cada 5, 10 e 30 minutos, no tempo total de 360 minutos, para verificação

da concentração de açúcares redutores e concentração de carbono pelo analisador total de carbono e, então calculado o rendimento. A duração do processo foi determinada pela estabilização e concentração de açúcares redutores o que indicaria a quantidade de amido extraído do resíduo.



(a)



(b)

Figura 1. (a) Sistema de agitação; (b) Impelidor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra, em seqüência, o movimento do produto dentro do tanque quando é feita a agitação com a âncora. Observa-se que a massa gira ao redor do

eixo característica desse tipo de impelidor. Na Figura 3 pode-se observar a corrente de circulação dentro da massa do resíduo de mandioca. Durante o processo foi adicionado um corante azul para visualizar o fluxo produzido pelo impelidor.



Figura 2. Movimento do farelo de mandioca dentro do tanque durante a agitação com o impelidor âncora.



Figura 3. Correntes de circulação dentro do tanque.

As Figuras 4 e 5 mostram o rendimento do processo nas condições: umidade 93% ou 7% matéria seca;

temperatura de 70, 80, 90°C, rotações constantes de 15, 30 e 45rpm com catalisadores ácido e enzima

respectivamente. Os ensaios mostraram que a recuperação do amido é crescente até, aproximadamente, 100 min de operação do sistema. Após esse tempo, tende-se a se estabilizar com algumas flutuações. No processo em que é usado o catalisador ácido observa-se pequeno aumento na

recuperação do amido até, aproximadamente 120 min de operação do sistema. A partir desse tempo a recuperação é crescente sendo, entretanto inferior ao obtido com a enzima, dentro do intervalo de operação em que foram realizados os testes.

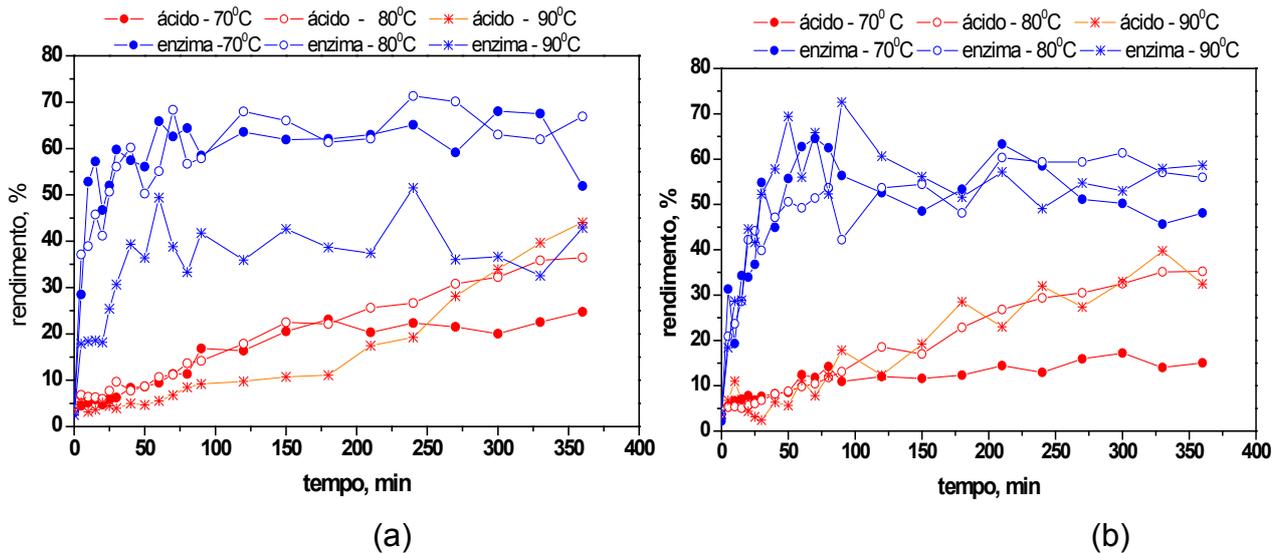


Figura 4 Rendimento da recuperação do amido em função do tempo de processo: (a)15 rpm, (b) 30rpm

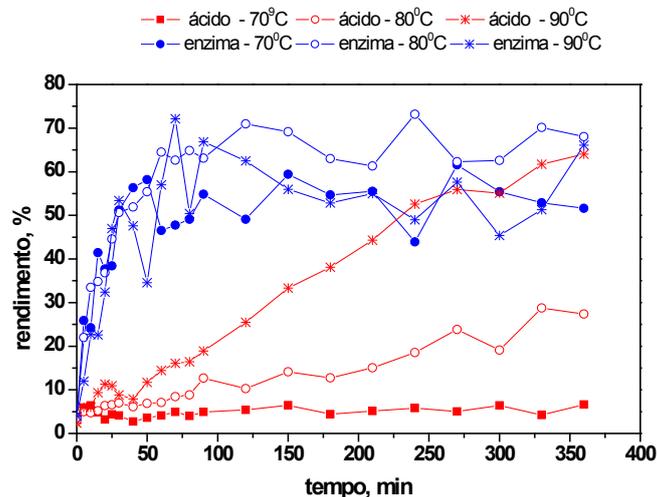


Figura 5. Rendimento da recuperação do amido - 45 rpm.

