

MUDANÇAS NO PERFIL DO BAGAÇO DE MAÇÃ TRATADO COM ENZIMAS INDUSTRIAIS

CHANGES IN PROFILE APPLE POMACE TREATED WITH INDUSTRIAL ENZYMES

Jéssica Cardoso Granero¹, Rhuane Barbosa², Denise Milléo Almeida³, Luís Antonio Pinheiro⁴, Elenise Sauer⁵, Gilvan Wosiacki⁶, Rosilene Aparecida Prestes⁷

^{1,2,4,6}Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG – Ponta Grossa – Brasil jeh-g@hotmail.com

^{3,5,7}Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Ponta Grossa – Brasil raprestes@yahoo.com.br

Resumo

O processo de maceração e liquefação é considerado uma tecnologia limpa, a qual consiste em tratar o triturado com preparações enzimáticas compostas por poligalacturonases e celulasas a uma temperatura ótima por um determinado período de tempo e promover uma hidrólise da parede celular. O objetivo do trabalho foi encontrar a melhor condição para diminuir a produção de resíduos na produção de sucos de maçã e caracterizar os perfis dos bagaços em relação ao teor de fibras totais (FT), cinzas e lignina após os tratamentos com a preparação enzimática de maceração Novozym 33102 e de liquefação Ultrazym[®] AFP-L e aplicar a análise quimiométrica. A melhor condição de trabalho foi encontrada a 50°C e 6,25µL/g para a enzima Ultrazym[®] AFP-L, com rendimento de 2,13% em relação à amostra inicial. Através do modelamento empírico, encontrou que para as duas preparações enzimáticas a concentração é o fator mais determinante. O teor de cinzas teve valor mínimo de 1,23 % (Novozym 33102, 50°C, 6,25µL/g) e máximo de 2,5 % (Ultrazym[®] AFP-L, 20°C, 11,25 µL/g). As fibras totais para Novozym foi em média 13,25%, enquanto com a Ultrazym[®] AFP-L de 12,18%. Através de análise espectroscópica observou no comprimento de onda 1000 cm⁻¹ um estiramento C-O; 1750 a 500 cm⁻¹ houve a identificação de polissacarídeos, em 2920 a 3040 cm⁻¹ ligações C-H de alcanos e grupo hidroxila na região de 3300 a 3700 cm⁻¹. Os teores de lignina obtidos para Novozym 33102 variaram de 13% a 35%. A PCA discriminou os bagaços principalmente na região dos polissacarídeos. O modelo SIMCA foi mais eficiente para classificar os bagaços de maçã da cultivar Fuji tratados com as preparações enzimáticas.

Palavras-chave: bagaço de maçã; enzimas; análise quimiométrica.

1 Introdução

O Brasil, por ser um país de grande atividade agrícola, é um dos que mais produzem resíduos agro-industriais. (CATANEO et al.,2008). Além da fabricação de geléias, doces e aromas provenientes da maçã, o suco desta fruta é o segundo mais consumido no mundo, após o suco de laranja, e por isso a geração de bagaço de maçã se enquadra como uma das maiores concentrações da maioria dos resíduos gerados anualmente em nosso país (VILLAS-BÔAS, 2001).

Segundo Foo e Lu (1999), Zheng e Shetty (1998b) e Albuquerque (2003), o bagaço de maçã caracteriza-se por apresentar, em sua composição, baixos teores de proteínas e aminoácidos essenciais, bem como de vitaminas e sais minerais. Todavia, possui elevadas quantidades de fibras, constituídas por biopolímeros de alto peso molecular, tais como amido, hemicelulose, celulose, pectina e lignina, além de outros mono e dissacarídeo.

A fim de minimizar a geração de resíduos na agroindústria de maçã, e conseqüentemente aumentar o rendimento pelo processo de centrifugação do suco, se aplicam preparações enzimáticas de maceração e liquefação, compostas, respectivamente, por poligalacturonases ou celulases mais poligalacturonases. A uma temperatura ótima por um determinado período de tempo estas enzimas promovem uma hidrólise da parede celular (ALBUQUERQUE, 2002).

A preparação enzimática Novozym 33102 foi desenvolvida para auxiliar na decomposição industrial de pectina de maçã, a qual é constituída essencialmente de pectinialiase isenta de celulases. A sua atividade de despolimerização da cadeia de pectina ocorre pelo mecanismo de β eliminação liberando uma cadeia menor com um terminal não redutor insaturado entre os carbonos C₄ e C₅. A pectina-liase rompe a ligação glicosídica entre os resíduos de ácidos D-galacturônicos por um mecanismo de trans-eliminação de hidrogênio dos carbonos das posições C₄ e C₅ do ácido D-galacturônico, degradando as pectinas de alta metoxilação (DA SILVA, R.; FRANCO, C.M.L.; GOMES, 1997).

