

Área: Engenharia de Alimentos

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS VISANDO À PRODUÇÃO DE PECTINASES DE INTERESSE COMERCIAL

Valeria Borszcz, Taísa Renata Piotroski Boscato, Geciane Toniazzo, Eunice Valduga

*Laboratório de Biotecnologia de Alimentos, Curso de Engenharia de Alimentos,
Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai
e das Missões, Erechim, RS*

*Departamento de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Rio Grande do Sul, Erechim, RS*

**E-mail: valeria.b@erechim.ifrs.edu.br*

RESUMO - Resíduos agroindustriais podem ser utilizados como fonte de carbono, nitrogênio e minerais na bioprodução de pectinases em cultivo estado sólido ou submerso. Para tanto, foram analisados os teores de pectina, cinzas e minerais (K, Cu, Cr, Zn, Cd, Na, Al, Mg, Fe, Ca, Mn e N₂), pH, umidade e atividade de água da casca de laranja, farelo de trigo e água de maceração de milho. A casca de laranja é fonte de pectina (3,4 %_{bu}), Ca (784 mg/g) e Mg (163 mg/g). Água de maceração de milho, por sua vez, apresentou maiores teores de minerais totais (7,45 %_{bu}), Mg (472 mg/g), Ca (269 mg/g) e K (86 mg/g). O farelo de trigo é fonte de Mn (10 mg/g), K (451 mg/g), Ca (1045 mg/g), Mg (339 mg/g), Fe (10 mg/g), Zn (6 mg/g) e N₂ (26 mg/g). Desta forma, estes resíduos agroindustriais são favoráveis para a bioprodução de metabólitos de interesse comercial, sendo uma alternativa promissora na produção de enzimas pectinolíticas em cultivo estado sólido e submerso por fungos filamentosos.

Palavras-Chave: composição, casca de laranja, farelo de trigo e água de maceração de milho.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se na produção de frutas tropicais e grãos. Em 2014, o país produziu aproximadamente 14 milhões de toneladas de laranja e o estado do Rio Grande do Sul (RS) apresenta grande relevância na citricultura brasileira, sendo o sexto maior produtor desta cultura. A região do Alto Uruguai, considerada uma das principais regiões produtoras de citros do RS, abrange 50 municípios, onde a citricultura é fomentada pela agricultura familiar na pequena propriedade rural como alternativa de geração de renda e emprego e vem despertando o interesse pela produção de frutas regionais, tais como pêssego, uva, maçã, caqui, ameixa, figo e citros. Quanto à produção de trigo, a região Sul responde por 95 % da produção nacional deste cereal, sendo o RS o segundo maior produtor nacional desta cultura (IBGE, 2015).

O setor da alimentação conta com o fato de gerar subprodutos, sendo estes, fonte de nutrientes que podem ser destinados para alimentação humana, ração animal e produção de compostos de alto valor agregado. Diversos compostos protéicos e não protéicos podem exercer efeito indutor na produção de biocompostos. Os principais componentes nutricionais dos resíduos agroindustriais são celulose, amido, lignina e a pectina. Durante o crescimento e a multiplicação dos micro-organismos, compostos de carbono são metabolizados e convertidos em biomassa e dióxido de carbono.

Vários são os micro-organismos capazes de utilizar estas substâncias como fonte de carbono e de energia. Substâncias pécicas, como a pectina, são fontes de ativação ou indução para a produção de enzimas pectinolíticas, também chamadas de pectinases ou enzimas pécicas (JAYANI *et al.*, 2005; MURAD e AZZAZ, 2011). A natureza e concentração do substrato são fatores que podem afetar significativamente o crescimento celular, e conseqüentemente, a produtividade enzimática. Em face disso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os substratos agroindustriais, tais como casca de laranja, farelo de trigo e água de maceração em termos de pH, atividade de água, umidade e teores de minerais (Fe, Mn, Na, K, Cd, Cu, Al, Ca, Cr, Mg, Zn e N₂), avaliando seu potencial como substrato para a produção de pectinases por fungos filamentosos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo das amostras

A casca de laranja, gênero *Citrus*, variedade Valência (resíduo da produção de suco) e o farelo de trigo (*Triticum aestivum*) foram obtidos de estabelecimento comercial local (Erechim, RS). A água de maceração de milho foi cedida pela empresa *Ingredion* Brasil (Mogi Guaçu, SP). O resíduo da casca de laranja foi previamente preparado, sendo que, as sementes e as partes internas da casca (endocarpo) foram removidas. A casca (albedo e flavedo) foi triturada em processador de alimentos (Walita, modelo Master). O farelo de trigo e a água de maceração de milho foram utilizados na forma adquirida.

