

AValiação DA FARINHA DE MANDIOCA E DO FUBÁ DE MILHO COMO SUBSTRATOS PARA A OBTENÇÃO DE BEBIDA FERMENTO-DESTILADA¹

DEMIATE, I. M.²; LEONEL, M.³; DAMASCENO, S.³; MAEDA, K.C.³; de LIMA, C.L.C.³;
SARTORI, M.M.³ & CEREDA, M. P.⁴

RESUMO

A farinha de mandioca e o fubá de milho foram avaliados como matérias-primas alternativas na obtenção de uma bebida fermento-destilada, visando gerar informações úteis à aplicação industrial. Os substratos foram caracterizados e comparou-se a eficiência da mosturação, o perfil de açúcares no mosto, bem como as curvas de fermentação dos substratos. Os resultados demonstraram que o conteúdo de amido foi de 78,1 % para o fubá de milho e 92,7 % para a farinha de mandioca. Quanto ao rendimento da mosturação foi de 57,4 % para o milho e 66,4 % para a mandioca, sendo que o perfil de açúcares no mosto demonstrou que 95 % dos açúcares presentes no mosto de mandioca foi glicose e o restante pequenas porcentagens de dextrinas e maltose. Já o perfil do mosto de milho apresentou cerca de 85 % de glicose, 10 % de dextrinas e cerca de 4 % de maltose. Para o processo fermentativo, observou-se que o consumo de açúcares no mosto de mandioca foi mais rápido que no mosto de milho.

Palavras-chave: fermentação alcoólica; bebida alcoólica; destilados.

SUMMARY

EVALUATION OF CASSAVA AND CORN FLOURS AS SUBSTRATES FOR ALCOHOLIC DISTILLED BEVERAGE PRODUCTION. Cassava and corn flours were evaluated as alternative raw-materials for production of a fermented and distilled drink. The objective of this work was to generate information for technological application. Both flours were characterized and starch hydrolysis efficiency, sugar profile and fermentation pattern were compared. The results obtained showed that starch content of corn flour was 78.1% and for cassava flour 92.7%. Starch hydrolysis yield was 57.4% for corn and 66.4% for cassava and the sugar profiles in the hydrolysates showed that 95% of total sugar present in cassava hydrolysate was glucose and the remaining fraction was represented by dextrins and maltose. For corn hydrolysate 85% of total sugar was glucose, 10% dextrins and around 4% maltose. The fermentative process was evaluated by measuring the velocity of sugar consumption which for cassava hydrolysate was higher than for corn hydrolysate.

Key-words: alcoholic fermentation; alcoholic beverage; spirits.

1 — INTRODUÇÃO

A fermentação alcoólica apresenta importância indiscutível no contexto do desenvolvimento nacional e aplicação de métodos biotecnológicos em escala comercial. A obten-

ção de álcool etílico no Brasil tem tido destaque mundial, como o país que mais desenvolveu-se na produção, em grande escala, deste produto para emprego como combustível em veículos automotores. Além do álcool combustível, há também produção muito expressiva de bebidas alcoólicas considerando-se como referência a aguardente de cana com uma produção estimada de 1 a 3 bilhões de litros anuais (13). Algumas matérias-primas alternativas para a obtenção de álcool etílico carburante já foram consideradas e estudadas no Brasil porém sem resultados significativos do ponto de vista econômico quando comparadas à cana-de-açúcar. Ao considerarmos alguns produtos diferenciados, como bebidas alcoólicas destiladas, há a possibilidade de sucesso na obtenção em escala comercial para a exploração de mercados específicos. Um exemplo deste fato é a comercialização de alguns tipos de "aguardentes" de milho que têm tido aceitação no mercado nacional e inclusive no internacional e a produção de tiquira a partir de mandioca, bebida muito conhecida na região norte do Brasil, em específico no Maranhão. Algumas regiões têm maior interesse no desenvolvimento da tecnologia de obtenção deste tipo de bebida, em função da disponibilidade de matéria-prima e da possibilidade de retorno econômico.

A cultura da mandioca ocupa posição de destaque em todas as regiões do Brasil. A farinha, embora seja a forma mais ampla de aproveitamento agroindustrial da raiz, apresenta comercialização estagnada, sendo necessário oferecer novas alternativas de mercado para os industriais da área. Essa afirmativa encontra apoio em SILVA *et al.* (18), segundo os quais existe uma visão pessimista, em curto prazo, para o mercado da farinha de mandioca.

O milho é uma cultura de grande importância, com oferta total mundial em 95/96 de 659,9 milhões de toneladas (20) sendo usado como matéria-prima para a obtenção de uma grande variedade de produtos, inclusive de bebidas fermento-destiladas como o "grain whisky" (15).

