

ANÁLISE DA FIBRA RESIDUAL DO FARELO DE MANDIOCA APÓS TRATAMENTO HIDROTÉRMICO

Quantification of the residual fiber from cassava bran after hydrothermal treatment

Irene Miuki SAITO¹

Cláudio CABELLO²

Romualdo Shiguelo FUKUSHIMA³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar as fibras residuais do farelo de mandioca proveniente do processamento agroindustrial de raízes de mandioca. Após pré-tratamento hidrotérmico do farelo com fluído subcrítico e catalisador ácido, houve solubilização e hidrólise do amido, resultando em maior concentração da porção fibrosa do farelo no resíduo. As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra total (FT) revelaram aumento de 38,26 para 88,34% de FDN, 33,74 para 88,00% de FDA e de 16,64 para 68,65% de FT, resultado da eficiência do tratamento, colocando em evidência a ausência do amido presente no farelo. Devido a alta concentração de fibras insolúveis, este subproduto contendo fibra residual poderá ser usado pela indústria alimentícia, direcionando-o tanto para a alimentação humana como para animal.

Palavras-chave: farelo de mandioca, fibra insolúvel, resíduo agroindustrial.

SUMMARY

This work aimed to quantify the residual fibers from cassava bran, a by-product from agro-industrial processing of cassava roots. Hydrothermal pretreatment of cassava with sub-critical fluid and acid catalysis solubilized and hydrolyzed starch, resulting in higher concentration of the bran fibrous portion in the residue. Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and total fiber (TF) analysis backed up this observation by showing that NDF increased from 38.26 up to 88.34%, ADF increased from 33.74 up to 88.00% and FT went from 16.64 to 68.65%, result of the treatment efficiency, evidencing the absence of the starch in the bran. This high residual fiber by-product can be used by the food industry, targeting it to either human or animal nutrition.

Keywords: cassava bran, fibers, residue.

¹ Bolsista Pós-Doutorado no CERAT/UNESP/Botucatu, e-mail imsaito@fca.unesp.br

² Prof. Dr. Diretor CERAT/Botucatu, e-mail dircerat@fca.unesp.br

³ Prof. Associado da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - USP, Pirassununga, e-mail rsfukush@usp.br

1. INTRODUÇÃO

Visando uma diminuição dos custos nos processos de agroindustrialização de matérias-primas vegetais, investigações têm sido realizadas para a transformação de resíduos em sub-produtos e, deste modo, agregar valor ao sistema como um todo. Exemplos disto são a transformações aplicadas para a utilização de resíduos como bagaço de cana-de-açúcar, bagaço de mandioca, polpa de tomate, etc. Diversos processos foram desenvolvidos para utilização desses materiais residuais e muitos transformaram-se em precursores ou matérias-primas para compostos químicos (álcoois e ácidos orgânicos) e produtos finos. A utilização de resíduos agroindustriais em bioprocessos é uma alternativa de uso para os resíduos agroindustriais, e um meio para solucionar o problema da poluição. (PANDEY et al, 2000; MANZANO et al, 2000).

O processo de extração da fécula de mandioca nas indústrias feculeiras produz um resíduo lignocelulósico denominado farelo de mandioca que possui em média 65% de amido residual (pêso seco) encapsulado nas células dos amiloplastos e ligados também às paredes celulares. Pesquisas vêm sendo realizadas visando desenvolver tecnologias de aproveitamento do farelo para a obtenção de produtos de elevado valor agregado, onde estes seriam utilizados como base para produtos dietéticos ricos em fibras. (SRIROTH et al., 2000; CEREDA, 1996; SAITO & CABELLO, 2005)

Nos últimos anos, as fibras dietéticas vêm sendo reconhecidas como importantes componentes de dietas alimentares dos seres

humanos, tanto as regulares como as dietas terapêuticas. Estas fibras dietéticas consistem principalmente de frações de fibras solúveis e insolúveis, as quais exercem diferentes efeitos fisiológicos. (REHMAN et al., 2004; KNUSEN, 2001; SANGNARK et al., 2004; FIGUEROLA et al., 2005; NAWIRSKA et al., 2005)

O tratamento hidrotérmico com fluido subcrítico, utilizando um catalisador ácido, tem sido aplicado como pré-tratamento de material lignocelulósico para tornar mais efetivo um posterior processamento, utilizando enzimas para a conversão de hemiceluloses e celulosas a glicose. A hidrólise química, especialmente a hidrólise ácida, é uma das tecnologias desenvolvidas para a conversão de biomassa, como por exemplo, farelo de mandioca. (AGU et al., 1997; WOICIECHOWSKI et al., 2002).

