

# PRODUÇÃO DE AGUARDENTE A PARTIR DE RESÍDUO DE FECULARIA DE MANDIOCA

Divina Aparecida Anunciação Vilhalva, Manoel Soares Soares Júnior, Fabrícia Paula de Faria, Gabriel Luis Castiglioni, Márcio Caliari e Flávio Alves da Silva

## RESUMO

São escassos os trabalhos com a utilização de resíduos agroindustriais como matéria prima para a obtenção de produtos com maior valor agregado na alimentação humana. O objetivo deste trabalho foi produzir aguardente a partir da casca de mandioca, pelos processos de hidrólise enzimática com  $\alpha$ -amilase, amiloglicosidase e xilanase, fermentação alcoólica com *Saccharomyces cerevisiae* e destilação. Foram determinadas as características físico-químicas e sensoriais da aguardente produzida. A utilização dos resíduos da mandioca se mostrou

adequada nos processos envolvidos, alcançando teor alcoólico de 43°GL, pH de 4,3 e acidez titulável de 0,0029g/100ml. Tais resultados apresentaram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira para aguardentes. Os escores médios obtidos para aroma e aparência foram 6,2 e 8,18 respectivamente. Os resultados mostram que os processos envolvidos na obtenção da aguardente de resíduos de mandioca foram satisfatórios para a formulação de um produto com maior qualidade e valor agregado.

## Introdução

No Brasil são produzidas grandes quantidades de resíduos agrícolas e agroindustriais. Neste contexto se enquadram as agroindústrias envolvidas na industrialização da mandioca para obtenção de farinha ou fécula (Chisté *et al.*, 2007). Esses resíduos vêm se tornando um problema ambiental, visto que a maioria deles é descartada diretamente no ambiente sem nenhum tratamento adequado, causando sério impacto ambiental.

As cascas de mandioca provenientes de resíduos de fecularia são ricas em carboidratos e fibras (Lacerda *et al.* 2009), podendo ser utilizadas para fins alimentícios (Rodrigues, 2010; Vilhalva *et al.*, 2011, 2012; Fiorda *et al.*, 2013; Souza,

2011; Souza *et al.*, 2013). O amido é o principal constituinte da raiz. Na fécula de mandioca aproximadamente 18-19% dos grânulos de amido se constituem de amilose e 81-82% de amilopectina. A estrutura dos grânulos de amido, quando submetida a aquecimento acima de 60°C em excesso de água, sofre uma transição chamada de gelatinização. O inchamento dos grânulos e a concomitante solubilização da amilose e amilopectina induzem a gradual perda da integridade granular com a geração de uma pasta viscosa (Franco *et al.*, 2002).

Este fato facilita a hidrólise enzimática do amido (sacarificação), um processo biológico que se dá pela ação de enzimas, principalmente as amilolíticas. As  $\alpha$ -amilases (endoami-

lases) rompem as ligações  $\alpha$ -1,4, no interior do substrato; no final da ação, essa enzima libera unidades de glicose, oligossacarídeos de diferentes pesos moleculares e dextrinas. A amiloglicosidase (EC 3.2.1.3) é uma exoenzima que libera unidades de glicose a partir da extremidade não redutora da amilose, amilopectina e glicogênio. É a única enzima amilolítica com capacidade para hidrolisar ao mesmo tempo as ligações  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 (Pandey *et al.*, 2000). Esta enzima é um importante biocatalisador industrial empregado na produção de xaropes de glicose a partir de matérias-primas amiláceas. Elas são depois das proteases, as enzimas de maior venda e distribuição mundial (Chen *et al.*, 2005). O pH ótimo da amiloglicosidase está

entre 3,0 e 5,0 e a temperatura ótima da enzima se encontra entre 50 e 60°C (Pandey *et al.*, 2005).

As xilanases hidrolisam as moléculas de xilanas por mecanismos de ação endo e exo-xilanases. As endo- $\beta$ ,1-4-xilanases hidrolisam as ligações glicosídicas  $\beta$ ,1-4 internas das moléculas de xilanas liberando xilooligossacarídeos, enquanto que as exo- $\beta$ -xilanases liberam xilose a partir das extremidades não redutoras das xilanas, as  $\beta$ -xilosidases liberam xilose a partir da xilobiose ou xilooligossacarídeos curtos (Gomes *et al.*, 2007). Normalmente as xilanases apresentam atividade ótima em temperaturas de 40-60°C e pH ótimo de 4 a 7 (Carvalho, 2008). O pH ótimo para a  $\alpha$ -amilase situa-se entre

## PALAVRAS-CHAVE / Análise Sensorial / Destilação / Fermentação / Hidrólise Enzimática / *Manihot esculenta* Crantz /

Recebido: 17/11/2012. Modificado: 27/04/2013. Aceito: 28/11/2013.

