



AVALIAÇÃO DA HIDRÓLISE ÁCIDA DO BAGAÇO DE ABACAXI PARA LIBERAÇÃO DE AÇÚCARES FERMENTECÍVEIS

J. V. O. GOMES¹, L. T. M. LEMOS², L. L. MEDEIROS², W. A. COSTA¹ e F. L. H. SILVA²

¹ Universidade Federal da Paraíba, Graduação de Engenharia Química

² Universidade Federal da Paraíba, Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

E-mail para contato: joaovictorog@hotmail.com

RESUMO – O abacaxi é um fruto muito consumido no Brasil. A cadeia produtiva gera grande acúmulo de resíduos, que pode causar danos ao meio ambiente. O bagaço do abacaxi apresenta potencial para obtenção de produtos de valor agregado, pois sua composição apresenta hemicelulose, componente da parede celular vegetal composta principalmente por xilose e arabinose. A hidrólise ácida possibilita a obtenção de açúcares fermentescíveis como substrato para leveduras na produção de xilitol e arabitol. Com isso, a pesquisa teve como objetivo avaliar a hidrólise ácida do bagaço de abacaxi para aplicação em produção biotecnológica de produtos de alto valor. As composições do bagaço do abacaxi antes e após a hidrólise foram, respectivamente, 13,08% e 12,20% de hemicelulose. A análise feita em HPLC constatou que a soma dos teores de xilose, arabinose e frutose foi de 32,30 g.L⁻¹. Os resultados obtidos no presente estudo possibilitaram reavaliar a utilização de partes da matéria-prima, pois o resíduo de abacaxi obtido pelo processamento da polpa e da casca prensada resultou em teor de hemicelulose consideravelmente reduzido, assim como os valores de pentoses no licor.

1. INTRODUÇÃO

O desperdício de alimentos é um dos maiores problemas enfrentados mundialmente. Nosso hábito alimentar gera grande acúmulo de resíduos. Talos, cascas de frutas e folhas são jogados no lixo, mesmo contendo tantos nutrientes. No mesmo aspecto, a indústria de alimentos produz grande volume de resíduos, provenientes principalmente do beneficiamento de vegetais. A cadeia produtiva da maioria dos frutos consumidos no Brasil não tem planejamento para o reaproveitamento do material descartado pela linha de produção (GONDIM et al., 2005).

O acúmulo do resíduo vegetal no meio ambiente causa danos ecológicos irreparáveis, além de ser uma perda de ganhos financeiros para indústria. A comunidade científica tem buscado soluções para o acúmulo desse material. Diversas pesquisas têm estudado a produção biotecnológica de biocombustíveis renováveis, edulcorantes e fármacos (SEABRA et al., 2010).



Dentre os tantos frutos cultivados no Brasil, o abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) é uma planta de clima tropical e um dos frutos mais consumidos no mundo. O Nordeste brasileiro concentra a parte majoritária de área plantada do abacaxi no país. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano de 2017, o estado da Paraíba foi o maior produtor de abacaxi. Essa mesma unidade federativa produziu 363.330 toneladas de abacaxi naquele ano, isso representa 61,01% da produção total do Nordeste e 24,18% da produção total do Brasil (IBGE, 2017).

A casca do abacaxi apresenta alto percentual de hemicelulose (40,65 %), que é basicamente formado de açúcares fermentescíveis. O aproveitamento dos açúcares presentes na porção hemicelulósica dos resíduos industriais depende da quebra dessa matriz, que pode se dar com ação ácida, básica ou enzimática. A hidrólise ácida se destaca pela sua eficiência e pelo baixo custo no processo. Os açúcares mais importantes provenientes dessa parte são: glicose, xilose e arabinose (LOUSADA JÚNIOR et al., 2006).

Alguns microrganismos utilizam esses açúcares como substrato para a geração de produtos característicos do seu metabolismo. As leveduras são amplamente utilizadas para a obtenção de xilitol e arabitól através da fermentação de açúcares presentes em diversos hidrolisados (PRATTER et al., 2015).