Saito (2005) verificou que temperaturas de 140 a 170°C e, emprego de ácido sulfúrico como catalisador, foi suficiente para solubilizar e hidrolizar os amidos remanescentes fixados às estruturas lignocelulósicas do farelo de mandioca. A celulose e outros polímeros da parede celular remanescentes desse tratamento hidrotérmico originaram um material lignocelulósico com baixo teor calórico, cuja caracterização indicariam as potencialidades para aplicação na alimentação humana e/ou animal. (SANGNARK et al., 2003; FERGUSON, 2004; SILVA & CIOCCA, 2005; PROSKY, 1999)

Este trabalho teve como objetivo caracterizar quantitativamente as fibras residuais do farelo de mandioca na forma de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra total (FT), após ter sido submetido a um tratamento hidrotérmico para a

remoção dos amidos residuários e outros compostos solubilizados.

2. MATERIAL E METODOS

2.1. Organização dos ensaios

Foi realizado um planejamento experimental do tipo fatorial 2^3 tendo como variável independente as temperaturas de 140 e 170°C, os tempos de processo de 25 e 35 minutos e a concentração do catalisador ácido H_2SO_4 de 2,5 e 5,5% calculado em relação ao peso da matéria seca Tabela 1.

Em cada ensaio, o reator agitado a 45 rpm recebia uma amostra de 1000g de farelo de mandioca com umidade de 85%, previamente tratada em processo hidrotérmico, onde ocorreu

a remoção dos amidos residuários e outros compostos solubilizados descrito em Saito (2005). Após cada ensaio nas condições estabelecidas (Tabela 1), o material sólido foi retirado e filtrado em tela de aço inoxidável com malha de 100 μm e lavado com água destilada. O material foi seco em estufa a 65°C por 48 horas e triturado em moinho tipo faca sendo estocados para análises.

Todas as análises qualitativas e quantitativas foram realizadas em triplicatas.

TABELA 1. Tratamento hidrotérmico com variáveis independentes.

ENSAIO		TRATAMENTO	
Nº	TEMPERATURA (C°)	% CATALISADOR (H_2SO_4)	TEMPO (Min.)
1	140	2,5	25
2	140	2,5	35
3	170	2,5	25
4	170	2,5	35
5	140	5,5	25
6	140	5,5	35
7	170	5,5	25
8	170	5,5	35

2.2 Caracterização química do resíduo fibroso após tratamento hidrotérmico

Para a análise de proteína pelo método da AOAC (1975), foram usados 0,3g de fibras secas, trituradas previamente, e colocadas em um tubo digestor de proteínas, foi adicionado 0,5g de mistura digestora e 4 mL de ácido

sulfúrico concentrado, fazendo paralelamente a prova em branco. O material foi digerido até que o líquido estivesse límpido. Foram pipetadas 10 mL da solução receptora para proteínas, formada de ácido bórico a 2% com os indicadores vermelho de metila e verde bromocresol a 0,1% e transferido para um

erlenmeyer de 125 mL, sendo o mesmo adaptado a saída do condensador do aparelho de destilação de maneira que a extremidade ficou mergulhada na solução de ácido bórico com indicadores. Transferiu-se para o reservatório de destilação aproximadamente 30 mL da solução de hidróxido de sódio 50% (p/v). Foram destilados aproximadamente 75 mL e titulados com solução padronizada de ácido sulfúrico 0,01N até viragem da cor vinho para a cor verde claro. Anotou-se o volume gasto, inclusive da prova em branco e foi utilizada a fórmula para o cálculo.

$$\text{Nitrogênio (\%)} = \frac{(V - A) \times 0,00014 \times 100}{P}$$

$$\text{Proteína Bruta (\%)} = \% N \times 6,25$$

Dados: A = volume gasto na titulação da prova em branco

V = volume gasto na titulação da amostra

P = peso inicial da amostra

$$\text{matéria graxa (\%)} = \frac{(\text{peso do balão com o resíduo} - \text{peso do balão}) \times 100}{\text{peso da amostra}}$$

Para a análise de amidos totais (AOAC 1975), foram retiradas amostras do farelo e também do resíduo fibroso após tratamento para serem secos em temperatura de 55°C e posteriormente moído e peneirado em malha 0,25 mm. Amostras de 300 mg foram tomadas e novamente seco em estufa 105°C até peso constante e em seguida colocadas em erlenmeyer de 250 mL, onde adicionou-se 42 mL de água destilada e 1 mL de solução comercial de α -amilase, previamente preparada com a diluição em água deionizada com igual volume de solução de enzima α -amilase

