

INOVAÇÃO EM PROCESSO DE SECAGEM PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Aline Jorge (Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UTFPR)

E-mail: liny_jorge@hotmail.com

Denise Milleo Almeida (Professora do Departamento Acadêmico de Alimentos – UTFPR)

E-mail: milleo@utfpr.edu.br

Evaldo Toniolo Kubaski (Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Materiais – UEPG)

E-mail: evaldotk@outlook.com

Thiago Sequinel (Bolsista de Pós-doutorado PNPd – Capes)

E-mail: sequinel.t@gmail.com

Sergio Mazurek Tebcherani (Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR)

E-mail: sergiom@utfpr.edu.br

Resumo: O processo de extração de amido a partir da mandioca é um grande gerador de resíduo industrial, o qual tem valor comercial muito baixo e aplicações limitadas à alimentação animal e coadjuvante na flotação de minérios. Neste trabalho, procurou-se estudar uma vantagem competitiva industrial através do aproveitamento de resíduo como uma forma de aumento de lucratividade através do processo de secagem de alimentos que é uma forma de agregar valor ao produto e aumentar a vida de prateleira, associado a maior versatilidade. O resíduo gerado da indústria de amido foi desidratado por dois métodos de secagem. Um novo método de secagem é proposto neste trabalho, denominado secagem por fluxo de ar. O produto final foi analisado para determinação da composição centesimal da farinha obtida. O tempo de secagem foi 57 % menor por fluxo de ar em relação à secagem em estufa com circulação de ar e o rendimento médio foi de 12 % para ambos os métodos. A composição centesimal resultou em 3 % de umidade, 2,55 % de cinzas, 0,3 % de proteína, 4,7 % de gordura, 45,1 % de fibras totais e 22 % de amido residual. Foi possível avaliar o potencial de aplicações da farinha do bagaço de mandioca na alimentação humana como alternativa para melhor lucratividade da indústria.

Palavras-chave: Inovação, Secagem, Resíduo da Indústria Alimentícia

INNOVATION IN DRYING PROCESSES FOR RECOVERY OF WASTE OF FOOD INDUSTRY

Abstract: The process of extraction of starch from the manioc is a great generator of industrial waste, which has a very low commercial value and limited applications for animal feeding and supporting on ore flotation. This paper shows a study of competitive advantage through the use of an industrial waste as a way to increase profitability using a process of food drying, which is a way to add value to the product and increase the shelf life, associated with greater versatility. The waste generated from the industrial extraction of starch was dehydrated by two drying methods. A new drying method is proposed on this paper, called airflow drying. The final product was analyzed for determination of the chemical composition of the flour obtained. The drying time was reduced by 57 % for the airflow in relation to the drying oven with air circulation, and the average yield was 12% for both methods. The chemical composition resulted in 3 % of moisture, 2.55 % of ash, 0.3 % of protein, 4.7 % of fat, 45.1 % of total dietary fiber and 22 % of starch. It was possible to evaluate the potential applications of the flour of manioc bagasse in food as an alternative more profitable for the industry.

Keywords: Innovation, Drying, Waste of Food Industry

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a definição estabelecida pelo Manual de Oslo, a inovação é a implementação de um produto novo ou melhorado, um novo processo, um novo método de Marketing, um

novo método organizacional nas práticas de negócios (FINEP, 2005).

Desta forma, os novos produtos e os novos processos podem trazer para a indústria vantagens que envolvem redução de custos, aumento da eficiência e melhorias na qualidade de produtos e processos. O conceito de inovação pode estar associado a métodos que capazes de aumentar a produção e a eficiência na entrega de produtos existentes (FINEP, 2005).

Na prática, a inovação pode ser utilizada para aumentar a produtividade na indústria e a lucratividade, principalmente quando se trata de processos de secagem, que é caracterizado pelo elevado consumo energético e redução de volume de produção quando comparado à matéria prima in natura.

A secagem pode ser o resultado da aplicação de calor sob determinadas condições controladas, para remover a maior parte da água presente no alimento por evaporação. No entanto, existem métodos que não há aplicação de calor no produto, como a liofilização, todavia existe uma elevada taxa de energia envolvida no desenvolvimento do processo (OETTERER et al., 2006).

Chou e outros (2000) afirmam que qualquer que seja o foco de interesse da indústria, é possível variar as condições de operação, gerando inovação e resultando em produtos de alta qualidade, como, por exemplo, a redução do consumo energético.

