

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RESÍDUOS DE CASCA DE BANANA COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO

GABRIEL HENRIQUE KLEIN^{1,2*}, CHARLINE BONATTO³, SUZANA BAZOTTI⁴, HELEN TREICHEL^{2,5}

1 Introdução

Os resíduos de frutas são ricos em açúcares fermentescíveis e podem ser aplicados como matéria-prima na produção de biocombustíveis. Surge assim uma estratégia para o gerenciamento de resíduos e para a valorização das perdas de alimentos não apropriados para o consumo (EVCAN; TARI, 2015; HEGDE; LODGE; TRABOLD, 2018).

A casca da banana corresponde a aproximadamente 30% do peso total da fruta, o que resulta na geração de toneladas de resíduos anualmente, que contém elevado teor de fibras e açúcares livres, que podem ser utilizados em estratégias alternativas ao descarte visando a valorização em produtos de alto valor agregado (GRAEFE et al., 2011; SAWARKAR et al., 2022).

Na estrutura dessa biomassa, a celulose cristalina é revestida e emaranhada por estruturas de hemicelulose, seguido pela cobertura de lignina. Essa estrutura impede o acesso de microrganismos as cadeias de açúcares presentes na biomassa estrutural, reduzindo a eficiência de sistemas de base biológica, como na fermentação alcoólica para produção de etanol (SHARMA; XU; QIN, 2019; VENTURIN et al., 2019). Neste cenário, a etapa de pré-tratamento torna-se um pré-requisito para aumentar a biodegradabilidade de biomassas lignocelulósicas e melhorar a conversão a etanol (SHEN et al., 2018; VENTURIN et al., 2019).

Os microrganismos fermentadores são uma parte crucial na produção de etanol, e em escalas industriais este processo é geralmente realizado por leveduras, sendo as cepas de *Saccharomyces* tradicionalmente utilizadas devido a elevada eficiência e tolerância a etanol (ZABED et al., 2014). Neste cenário, destaca-se a relevância deste estudo na área de desenvolvimento de biotecnologias com potencial para expandir as matrizes energéticas, dando

¹Graduando em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*, contato: Gabrielklein518@gmail.com

²Grupo de Pesquisa: Agroenergia.

³Mestra em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina.

⁴Doutoranda em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina.

⁵Doutora em Engenharia de Alimentos, UFFS, *campus Erechim*, ORIENTADORA.

ênfase a processos ambientalmente sustentáveis e com viabilidade de escalonamento. A exploração do desempenho de diferentes leveduras em biomassa de casca de banana pré-tratada em sistema otimizado por planejamento experimental para produção de etanol representa os elementos de inovação deste estudo.

Palavras-chave: Resíduos de frutas; Hidrólise enzimática; Bioetanol; Bioprocessos.

2 Objetivos

2.1 Geral

- Avaliar e otimizar técnicas de pré-tratamento de biomassa de resíduo de banana visando a valorização na cadeia de produção de etanol de segunda geração.

2.2. Específicos

- Avaliar diferentes técnicas de pré-tratamento para biomassa de casca de banana;
- Otimizar a técnica de pré-tratamento das cascas de banana por meio de planejamento experimental;
- Realizar a hidrólise enzimática das cascas de banana pré-tratadas;
- Avaliar a produção de etanol por *Wickerhamomyces* sp. UFFS-CE-3.1.2.

3 Metodologia

As cascas de banana foram coletadas no restaurante universitário (RU) da UFFS Campus Erechim - RS. A biomassa coletada foi seca em estufa com circulação de ar (40°C), moída em moinho de facas na granulometria de 20 mesh e armazenada à -20°C até a utilização.

Posteriormente, foi realizada a etapa de caracterização da biomassa, determinando-se o teor de celulose, hemicelulose, lignina, pectina, cinzas e sólidos totais, utilizando metodologias específicas padronizadas pelo *National Renewable Energy Laboratory* (NREL).

Antes do pré-tratamento da biomassa da banana, o resíduo foi submetido a uma etapa de extração de açúcares livres para posterior fermentação e também para que estes não fossem contabilizados após a etapa de hidrólise enzimática, sendo assim, os resultados de concentração de açúcares encontrados seriam referentes à ação do pré-tratamento e hidrólise com enzima comercial. Assim, o resíduo de banana foi misturado com água destilada em uma proporção de 10% (m/v) e mantido sob agitação mecânica por 5 minutos (BONATTO et al., 2021).

Devido à matriz lignocelulósica que a biomassa de casca de banana apresenta, se tornou

essencial a realização da etapa de pré-tratamento que visa romper as estruturas complexas da biomassa, como lignina, celulose e hemicelulose em açúcares de cadeia simples. Para isso, foram realizados pré-tratamentos ácido (H_2SO_4), alcalino (NaOH) e em banho ultrassônico.

Na etapa de hidrólise enzimática, foi utilizada a enzima comercial celulase com as proporções de 10g de biomassa para 100mL de tampão citrato de sódio (4,8 pH) e 50 FPU/g de enzima. As amostras foram dispostas em incubadora agitador orbital nas condições de 45°C e 150 rpm.

Após a hidrólise, a fração líquida foi fermentada utilizando a levedura *Wickerhamomyces* sp. UFFS-CE-3.1.2. Ao longo da fermentação foram coletadas amostras nos tempos de 0, 12, 24, e 48 horas que, por fim, foram analisadas em cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), para determinação do perfil de açúcares, inibidores e produção de etanol.