Quanto a composição química tanto o milho quanto a mandioca apresentam elevado teor de amido, fonte potencial para a obtenção de açúcares fermentescíveis. O amido apresenta diferentes propriedades conforme a origem botânica (21), notadamente na forma e tamanho dos grânulos, na proporção entre amilose e amilopectina, capacidade de absorção de água e temperatura de gelatinização (5).

Em valores médios o amido de mandioca apresenta 17% de amilose e cerca de 83% de amilopectina, teores estes diferentes do milho que apresenta 24% de amilose e 76% de amilopectina (7). Quanto a temperatura de gelatinização, o amido de mandioca gelatiniza numa faixa de 58 - 70°C, temperatura esta inferior a necessária para a gelatinização do amido de milho, que ocorre ao redor de 70-75°C

¹ Recebido para publicação em 24/04/97. Aceito para publicação em 25/07/97.

² Departamento de Zootecnia e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, C.P. 992/993, 84010-330, Ponta Grossa PR.

³ Alunos de pós-graduação da Faculdade de Ciências Agrônomicas/Unesp-Botucatu.

⁴ Centro de Raízes Tropicais/Unesp-Fazenda Experimental Lageado C.P.237, 18603-970, Botucatu SP.

(15), o que pode acarretar economia energética no processamento (22).

O presente estudo considera a obtenção de bebida fermento-destilada a partir de matérias-primas alternativas sendo avaliados o fubá de milho e a farinha de mandioca sob o aspecto tecnológico. Através deste estudo pretende-se avaliar comparativamente as potencialidades das duas fontes para o processo produtivo com o intuito de gerar informações que possam ser consultadas como apoio à aplicação industrial.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Substratos

Amostras de fubá de milho e de farinha de mandioca foram adquiridas do comércio local da cidade de Botucatu-SP e foram caracterizadas através de análise granulométrica (6), dos teores de umidade (4), açúcares redutores (19) e amido (16), a fim de estabelecer os cálculos de rendimento do processo.

2.2 – Mosturação

As enzimas amilolíticas empregadas na produção dos mostos foram cedidas pela NOVO Nordisk S/A - Araucária-PR, sendo utilizadas a Termamyl 120L e a amiloglucosidase (AMG 200L). As concentrações e condições de uso foram as recomendadas pelo fabricante (14).

A mosturação foi efetuada de acordo com o fluxograma da Figura 1. As suspensões dos substratos foram preparadas em erlenmeyers de 1000 ml na concentração de 12% (p/v) e o volume total foi de 700 ml. Adicionou-se a α -amilase na concentração recomendada (14) e os frascos permaneceram sob agitação por 1 hora a 90-95°C. O pH das suspensões já se encontrava nas condições recomendadas (14) para a enzima (pH = 6,0), não sendo necessário qualquer ajuste.

Decorrido o tempo de ação da α -amilase as suspensões foram resfriadas a 60°C, o pH foi ajustado a 4,5 com solução tampão acetato 2M pH 4,5 e adicionou-se a amiloglucosidase (14). Os frascos foram colocados novamente sob agitação e permaneceram nestas condições por 24 horas.

Após a sacarificação as soluções foram filtradas em papel e obteve-se o xarope que foi analisado quanto aos teores de açúcares redutores e ao perfil de açúcares. Para cada substrato foram feitas quatro repetições.

2.3 – Perfil de açúcares nos mostos

O perfil de açúcares nos mostos foi determinado através de HPLC equipado com coluna Biorad[®] HPX 42A, usando água destilada como fase móvel, temperatura de 70°C com fluxo de 0,6 ml/min e detector refratométrico (9). Os valores obtidos foram convertidos em concentração (g/l) e porcentagem através de comparação das leituras com soluções padrões.

Suspensão substrato em água
(12% p/v)

α -amilase

1 hora com agitação

aquecimento gradual até 90-95°C

1 hora com agitação

resfriamento a 60°C

ajuste de pH a 4,5

amiloglucosidase

24 horas/60°C com agitação

Filtração e prensagem

mostos

FIGURA 1. Fluxograma da mosturação.

2.4 – Processo fermentativo

2.4.1 – Preparo do inóculo

O inóculo foi preparado adicionando-se fermento seco da marca "Fermix" na proporção 1,5 % (p/v) em erlenmeyers de 500 ml contendo os mostos das farinhas hidrolisadas. Os frascos foram mantidos sob agitação a 30°C por 24 horas. Após este período, o inóculo foi adicionado aos mostos obtidos da hidrólise e sacarificação das farinhas na proporção de 10 % (v/v) do volume total de mosto a ser fermentado (3, 11).