A matéria graxa foi determinada de acordo com o método da AOAC (1975). Foram pesados 3 g da amostra e colocados em cartuchos feitos com papel de filtro comum dobrado e fechado sua abertura com chumaço de algodão. O cartucho foi colocado dentro do conjunto extrator de Soxhlet que é acoplado a um balão previamente seco em estufa e resfriado em dessecador e pesado anotando devidamente seu peso. Foram adicionados 200 mL de éter de petróleo e ligado o aparelho deixando passar o refluxo por aproximadamente 8 horas, após o que os balões foram retirados e secados em estufa com circulação de ar a 104°C em torno de 2 horas para o éter evaporar. A seguir foram resfriados em dessecador, pesados e calculado conforme fórmula.

Termamyl 120L da Novo Nordisk. Após a homogeneização, o pH foi ajustado em 6,5 com adição de NaOH 0,1 N e o erlenmeyer foi colocado em banho-maria com agitação suave e sob temperatura de 90°C durante 20 minutos.

Os frascos foram retirados para esfriar em ambiente e ajustado o pH em 4,5 utilizando HCl 0,1 N em seguida, adicionados 5 mL de solução de enzima amiloglucosidade que foi previamente preparada com a diluição de 1 mL de solução de enzima AMG 400 da Novo Nordisk com 10 mL de água destilada. Cada mL desta solução possuía 40 AGU e colocados em banho-maria

sob agitação por mais 55 minutos numa temperatura de 60°C.

As amostras foram retiradas, resfriadas em temperatura ambiente e transferidas quantitativamente para um balão volumétrico de 250 mL sendo completado com água destilada. Transferiram-se uma alíquota de 5 mL da solução diluída para o balão volumétrico de 100 mL adicionando aproximadamente 50 mL de

água deionizada e neutralizando com solução de NaOH 2 N 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 béquer de 100 mL. Do material filtrado foi feita a dosagem de açúcar redutor (AR) conforme o método de Somogy e Nelson (1994) e utilizado a fórmula para cálculo do amido (NELSON, 1994).

$$\text{Amido (base úmida) \%} = \frac{\% \text{ AR} - \% \text{ de solúveis totais}}{\text{peso da amostra}}$$

A determinação da fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e fibra total foram analisadas nas amostras de farelo e do resíduo fibroso após tratamento hidrotérmico.

A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com o protocolo experimental descrito por VAN SOEST et al (1991). A concentração de hemicelulose foi estimada pela diferença entre o valor de FDN e o de FDA. (VAN SOEST, 1994)

Foram pesados 0,35 gramas do resíduo em base seca e colocados em tubos de ensaio. Foi adicionado 35 mL de solução de detergente

neutro (para análise de FDN) ou solução de detergente ácido (para análise de FDA). Os tubos foram colocados em banho-maria a 100°C por 60 minutos. Em seguida os materiais foram filtrados em cadinhos de vidro sinterizado e lavados com água quente diversas vezes. Após lavagem final com acetona P.A., os cadinhos contendo as fibras foram secos em estufa a 105°C por 8 horas, esfriados em dessecador e pesados. Após esta pesagem, os cadinhos contendo as fibras foram incinerados em mufla a 550°C por 4 horas, esfriados em dessecador e pesados e os resultados calculados conforme a fórmula.

$$\text{FDN ou FDA (\%)} = \frac{100 \times (\text{cadinho} + \text{fibra}) - (\text{cadinho} + \text{cinzas})}{\text{peso da amostra}}$$

A determinação da lignina utilizou a FDA previamente isolada e foi quantificada através da oxidação com permanganato de potássio, de acordo com a descrição de VAN SOEST & WINE (1968). O material é colocado em becker de vidro contendo água destilada (2 cm de altura), adiciona-se uma solução C (mistura da solução

A permanganato de potássio mais solução B solução tampão previamente preparado) sendo agitado por 15 minutos. O material é posteriormente filtrado e colocado a solução C (30 mL) por mais 90 minutos e filtrado novamente. A seguir é colocado a solução desmineralizante previamente preparada com

50gr de ácido oxálico em 700 mL de etanol adicionado de 50mL de HCl 12N e 250mL de água destilada. Os cadinhos foram duas vezes lavados com etanol 80% e filtrados á vácuo e de

maneira similar com acetona (30 a 40 mL). O material foi colocado para secagem à 100°C por uma noite esfriado em dessecador e pesado e os resultados calculados conforme a fórmula.