O processo de liquefação tem por objetivo degradar os polissacarídeos da parede celular liberando os compostos solúveis, em especial o ácido D-galacturônico e os açúcares neutros (GRASSIN, C.; FAUQUEMBERGUE, P. 1996). Este processo é promovido pela preparação enzimática Ultrazym[®] AFP-L, onde ocorre à transformação da polpa em suco, independente da prensagem. A polpa é liquefeita pela hidrólise dos componentes da parede celular dos vegetais. Para que isso ocorra de forma mais eficiente, a utilização combinada de poligalacturonases e celulases é indicada. Devido ao sinergismo de suas atividades, são capazes de hidrolisar até 80% dos polissacarídeos presentes na polpa. O grau de hidrólise atingido é dependente do acesso das enzimas ao substrato e está intimamente relacionado com a presença e a concentração de lignina no produto (KOBBLITZ, M.G.M., 2008).

Portanto, este trabalho teve como objetivo encontrar a melhor condição (temperatura e concentração) para diminuir a produção de resíduos na produção de sucos de maçã e caracterizar os perfis dos bagaços em relação ao teor de fibras totais, cinzas e lignina após os tratamentos com a preparação de maceração Novozym 33102 e de liquefação Ultrazym[®] AFP-L, como também aplicar a análise exploratória e classificatória nos dois tipos de bagaço.

2 Material e Métodos

Material

Amostras de cultivar de maçã Fuji e preparações enzimáticas de Ultrazym[®] AFP-L (Novozymes) (celulase + poligalacturonase) e Novozym 33102 (poligalacturonase) (Novozymes).

Métodos

Obtenção do Bagaço

Maçãs do cultivar Fuji foram trituradas em um liquidificador industrial. Uma quantidade de 150g da polpa obtida foi colocada em frascos de Erlenmeyer e as preparações enzimáticas Novozym 33102 e Ultrazym[®] AFP-L foram adicionadas nas concentrações de 1,25; 6,25 e 11,25 µL/g, além de uma preparação controle sem preparação enzimática. Estas composições foram tratadas nas temperaturas de 20, 35 e 50 °C em um *shaker* MARCONI por 1 hora.

O suco foi separado do bagaço por uma centrífuga HITACHI CR21GII, modelo HIMAC; com a rotação de 10000 RPM, 800 g, no período de 40 minutos para o controle e 30 minutos para as amostras que continham as preparações enzimáticas. Por fim, os bagaços foram liofilizados e triturados.

Os rendimentos de bagaço foram expressos em percentagem das massas totais dos frutos, como na expressão na equação 1:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa de bagaço}}{\text{massa inicial}} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Resíduo mineral fixo (Cinzas)

Para a determinação quantitativa das cinzas totais, utilizou-se o método gravimétrico, onde foram pesados aproximadamente 1g do bagaço em triplicata em cadinhos de porcelana previamente calcinados, arrefecidos e pesados. O mesmo foi incinerado na temperatura de 600 °C por 6h. Após esta etapa foram calculadas as percentagens de cinzas em relação ao bagaço que foi submetido ao processo de secagem.

Fibras Totais

As fibras totais foram determinadas em um digestor Ankon^{200/220} *Fiber Analyzer* (Ankom Technology - 8/98). Para a digestão foi utilizado ácido sulfúrico 0,255% e hidróxido de sódio 0,323%. Os “bags” foram lavados com acetona, secos em estufa a 105 °C por um período de 2 a 4 horas e pesados a fim de obter a porcentagem de fibras totais nas amostras.

Lignina

Para a obtenção da lignina Klason (lignina insolúvel em ácido), foi seguido o procedimento de natureza gravimétrica o qual utiliza a parede celular bruta como substrato ao tratamento com ácido sulfúrico 72%. Para esta análise foi pesado aproximadamente 1g da amostra seca em um frasco de Erlenmeyer com tampa, adicionado 25 mL de solução de ácido sulfúrico 72% e colocado sobre agitação a temperatura ambiente por 2h. Posteriormente, foram adicionados 500 mL de água destilada, transferindo o produto para um balão de 1000 mL. A solução ficou sob-refluxo por 4h. O produto foi filtrado em um funil de vidro sintetizado M (ASTM 10-15M), previamente tarado, seco em estufa a 105°C por 2h e resfriado em dessecador até massa constante. A porcentagem de lignina foi calculada pela equação 2:

$$\text{Lignina (\%)} = \frac{\text{massa de lignina}}{\text{massa total de bagaço}} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Espectrometria de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Foram feitas pastilhas, utilizando KBr como base inerte, afim de corrigir ruídos instrumentais. A mistura de 2% (g/g) de bagaço em KBr foi homogeneizada e triturada em almofariz e pistilo. Os espectros foram obtidos na faixa de 4000-400 cm⁻¹ em um espectrômetro Nicolet 4700, utilizando resolução de 2 cm⁻¹ e 60 varreduras.