2.4.2 – Fermentação

A fermentação foi efetuada em recipientes de vidro com capacidade para 3.000ml, vedados com uma coluna d'água a fim de criar uma pressão positiva de gás carbônico e diminuir a tensão de oxigênio. A temperatura de fermentação foi a ambiente (25°C) durante todo o período. O processo fermentativo foi acompanhado através da coleta de amostras em períodos de tempo pré-estabelecidos (0, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 17, 28, 100 horas); tais amostras foram analisadas quanto aos teores de açúcares redutores (19) e ao grau alcoólico, determinado através do método do ebuliômetro (8).

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Caracterização das matérias-primas

A Tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros analisados na caracterização das matérias-primas.

TABELA 1. Média dos teores de umidade, açúcares redutores e amido dos substratos

Matéria-prima	Umidade (%)	Açúcares redutores* (%)	Amido* (%)
Fubá de milho	11,3	1,67	78,1
Farinha de mandioca	9,8	4,77	92,7

* valores expressos em matéria seca

Os resultados da caracterização dos substratos demonstraram um maior teor de amido e de açúcares redutores na farinha de mandioca em comparação ao fubá de milho. De acordo com estes dados os substratos apresentam teores de amido um pouco superiores aos citados por ANDRADE & LIMA (2), que relataram 72,0 % para o fubá e 87,0 % para farinha de mandioca.

O elevado teor de amido na farinha de mandioca relaciona-se com a composição das raízes com baixos teores de outros componentes. Em contraste a composição química do milho inclui, além do amido, proteínas e lipídios em teores consideráveis, o que se constitui em desvantagem quanto ao rendimento em açúcares, porém vantajoso com relação à nutrição da levedura.

3.2 – Mosturação

Os resultados da análise dos açúcares redutores nos mostos e o rendimento da mosturação são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Média dos teores de açúcares redutores nos xaropes e rendimento médio da mosturação.

Matéria-prima	% Matéria seca	% Açúcares red. no xarope	% Teórica de aç. redutores	Rendimento (%)
Fubá de milho	10,644	5,3	9,24	57,4
Farinha de mandioca	10,824	7,4	11,15	66,4

Os resultados obtidos demonstraram uma maior porcentagem de açúcares redutores no mosto de farinha de mandioca bem como uma maior eficiência da mosturação, ou seja, rendimento prático/teórico (8).

De acordo com VENTURINI FILHO (22), que comparou fécula de mandioca com "grits" de milho, a diferença de granulometria dos materiais poderia ser a possível responsável pela maior susceptibilidade enzimática da fécula de mandioca. A análise granulométrica (Figura 2) revelou que a farinha de mandioca apresentou distribuição de frações distinta da observada para o milho, apresentando grânulos de maiores dimensões, no entanto, foi mais susceptível à hidrólise enzimática, o que leva à hipótese de que as características físico-químicas do amido tenham sido as principais responsáveis pela diferente susceptibilidade à ação enzimática.

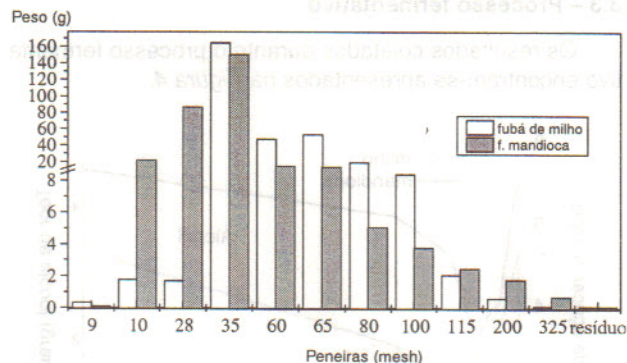


FIGURA 2. Histograma de distribuição das frações granulométricas da farinha de mandioca e do fubá de milho.

3.2.1 – Perfil de açúcares nos mostos

Os resultados do perfil de açúcares nos mostos são apresentados na Figura 3. Observou-se diferença nestes perfis em função do substrato. Assim, enquanto 95,4% dos carboidratos presentes no xarope obtido a partir de farinha de mandioca eram glicose, no xarope de milho obteve-se um rendimento menor deste monossacarídeo, com apenas 87,5%. Estes perfis estão próximos daqueles obtidos por LEONEL & CEREDA (10) para farelo de mandioca hidrolisado com as mesmas enzimas, quando encontraram 90,0% de glicose. São semelhantes também com os obtidos por ABRAHAM *et al.* (1), que estudando o efeito das condições de hidrólise de farinha de mandioca utilizando Termamyl 120 L (1,5h) e AMG (24h) registraram 96% de glicose no hidrolisado.