**Divina Aparecida Anunciação Vilhalva.** Bióloga, Mestra e Doutora em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Brasil. Pós-doutoranda, Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil. e-mail: divina-vilhalva@yahoo.com.br

**Manoel Soares Soares Júnior.** Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Tecnologia de Ali-

mentos, Professor, UFG, Brasil. e-mail: msoaresjr@hotmail.com

**Fabrícia Paula de Faria.** Bióloga e Mestra em Microbiologia e Imunologia, Universidade Federal de São Paulo, Brasil. Doutora em Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasil e Macquarie University, Australia. Professora, UFG, Brasil. e-mail: fabriciapfaria@hotmail.com

**Gabriel Luis Castiglioni.** Engenheiro de Alimentos, Mestre e Doutor em Engenharia de Alimentos, Unicamp, Brasil. Professor, UFG, Brasil. e-mail: g\_castigli@yahoo.com.br

**Márcio Caliari.** Engenheiro Químico, Mestre e Doutor em Tecnologia de Alimentos, Unicamp, Brasil. Professor, UFG, Brasil. e-mail: macaliari@ig.com.br

**Flávio Alves da Silva.** Engenheiro de Alimentos, Mestre e Doutor em Engenharia de Alimentos, Unicamp, Brasil. Professor, UFG, Brasil. Endereço: Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. UFG. Rodovia Goiânia/Nova Veneza, Km 0, Caixa Postal 131, CEP 74690-900, Goiânia, GO, Brasil. e-mail: flaviocamp@gmail.com

## PRODUCTION OF BRANDY FROM CASSAVA STARCH INDUSTRY WASTE

Divina Aparecida Anunciação Vilhalva, Manoel Soares Soares Júnior, Fabrícia Paula de Faria, Gabriel Luis Castiglioni and Márcio Caliari and Flávio Alves da Silva

### SUMMARY

*There are few studies with the use of agro-industrial waste in human food, as raw material for the production of products with higher added value. The aim of this work was to produce brandy from cassava peel, through the processes of enzymatic hydrolysis using commercial enzymes ( $\alpha$ -amylase, amyloglucosidase and xylanase), with the aid of the alcoholic fermentation of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and distillation. The physical-chemical and sensory characteristics of the brandy produced were determined. The use of cassava waste was ad-*

*equated in all processes involved, reaching an alcohol content of 43°GL, 4.3 pH and titratable acidity of 0.0029g/100ml. These results are within the standards required by the Brazilian legislation for brandy. The scores obtained for appearance and aroma evaluation were 6.2 and 8.18, respectively. The results show that the processes involved in producing brandy from cassava waste were satisfactory for the formulation of a product with higher quality and added value.*

## PRODUCCIÓN DE AGUARDIENTE A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE YUCA

Divina Aparecida Anunciação Vilhalva, Manoel Soares Soares Júnior, Fabrícia Paula de Faria, Gabriel Luis Castiglioni y Márcio Caliari e Flávio Alves da Silva

### RESUMEN

*Pocas son las investigaciones que buscan la utilización de residuos agroindustriales como materia prima para la obtención de productos con mayor valor añadido en la alimentación humana. El objetivo del trabajo fue producir aguardiente a partir de la cáscara de la yuca por procesos de hidrólisis enzimática con  $\alpha$ -amilasa, amiloglucosidasa y xilanasa, fermentación alcohólica con *Saccharomyces cerevisiae* y destilación. Las características fisicoquímicas y sensoriales del producto fueron determinadas. El uso de los residuos de la yuca como materia prima para la producción de aguardiente se*

*mostró adecuado en los procesos involucrados, con resultados de 43°GL, pH 4,3 y acidez titulable 0,0029g/100ml. Estos resultados están dentro de los establecidos por la legislación brasileña de aguardiente. Los valores medios obtenidos en la evaluación de aroma y apariencia fueron 6,2 y 8,18 respectivamente. Los resultados muestran que los procesos involucrados en la obtención de la aguardiente a partir de residuo de yuca fueron satisfactorios para la formulación de un producto de mayor calidad y valor añadido.*

5,0 e 6,0 e a sua atividade diminui rapidamente acima de 50°C (Harger *et al.*, 1982).

Com a ação das enzimas  $\alpha$ -amilase, amiloglicosidase e da xilanase, o amido e a hemicelulose infermentescíveis se transformam em açúcares fermentescíveis, o qual pode ser convertido em diversos produtos de interesse, tal como o etanol. O processo de transformação de açúcar em álcool etílico é chamado de fermentação alcoólica e é conduzido por leveduras, principalmente a *Saccharomyces cerevisiae*. Essas leveduras são aeróbias facultativas e mesófilas, apresentando temperaturas ótimas para a produção de etanol na faixa de 26 a 35°C e pH na faixa de 4 a 5 (Lima, 2001).