Para uma melhor análise procuramos verificar o rendimento máximo médio obtidos durante os ensaios. Observa-

se que os ensaios com o catalisador ácido o rendimento máximo atingido tende a manter-se constante para a temperatura de 70°C,

para as temperaturas de ensaios de 80°C e 90°C observa-se que o rendimento continua crescente com o tempo de agitação.

Os valores mais significativos de rendimento ocorreram em processos utilizando o catalisador enzima . O melhor resultado obtido foi com a utilização do catalisador enzima a 1,5 KNU (unidades de enzimas da NOVO) por grama de amido existente no resíduo com a agitação de 15 rpm e temperatura de processo a 80°C, obtendo 54,8 g/l de glicose, correspondendo a uma recuperação de 69,3% do amido residual.

Como a energia consumida num processo é o parâmetro que deve ser

analisado, verificou-se em que condições de operação o sistema de agitação obteve o maior teor de extração do amido de resíduos lignos-celulósicos da industrialização de mandioca com um menor consumo de energia.

A energia ( $E$ ) requerida durante a operação foi calculada pela relação entre a potência consumida ( $P$ ) e o tempo de operação ( $\theta$ ) do sistema. A potência foi calculada pela relação 1. A energia consumida e o rendimento de recuperação do amido durante a operação de agitação estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Energia consumida e o rendimento de recuperação do amido durante a operação de agitação.

	70°C			80°C			90°C		
	15 (rpm)	30 (rpm)	45 (rpm)	15 (rpm)	30 (rpm)	45 (rpm)	15 (rpm)	30 (rpm)	45 (rpm)
<b>ENZIMA</b>									
<b>ENERGIA (J)</b>	45,91	98,9	129,8	34,7	78,0 J	115,5	30,5	63,1	101,7
<b>REND. (%)</b>	63,9	49,1	53,4	69,3	58,9	65,9	42,0	56,5	55,7
<b>ÁCIDO</b>									
<b>ENERGIA (J)</b>	25,24	61,0	73,5	14,8	34,5	59,2	12,3	16,7	28,5
<b>REND. (%)</b>	24,74	15,1	6,6	36,5	35,2	28,7	44,0	32,5	64,0

O Quadro 02 mostra que o maior rendimento médio (69,3%) ocorreu nas condições de processo para temperatura 80°C e o sistema operando a 15 rpm com um consumo de energia de  $34,7 \times 10^4$  J. Outras

condições de operação com a enzima apresentam rendimentos próximos a este, entretanto o consumo de energia é maior o que pode inviabilizar a operação. No caso do uso do catalisador ácido observa-se que a

curva do rendimento é crescente com o tempo de operação, atingindo o maior valor para um tempo de aproximadamente 360 min enquanto que com a enzima o rendimento praticamente estabiliza no valor máximo após 80 minutos.

## CONCLUSÕES

As técnicas experimentais e de análises dos resultados desenvolvidas neste trabalho permitiram concluir que o sistema de agitação utilizando impelidores do tipo âncora num reator com aquecimento nas paredes mostrou-se adequado para realizar a extração do amido tanto para o catalisador ácido como para o catalisador enzima. A âncora produziu na massa contida no reator, um movimento de circulação predominantemente tangencial responsável pelo movimento da massa ao redor do eixo, porém os orifícios na pá do impelidor possibilitaram uma melhor ação de mistura dentro do reator e conseqüentemente a transferência de calor das paredes para o meio reacional. O melhor rendimento do processo ocorreu quando foram utilizados: tempo de processo 120 minutos; concentração de enzimas 1,5 KNU/ g de

amido; agitação 15 rpm e a temperatura de 80° C sendo que a recuperação do amido foi de 69,3%.

## REFERÊNCIAS

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists) **Official Methods of Analysis**. Editet by Sidney Willians. 14 ed. Arlington, 1984.

OSTERTAG, C. F. Produccion y mercados mundiales del almidon. In: INTERNATIONAL MEETING ON CASSAVA FLOUR AND STARCH, 1, 1994, Cali. **Anais...** Cali: sn, 1924. p. 28.

SOMOGY, M. Determination of blood sugar. **J. Biol. Chem.**, 160, (1945), p. 69-73.

STEEFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. East Lasing: Freeman Press, 1992. 226 p.

## AGRADECIMENTO

Agradecimento ao apoio financeiro da FAPESP- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo