



Caracterização das farinhas de resíduos de banana, laranja e manga para produção de bioetanol

Characterization of banana, orange and mango residues for bioethanol production

Leonardo Aparecido Ferreira Souza¹, Crystian Ribas², Irede Angela Lucini Dalmolin³, Marcelo Bortoli³, Tania Maria Cassol⁴

RESUMO

O presente estudo enfoca a análise físico-química abrangente de resíduos provenientes das culturas de banana, laranja e manga, para a produção de bioetanol, com ênfase na quantificação de açúcares redutores, cinzas, umidade e extrativos, empregando o método espectrofotométrico DNS e a metodologia de análise lignocelulósica, ambos da Embrapa. Os resultados revelam teores de açúcares redutores de 2,48%, 2,96% e 4,20% para resíduos *in natura* de banana, laranja e manga, respectivamente, enquanto as farinhas dessas biomassas apresentam 6,355%, 6,044% e 8,323% de açúcares redutores, respectivamente. Destaque-se a quantidade significativa de açúcares redutores na manga, característica essencial para a produção de etanol. Adicionalmente, a análise lignocelulósica das farinhas revela teores de cinzas, umidade e extrativos, respectivamente, de 11,01%, 8,04% e 14,05% para a banana, 3,23%, 9,89% e 17,85% para a laranja, e 2,61%, 8,34% e 17,83% para a manga. Esses resultados ressaltam o potencial desses resíduos como matéria-prima para a produção de bioetanol, ao mesmo tempo em que contribuem de maneira substancial para a redução de resíduos orgânicos e a mitigação do impacto ambiental associado a esses subprodutos agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: bioetanol; biomassa; resíduos.

ABSTRACT

The present study focuses on the comprehensive physicochemical analysis of residues from banana, orange and mango crops, for the production of bioethanol, with emphasis on the quantification of reducing sugars, ash, moisture and extractives, employing the DNS spectrophotometric method and the of lignocellulosic analysis, both from Embrapa. The results reveal reducing sugar levels of 2.48%, 2.96% and 4.20% for fresh banana, orange and mango residues, respectively, while the flours from these biomasses present 6.355%, 6.044% and 8.323% of reducing sugars, respectively. It is worth highlighting the significant amount of reducing sugars in mango, an essential characteristic for the production of ethanol. Additionally, lignocellulosic analysis of flour reveals ash, moisture and extractive contents, respectively, of 11.01%, 8.04% and 14.05% for banana, 3.23%, 9.89% and 17.85 % for orange, and 2.61%, 8.34% and 17.83% for mango. These results highlight the potential of these residues as a raw material for the production of bioethanol, while at the same time contributing substantially to the reduction of organic waste and the mitigation of the environmental impact associated with these agricultural by-products.

KEYWORDS: bioethanol; biomass; residues.

¹ Voluntário. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: lsouza.2000@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: lattes.cnpq.br/3375074576997035.

² Voluntário. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: crystianribas@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: lattes.cnpq.br/2662444315507485.

³ Docente do Departamento Acadêmico de Engenharias. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: irededalmolin@utfpr.edu.br e marcelobortoli@utfpr.edu.br. ID Lattes: lattes.cnpq.br/0667595639623212 e lattes.cnpq.br/6720828709289767.

⁴ Docente do Departamento de Química e Biologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: tcassol@utfpr.edu.br. ID Lattes: lattes.cnpq.br/0332752529817022.



INTRODUÇÃO

Tem-se hoje que combustíveis fósseis podem ser substituídos por inúmeros combustíveis de fontes renováveis, como o bioetanol, biogás e biodiesel. Esses, chamados biocombustíveis, são produzidos a partir de cana-de-açúcar, milho, trigo, gramíneas e outros tipos de cultivos agrícolas, além de serem produzidos utilizando resíduos ou subprodutos de produtos agrícolas, como cascas de frutas, farelos, sementes, palhas, entre outros (OLIVEIRA; JUNGER, 2020).

O bioetanol pode ser produzido a partir da fermentação por leveduras, sendo classificado como de primeira geração (E1G). Já o etanol de segunda geração (E2G) é obtido a partir de açúcares de biomassas lignocelulósicas, como cascas e bagaços de frutas; promovendo a reutilização de resíduos sem descarte específico (SILVA, 2018; FOCHI *et al.*, 2021).