Desse modo, as cascas de mandioca podem ser utilizadas na produção de aguardente,

principalmente no Brasil, onde a aguardente de cana-de-açúcar é uma bebida muito apreciada (Barcelos *et al.*, 2007). A cachaça é um produto puramente brasileiro, que além de seu valor cultural, já constitui o terceiro destilado mais consumido no mundo, ficando atrás apenas da vodka e uísque. Nacionalmente, a cachaça fica em segundo lugar no consumo de bebidas alcoólicas, perdendo apenas para a cerveja (Silva *et al.*, 2011). A matéria-prima utilizada na produção de destilados (cachaça ou aguardente) no Brasil é quase totalmente a cana-de-açúcar, no entanto outras matérias-primas, tais como mandioca, milho, cevada, uva, laranja, manga, jabuticaba, etc., podem ser utilizadas (Cardoso, 2003).

Por outro lado, são escassos os trabalhos com relação à utilização de resíduos como

as cascas de mandioca, como matéria-prima para a obtenção de produtos com maior valor agregado. O objetivo deste trabalho foi produzir aguardente de casca de mandioca, através dos processos de hidrólise enzimática utilizando enzimas comerciais ( $\alpha$ -amilase, amiloglicosidase e xilanase), seguido da fermentação alcoólica com auxílio da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e da destilação. Foram determinadas características físico-químicas e sensoriais da aguardente obtida.

### Material e Métodos

#### Material

Cascas de mandioca da cultivar IAPAR-12, foram doadas pela Febela -Fecularia de Bela Vista Ltda., município de Bela Vista de Goiás, GO, Brasil.

As enzimas (Summer Xylan 66.000 UXI G/g, Spring Alfa 100.000 SKB/g, e Spring AG BR 800 AGU/g) utilizadas na sacarificação do amido foram doadas pela indústria Granotec do Brasil, município de Curitiba-PR.

#### Métodos

A produção da aguardente foi realizada em quatro etapas: 1) hidrólise enzimática, a qual converte materiais celulósicos e amido em açúcares fermentáveis; 2) fermentação alcoólica, que converte o açúcar fermentável a etanol por *S. cerevisiae*; 3) destilação, método utilizado para separação da aguardente do vinho e das frações cabeça, coração e cauda; e 4) análise físico-química e sensorial da aguardente de casca de mandioca para verificar a qualidade da mesma. Entretanto, antes de

iniciar o processo de hidrólise enzimática do amido das cascas de mandioca foram verificadas as atividades enzimáticas das enzimas  $\alpha$ -amilase, amiloglicosidase e xilanase, a fim de verificar qual a dosagem de cada enzima a ser utilizada no processo de hidrólise.

#### *Determinação da atividade das enzimas*

Para a dosagem da atividade xilanolítica foi utilizado como substrato a xilana 'oat-spelt' (xilana extraída de aveia, Sigma®). A determinação da atividade enzimática da xilanase foi realizada pelo método de DNS (Miller, 1959). O ensaio para determinação da atividade de  $\alpha$ -amilase foi realizado através do Teste de DNS: ácido 3,5-dinitrosalicílico para  $\alpha$ -amilase de acordo com Pascoal *et al.* (2010). A determinação da atividade da amiloglicosidase foi realizado através do método de glicose oxidase conforme descrito por Silva *et al.* (2005).

#### *Hidrólise enzimática*

Para a realização da hidrólise enzimática, o amido foi gelatinizado, incubando a farinha de casca de mandioca, suficiente para uma concentração final de 10% (m/v) de amido em 10ml de água destilada. A concentração de amido utilizada neste trabalho se baseou em dados da literatura, levando em consideração a concentração máxima de 10%, já que concentrações maiores para a casca de mandioca inviabilizam o processo devido à alta viscosidade adquirida principalmente durante a gelatinização (Ferreira *et al.*, 2005; Souto, 2011).

A gelatinização foi então realizada em frascos de roscas (tubo Falcon®) de 50ml de capacidade em banho-maria tipo Dubnoff (Tecnal TE-053) a 70°C durante 30min. Adicionaram-se as enzimas xilanase e  $\alpha$ -amilase na concentração definida em cada experimento e incubou-se os frascos em agitador (Tecnal TE-421) a 38°C e 180rpm, por 2h. Após esse período elevou-se a temperatura do *shaker* a 60°C e

adicionou-se a enzima amiloglicosidase, na qual foi mantida na mesma rotação por 16h. Após essa etapa foi verificado para cada amostra do experimento o teor de sólidos solúveis (°Brix) e a quantidade de açúcares redutores (AR), determinados pelo método de DNS (Miller, 1959).

A metodologia de superfície de resposta (Rodrigues e Iemma, 2005) foi utilizada na otimização da hidrólise enzimática. Foi utilizado o planejamento experimental central rotacional composto, com 18 experimentos e variação simultânea da concentração de xilanase (2-18 U/ml), amilase (2-70 U/ml) e amiloglucosidase (2-60 U/ml) durante a hidrólise.

Para a produção do hidrolisado em maior escala, após a escolha do melhor ponto da hidrólise, o que obteve a maior concentração de AR, foi utilizado Erlenmeyer com capacidade de 1000ml, contendo 450ml de cascas gelatinizadas. O material hidrolisado obtido foi centrifugado por 15min a 3000rpm para separação das frações sólidas e líquidas. Foi necessário fazer a concentração de sólidos solúveis, pois o hidrolisado estava com concentração em torno de 8°Brix. Para a concentração do hidrolisado se elevar até 14°Brix, o teor de sólidos solúveis necessário para realização da fermentação para a produção de aguardente, o material foi mantido em estufa com circulação de ar a 70°C por 24h. Após a concentração a 14°Brix, o material foi submetido ao processo de fermentação alcoólica.

#### *Fermentação alcoólica*

A fermentação alcoólica foi realizada em Erlenmeyer de 1000ml de capacidade. Esse processo foi realizado em três repetições, onde em cada recipiente, adicionou-se 450ml de hidrolisado na presença de 1% (m/v) de fermento biológico comercial (Fleischmann). Os recipientes foram colocados em incubadora (Tecnal TE-421) a 33°C sem rotação. O tempo final da fermentação foi definido pela estabilização da

quantidade de sólidos solúveis do fermentado.

#### *Destilação*

Um pequeno destilador foi montado no laboratório de Bebidas da Escola de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, com os seguintes equipamentos: manta aquecedora com capacidade para acoplar balão de 500ml, conector de vidro que acopla o balão ao condensador (condensador do tipo horizontal), termômetro a laser para controle da temperatura (mantida ~80°C). Foram colocados para destilar 400ml de material fermentado, sendo a destilação separada em três frações: a primeira fração, denominada de 'cabeça' e que correspondia a 10% da destilação, foi desprezada; depois se coletou o 'coração', que correspondia a 80% da destilação; e encerrou a destilação desprezando os 10% finais que correspondia à 'cauda'. A aguardente de casca de mandioca utilizada na sequência do experimento foi somente a fração que correspondia ao 'coração' da destilação.

#### *Análise físico-química e sensorial da aguardente*

As amostras de aguardente de casca de mandioca foram caracterizadas em relação à acidez titulável, ao pH e ao grau alcoólico (°GL), conforme a metodologia descrita pelo MAPA (Brasil, 2005). Todas as análises foram realizadas em triplicata. A aguardente destilada foi submetida a teste de aceitação do aroma e aparência. Para a realização da análise sensorial foram escolhidos 50 julgadores, consumidores de aguardente, maiores de 18 anos e não fumantes. Na análise sensorial da aguardente de casca de mandioca, 58% dos julgadores eram do sexo masculino e 42% do sexo feminino. Sendo que 88% deles consumiam aguardente menos que 10 vezes por mês e 12% consumiam entre 10-15 vezes por mês. Foi utilizada uma ficha de avaliação, com escala hedônica

estruturada de nove pontos (Stone e Sidel, 1993), onde cada provador avaliou a amostra de acordo com a aparência e o aroma, anotando quanto gostou ou desgostou da aguardente de casca de mandioca.

#### *Análise estatística*

Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância, assim como os coeficientes do modelo de regressão. Para visualização do efeito das variáveis-respostas foram elaborados gráficos de superfície de resposta e curvas de contorno, utilizando o programa Statistica 5.0.

#### **Resultados e Discussão**

Para realizar a otimização da hidrólise enzimática da farinha de casca de mandioca, foi necessário analisar a atividade enzimática das enzimas comerciais Summer Xylan 66.000 UXI G/g, Spring Alfa 100.000 SKB/g e Spring Ag BR 800 AGU/g, a fim de dosá-las com base na unidade enzimática durante o experimento da hidrólise. Os resultados obtidos da atividade enzimática foram: 18, 70 e 60 U/ml para xilanase,  $\alpha$ -amilase e amiloglicosidase respectivamente.

Na literatura não há uma padronização para determinar a atividade de enzimas, existindo uma variedade de metodologias e adaptações. Esse fato dificulta a comparação dos resultados obtidos neste trabalho com outros dados disponíveis na literatura (Souto, 2011; Ferreira, 2011). Além disso, a atividade enzimática das preparações é específica de cada fabricante das enzimas, o que também impede a comparação a partir das fichas técnicas dos fabricantes. As atividades das enzimas utilizadas neste trabalho foram muito menores que a indicada no rótulo pelo fabricante. Cada enzima exige temperatura e pH diferentes, e neste trabalho foi realizado um experimento a fim de constatar qual a melhor temperatura para cada enzima. O pH não foi verificado, pois foi decidido que as

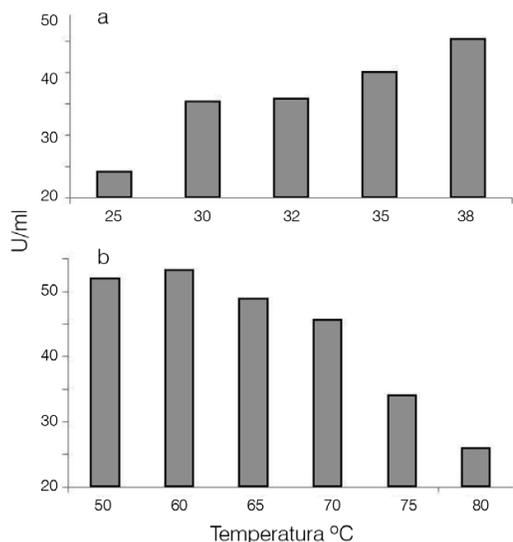


Figura 1. Determinação da atividade enzimática (U/ml) em cascas de mandioca, após adição das enzimas  $\alpha$ -amilase (a) e amiloglicosidase (b) em diferentes temperaturas.

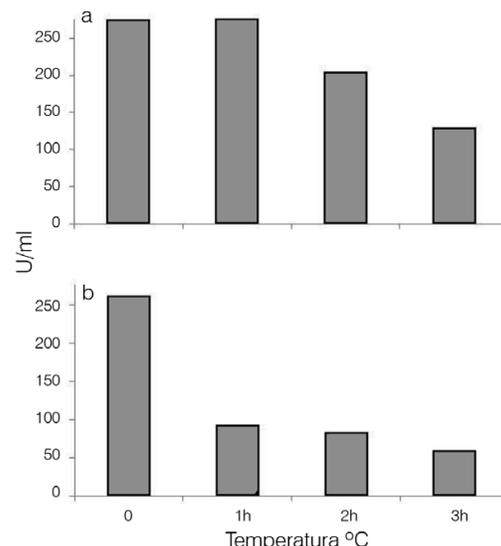


Figura 2. Determinação da atividade enzimática (U/ml) em Cascas de mandioca, após adição da enzima xilanase na temperatura de 38°C (a) e 60°C (b).

enzimas seriam adicionadas para reação em água, a fim de tornar a produção da aguardente de resíduos o mais simples possível e de fácil aplicação ao produtor. Os resultados da otimização das temperaturas para as enzimas  $\alpha$ -amilase com variação entre 25 e 38°C e amiloglicosidase com variação de 50 a 80°C, podem ser observados na Figura 1.

Antes de iniciar a hidrólise das cascas de mandioca utilizando todas as enzimas ( $\alpha$ -amilase, amiloglicosidase e xilanase), outro experimento (Figura 2) foi realizado, no qual determinou-se a atividade enzimática da xilanase apenas para 38 e 60°C, temperaturas ótimas para a  $\alpha$ -amilase e amiloglicosidase. Esse experimento foi realizado, a fim de averiguar qual a melhor opção de temperatura em conjunto com outra enzima para adicionar a xilanase. Foi verificado que a xilanase se manteve mais termoestável na temperatura de 38°C (Figura 2a), que na temperatura de 60°C (Figura 2b). Assim, foi determinado que no experimento de hidrólise as enzimas  $\alpha$ -amilase e xilanase seriam adicionadas a 38°C e a amiloglicosidase a 60°C. O delineamento experimental com variáveis codificadas, valores reais e teores de açúcares redu-

tores obtidos da hidrólise encontram-se na Tabela I.

O modelo ajustado foi significativo e não mostrou falta de ajuste significativa (Eq. 1).

$$y = 64,51 + 2,08X_1 - 3,22X_2 - 1,90X_3^2 - 2,13X_1X_3 - 2,42X_2X_3 \quad (1)$$

O coeficiente de determinação do modelo ajustado explicou 69% das respostas. Os efeitos lineares da concentração de xilanase e de  $\alpha$ -amilase foram significativos ao nível de 5% de probabilidade. O efeito quadrático da concentração de amiloglicosidase, assim como o das interações entre as concentrações de xilanase e amiloglicosidase, e  $\alpha$ -amilase e amiloglicosidase, apresentaram níveis de significância próximos de 5% e foram mantidos nos modelos ajustados (Tabela II).

O gráfico de superfície de resposta da produção de açúca-

res redutores em função das concentrações de xilanase e  $\alpha$ -amilase na reação hidrolítica indicou que quanto maiores as concentrações de xilanase e  $\alpha$ -amilase, maior é a hidrólise, com consequente maior teor de açúcares redutores (Figura 3). A área do gráfico com produção de açúcares redutor  $>70\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  e durante a hidrólise da casca de mandioca foi observada em concentrações acima de 10 U/ml de xilanase e 56 U/ml de  $\alpha$ -amilase (Figura 3). A vali-

dação do modelo foi feita a partir de três repetições experimentais das condições do ponto 11, encontrando valores de  $83,9\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  de açúcares redutores e  $10,8^\circ\text{Brix}$ . A diferença de 16,5% maior que o indicado pelo modelo, provavelmente pode ser explicada pelo baixo coeficiente de determinação obtido no modelo matemático ajustado.