2.2 Caracterização dos resíduos

Para caracterização dos resíduos foi realizado análises de pH, atividade de água, umidade, cinzas (minerais totais), pectina e componentes minerais (Fe, Mn, Na, K, Cd, Cu, Al, Ca, Cr, Mg, Zn e N₂) da casca de laranja, farelo e água de maceração de milho.

A determinação de pectina foi baseada no procedimento proposto por Rangana (1979). O teor de pectina foi calculado pelo percentual de pectato de cálcio. A atividade de água do meio de bioprodução foi realizada em equipamento (Aqualab, modelo CX 2), previamente calibrado com solução de NaCl (4,5 mol/L, amostras em mufla a_w 0,882) na umidade de equilíbrio 25 ± 0,5 °C. A umidade nas amostras foi definida pela diferença da massa úmida e dessecada em estufa de renovação e circulação de ar (Odontobrás, modelo EL1.3) a 105 °C até atingir peso constante (AOAC, 1995). A medida de pH foi mensurada em potenciômetro digital, previamente calibrado com as soluções padrões). O teor de minerais totais foi determinado após a queima das a

550°C por 6 h. Os resultados dos teores de pectina, umidade e minerais totais foram expressos em porcentagem (% m/m) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (VELP DK-20 e UDK-126D) segundo metodologia AOAC (1995). Cobre, cromo, zinco, cádmio, alumínio, sódio, cálcio, magnésio, potássio, manganês e ferro foram determinados por espectrometria de absorção atômica em chama FAAS (Varian Spectra AA-55), segundo metodologia descrita pela AOAC (1995). Foram utilizadas lâmpadas de cátodo oco de Mg, K, Mn, e Fe como fonte de radiação. Os resultados foram expressos em porcentagem (% m/m) de nutrientes por massa úmida.

2.3 Análise estatística

Os resultados foram tratados estatisticamente pela Análise de Variância (ANOVA) e a comparação entre as diferenças das médias pelo teste de Tukey, com auxílio do software *Statistica* versão 8.0, ao nível de significância de 95 % de confiança.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam a caracterização físico-química e dos componentes minerais dos resíduos agroindustriais, respectivamente. Conforme a Tabela 1 observa-se que a casca de laranja apresentou teor de 3,4 %_{bu} (14 %_{bs} - base seca) de pectina. Entre os subprodutos de indústrias agrícolas e alimentares ricos em substâncias pécicas, os que apresentam teores superiores a 15 %_{bs} de pectina, são citados o bagaço de maçã, o albedo cítrico e a polpa de beterraba (PANCHEV *et al.*, 2010; CANTERI *et al.*, 2012). O farelo de trigo e a água de maceração de milho apresentaram maiores teores de minerais totais (Tabela 1), quando comparados com a casca de laranja.

Tabela 1: Características físico-químicas dos resíduos agroindustriais.

Resíduo	Pectina (%, b.u)	Atividade de água	Umidade (%)	pH	Minerais Totais (%, b.u.)
Casca de laranja	3,38 ± 0,46	0,99 ^a ± 0,01	76,40 ^a ± 0,17	4,88 ^b ± 0,07	0,93 ^d ± 0,16
Farelo de trigo	-	0,72 ^c ± 0,02	13,65 ^d ± 0,23	6,89 ^a ± 0,02	4,03 ^b ± 0,48
AMM	-	0,93 ^b ± 0,01	57,40 ^c ± 0,80	4,18 ^c ± 0,14	7,45 ^a ± 0,97

Médias (b. u. - base úmida) ± desvio padrão seguidas de letras iguais nas colunas indicam não haver diferença significativa ao nível de 95% de confiança (Teste de Tukey).