Análise Multivariada

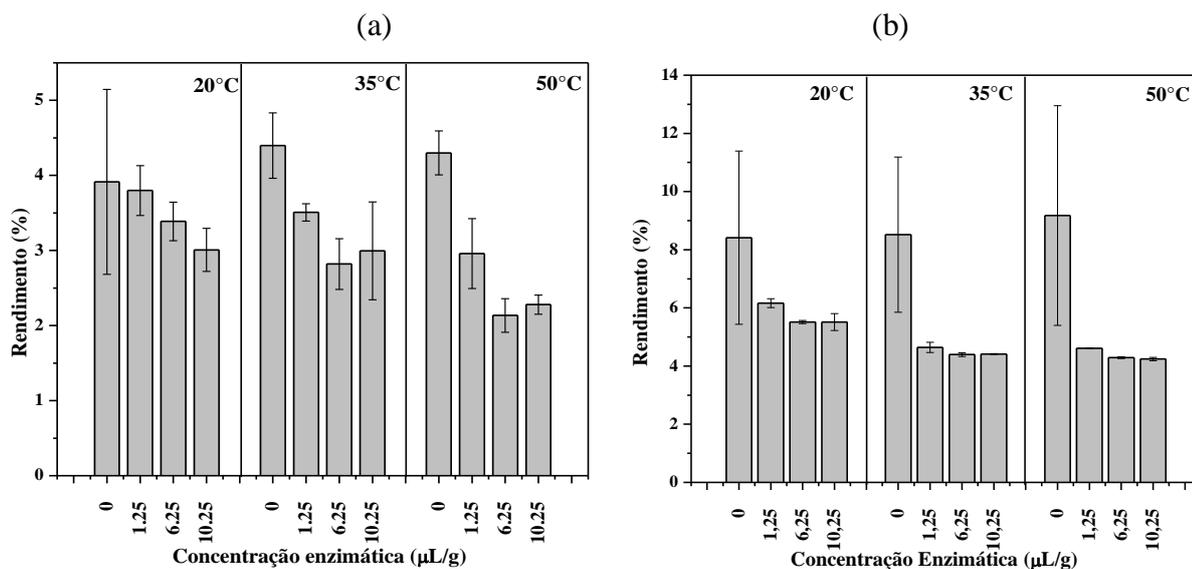
Os espectros de FTIR do bagaço de maçã da cultivar Fuji tratados com preparações enzimáticas foram analisados pela técnica de componentes principais (PCA) para avaliar a similaridade entre as composições dos espectros dos bagaços e a influência exercida por cada tratamento. As análises foram desenvolvidas pelo programa Pirouette (InfoMetrix) versão 4.0, utilizando centralização na média como pré-processamento. As amostras de bagaço foram divididas em classes conforme o planejamento fatorial, ou seja, classe 1 para a temperatura de 20°C, classe 2 para 35°C e classe 3 para 50°C. Essa divisão tem por objetivo separar as amostras em quadrantes conforme as classes, ou seja, através da temperatura de trabalho. O estudo foi realizado em matriz de 4000 variáveis (comprimento de onda cm⁻¹) de cada uma das 36 amostras de bagaço de maçã.

3 Resultados e Discussões

Obtenção do Bagaço

A porcentagem de rendimento, feito em base seca, do bagaço de maçã macerado com a preparação enzimática Novozym 33102 e liquefeito com a preparação enzimática Ultrazym[®] AFP-L é apresentado na Figura 1.

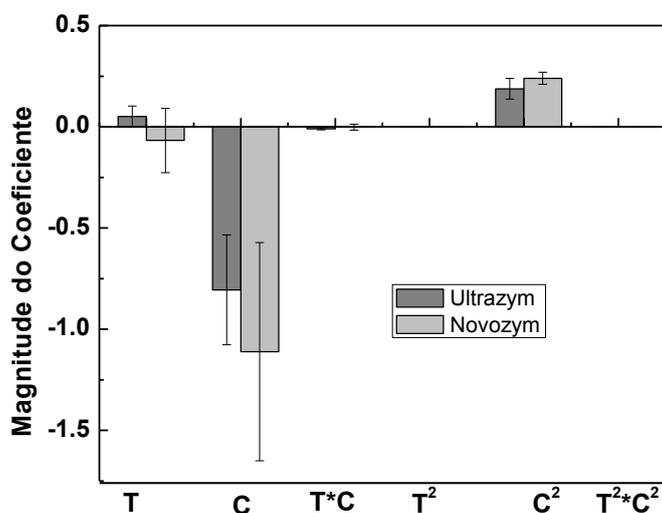
Figura 1. Quantidade percentual de bagaço de maçã tratado com preparação enzimática: a) Ultrazym[®] AFP-L; b) Novozym 33102.