Assim, após a realização do experimento de hidrólise verificou-se que o ponto ótimo da hidrólise foi o ponto 11 (10:2:31 U/ml de xilanase,  $\alpha$ -amilase e amiloglicosidase, respectivamente) pois este apresentou o menor gasto de amiloglicosidase e  $\alpha$ -amilase, quando comparado às demais combinações da área de máximo teor de açúcar redutor obtido (Figura 3). Por isso, o ponto 11 foi utilizado para a produção do hidrolisado em maior escala, e posterior produção da aguardente de casca de mandioca.

A fermentação do hidrolisado de cascas de mandioca se comportou semelhante à fermentação alcoólica de caldo de cana-de-açúcar, o tempo médio de fermentação foi de 24h a 33°C, sendo que no início da fermentação o hidrolisado estava com  $14^\circ\text{Brix}$  e após 24h de fermentação se estabilizou em  $4,6^\circ\text{Brix}$ . Após obtenção do mosto fermentado (vinho) iniciou-se a destilação para obten-

TABELA I  
PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA

Exp.	Variáveis codificadas			Valores reais (U/ml)			Açúcares redutores (g·ml <sup>-1</sup> )
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Xilanase	$\alpha$ -amilase	Amiloglicosidase	
1	-1	-1	-1	5,24	15,76	13,74	54,443
2	1	-1	-1	14,76	15,76	13,74	69,070
3	-1	1	-1	5,24	56,24	13,74	54,386
4	1	1	-1	14,76	56,24	13,74	63,758
5	-1	-1	1	5,24	15,76	48,26	68,827
6	1	-1	1	14,76	15,76	48,26	68,434
7	-1	1	1	5,24	56,24	48,26	52,591
8	1	1	1	14,76	56,24	48,26	59,961
9	-1,68	0	0	2	36	31	64,226
10	1,68	0	0	18	36	31	62,673
11	0	-1,68	0	10	2	31	72,007
12	0	1,68	0	10	70	31	63,795
13	0	0	-1,68	10	36	2	60,129
14	0	0	1,68	10	36	60	62,318
15	0	0	0	10	36	31	64,544
16	0	0	0	10	36	31	65,105
17	0	0	0	10	36	31	65,479
18	0	0	0	-	36	31	64,731

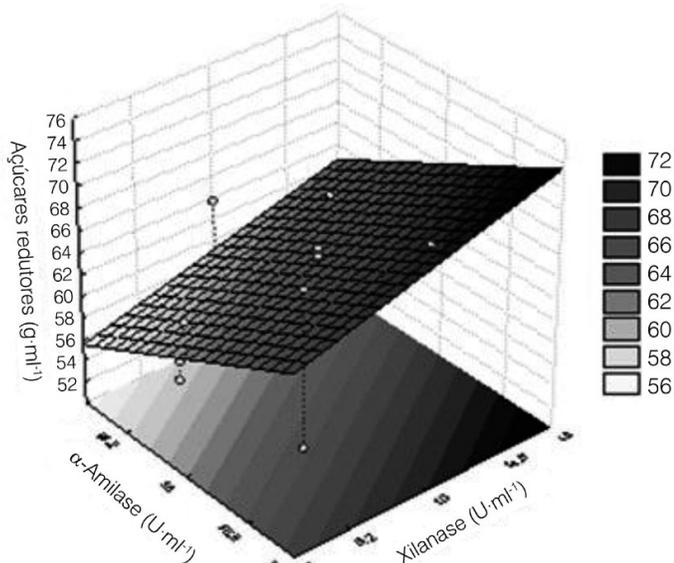


Figura 3. Açúcares redutores obtidos na hidrólise em função das concentrações de xilanase e  $\alpha$ -amilase, com amiloglucosidase fixada em 31 U/ml.

ção da aguardente de casca de mandioca.

No processo de destilação aproveitou-se apenas a porção denominada de 'coração', pois nesta porção não se encontram os componentes tóxicos. Dessa maneira descartaram-se as porções denominadas 'cauda' e 'cabeça'. A cauda é pobre em etanol e a cabeça é rica em aldeídos e outros compostos tóxicos (Novaes, 1994). O teor de etanol na porção referente ao 'coração' do destilado foi medida em um alcoômetro e obteve-se um destilado com 43% (v/v). Este valor está dentro dos limites impostos para graduação alcoólica da aguardente, pois de acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2005), a aguardente deve apresentar graduação alcoólica de 38-54% em volume, obtida de destilado alcoólico simples ou

pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6g.l<sup>-1</sup>.