Os aspectos importantes da secagem industrial consistem em prever o comportamento da secagem e aumentar a eficiência do processo, visto que os processos de secagem possuem custo elevado o que, em muitos casos, inviabiliza a industrialização (YUCEL et al., 2010).

A agroindústria, ou a indústria alimentícia, à medida que se fortalece, cria oportunidades de novos produtos e serviços em decorrência da ampliação da capacidade produtiva do pequeno e do grande produtor ou industrializador de alimentos (CARVALHO; REIS; CAVALCANTI, 2011).

Neste contexto, é notado que quando o pequeno produtor aumenta a sua capacidade produtiva, busca novas maneiras de se adaptar ao grande volume de produção. Levando à busca de novos métodos e produtos para melhoria da eficiência e lucratividade.

Dentre as indústrias processadoras de alimentos, uma das que mais gera resíduo a partir do processamento, está a indústria processadora de mandioca. A mandioca tem concentração média de 32 % de amido (AVANCINI, 2007), sendo uma das principais fontes desse produto. O processo de extração do amido a partir da mandioca é descrito por Avancini (2007), onde a mandioca depois de descascada passa por um processo de lavagem, em seguida, é moída e desintegrada para que haja a liberação do amido dentre as suas fibras. A lavagem das fibras é que promove o arraste do amido (1º estágio da separação) e separa a Polpa (2º estágio da separação). A água do 1º estágio será filtrada e sedimentada, e após a evaporação da água presente no produto é obtido o amido comercial. Esse processo pode ser observado na figura 1.

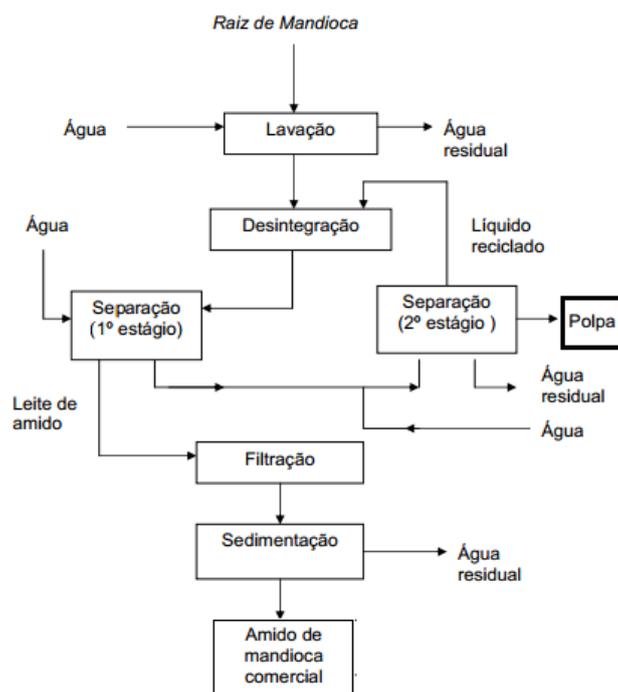


Figura 1 – Fluxograma do processo de extração do amido da mandioca
FONTE: Avancini, 2007.

Segundo Oliveira (2011), uma parcela da fração de amido fica presa entre as fibras e aderida às proteínas, resultando num rendimento de aproximadamente 20% na extração do amido. A partir disso, assume-se que 80% da matéria prima utilizada na extração acabam gerando grande volume de resíduo industrial.

A polpa da mandioca (figura 1) que sai do processo é o produto classificado como resíduo industrial. Trata-se de um produto de baixo interesse e valor comercial, e como consequência disso, não gera nenhum lucro para a indústria e ainda exige tratamento adequado desse grande volume de resíduo gerado.

O presente trabalho tem como objetivo aplicar um sistema de secagem com menor custo energético para o bagaço da mandioca, resultando em produtos para uso alimentício, consequentemente, agregando valor comercial, quando comparado ao método convencional de secagem em estufa com circulação de ar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

O bagaço da mandioca foi obtido a partir de uma indústria extratora de amido localizada em Nova Andradina, no Estado do Mato Grosso do Sul.

Os experimentos de secagem e análises experimentais foram realizados nas dependências dos laboratórios de Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

2.2. Métodos

Foram utilizados dois métodos de secagem para o bagaço da mandioca.

Um dos métodos de secagem utilizado foi o sistema de secagem para alimentos e resíduos utilizando fluxo de ar, segundo Tebcherani e outros (2013), com temperatura de 80° C por um período de 4 horas.