A hidrólise ácida tem como intuito reduzir a proteção que a hemicelulose e a lignina conferem à celulose. A hidrólise ácida utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4) na concentração (1% - 10%) e temperatura na faixa de 100 °C a 160 °C é um dos métodos mais utilizados, por resultar em altos rendimentos de solubilização de xilose. Alguns compostos provenientes do aquecimento de pentoses e hexoses podem gerar a formação de ácido acético, furfural e o hidroximetilfurfural. Esses compostos, quando presentes no hidrolisado, agem como inibidores do metabolismo microbiano sendo necessário uma posterior destoxificação do meio (ALVES et al., 2002; MUSSATO, ROBERTO, 2002).

A literatura relata a utilização de diversos resíduos para a produção biotecnológica de produtos de valor agregado. O bagaço do abacaxi é uma matéria prima potencial para bioprodução. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a hidrólise do bagaço do abacaxi para obtenção de açúcares fermentescíveis, visando a produção biotecnológica de edulcorantes (xilitol e arabitól).

2. METODOLOGIA

2.1. Matéria-prima

O resíduo do processamento de abacaxi utilizado na pesquisa foi coletado na indústria INTRAFRUT - INDÚSTRIA TRANSFORMADORA DE FRUTAS S.A., localizada na cidade de João Pessoa-PB. O resíduo coletado era composto da casca do fruto mais a polpa prensada, sendo este o material de descarte da linha de produção da indústria citada. O material foi previamente lavado e seco (65 °C até peso constante) antes de ser submetido ao processo de hidrólise.

2.2. Hidrólise ácida do bagaço de abacaxi

A hidrólise ácida do bagaço de abacaxi foi realizada utilizando uma solução de H_2SO_4 na concentração de 1% (v/v), com proporção de 1:6 (gramas de bagaço: mililitros de solução ácida), em autoclave vertical (Phoenix Luferco: modelo AV - 50) a 105 °C - 1 atm, com um tempo de residência de 40 min. Após esse período, o material foi filtrado, sendo a parte líquida da hidrólise do abacaxi direcionado para quantificação dos açúcares e o material sólido para análise termogravimétrica após a hidrólise.

2.3. Análise termogravimétrica (TGA)

As análises foram realizadas no equipamento SEIKO (modelo TGA 50), localizado no Laboratório de Carvão Ativado, da Universidade Federal da Paraíba. Foram utilizados 10 mg, de amostra. A razão de aquecimento foi de 10 °C/min, com intervalo de temperatura partindo da temperatura ambiente (aproximadamente 28 °C) até 900 °C, sob um fluxo de nitrogênio de 25 mL/min.

2.4. Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)

A determinação dos teores de açúcares (xilose e arabinose) no hidrolisado foi realizada em cromatógrafo HPLC (High Performance Liquid Chromatography) da marca VARIAN. O equipamento acoplado a um detector de índice de refração (Varian 356 – LC) e uma coluna Hi-Plex Ca (300mm x 7.7 mm).

As amostras foram filtradas em filtro “Sep-Pack” C18 (Millipore), membrana de acetato celulose do tipo CHROMAFIL com poros de 0,45 μm (Waters associates – Millipore), injeção de 20 μL , numa fase móvel de água ultrapura, sob fluxo de 0,6 mL/min, temperatura do forno foi de 85°C, com tempo de análise de 30 min.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos (Tabela 1) através da análise termogravimétrica foi possível obter as porcentagens de umidade, hemicelulose, celulose, lignina e outros constituintes sólidos. Uma das justificativas para os teores de hemicelulose e celulose exibidos na Tabela 1 e Figura 1 do presente estudo, abaixo do esperado, pode estar no fato de que durante o trabalho foram utilizadas apenas as partes da casca e da polpa prensado do abacaxi, pois de acordo com KASSIM et al. (2019) as coroas de abacaxi possuem teor de hemicelulose (34,65%), celulose (25,76%) e lignina (20,33%), valores acima do encontrado nesse estudo. SILVA (2011) utilizou durante seu estudo a polpa prensada e coroa do abacaxi, afirmando que a junção dessas duas partes forma resíduo promissor para obtenção de açúcares fermentescíveis.