Atualmente podem ser encontradas várias bebidas destiladas, principalmente as aguardentes, tais como as de frutas (laranja, maracujá, jabuticaba, banana e uva), as de cereais (cevada, milho e arroz), as de raízes e tubérculos (beterraba, mandioca e batata) e as de colmos, como as de cana-de-açúcar e bambu (Farias *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009, 2011). No entanto, apenas um registro foi encontrado na literatura quanto à produção de aguardente proveniente de resíduos de cascas de mandioca (Oliveira *et al.*, 2008), sendo verificada por esses autores uma grande concentração de cianeto e metanol, mesmo após a secagem das cascas em estufa a

100°C por 30h. Esses compostos não foram determinados neste trabalho, assim, na análise sensorial a aguardente foi apenas avaliada quanto ao aroma e aparência. Novos estudos são necessários para elucidação desta questão. Os resultados da análise físico-química da aguardente foram: grau alcoólico 43% v/v, pH 4,3 e acidez titulável 0,0029g/100g, sendo compatíveis com os padrões exigidos para aguardente (Brasil, 2005).

Os escores médios obtidos para aroma e aparência foram de 6,2 (que corresponde entre gostei pouco e gostei moderadamente) e 8,18 (que está na escala de gostei muito a gostei muitíssimo), respectivamente. O baixo resultado apresentado ao aroma de 6,2 está justificado ao fato da aguardente ser recém-destilada (15 dias após a destilação), e não ser envelhecida, o que acrescentaria notas diferenciadas de aroma. O processo de envelhecimento transfere compostos existentes na estrutura da madeira à bebida, melhorando a qualidade sensorial da mesma (Freitas, 2011). Sendo o envelhecimento do produto uma das principais sugestões anotadas pelos produtores durante a realização da análise sensorial.

### Conclusão

A utilização da casca oriunda de fecularia de mandioca como fonte de açúcares fermentescíveis, por meio da hidrólise enzimática otimizada (10 U/ml xilanase, 2 U/ml  $\alpha$ -amilase e 31 U/ml amiloglucosidase) seguida de concentração, se mostrou adequada para

a realização da fermentação alcoólica.

A fermentação do hidrolisado de cascas de mandioca se comportou semelhante à fermentação alcoólica de caldo de cana-de-açúcar, com tempo médio de fermentação de 24h.

A aguardente produzida obteve teor alcoólico de 43°GL, pH de 4,3 e acidez de 0,0029/100ml, ficando dentro do padrão exigido pela legislação brasileira.

A aparência translúcida e aroma característico de aguardente foram observados pelos produtores, que avaliaram o produto positivamente.

Novos estudos mais detalhados sobre a qualidade da aguardente do resíduo de casca de mandioca proveniente de fecularia devem ser realizados.

### REFERÊNCIAS

- Barcelos LVE, Cardoso MG, Vilela FJ, Anjos JP (2007) Teores de carbamato de etila e outros componentes secundários em diferentes cachaças produzidas em três regiões do Estado de Minas Gerais: zona da mata, Sul de Minas e Vale do Jequitinhonha. *Quím. Nova* 30: 1009-1011.
- Brasil (2005) *Instrução Normativa Nº13 de 29 de junho de 2005. Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União. Nº 124, 30 de junho de 2005. Seção 1.
- Cardoso DR, Lima-Neto BS, Franco DW, Nascimento RF (2003). Influência do material do destilador na composição química das aguardentes de cana. *Quím. Nova* 26: 165-169.
- Carvalho WR (2008) *Caracterização Bioquímica da Endoxilanase Recombinante (HXYN2r) do fungo termofílico Humicola grisea var. thermioidea e sua Aplicação na Sacarificação de Resíduos Agrícolas*. Tese. Universidade Federal de Goiás. Brasil. 122 pp.
- Chen J, Li DC, Zhang YQ, Zhou QX (2005) Purification and characterization of a thermostable glucoamylase from *Chaetomium thermophilum*. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 51: 175-181.
- Chisté RC, Cohen KO, Mathias EA, Ramoa Junior AGA (2007) Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de

TABELA II  
ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES DURANTE A HIDRÓLISE DO AMIDO E DAS FIBRAS DA CASCA DA MANDIOCA CATALISADAS POR DIFERENTES NÍVEIS DE XILANASE, A-AMILASE E AMILOGLICOSIDASE

Fator	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
X1 (L)	55,9737	1	58,9737	4,82613	0,048410
X2 (L)	141,0751	1	141,0751	11,54492	0,005291
X3 (Q)	43,9416	1	43,9415	3,59597	0,082248
X1.x3	36,2186	1	36,2186	2,96396	0,110792
X2.x3	46,7544	1	46,7544	3,82616	0,074141
Erro	146,6361	12	12,2197		
Total	473,5995	17			