A quantidade de bagaço sem preparação enzimática (controle) permaneceu constante de acordo com as temperaturas de estudo. A utilização da preparação enzimática de liquefação foi relacionada a um menor rendimento de bagaço quando comparada a preparação enzimática de maceração. O aumento na concentração de preparação enzimática levou a uma redução na quantidade de bagaço devido ao efeito de degradação da parede celular. O aumento na temperatura também levou a menores rendimentos de bagaço. A melhor condição de trabalho, ou seja, o resultado mais desejado foi encontrado para a temperatura de 50 °C, com concentração de 6,25 µL/g para a enzima Ultrazym[®] AFP-L, onde o rendimento obtido foi de 2,13% em relação à amostra inicial.

A fim de se verificar o efeito dos parâmetros no rendimento de bagaço realizou-se um modelamento empírico, utilizando-se a temperatura e concentração de enzimas como variáveis de controle e o rendimento de bagaço como resposta. Mostra que para as duas preparações enzimáticas a concentração é o fator mais determinante, seguido pelo coeficiente quadrático da concentração e da temperatura. Em ambos os casos, a relação entre concentração e rendimento de bagaço são inversamente proporcionais.

Figura 2. Magnitudes de coeficientes para a regressão envolvendo temperatura e concentração de enzimas durante tratamento de maceração e liquefação enzimática. Coeficientes de correlação (r^2) de 0,97 para Ultrazym e 0,88 para Novozym.



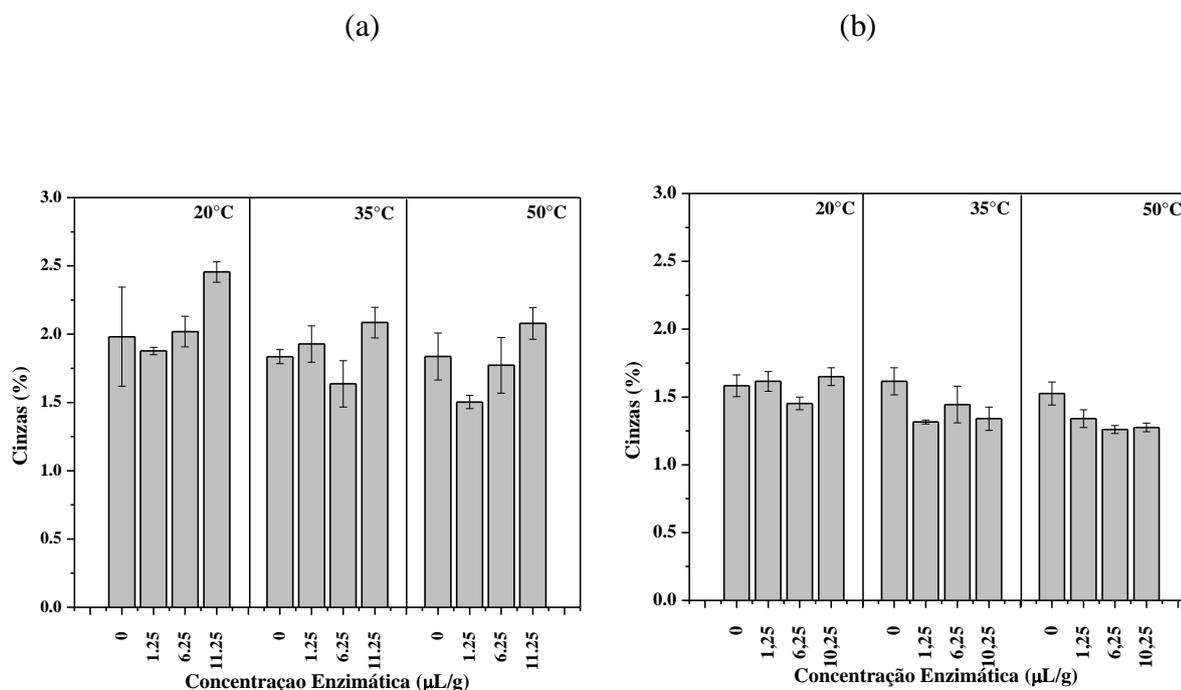
Resíduo mineral fixo (Cinzas)

A Figura 3 mostra a quantidade percentual de cinzas antes e após o tratamento enzimático para o bagaço tratado com a preparação enzimática Novozym 33102 (a) e Ultrazym[®] AFP-L (b). Verifica-se que quanto aos minerais, os resíduos se destacam pela grande variação nos conteúdos de cinzas, com o valor mínimo de 1,23 % (Novozym 33102, 50 °C, 6,25µL/g) e máximo de 2,5 % (Ultrazym[®] AFP-L, 20 °C, 11,25 µL/g). O valor máximo está próximo ao encontrado para o bagaço de acerola sem tratamento enzimático, que foi de 2,68%; e distante ao valor de 9,84%, encontrado para o bagaço de maracujá sem tratamento enzimático (JUNIOR, 2006). Albuquerque (2003) caracterizou o bagaço de maçã sem tratamento enzimático e encontrou o valor de 3,51% para os resíduos minerais.