$$\text{Lignina (\%)} = \frac{(\text{peso do cadinho} + \text{FDA}) - (\text{peso do cadinho} + \text{celulose} + \text{sílica}) \times 100}{\text{peso da amostra}}$$

Para a determinação da concentração de celulose foram utilizadas as mesmas amostras usadas para análise de lignina que

posteriormente foram incineradas por 2 horas a 500°C, esfriadas em dessecador e pesadas.

$$\text{Celulose (\%)} = \frac{(\text{peso cadinho} + \text{celulose} + \text{sílica}) - (\text{peso cadinho} + \text{cinzas} + \text{sílica}) \times 100}{\text{peso da amostra}}$$

Para a determinação de fibras totais pelo método da AOAC (1975) foi pesada 5g de cada amostra e transferidas para um tubo de digestão de fibras acrescentadas de 200 mL de solução ácida de H₂SO₄ a 1,25% (p/v) e levados à ebulição branda. Após 30 minutos, foi retirada do bloco de aquecimento e filtrada em papel de filtro qualitativo (Ø = 18,5 cm). O material foi lavado com aproximadamente 500 mL de água destilada quente e retornado as fibras novamente ao tubo de digestão com o auxílio de uma solução de NaOH 1,25% (p/v), sendo levado novamente para aquecimento por 30 minutos.

Finalizando o tempo a fibra foi filtrada novamente em papel de filtro qualitativo previamente pesado e seco em estufa mantido a 105°C por 1 hora. Nesse papel de filtro o material foi filtrado e lavado com aproximadamente 500 mL de água destilada quente. O papel de filtro mais as fibras foram colocadas cuidadosamente em placa de Petri e em estufa a 105°C até a secagem completa (por volta de 8 horas). Após o material ter esfriado em dessecador, foi pesado e efetuado os cálculos:

$$\text{Fibra total (\%)} = \frac{\text{peso do papel com o resíduo seco} - \text{peso do papel} \times 100}{\text{massa da amostra}}$$

$$\text{Fibra alimentícia (\%)} = \text{Fibra total (\%)} - \left(\frac{\text{massa da amostra} \times \% \text{ cinzas}}{100} \right)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O farelo da mandioca antes do tratamento hidrotérmico apresentou concentração de 1,37% de proteínas e 0,3% de matéria graxa. Estes valores são relativamente baixos frente à 63,0% de amido, caracterizando um material com alto teor de energia necessitando complementação de proteína e fibras para utilização em dietas de ruminantes. As análises físico-químicas dos resíduos fibrosos mostram ausência de proteínas, matérias graxas e amidos residuários em todas as amostras em que foram efetuados os tratamentos hidrotérmicos, indicando que o material ligno-celulósico remanescente não apresenta características de aplicação como forragem na alimentação animal. Segundo De Blas (1986), uma forragem de boa qualidade deve apresentar teor de proteína bruta acima de 9% além de outros componentes energéticos (matérias graxas e amidos).

Analisando os resultados expostos na Tabela 2, observa-se que o tratamento hidrotérmico, à temperatura de 140 ou 170°C, e emprego de ácido sulfúrico como catalisador, foi adequado para solubilizar os amidos do farelo de

mandioca e deslignificá-los, o que é evidenciado pelos aumentos dos percentuais de fibra residual nos farelos tratados - FDN: de 38,26 para 88,34%; FDA: de 33,73 para 88,00% e FT: de 16,64 para 68,65%, em relação aos teores originalmente presentes no farelo "in natura". As concentrações de lignina e de celulose seguiram esta mesma tendência de aumento. Este aumento nas proporções de todas as fibras residuais indicam é causada pela redução da quantidade de amido existente no farelo, que passa a ser ausente, além da solubilização de ligninas e parte de hemiceluloses.

O tratamento n° 8 onde se utilizou a maior concentração de catalisador, no tempo de 35 min e temperatura de 170°C, reduziu significativamente os conteúdos de FDN, FDA e FT nos farelos residuais. Esta redução poderia ser explicada pela eficiência hidrolítica sobre o amido. A diminuição da concentração inicial de hemicelulose foi muito superior (Tabela 2), sugerindo conversão para glicose e/ou furfural.

Tabela 2. Concentrações de fibras e frações no farelo e resíduos fibrosos após tratamento hidrotérmico^(*).