- mandioca do grupo d'água. *Ciênc. Tecnol. Alim.* 27: 265-269.
- Farias, CHA, Fernandes, PD, Gheyi, HR, Dantas Neto J (2009). Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. *Rev. Brás. Eng. Agríc. Amb.* 13: 419-428.
- Ferreira GB, Melo VV, Almeida SOB, Evangelista, AF Souza RR (2005) Caracterização do processo de obtenção de uma aguardente de mandioca. *Braz. J. Food Technol.* (5<sup>o</sup> SIPAL) pp. 2-7.
- Fiorda FA, Soares Júnior MS, Da Silva FA, Souto LRF, Grosmann MVE (2013) Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: technological and sensory aspects. *Int. J. Food Sci. Technol.* 48: 1977-1984.
- Franco CML, Daiuto ER, Demiate IM, Carvalho LJCB, Leonel M, Cereda MP, Vilpoux OF, Sarmiento SBS (2002) *Propriedades Gerais do Aído*. Vol. 1 Fundação Cargill. Campinas, Brasil. 224 pp
- Freitas RC (2011) *Efeito de Diferentes Madeiras sobre a Cinética do Envelhecimento de Cachaça*. Tese. Universidade Federal de Goiás, Brasil. 201 pp.
- Gomes E, Guez MAU, Martin N, Silva R (2007) Enzimas termotáveis: fontes, produção e aplicação industrial. *Quím. Nova* 30: 136-145.
- Harger C, Sprada D, Hiratsuka E (1982) Amilase fúngica. Em *Bioquímica das Fermentações*. 56 pp.
- Lacerda LG, Almeida RR, Demiate IM, Carvalho Filho MAS, Vasconcelos EC, Woiciechowski AL, Banach G, Schnitzler E, Soccol CR (2009) Thermoanalytical and starch content evaluation of cassava bagasse as agro-industrial residue. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 52: Special. Number 143-150.
- Lima UA, Aquarone E, Borzani W, Schimidell W (2001) *Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos*. Vol. 3. Blücher. São Paulo, Brasil. 593 pp.
- Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugars. *Anal. Chem.* 31: 426-428.
- Novaes FV (1994) *Noções Básicas Sobre a Teoria da Destilação*. ESALQ. Piracicaba, Brasil. 22 pp.
- Oliveira RHA, Sudo JTC, Resende MM (2008) Estudo dos processos de sacarificação, fermentação e destilação de cascas e pontas de mandioca no processo de obtenção de aguardente. *XII Seminário e Encontro de Iniciação Científica*. Universidade Federal de Uberlândia. Brasil. 9 pp.
- Pandey A, Poonam N, Soccol CR, Soccol VT, Singh D, Mohan R (2000) Advances in microbial amylases. *Biotechnol. Appl. Biochem.* 31: 135-152.
- Pandey A, Webb C, Soccol CR, Larroche C (2005) *Enzyme Technology*. Asiatech. Nova Delhi, India. 760 pp.
- Pascoal AM, Mitidieri S, Fernandes KF (2010) Immobilisation of  $\alpha$ -amylase from *Aspergillus niger* onto polyaniline. *Food Bioprod. Proc.* 89: 300-306.
- Rodrigues MI, Iemma AF (2005) *Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos*. Casa do Pão Autores. Itaquaquecetuba, SP, Brasil. 325 pp.
- Rodrigues JPM (2010) *Caracterização e Análise Sensorial de Biscoito de Polvilho Enriquecido com Farelo de Mandioca*. Tese. Universidade Federal de Goiás. Brasil. 81 pp.
- Silva RN, Asquieri ER, Fernandes KF (2005) Imobilization of *Aspergillus Niger* glucoamylase onto a polyaniline polymer. *Proc. Biochem.* 40: 1155-1159.
- Silva MBL, Chaves JBP, Lelis VG, Alvarenga LM, Zuim DR, Silva PHA (2009) Qualidade físico-química e sensorial de agus de polpa de banana e banana integral submetidas à hidrólise enzimática. *Alim. e Nutr.* 20: 217-221.
- Silva MC, Azevedo LC, Carvalho MM, Sá AGB, Lima MS (2011). Elaboração e avaliação da qualidade de aguardentes de frutas submetidas a diferentes tratamentos. *Rev. Semiárido Visu I:* 92-106.
- Souto LRF (2011) *Utilização do amido da casca de mandioca na produção de vinagre: Características físico-químicas e funcionais*. Tese. Universidade Federal de Goiás. Brasil. 128 pp.
- Souza TAC, Soares Júnior MS, Souza TSC, Campos MRH (2013) Bolos sem glúten a base de arroz quebrado e casca de mandioca. *Semina Ciênc. Agrar.* 34: 717-728.
- Stone H, Sidel JL (1993). *Sensory Evaluation Practices*. 2<sup>a</sup> ed. Academic Press. Londres, RU. 338 pp.
- Vilhalva DAA, Soares Júnior MS, Moura CMA, Caliari M, Souza TAC, Silva FA (2011) Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma. *Rev. Inst. Adolfo Lutz* 70: 514-521.
- Vilhalva DAA, Soares Júnior MS, Caliari M, Silva FA (2012) Secagem convencional de casca de mandioca proveniente de resíduos de indústria de amido. *Pesq. Agropec. Trop.* 42: 331-339.