Entre os sistemas enzimáticos, o teor de cinzas se mostrou menor para as composições com o sistema Novozym (Figura 3.b). Nessas composições, o conteúdo de cinzas variou pouco com o aumento na temperatura e concentração de complexo enzimático, mas no sentido de ser reduzido com o aumento da temperatura. O teor de cinzas para o sistema Ultrazym (Figura 3.a) é reduzido com o aumento na temperatura, mas aumenta com a concentração de enzima para as três temperaturas empregadas. Isto implica que o uso de uma maior concentração de enzima provocou uma hidrólise mais completa da parede celular, conseqüentemente, menor foi o teor de cinzas que restou no bagaço. É esperado que o teor de cinzas seja reduzido em relação ao controle, pois este é um indicativo de que a hidrólise da parede celular ocorreu, e que minerais foram transferidos para o

suco. Através da concentração de 1,25µL/g e temperatura de trabalho de 50 °C, foi encontrada a melhor condição para a preparação enzimática de liquefação Ultrazym[®] AFP-L em diminuir o teor de cinzas (1,75 %).

Figura 3. Quantidade percentual de cinzas presente no bagaço de maçã tratado com a preparação enzimática: a) Ultrazym[®] AFP-L; b) Novozym 33102.



Fibras Totais

A porcentagem de fibras totais encontradas no bagaço de maçã tratado com a preparação enzimática Ultrazym AFPL (a) foi em média de 12,18%, enquanto no bagaço tratado com Novozym (b) foi de 13,25% (Figura 4).

O teor de fibras é baixo, quando comparado o de Uchoa et al. (2008) que foi de 40,98% para o bagaço de goiaba, embora também tenha encontrado valores menores como 5,91% para o bagaço de caju. Contudo, o valor de fibras encontrado, pouco diferiu entre os tratamentos enzimáticos.

Lignina

Os teores de lignina obtidos do bagaço de maçã tratado com a preparação enzimática Novozym 33102 (Figura 5) variaram de 13% a 35%, não houve diferença significativa entre as amostras, no entanto, este resultado apresentou altos teores de lignina quando comparados ao encontrado por Rodrigues & Peixoto (1990) no subproduto do processamento do abacaxi (7,85%). Segundo Souza Filho (1995), valores tão elevados de lignina no subproduto do suco de maçã são perfeitamente possíveis e justificados pela presença de sementes. Chen (1988) concluiu que do total de fibras presentes no bagaço de maçã sem tratamento enzimático, 15% é referente à lignina;

implicando que após o tratamento enzimático aplicado a este trabalho, o total de lignina no bagaço pouco diferiu do controle.

Figura 4 – (a) Porcentagem de fibras totais encontradas no bagaço de maçã tratado com a preparação enzimática: a) Ultrazym® AFP- L (a) e (b) Novozym 33102

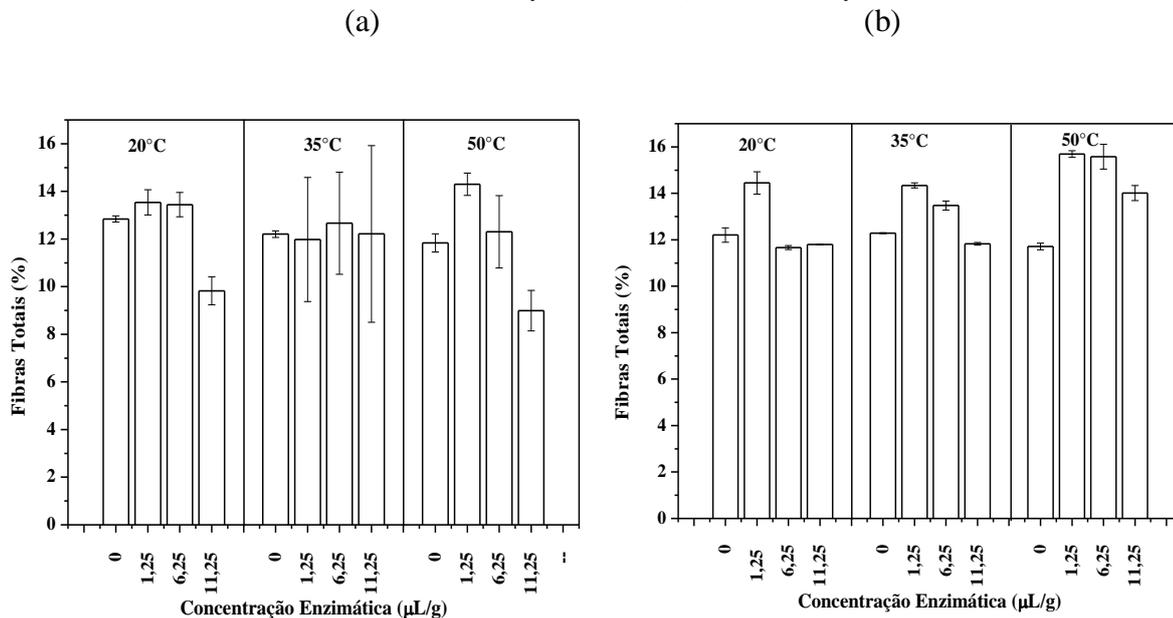
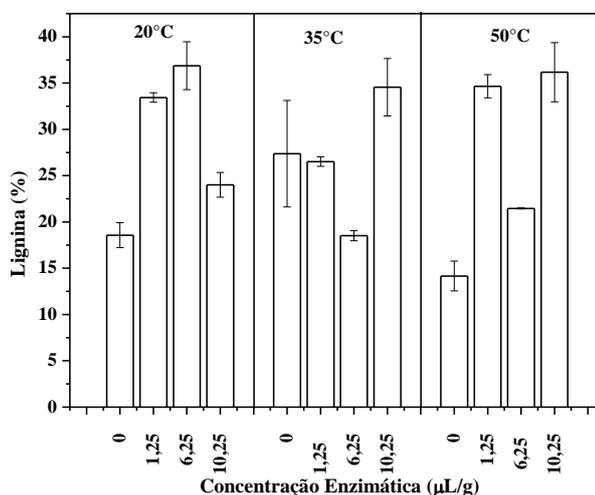