Tratamento	CONCENTRAÇÕES							
	(% m.s.)							
	FDN	FDA	FT	Lig	Cel	Hem	MM	MS
1	79,33	76,43	58,72	16,24	46,25	2,9	0,98	91,71
2	79,23	76,76	56,49	15,23	43,26	2,47	0,71	93,92
3	77,02	76,76	57,73	15,33	47,80	0,26	0,83	92,83
4	78,66	77,32	53,74	15,83	46,86	1,34	0,66	93,64
5	84,67	84,11	62,35	18,50	49,18	0,56	0,53	96,76
6	88,34	88,00	68,65	19,84	52,09	0,34	0,60	96,80
7	87,14	86,46	61,40	19,74	53,34	0,68	0,34	96,20
8	81,82	81,10	60,94	19,31	49,50	0,72	0,36	96,89
FN	38,26	33,73	16,64	8,70	16,71	4,53	2,54	1,53

^(*)Valores são médias de triplicatas. N^o: número do tratamento; FN: farelo "in natura" (%); FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; Lig: lignina; Cel: celulose; Hem: hemicelulose; FT: fibra total; MS: matéria seca; MM: matéria mineral.

O tempo de tratamento, na menor concentração de catalisador (tratamentos 1 e 2), não teve efeito sobre as fibras residuais, entretanto, na concentração de 5,5% de ácido sulfúrico e na temperatura de 140°C (tratamentos 5 e 6), houve acréscimo nos teores das fibras quando o tratamento prolongou-se por mais tempo.

O efeito mais evidente ficou, contudo, para a concentração de H₂SO₄, onde para as duas temperaturas e os dois tempos de tratamento estudados, a concentração de 5,5% (tratamentos 5 a 8) foram mais eficientes que a concentração de 2,5% (tratamentos 1 a 4) na quantidade de fibras residuais produzidas, indicando o efeito da concentração sobre a eficiência hidrolítica do catalisador, obtendo como resultado final hidrolisado e fibras.

Os teores de lignina e celulose seguiram a mesma concentrações observada para as fibras residuais, o que seria de se esperar.

Os teores de fibra bruta variam muito em farelos de mandioca *in natura* produzidos em fecculárias pois dependem fortemente do cultivar, da idade da planta, da concentração de matéria seca da matéria prima que está sendo processada e portanto valores de 5 a 15% são observados em análises deste material. O método de fibra bruta (AOAC, 1975), que consiste no tratamento ácido e alcalino da amostra alimentícia, bem como os métodos de detergentes ácidos ou neutros quantificam quase a totalidade de celulose, algumas hemiceluloses e a lignina, mas não quantificam substâncias pécicas, gomas, mucilagens e, portanto, subestimam a fibra alimentar total. O farelo antes do tratamento hidrotérmico apresentava 16,64% de fibras totais (massa seca) e após o

tratamento hidrotérmico, que degradou muitos compostos, a concentração aumentou relativamente à sua massa seca, atingindo valores entre 53 e 68%. Isto foi devido à solubilização e remoção dos amidos, principalmente, e, complementarmente, pelas outras substâncias como proteínas, matérias graxas, gomas, pectinas, etc.

De Blás et al.(1986) constataram em experimento com coelhos que as dietas devem possuir teor máximo de 24,6% de FDA, pois este tipo de fibra está mais associada com a digestibilidade enquanto a FDN está relacionada com a ingestão, taxa de enchimento e passagem de alimentos no sistema digestivo (VAN SOEST, 1994). Valores acima destes níveis retardam o ganho de peso do animal devido ao desbalanceamento na dieta. Em comparação com cascas de arroz que apresentam FDN acima de 70% e FDA acima de 80%, os valores observados na Tabela 2 mostram que o farelo em todos os tratamentos tiveram valores acima de 77% e 76% respectivamente, indicando alto teor de fibras insolúveis, podendo assim ser utilizado na alimentação como fibras do mesmo modo que são utilizadas as cascas de arroz. As fibras insolúveis auxiliam no transito intestinal devido às suas características de baixa fermentabilidade e alto poder de hidratação, enquanto que, as fibras solúveis devido à sua viscosidade podem retardar a motilidade do digesta. (RAUPP & SGARBIERI, 1997)

Este subproduto, contendo alto teor de fibra residual, poderá ser atrativo para indústria alimentícia humana, uma vez que alimentos ricos em fibra poderão ser aliados a vários programas, tais como: controle do peso corporal,

auxiliar na regularização do trânsito intestinal e possível benefício no controle dos níveis séricos de colesterol. No arraçoamento animal, os benefícios se concentrariam na redução dos custos das matérias-primas e controle de peso de animais domésticos.