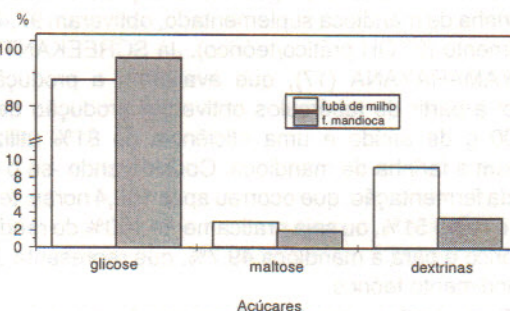


FIGURA 3- Perfil de açúcares nos mostos.

NEBESNY (12) analisou o perfil de carboidratos obtidos por hidrólise enzimática de amido de diversas origens e observaram que 75,3% dos carboidratos presentes no xarope a partir de milho eram G1 - G4 (glicose - maltotetraose) e 23,8 % G5 - Gn (maltopentaose - dextrinas), resultados estes inferiores aos obtidos neste trabalho.

Quanto a porcentagem de dextrinas pode-se observar uma diferença entre os xaropes, sendo que a maior porcentagem no xarope de milho pode ser devido a temperatura de gomificação do amido que é mais elevada que a do amido de mandioca, levando a um baixo rendimento na hidrólise (22).

3.3 – Processo fermentativo

Os resultados coletados durante o processo fermentativo encontram-se apresentados na Figura 4.

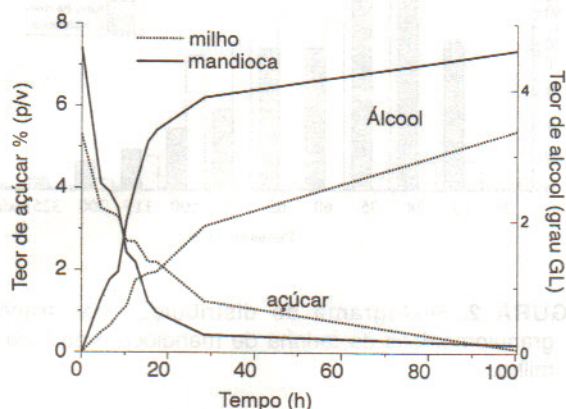


FIGURA 4. Consumo de açúcares e produção de etanol durante a fermentação (valores absolutos) de dois substratos amiláceos.

Pode-se observar que no mosto de mandioca o consumo de açúcares e a produção de etanol foram mais rápidos. Estes resultados estão de acordo com os obtidos no perfil de açúcares dos xaropes, pois o de milho apresentou uma maior porcentagem de dextrinas que não são fermentadas prontamente pela levedura.

O rendimento da fermentação alcoólica, ao se considerar 28,4 horas de fermentação foi de 37,8%, ou seja, 74% do rendimento teórico, para o fubá de milho e 44,53%, ou seja, 87,1% do rendimento teórico, para a farinha de mandioca.

ABRAHAM *et al.* (1), após fermentação (48h) de mosto de farinha de mandioca suplementado, obtiveram 97,4 % de rendimento (ETOH prático/teórico). Já SCREEKANTIAH & SATYAMARAYANA (17), que avaliaram a produção de etanol a partir de tubérculos obtiveram produção de 40,5 ml/100 g de amido e uma eficiência de 81% utilizando também a farinha de mandioca. Considerando -se o ponto final da fermentação, que ocorreu após 100,4 horas, tem-se, para o milho 51%, ou seja praticamente 100% do rendimento teórico e para a mandioca 49,7%, que representa 97,3% do rendimento teórico.

Com relação ao tempo de fermentação, fator importante do ponto de vista econômico, pode-se concluir que a farinha de mandioca apresentou melhores resultados em termos de rendimento da fermentação em 28,4 horas quando comparada ao fubá de milho, nestas condições experimentais. Após 100,4 horas, entretanto, praticamente não houve essa diferença, porém o tempo parece ser demasiadamente prolongado o que pode inviabilizar a produção.