O outro método de secagem realizado foi feito em estufa convencional com circulação de ar a 80° C por período de 7 horas.

A determinação do conteúdo de umidade, cinzas, proteínas, gordura, fibras totais foram realizadas segundo as normas analíticas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

A determinação do amido foi realizada a partir do método enzimático (McCLEARY et al., 1997) com modificações, onde foi pesado 1 grama da amostra em tubo com tampa e foram adicionados 10 mL de água deionizada para homogeneizar. Foram acrescentados 200 µL de solução 0,2 % de CaCl₂ e o pH foi ajustado para 5,5 com ácido acético 0,2 M. Foram colocados 100 µL de enzima Termamyl e os tubos foram colocados em ebulição por 30 minutos. Os tubos foram retirados e deixados esfriar a temperatura ambiente, então o pH foi ajustado para 4,5 com ácido acético 0,2 M e foram adicionados 200 µL de enzima AMG. Os tubos foram colocados em banho-maria a 60°C por 24 horas. Os tubos foram retirados do banho, a solução foi transferida para um balão de 100 mL e completados com água destilada. Filtrou-se. Foi feita a diluição 1:10 a partir do filtrado e a concentração de açúcares foi determinada segundo o método de Somogyi (1945) e Nelson (1944) e o resultado obtido foi multiplicado por 0,9 para converter a concentração de glicose em amido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise do processo

A partir dos experimentos de secagem utilizando os dois métodos para obtenção da farinha a partir do bagaço da mandioca, obteve-se o consumo energético para cada um dos processos, bem como o rendimento médio. Os resultados podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1 – Consumo energético dos métodos de secagem por estufa convencional e no método de fluxo de ar aquecido.

Estudo energético	Processos de Secagem	
	Estufa convencional	Fluxo de ar aquecido
Consumo energético total (kWh/kg)	18,2	8,78
Tempo do processo (h)	7	4
Capacidade máxima (g)	1000	1000
Rendimento (%)	12	12

Fonte: Os autores.

Comparando-se o método de secagem de fluxo de ar aquecido com o método de secagem em estufa convencional, é notado que o tempo de secagem do bagaço foi reduzido em 43 % do tempo, apesar do rendimento e da umidade final do produto ter permanecido inalterado (tabela 1).

Este comportamento pode ser explicado pela presença do fluxo de ar que atravessa o produto promovendo o arraste do vapor de água de maneira mais rápida e eficiente e, conseqüentemente não exigindo grande consumo energético.

Por sua vez, o consumo energético foi reduzido em 52 % para o sistema com fluxo de ar aquecido quando comparado com o sistema de secagem em estufa convencional. A redução energética está associada ao menor tempo de processo e a diferença de potência exigida nos dois processos.

As características do produto também foram investigadas a partir do tipo de processamento (figura 1). A etapa de desintegração promoveu o rompimento das células, fazendo a liberação de pouca quantidade de água ligada no produto, bem como, a eliminação de grande quantidade de água livre, associada à etapa de lavagem do bagaço. Devido à água não estar ligada a outros componentes teve sua remoção facilitada, indicando que é um produto de fácil processamento.

3.1. Composição centesimal da farinha do bagaço de mandioca

A análise da composição centesimal da farinha do bagaço da mandioca foi realizada a partir do produto obtido da secagem pelo sistema de fluxo de ar aquecido, sabendo-se que não há diferença nas alterações no produto quando obtido pelos diferentes métodos, visto que o efeito do calor está principalmente em compostos bioativos, os quais não são encontrados nesse produto.

Foram feitas as determinações analíticas para obtenção da composição centesimal da farinha obtida a partir do bagaço da mandioca, para avaliar o potencial para utilização na formulação de produtos destinados a alimentação humana. Os resultados das análises estão apresentados na Tabela 2.

O teor de umidade da farinha do bagaço foi padronizado a 3 % para ambos os processos, considerando que se trata de um produto com elevada quantidade de água livre, quando possui teores mais elevados de umidade apresenta característica pastosa desuniforme como resultado da umidade visível no produto.