4. CONCLUSÕES

A análise das fibras do farelo de mandioca após ser submetido a tratamento hidrotérmico mostrou que as concentrações de fibras insolúveis são da ordem de até 88,0% em FDN e/ou FDA com altos teores de celulose, indicando aplicação específica para este material em dietas hiperglicêmica em humanos e animais.

O resultado da quantificação das fibras residuais obtidas definiu-se a eficiência dos tratamentos aplicados para a remoção do amido residual, através do pré-tratamento hidrotérmico transformando o amido em hidrolisado e, conseqüentemente, o aumento do conteúdo de fibras residuais.

5. REFERÊNCIAS

AGU, R. C.; AMADIFE, A. E.; UDE, C. M.; ONYIA, A.; OGU, E. O.; OKAFOR, M.; EZEJIOFOR, E. Combined heat treatment and acid hydrolysis of cassava grate waste (CGW) biomass for ethanol production. **Pergamon Waste Management**, v. 17, n. 1, p. 91-96, 1997.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 12^a ed. Washington, 1975, 1094p.

CEREDA, M. P. Película de fécula de mandioca na conservação de frutas e hortaliças. **Faxjornal**, n. 33, p. 2, 1996.

DE BLAS, J. C. et al. Fiber and starch levels in fattening rabbit diets. **J. Anim. Sci.**, v. 63, n. 6, p. 1897-1904, 1986.

FERGUSON, L. R. Does a diet rich in dietary fibre really reduce the risk of colon cancer? **Digestive and liver disease**, 2004.

FIGUEROLA, F.; HURTADO, M. L.; ESTÉVEZ, A. M.; CHIFFELLE, I.; ASENJO, F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**, v. 91, p. 395-401, 2005.

KNUDSEN, K. E. B. The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, p. 3-20, 2001.

MANZANO, R. P.; FUKUSHIMA, R. S.; GOMES, J. D. F.; GARIPPO, G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1196-1204, 2000.

NAWIRSKA, A.; KWASNIEWSKA, M. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. **Food Chemistry**, v. 91, p. 221-225, 2005.

NELSON, N. A. A photometria adaptation on of the Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biology Chemistry**, v. 53, p. 373-380, 1994.

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V. T.; VANDENBERGHE, L. P. S.; MOHAN, R. Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse. **Bioresource Technology**, v. 74, p. 81-87, 2000.

PROSKY, L. What is fiber? Current controversies. **Trends in Food science & technology**, v. 10, p. 271-275, 1999.

RAUPP, D. S.; SGARBIERI, V. C. Efeito da fibra solúvel de alta viscosidade na ingestão de alimentos, na excreção fecal e no peso corpóreo, em ratos. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 40, p. 863-874, 1997.

REHMAN, ZIA-ur; SHAH, W. H. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. **Food Chemistry**, v. 87, p. 613-617, 2004.

SAITO, I. M.; CABELLO, C. Produção de etanol a partir de hidrolisado produzido por tratamento hidrotérmico em farelo de mandioca. **Energia** (submetido para publicação em 28 de junho de 2005)

SAITO, I. M. **Produção de hidrolisados e fibras a partir de resíduo da industrialização da mandioca submetido a pré-tratamento hidrotérmico**. 2005. 97f. Tese (Doutorado em Agérmico. 2005. 97f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane. **Food Chemistry**, v. 80, p. 221-229, 2003.

SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. **Food Research International**, v. 37, p. 66-74, 2004.

SILVA, L. P.; CIOCCA, M. L. S. Total insoluble and soluble dietary fiber values measured by enzymatic-gravimetric method in cereal grains. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 113-120, 2005.

SRIROTH, K.; CHOLLAKUP, R.; CHOTINEERANAT, S.; PIYACHOMKWAN, K.; OATES, C. G. Processing of cassava waste for improved biomass utilization. **Bioresource Technology**, v. 71, p. 63-69, 2000.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. The determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, v. 51, p. 780-785, 1968.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Comstock Publishing Associates and Cornell University Press, p.476, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation

to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WOICIECHOWSKI, A. L.; NITSCHKE, S.; PANDEY, A.; SOCCOL, C. R. Acid and enzymatic hydrolysis to recover reducing sugars from cassava bagasse: an economic study. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. 45 n. 3, p. 400, 2002.