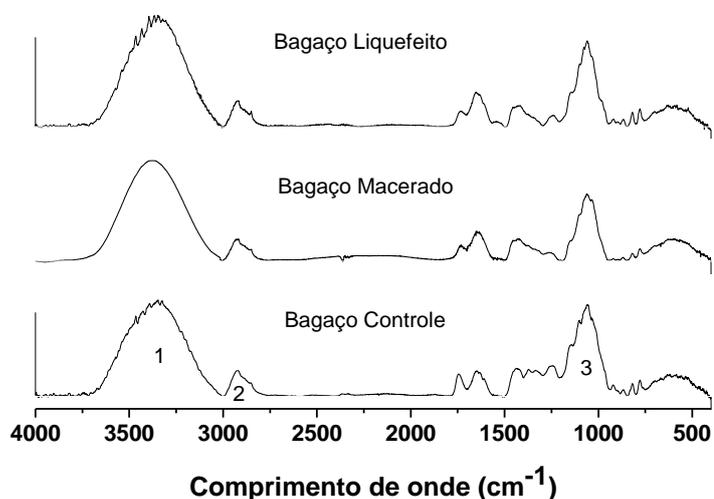
Figura 5 – Quantidade percentual de lignina presente no bagaço de maçã tratado com a preparação enzimática Novozym 33102



Espectrômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Através de análise espectroscópica (Figura 6), observou próximo ao número de onda 1000 cm^{-1} um estiramento C-O. Na proximidade de 1750 a 500 houve a identificação de polissacarídeos os quais estão presentes na parede celular e que podem não ter sido degradados na liquefação. A região de 2920 a 3040 é referente à ligação C-H de alcanos e a banda de absorção na região de 3300 a 3700 cm^{-1} caracterizam uma deformação axial do grupo hidroxilas.

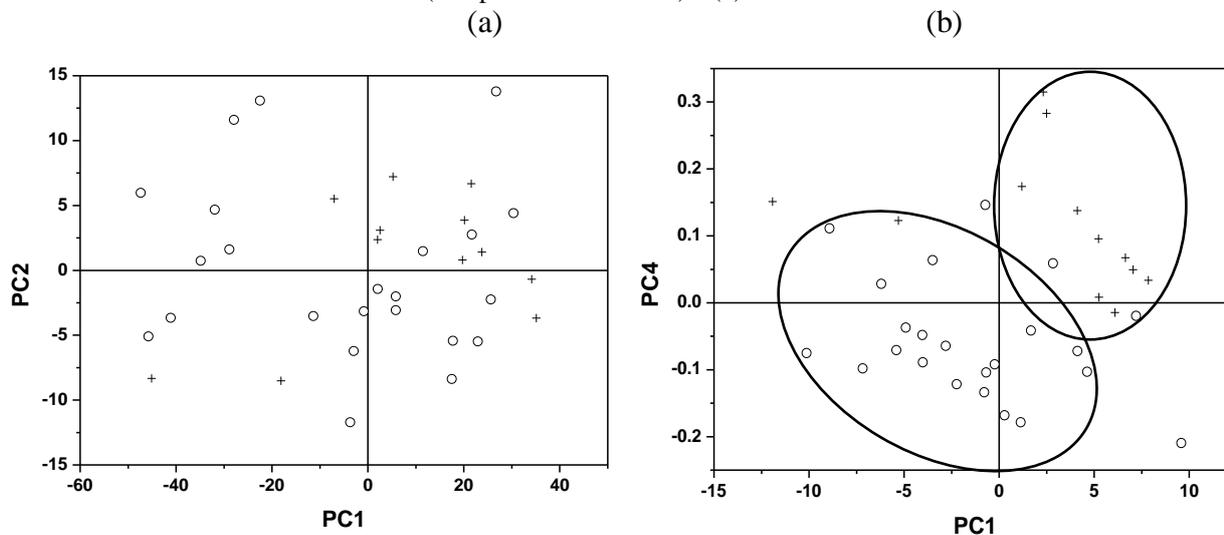
Figura 6 – Comparação dos espectros de FTIR do bagaço de maçã controle da cultivar Fuji, macerado com a preparação enzimática Novozym e liquefeito com a preparação enzimática Ultrazym® AFP-L, tratados em 20 °C. A concentração das preparações enzimáticas foi de 11,25 µL/g.