4 – CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu concluir que:

- A farinha de mandioca apresentou maior teor de açúcares potencialmente fermentescíveis, superando em cerca de 15% o fubá de milho;

- O rendimento da mosturação foi maior para a farinha de mandioca, apesar de apresentar-se com maior granulometria que o fubá de milho;
- O perfil de açúcares nos mostos demonstrou que a farinha de mandioca apresentou cerca de 8% mais glicose que o mosto de fubá de milho, e a maior disponibilidade deste monossacarídeo teve relação direta com a velocidade de fermentação;
- A farinha de mandioca apresentou resultados tecnologicamente mais favoráveis à obtenção da bebida fermento-destilada, especialmente em termos do tempo de fermentação.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABRAHAM, T. E., KRISHNASWAMY, C., RAMAKRISHNA, S. V. Effect of hydrolysis conditions of cassava on the oligosaccharide profile and alcohol fermentation. *Starch/ Stärke*, v.39, p.237 - 40, 1987.
- (2) ANDRADE, M. O., LIMA, U. A. Tecnologia dos alimentos glucídicos. In: CAMARGO, R. (coord.) *Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos*. São Paulo : Nobel, 1984. cap. 8, p. 235- 68.
- (3) AQUARONE, E. *et al.* (ed.) *Alimentos e Bebidas Produzidos por Fermentação*. São Paulo: Edgard Blücher, 1983.
- (4) AOAC. Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 13. ed. Washington: s.n., 1980. 109p.
- (5) CABELLO, C. Identificação de parâmetros para monitoramento de processo contínuo de hidrólise enzimática, na produção de glicose a partir de fécula de mandioca. Botucatu, 1995. 208p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- (6) CEREDA, M. P., CATÂNEO, A. Avaliação dos parâmetros de qualidade da fécula fermentada de mandioca. *Revista Brasileira da Mandioca*, v.5, n.2, p.55-62, 1986.
- (7) CIACCO, C. F., CRUZ, R. *Fabricação do amido e sua utilização*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 152p.
- (8) COOPERSUCAR. Cooperativa dos produtores de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. *Fermentação*. São Paulo, 1987. 434p.
- (9) KANEKO, T., KUDO, T., HORIKOSHI, K. Comparison of CD composition produced by chimeric Cgtases. *Agricultural and Biological Chemistry*, v. 54, n. 1, p. 197 - 201, 1990.
- (10) LEONEL, M., CEREDA, M. P. Sacarificação do resíduo fibroso de fecularias. I: seleção da concentração do resíduo. In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES, 19, 1995, Botucatu. *Anais ... Botucatu: Associação dos Docentes, Universidade Estadual Paulista*, 1995. p.203.
- (11) LIMA, U. A. Produção de etanol. In: — *Biotecnologia*. 1.ed. São Paulo: E. Blücher, 1975, v. 1, p. 48- 69.
- (12) NEBESNY, E. Changes of carbohydrate compositions during enzymatic hydrolysis of starches of various origin. *Starch / Stärke*, v. 45, n. 12, p. 426 - 29, 1993.
- (13) NOVAES, F. V. Testes e análises realizadas para assegurar a qualidade da aguardente brasileira. *Engarrafador Moderno*, n.46, p. 79 - 81, 1996.
- (14) NOVO. Enzyme Process Division, Fichas Técnicas, 1995, NOVO Nordisk Bioindustrial do Brasil Ltda.

- (15) PIGGOTT, J. R., SHARP, R., DUNCAN, R. E. B. (ed.) **The Science and Technology of Whiskies**. New York : Longman Scientific Technical, 1989. 410p.
- (16) RICKARD, J. E., BEHN, K. R. Evaluation of acid and enzyme hydrolytic methods for determination of cassava starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 41, n. 4, p. 373- 79, 1987.
- (17) SCREEKANTIAH, K. R., SATYANARAYNA, R. Production of ethyl alcohol from tubers. **J. Food Scienc. and Technol.**, v. 17, n. 4, p. 194 - 5, 1980.
- (18) SILVA, J. R., VEGRO, C. L. R., ASSUMPCÃO, R., PONTARELLI, C. T. A agroindústria de farinha de mandioca nos estados de São Paulo e do Paraná, 1995. **Informações Econômicas**, v. 26, n. 3, p. 69 - 83, 1996.
- (19) SOMOGY, M. Determination of blood sugar. **J. Biol. Chem.**, n. 160, p. 69 - 73, 1945.
- (20) TSUNECHEIRO, A., OKAWA, H. Perspectivas da safrinha de milho em 1996. **Informações Econômicas**, v. 26, n. 3, p. 87 - 89, 1996.
- (21) VILELA, E. R., FERREIRA, M. E. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. **Inf. Agropec.**, v. 13, n. 145, p. 69 - 74, 1987.
- (22) VENTURINI FILHO, V. Fécula de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja. Botucatu, 1993. (Tese de doutorado). 232p.