Desta forma, estes resíduos agroindustriais demonstram condições favoráveis ao crescimento dos fungos filamentosos, conforme também relatado na literatura. Fawole e Odunfa (2003) estudaram alguns fatores que afetam a produção de enzimas pectinolíticas e constataram que a utilização de um meio de bioprodução com pH próximo ao valor de 5 favorece o crescimento do *A. niger* em FS e que valores abaixo e acima reduzem o crescimento do micro-organismo e o número de micélio, afetando assim, a produção enzimática. Koser *et al.*

(2014) avaliaram a atividade enzimática da PMGL utilizando diferentes resíduos agroindustriais (palha de trigo, bagaço de maçã, casca de limão, casca de laranja e papel), fontes de nitrogênio (extrato de levedura) e carbono (glicose), pH (2 - 7) e teores de umidade (50 - 75 %) e os resultados obtidos desta investigação demonstraram que as condições de cultura têm grande influência sobre o potencial de produção de enzimas pectinolíticas por *A. oryzae*. Hamidi-Esfahani *et al.* (2004) avaliaram o efeito da umidade no crescimento do fungo filamentosos *A. niger* em diferentes teores de umidade (40-65 %) e atividade de água (0,45-0,65) e observaram que ao aumentar o teor de umidade e atividade de água, aumenta o número de células viáveis presente no meio contendo farelo de trigo. Alcântara *et al.* (2010), no processo de fermentação semisólida (pedúnculo de caju, *A. niger* CCT 0916) avaliaram a influência da atividade de água e destacam como um fator importante, pois está diretamente relacionada com a quantidade de água disponível ao micro-organismo responsável pela síntese de pectinases, sendo que a máxima atividade pectinolítica foi obtida com atividade de água igual a 0,99.

A Tabela 2 apresenta os componentes minerais (Fe, Mn, Na, K, Cd, Cu, Al, Ca, Cr, Mg, Zn e N₂) da casca de laranja, farelo e água de maceração de milho.

Tabela 2: Teores de componentes minerais nos resíduos agroindustriais.

Componentes minerais	Resíduos (mg/g)		
	Casca de laranja	Farelo de trigo	AMM
Fe	0,57 ^d ± 0,07	9,98 ^a ± 0,38	7,27 ^b ± 0,25
Mn	0,09 ^d ± 0,01	10,16 ^a ± 0,29	0,42 ^c ± 0,04
Na	14,68 ^d ± 1,54	45,24 ^a ± 0,58	38,89 ^c ± 3,36
K	5,58 ^d ± 0,65	451,12 ^a ± 9,93	85,50 ^b ± 9,70
Cd	0,04 ^c ± 0,01	0,16 ^a ± 0,01	0,07 ^b ± 0,01
Cu	0,16 ^c ± 0,07	0,74 ^a ± 0,04	0,74 ^a ± 0,12
Al	6,01 ^c ± 2,22	14,05 ^a ± 0,39	7,78 ^b ± 0,06
Ca	783,62 ^b ± 13,03	1045,37 ^a ± 39,55	268,88 ^c ± 9,59
Cr	0,06 ^b ± 0,04	1,50 ^a ± 0,04	0,07 ^b ± 0,06
Mg	163,62 ^c ± 7,71	339,46 ^b ± 15,74	471,45 ^a ± 24,22
Zn	0,40 ^c ± 0,41	5,53 ^a ± 1,86	0,31 ^c ± 0,04
N ₂	1,60 ^c ± 0,10	25,60 ^a ± 0,30	30,50 ^a ± 0,40

*A mistura é composta de casca de laranja triturada, farelo de trigo e água de maceração de milho na proporção de 8:1:1 (m:m:m). Médias ± desvio padrão seguidas de letras iguais nas linhas indicam não haver diferença significativa ao nível de 95% de confiança.