Tabela 2 – Composição centesimal da farinha do bagaço da mandioca obtida por secagem em fluxo de ar aquecido

Componente	Percentual (%)
Umidade	3
Cinzas	2,55
Proteínas	0,3
Gordura	4,7
Fibras totais	45,1
Amido residual	22

FONTE: Os autores

Das análises realizadas, o teor de cinzas foi considerado elevado para os limites estabelecidos para farinha de mandioca, sendo 54 % maior do que o estabelecido pelo Regulamento Técnico da Farinha de Mandioca (MAPA, 2011).

O conteúdo de proteínas foi muito baixo (tabela 2), entretanto, está dentro dos valores comumente encontrado nos vegetais. Além disso, pode ser considerada a possibilidade de perdas do conteúdo de proteínas durante o processo de desintegração de lavagem (figura 1), onde as proteínas podem se solubilizar na água da lavagem.

A fração de gordura foi o dobro dos valores encontrados na literatura da farinha do bagaço de mandioca (Fiorda, 2011). Todavia, o conteúdo de gordura presente na farinha pode auxiliar na textura e sabor quando presente na formulação de produtos destinados à alimentação humana.

O resultado do conteúdo de fibras totais foi consideravelmente elevado (tabela 2), sendo esse o componente de maior interesse no produto. Estudos viabilizaram a inserção da farinha do bagaço da mandioca na alimentação de ruminantes para aumentar o ganho de peso e melhor produtividade de vacas leiteiras devido ao elevado teor de fibras (Lima, 2006).

As fibras quando ingeridas por herbívoros são convertidas em energia para o metabolismo dos animais e resultam no ganho de peso dos mesmos. Na alimentação humana, as fibras não são digeridas pelo nosso organismo e não fornecem energia para o metabolismo, entretanto, apresentam um importante papel de auxiliar na digestão. As fibras se ligam às moléculas de gordura, impedindo a absorção delas, além de promover saciedade.

Assim, a elevada fração fibras indica interesse nutricional para a inserção desse produto em massas alimentícias como: macarrão, pães, biscoitos e outros. Fiorda (2011) estudou a aplicação da farinha do bagaço de mandioca em massa de macarrão e snacks extrusados apresentando potencial para o uso desse produto como ingrediente na alimentação humana.

O conteúdo de amido encontrado foi quatro vezes menor do que a quantidade de amido definido pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Mandioca (MAPA, 2011). Contudo, deve ser ressaltado que o bagaço da mandioca é o resíduo obtido a partir da extração do amido, assim, a quantidade de amido presente na farinha é a fração que não pode ser extraída da matéria prima por uma ineficiência do processo.

O amido apresenta características de gelatinização quando aquecido em presença de água e também pode auxiliar na qualidade sensorial do produto final, já que as massas alimentícias exigem a etapa de cozimento ou assamento para que possa ser consumida. Através da gelatinização do amido obtém-se melhor textura no produto.

3.3. Potencial tecnológico da farinha do bagaço de mandioca

Por meio da análise da composição da farinha do bagaço, pode-se avaliar seu potencial para aplicação em produtos alimentícios.

A mandioca é colhida com umidade de aproximadamente 60 % e por essa razão tem vida de prateleira muito curta (SOUZA et al., 2008). Em função disso, a mandioca normalmente é transformada em produtos desidratados e diversos tipos de farinha que são destinados à alimentação humana.

O preço médio da mandioca fresca, ainda na forma de raiz, é de R\$ 248,00 por tonelada, ou seja, aproximadamente R\$ 0,25 por quilograma do produto enquanto o preço da farinha de mandioca está sendo comercializado a R\$ 5,00 por quilograma (ESALQ, 2013). Nesse contexto, a indústria processadora de mandioca fatura aproximadamente 2000 % sobre o valor da matéria prima.

O preço por quilograma do amido da mandioca comercializado em sacas é em média R\$ 1,71 de acordo com dados do ESALQ (2013), indicando um faturamento de 683 % a partir do preço da raiz da mandioca.

Entretanto, o processo de extração de amido tem um rendimento médio de 25 a 30 %, desse modo, gera grande volume de resíduo orgânico que é fração fibrosa da mandioca com menor concentração de amido, o bagaço.

Este bagaço por sua vez, não tem nenhum aproveitamento tecnológico, a não ser para o enriquecimento da alimentação de animais ruminantes e o preço pago por esse resíduo é de R\$ 0,02 por quilograma não oferecendo nenhum benefício para a indústria, apenas o descarte desse material.

Assim, é percebida a potencialidade desse produto ser utilizado na alimentação humana com maior valor agregado quando comercializado na forma desidratada, devido ao seu elevado teor de fibras que apresentam benefícios nutricionais quando inserida na alimentação humana.