Análise Multivariada

Os espectros de FTIR dos bagaços de maçã foram estudados pela PCA para observar a discriminação entre os tratamentos com preparações enzimáticas. A Figura 7 apresenta o gráfico de escores das amostras, onde o modelo construído foi a partir do estudo de todos os comprimentos de onda do espectro (4000-400 cm^{-1}) com 36 amostras, matriz (36 x 40000) (Figura 5.a).

Figura 7 – Gráfico de escores das amostras de bagaços de maçã da cultivar Fuji obtidas das preparações Novozym 33102 (□) e Ultrazym® AFP-L (-): (a) sem exclusão de variáveis (comprimentos de onda) e (b) com exclusão de variáveis.



Neste modelo não houve discriminação entre as preparações enzimáticas, pois com dois primeiros componentes foram obtidas 96,87% das informações, onde o componente 1 forneceu

92,73% e o componente 2 contribuiu com 4,14% das informações. A melhor discriminação das preparações foi alcançada quando se usou a matriz com exclusão de variáveis, mantendo apenas a região do comprimento de onda 739.57–901.57 cm^{-1} , referente a polissacarídeo (Figura 5-b). Com os dois primeiros componentes foram obtidas 99,75% das informações. Por tanto o componente principal (PC) 1 corresponde a 94,58% das informações e o componente 2 a 5,17%. No gráfico foi observado que PC1XPC4 discriminou os dois tratamentos de forma eficiente.

Os espectros de FTIR dos bagaços de maçã da cultivar Fuji também foram usados para classificar as amostras, usando métodos de modelagem independente por analogia de classes (SIMCA), Késsimo vizinho mais próximo (KNN) e análise discriminante com calibração multivariada por mínimos quadrados parciais (PLS-DA). As amostras foram divididas em duas classes, sendo 19 (Ultrazym[®] AFP-L) e 9 (Novozym 33102) amostras para conjunto de treinamento e cinco (Ultrazym[®] AFP-L) e três (Novozym 33102) amostras para o conjunto de validação.

A Tabela 1 mostra a percentagem de amostras previstas corretamente no processo de formação e validação divididos em duas categorias (Ultrazym[®] AFP-L e Novozym 33102), utilizando dados de FTIR. Esta tabela mostra que SIMCA classificou 100% das amostras, Ultrazym[®] AFP-L e 88,90% Novozym 33102 na categoria correta no treinamento e no conjunto de dados de validação classificou 100% para ambas as categorias. A previsão KNN foi de 73,68% Ultrazym[®] AFP-L e 77,79% Novozym 33102 para os conjunto de dados de treinamento e de validação classificou em 80% e 100%, respectivamente. Para CSD no conjunto de dados de treinamento e validação, respectivamente. A PLS-DA classificou o conjunto de treinamento em 73,68% para Ultrazym[®] AFP-L e 100% Novozym 33102. No entanto, o conjunto de validação foi de 100% para Ultrazym[®] AFP-L e 00,00% Novozym 33102. Estes resultados indicam que o modelo SIMCA foi mais eficiente para classificar os bagaços de maçã da cultivar Fuji tratados com as preparações enzimáticas.

Tabela 1. Percentagem de classificação e validação da modelagem para bagaços de maçã da cultivar Fuji

Classe	SIMCA (%)	Predição	KNN (%)	Predição	PLS-DA (%)	Predição
Ultrazym [®] AFP-L	100,00	100,00	73,68	80,00	73,68	100,00
Novozym 33102	88,90	100,00	77,79	100,00	100,00	00,00

4 Conclusão

Após o processamento, a composição dos bagaços de maçã com e sem preparações enzimáticas, continuou muito parecido com o controle. A lignina presente no bagaço apresentou grande variação. Este estudo é um indicativo de que a preparação enzimática Ultrazym[®] AFP-L apresentou porcentagem de fibras muito próxima à preparação Novozym. Porém, a Ultrazym[®]

AFP-L foi mais eficiente na diminuição do bagaço, proporcionando redução do impacto ambiental e aumentando a eficiência na produção de suco. Isto foi observado para a temperatura de 50 °C e concentração enzimática de 11,25 µL/g. Apesar dos bagaços apresentarem fibras em menor quantidade, nada os impede de serem explorados e utilizados na obtenção de produtos como farinhas nutricionais e ração animal. A PCA foi uma ferramenta importante para discriminar e mostrar que os bagaços obtidos são diferentes principalmente na região dos polissacarídeos, contudo o modelo SIMCA foi mais eficiente para classificar os bagaços de maçã da cultivar Fuji tratados com as preparações enzimáticas.