Conforme a Tabela 2, casca de laranja e farelo de trigo demonstraram elevado teores de Ca e Mg. Água de maceração de milho exibiu valores do componente Mg (471,5 mg/g) como componente majoritário deste resíduo, seguido do componente Ca (268,8 mg/g) e K (85,5 mg/g). Gummadi *et al.* (2007) indicam que a presença de sais com o Na e K, favorecem a produção das enzimas pectinolíticas. Normalmente, o substrato é suplementado com sais minerais como reportado por Camargo *et al.* (2005), Díaz *et al.* (2013) e Sandri *et al.* (2013).

4 CONCLUSÕES

Os resíduos agroindustriais são favoráveis para a bioprodução de pectinase de interesse comercial, sendo que a casca de laranja é fonte principalmente de pectina (3,4 %_{bu}), Ca (784 mg/g) e Mg (163 mg/g); a água de maceração de milho de Mg (472 mg/g), Ca (269 mg/g) e K (86 mg/g) e o farelo de trigo de Mn (10 mg/g), K (451 mg/g), Ca (1045 mg/g), Mg (339 mg/g), Fe (10 mg/g), Zn (6 mg/g) e N₂ (26 mg/g).

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

6 REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, S.R.; ALMEIDA, F.A.C.; SILVA, F.L.H. Pectinases production by solid state fermentation with cashew apple bagasse: water activity and influence of nitrogen source. **Chemical Engineering Transactions**, v. 20, p. 121-126, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of analysis of the association of the analytical chemists, 16 ed. Washington, 1995.
- CANTERI, M.H.G.; MORENO, L.; WOSIACHI, G; SHEER, A.P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Polímeros**, v. 22, p. 149-157, 2012.
- CAMARGO, L.A.; DENTILLO, D.B.; CARDELLO, L.; GATTÁS, E.A.L. Utilization of orange bagasse in pectinases production by *Aspergillus* sp. **Brasilian Journal of Food and Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 153-156, 2005.
- DÍAZ, A.B; ALVARADO, O.; ORY, I.; CARO, I; BLANDINO, A. Valorization of grape pomace and orange peels: improved production of hydrolytic enzymes for the clarification of orange juice. **Food and bioproducts processing**, v. 91, n. 4, p. 580-586, 2013.
- FAWOLE, O.B.; ODUNFA, S.A. Some factors affecting production of pectic enzymes by *Aspergillus niger*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 52, p. 223-227, 2003.
- GUMMADI, S.N.; KUMAR, S; ANEESH, C.N.A. Effect of salts on growth and pectinase production by hylotolerant yeast, *Debaryomyces nepalensis* NCYC 3413. **Current Microbiology**, v. 54, p. 472-476, 2007.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v. 29, n. 4, p. 1-81, 2015.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005, 1028 p.
- HAMIDI-ESFAHANI, Z.; SHOJAOSADATI, S.A.; RINZEMA, A. Modelling of simultaneous effect of moisture and temperature on *A. niger* growth in solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v. 21, p. 265-272, 2004.

JAYANI, R.S.; SAXENA, S.; GUPTA, R. Microbial pectinolytic enzymes: a review. **Process Biochemistry**, v. 40, p. 2931-2944, 2005.

KOSER, S.; ANWAR, Z.; IQBAL, Z.; ANJUM, A.; AQIL, T.; MEHMOOD, S.; IRSHAD, M. Utilization of *Aspergillus oryzae* to produce pectin lyase from various agro-industrial residues. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 7, n. 3, p. 327-332, 2014.

MURAD, H.A.; AZZAZ, H.H. Microbial pectinases and ruminant nutrition. **Research Journal of Microbiology**, v. 6, n. 3, p. 246-269, 2011.

PANCHEV, I.N.; SALVOV, A.; NIKOLOVA, K.; KOVACHEVA, D. On the water-sorption properties of pectin. **Food Hydrocolloids**, v. 24, p. 763-769, 2010.

RANGANA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company, 1979, 634 p.

SANDRI, I.G.; LORENZONI, C.M.T.; FONTANA, R.C.; SILVEIRA, M.M. Use of pectinases produced by a new strain of *Aspergillus niger* for the enzymatic treatment of apple and blueberry juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, p. 469-475, 2013.