Apesar de o produto ser considerado um resíduo industrial, não apresenta riscos de transmissão de doenças alimentares devido aos cuidados na manipulação do produto durante todo o processamento, estando dentro das normas de BPF (Boas Práticas de Fabricação) exigidas pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e, além disso, o produto na forma desidratada não favorece o desenvolvimento de microrganismos que possam transmitir doenças aos humanos.

4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O resíduo da mandioca é um produto de baixo conteúdo energético quando inserido na alimentação humana, é de fácil processamento e pode ser transformada em farinha quando desidratada, e pode ser aplicada à alimentação humana por apresentar características de alimento seguro.

A farinha obtida do bagaço da mandioca possui grande quantidade de fibras em sua composição, apresentando interesse na alimentação de ruminantes como fonte energética, e na alimentação humana como fonte de fibras que melhoram o processo digestório.

Atualmente o bagaço da mandioca representa desperdício para a indústria, mas através de novas técnicas de processamento pode ser transformado num produto lucrativo, com baixo preço de processamento.

Como perspectiva de trabalho futuro, sugere-se o estudo da aplicação prática da farinha do bagaço e mandioca no desenvolvimento de produtos alimentícios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro da CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

REFERÊNCIAS

AVANCINI, S.R.P. *caracterização química, microbiológica e toxicológica da água da fermentação do amido de mandioca*. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CARVALHO, H.G.; REIS, D.R.; CAVALCANTE, M.B. *Gestão da Inovação*. Curitiba: Aymar, 2011.

CHOU, S.K.; CHUA, K.J. ; MUJUMDAR, A.S. ; HAWLADER, M.N.A. ; HO, J.C. *Food and Bioproducts Processing*, V. 78, n.4, p.193-203, 2000.

ESALQ. *Preços da mandioca*. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada- Universidade de São Paulo. Disponível em <<http://cepea.esalq.usp.br/mandioca/>>. Acesso em 26 de junho de 2013.

FINEP. Glossário de termos e conceitos. Disponível em <http://www.finep.gov.br/o_que_e_a_finep/conceitos_ct.asp#indice>. Acesso em 26 de junho de 2013.

FIORDA, F.A. *Bagaço e fécula de mandioca na elaboração de farinhas cruas e pré-gelatinizadas, snacks e macarrões instantâneos com amaranto*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

Instituto Adolfo Lutz. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Versão eletrônica.

LIMA, L.P. *Bagaço de mandioca (Manihot esculenta, Crantz) na dieta de vacas leiteiras*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2006.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa No. 52 de 7 de Novembro de*

2011. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Mandioca. Disponível em <<http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/FarinhademandiocaIN522011.pdf>>. Acesso em 03 de julho de 2013.

McCLEARY, B. V.; GIBSON, T. S.; MUGFORD, D. C. *Measurement of total starch in cereal products by amyloglucosidase – α -amylase method: collaborative study.* Journal of AOAC International, v. 80, n. 3, 1997. p. 571-579.

NELSON, N. *A fotometric adaptaion of Somogyi method for the determination of glucose.* J.Biol.Chen. , v. 153, p. 375-80, 1944.

OETTERER, M.; REGIANO-DÁRCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos.* São Paulo: Editora Manole, 2006.

OLIVEIRA, D.C. *Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz).* Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

TEBCHERANI, S. M. ; KUBASKI, E.T. ; SEQUINEL, T. ; JORGE, A.; SCHMIDT, S. *Nanoita. Processo de secagem para alimentos e resíduos utilizando o fluxo de ar.* BR1020130115029, 9 de maio de 2013, Brasil.

SOMOGYI, M. *A New Reagent for Determination of Sugars.* A new Sugar Reagent, May p. 61 — 68, 1945.

SOUZA, J.M.L.; ÁLVARES, V.S.; LEITE, F.M.N.; REIS, F.S.; FELISBERTO, F.A.V. *Caracterização físico-química de farinhas oriundas de variedades de mandioca utilizadas no vale do Juruá, Acre.* ACTA Amazônica, V. 38, n. 4, p. 761-766, 2008.

YUCEL, U.; ALPAS, H.; BAYINDIRLI, A. *Evaluation of high pressure pretreatment for enhancing the drying rates of carrot, apple, and green bean.* Journal of Food Engineering, V. 98, p. 266-272, 2010