Tabela 1 - Análise termogravimétrica de resíduo do abacaxi antes e após o processo de hidrólise

Componentes do resíduo	Faixa de temperatura	Composição do resíduo (%)	Composição do resíduo pós-hidrólise (%)
Água livre	25 - 50	2,58	2,28
Água ligada	50 - 125	6,58	1,94
Umidade	25 - 125	9,16	4,22
Constituintes voláteis	125 - 199	9,36	24,55
Lignina	200 - 550	24,58	33,13
Hemicelulose	250 - 300	13,08	12,20
Celulose	300 - 365	14,58	14,73
Outros constituintes	550 - 850	14,58	--
Cinzas	--	8,25	2,00
Total		93,32	90,83

As Figuras 1 e 2 mostram os estágios de perda de massa representando a degradação de cada componente das amostras, antes e após o tratamento ácido, a medida que a temperatura vai aumentando. O primeiro estágio representa a vaporização da água (livre e ligada) com temperatura em torno de 105 °C, acima desse valor observa-se a volatilização de alguns constituintes da amostra. Segundo RAMBO et al. (2015) a hemicelulose e a celulose começam a se decompor na faixa de temperatura de 250 °C à 400 °C, acima de 400 °C a lignina começa a se decompor lentamente e ao final do processo ocorre a formação de cinzas. As faixas de temperatura foram coerentes com as esperadas, porém os teores de hemicelulose e celulose tanto do bagaço do abacaxi antes da hidrólise como do bagaço pós-hidrólise ficaram abaixo dos descritos na literatura.

Figura 1 – Análise termogravimétrica (DTG) do resíduo do abacaxi

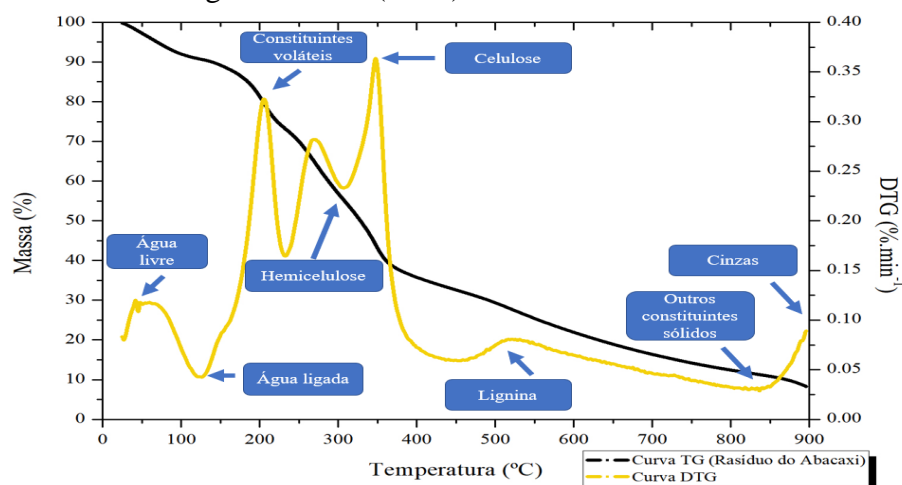
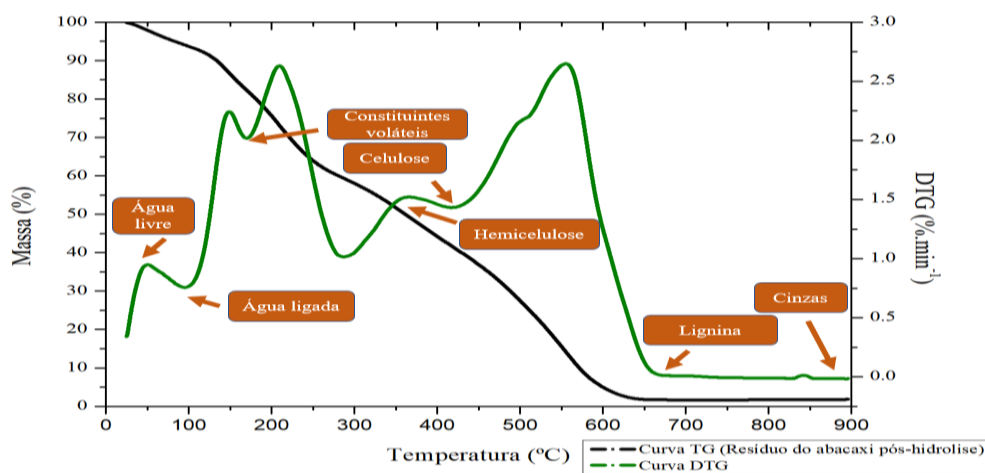