4 Resultados e Discussão

A caracterização dos resíduos de cascas de banana foi uma etapa importante para determinar as estruturas presentes na biomassa e, assim, otimizar uma rota de produção do etanol. A partir da caracterização pode-se determinar técnicas de pré-tratamento eficientes, por exemplo, a utilização de pré-tratamentos termoquímicos que se apresentam mais eficazes no rompimento da lignina que foi encontrada em expressivo percentual (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização da biomassa de casca de banana

Compostos	Fração (%)
Celulose	16,13±0,94
Hemicelulose	10,51±0,82
Lignina	36,34±0,58
Pectina	1,25±0,41
Cinzas	11,53±0,12
Sólidos Totais	89,14±1

Os pré-tratamentos com ácido e base se mostraram mais eficientes quando comparados ao pré-tratamento em banho ultrassônico, pois a quantidade de açúcares liberados após hidrólise com os pré-tratamentos ácido e básico foi maior que o realizado com o pré-tratamento em banho ultrassônico (Tabela 2).

Tabela 2. Quantificação de açúcares (g/L) após hidrólise enzimática com celulase comercial.

Tempo (h)	Pré-tratamento ácido	Pré-tratamento alcalino	Pré-tratamento ultrassônico
120	7,88±1,16	7,78±0,47	1,47±0,19

Devido à baixa concentração de açúcares quantificada na fração líquida da hidrólise enzimática com biomassa pré-tratada em banho ultrassônico, foi optado por não realizar a fermentação desta fração devido a inviabilidade do procedimento. Logo, as fermentações que ocorreram se deram com a utilização do resultado da hidrólise enzimática de biomassa pré-tratada com ácido ou base, com a fração líquida da extração de açúcares livres e, ainda, uma fermentação com planejamento experimental em que se utilizou H₂SO₄ em diferentes concentrações para diferentes massas de resíduo. A fermentação com a fração líquida da extração de açúcares livres apresentou uma concentração relativamente maior às demais fermentações devido à alta quantidade de açúcares disponíveis no resíduo (Tabela 3). Quanto ao planejamento experimental, os resultados se mantiveram em uma mesma média.

Tabela 3. Comparação de produção de etanol

Etanol (g/L)		
Pré-tratamento ácido	Pré-tratamento alcalino	Extração de açúcares disponíveis
1,21	1,18	7,92

5 Conclusão

A partir dos resultados obtidos, pode-se verificar que, apesar da formação de compostos inibidores de fermentação ao longo do processo, tais como ácido acético e ácido cítrico, os resíduos de casca de banana apresentam potencial para a obtenção de açúcares fermentescíveis e produção de etanol. Cabe dizer também que os pré-tratamentos termoquímicos aplicados na biomassa permitiram um bom acesso a estruturas como celulose e hemicelulose para que as enzimas realizassem a quebra destas na etapa de hidrólise enzimática, ocasionando a liberação de açúcares.

Referências Bibliográficas

BONATTO, C.; SCAPINI, T.; ZANIVAN, J.; DALASTRA, C.; BAZOTI, S. F.; ALVES, S.; FONGARO, G.; DE OLIVEIRA, D.; TREICHEL, H. Utilization of seawater and wastewater from shrimp production in the fermentation of papaya residues to ethanol. **Bioresource Technology**, v. 321, p. 124501, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124501>

EVCAN, E.; TARI, C. Production of bioethanol from apple pomace by using cocultures: Conversion of agro-industrial waste to value added product. **Energy**, v. 88, p. 775–782, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.090>

GRAEFE, S.; DUFOUR, D.; GIRALDO, A.; MUÑOZ, L. A.; MORA, P.; SOLÍS, H.; GARCÉS, H.; GONZALEZ, A. Energy and carbon footprints of ethanol production using banana and cooking banana discard: A case study from Costa Rica and Ecuador. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 7, p. 2640–2649, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.051>

HEGDE, S.; LODGE, J. S.; TRABOLD, T. A. Characteristics of food processing wastes and their use in sustainable alcohol production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 510–523, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.012>

SHARMA, H. K.; XU, C.; QIN, W. Biological pretreatment of lignocellulosic biomass for biofuels and bioproducts: An overview. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, n. 2, p. 235–251, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0059-y>

SAWARKAR, A.; KIRTI, N.; TAGADE, A.; TEKADE, S.P. Bioethanol from various types of banana waste: A review. **Bioresource Technology Reports**, v.18, p.2-15, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101092>

SHEN, J.; WANG, C.; LIU, Y.; HU, C.; XIN, Y.; DING, N.; SU, S. Effect of ultrasonic pretreatment of the dairy manure on the electricity generation of microbial fuel cell. **Biochemical Engineering Journal**, v. 129, p. 44–49, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2017.10.013>

VENTURIN, B.; BONATTO, C.; DAMACENO, F. M.; MULINARI, J.; FONGARO, G.; TREICHEL, H. Physical, Chemical, and Biological Substrate Pretreatments to Enhance Biogas Yield. In: TREICHEL, H.; FONGARO, G. (org.). **Improving Biogas Production: Technological Challenges, Alternative Sources, Future Developments**. 1. ed. Springer, 2019. p. 25–44.

ZABED, H.; FARUQ, G.; SAHU, J. N.; AZIRUN, M. S.; HASHIM, R.; BOYCE, A. N. Bioethanol Production from Fermentable Sugar Juice. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1–11, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2014/957102>

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2022-0108

Financiamento: CNPq