Abstract

The maceration and liquefaction process is considered a clean technology, which comprises treating triturated with enzyme preparations consist of polygalacturonases and cellulases at a temperature optimal for a certain period of time and promoting cell wall hydrolysis. The objective was to find the best condition to decrease the production of waste in the production of apple juice and characterize the profiles of cake compared to the total fiber content (FT), ash and lignin after treatment with the enzyme preparation of maceration Novozym 33102 and liquefaction Ultrazym® AFP-L and apply the chemometric analysis. The best working condition was found at 50 ° C and 6.25 microlitres / g of enzyme Ultrazym AFP-L®, with a yield of 2.13% compared to initial sample. Through the empirical modeling, found that for the two enzyme preparations the concentration is the most important factor. The ash content has a minimum value of 1.23% (Novozym 33 102, 50 ° C, 6.25 microlitres / g) and a maximum of 2.5% (Ultrazym AFP-L®, 20 ° C, 11.25 microlitres / g .) The total fiber for Novozym averaged 13.25%, while with Ultrazym AFP-L® 12.18%. By spectroscopic analysis observed at a wavelength of 1000 cm⁻¹ CO stretch a, 1750-500 cm⁻¹ was identified polysaccharide at 2920-3040 cm⁻¹ CH bonds and hydroxyl group of alkanes in the region 3300-3700 cm⁻¹. The lignin obtained for Novozym 33,102 ranging from 13% to 35%. The PCA discriminated the cake in the region mainly of polysaccharides. The SIMCA model was more efficient to sort the cake 'Fuji' apple treated with enzyme preparations.

Keywords: apple pomace, enzymes, chemometric analysis.

Agradecimentos

As agências CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

Referências

ALBUQUERQUE, P. M. **Estudo da produção de proteína microbiana a partir do bagaço de maçã**. Florianópolis: UFSC, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

ALBUQUERQUE, P. M.; ALBUQUERQUE, C. T.; AMANTE, E. R. Aplicações para os resíduos sólidos da obtenção do suco de maçã. **Engarrafador Moderno**, v. 12, p. 1216, 2002.

CATANEO, C. B.; CALIARI, V.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 93-102., 2008.

CHEN, H.; RUBENTHALER, G. L.; SCHANUS, E. G. Effect of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 1, p. 304-305, 1988. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb10242.x>

DA SILVA, R.; FRANCO, C. M. L.; GOMES, E. Pectinases, hemicelulases e celulases, ação, produção e aplicação no processamento de alimentos: revisão. **Boletim do SBCTA**, v. 31, n. 2, p. 249-260, 1997.

FOO, L. Y. e LU, Y. Isolation and identification of procyanidins in apple pomace. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 511-518, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00150-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00150-2)

GRASSIN, C.; FAUQUEMBERGUE, P. Apple pomace liquefaction: a new technology. **Fruit Processing**, Oberhonnefeld, v. 12, p. 490-495, 1996.

JUNIOR, J. J. L. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Ciência Agrônômica**. v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

RODRIGUES, R. C.; PEIXOTO, R. R. Composição bromatológica, digestibilidade e balanço de nitrogênio de resíduos da indústria de abacaxi. **REUNIÃO ANUAL DA SBZ**, 27., 1990, Campinas. Anais... Campinas, SBZ, p. 92, 1990.

SOUZA FILHO, A. de. **Dinâmica da fermentação ruminal da semente de maracujá (*Passiflora edulis*) em ovinos**. 1995. 107 f. Dissertação (Mestrado Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C. ; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C. ;CARVALHO, A. F. F. U.; RIBEIRO, T. Parâmetros Físico-Químicos, Teor de Fibra Bruta e Alimentar de Pós Alimentícios Obtidos de Resíduos de Frutas Tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

VILLAS-BÔAS, S.G. **Conversão do bagaço de maçã por *Candida utilis* e *Pleurotus ostreatus* visando à produção de suplemento para ração animal**. Florianópolis: UFSC, 2001. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

ZHENG, Z. e SHETTY, K. Cranberry processing waste for solid state fungal inoculant production. **Process Biochemistry**, v. 33, n. 3, p. 323-329. 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592\(97\)87514-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592(97)87514-0)

Submetido em 10 jan. 2012, Aceito para publicação em 04 out. 2012.

Submetido em 06 mar. 2012, Aceito para publicação em 15 out. 2012.