Figura 2 – Análise termogravimétrica (DTG) do resíduo do abacaxi pós-hidrólise



Comparando as Figuras 1 e 2, observa-se que a composição de hemicelulose foi pouco reduzida (0,88%) no pós-tratamento ácido, possuindo 13,08% para 12,20%, antes e após o tratamento, respectivamente. Verifica-se que o tratamento ácido não foi eficiente na desconstrução do material lignocelulósico, ou seja, separação da celulose, hemicelulose e lignina. Sendo assim, será necessário posterior estudo da hidrólise ácida utilizando parâmetros mais drásticos (maior concentração de ácido, maior temperatura e maior tempo de reação) para observar o comportamento do resíduo.

Tabela 2 – Composição de xilose e arabinose do hidrolisado do bagaço de abacaxi

Composição	Teor (g.L ⁻¹)
Glicose	25,58 ± 0,54
Xilose	5,25 ± 0,57
Arabinose + Frutose	27,05 ± 0,43

Pelos dados da Tabela 2, pode-se constatar pela análise de HPLC que o teor de hemicelulose no licor hidrolisado é baixo (soma de xilose, arabinose e frutose foi de 32,30 g.L⁻¹). Verifica-se que há uma quantidade de monossacarídeos como glicose e frutose, que estão principalmente presentes na polpa e no talo do abacaxi, mostrando que a parte lignocelulósica (casca) estava em quantidade reduzida no bagaço utilizado nesse estudo.

4. CONCLUSÕES

O bagaço de abacaxi, formado pela casca e a polpa prensada apresentou baixo percentual de hemicelulose. Por consequência, o processo de hidrólise ácida apresentou teores reduzidos de xilose e arabinose.



REFERÊNCIAS

ALVES, L. A.; VITOLO, M.; FELIPE, M. G. A.; SILVA, J. B. A. Xylose reductase and xylitol dehydrogenase activities of *Candida guilliermondii* as a function of different treatments of sugarcane bagasse hemicellulosic hydrolysate employing experimental design. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 98, p. 403-413, 2002.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S. & SANTOS, K. M. 2005. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, no. 4, p. 825-827. Campinas, 2005.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA - **Sistema IBGE de Recuperação Automática**, 2017. Disponível na internet via <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Arquivo consultado em 23 de março de 2019.

KASSIM, N. A.; Mohamed, A. Z.; Zainudin, E. S.; Zakaria, S.; Azman, S. K. Z.; Abdullah, H. H. Isolation and characterization of macerated cellulose from pineapple leaf. **BioResources**, v. 14, n. 1, p. 1185-1197. 2019.

LOUSADA, J. J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. **Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal**. Revista Ciência Agronômica, v. 37, n. 1, p. 70-76. Ceará, 2006.

MUSSATO, I. S.; ROBERTO, I. C.; Produção biotecnológica de xilitol a partir da palha de arroz. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 28, p. 34-39. Brasília, 2002.

PRATTER, S. M.; EIXELSBERGER, T.; NIDETZKY, B. Systematic strain construction and process development: Xylitol production by *Saccharomyces cerevisiae* expressing *Candida tenuis* xylose reductase in wild-type or mutant form. **Bioresource Technology**, v. 198, p. 732-738, 2015.

RAMBO, M. K. D.; RAMBO, M. C. D.; ALMEIDA, K. J. C. R.; ALEXANDRE, G. P. Estudo de análise termogravimétrica de diferentes biomassas lignocelulósicas utilizando a análise por componentes principais. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 862-868. Santa Maria, 2015.

SEABRA, J. E. A.; MACEDO, I. C.; LEAL, M. R. L. V. Emissões de gases de efeito estufa relacionados ao etanol de cana-de-açúcar. In **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010.

SILVA, O. O. Aproveitamento do bagaço de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) para a produção biotecnológica de xilitol. 2011. 105-117 f. Tese (Doutorado) – **Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa**, Minas Gerais, 2011.

SUN, Y.; CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 1-11, 2002.