O Brasil é considerado um país agrícola, com suas culturas em constante expansão, entre elas, o cultivo de frutas. A produção e consumo destes alimentos geram, inevitavelmente, grandes quantidades de resíduos, como cascas e bagaços, sendo importante dar um descarte correto para evitar problemas ambientais. Tais resíduos estão atualmente sendo estudados como matéria-prima na produção de bioetanol (SANTOS, 2013; SILVA, 2018). Entretanto, é essencial o conhecimento de seu potencial como fonte de biomassa lignocelulósica a partir da caracterização desse material. Diante disso, o objetivo desse trabalho é a caracterização de resíduos de banana, laranja e manga com vistas na produção de bioetanol.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas análises em resíduos, especificamente cascas e bagaços de banana (caturra e prata), laranja pera e manga (Palmer e Tommy), coletadas em mercados locais de Francisco Beltrão, Paraná; a fim de caracterizar as biomassas em relação as quantidades de açúcares totais, teor de cinzas, umidade e extrativos para cada resíduo de fruta.

Os resíduos coletados passaram por uma etapa de preparo da biomassa, onde foram submetidos a um processo de secagem em estufa de circulação de ar à 60 °C / 48 horas. Os resíduos secos de cada fruta, então, passaram por um processo de trituração em liquidificador industrial para obtenção da farinha destes resíduos. Em seguida, as farinhas produzidas foram peneiradas com peneira de abertura de 60 mesh.

DETERMINAÇÃO DOS AÇÚCARES TOTAIS DAS BIOMASSAS

De posse das biomassas *in natura* e das farinhas, realizou-se a determinação dos açúcares totais das amostras de acordo com o método DNS (MALDONADE *et al.*, 2013), disponibilizado pela Embrapa, para primeira caracterização das amostras.

Para a amostra de biomassa *in natura* primeiramente realizou-se uma homogeneização em liquidificador, para a biomassa em farinha não houve necessidade desta etapa. Em seguida, realizou-se a diluição das amostras em água destilada. Para a *in natura* foram analisadas a diluição de 1 g / 100 mL de biomassa em água destilada, enquanto que para as farinhas analisou-se a diluição de 0,5 g / 100 mL. Após a diluição, as amostras foram submetidas a centrifugação a 3.700 rpm por 30 minutos. Em seguida, o



método indica que amostras com possível alto teor de sacarose sejam submetidas a um processo prévio de hidrólise. Com as amostras devidamente preparadas, aplicou-se o teste de DNS. Realizou-se, então, a leitura de absorvância a 540 nm em um espectrofotômetro UV-VIS (Even) em triplicata.

ANÁLISE LIGNOCELULÓSICA

Prosseguindo com a caracterização das amostras, em triplicata, realizou-se a quantificação de cinzas, umidade, extrativos, holocelulose, alfa-celulose e hemicelulose, apenas das farinhas, seguindo o procedimento para análise lignocelulósica (MORAIS; ROSA; MARCONCINI, 2010), disponibilizado pela Embrapa, com adaptações.

Iniciou-se com a análise de cinzas, pesou-se aproximadamente 2 gramas de cada amostra que foram depositadas em cadinhos calcinados. Os cadinhos com amostra foram submetidos a mufla, inicialmente a temperatura ambiente e aquecida até 600 °C ao longo de 60 minutos, aumentando a temperatura em 100 °C a cada 10 minutos. Após esse processo, manteve-se a temperatura ao longo de 3 horas. Ao final do tempo, reduziu-se a temperatura da mufla até 200 °C em um período de 1 hora. A seguir, realizou-se a pesagem do conjunto e o resultado expresso em.

Em paralelo, realizou-se a análise de umidade (e voláteis) das amostras. Pesou-se inicialmente cerca de 6 gramas de cada amostra e depositadas em placas de Petri, e submetidas a secagem em estufa a 105 °C por no mínimo 3 horas, até peso constante. O resultado foi expresso em teor de umidade (TU%).

De posse das amostras secas, prosseguiu-se para a análise de extrativos utilizando a técnica de extração por Soxhlet. Pesou-se, então, cerca de 5 gramas de cada amostra e depositadas em cartuchos qualitativos para extração Soxhlet, utilizando como solvente a mistura de acetona e etanol na proporção de 2:1, respectivamente. Então, realizou-se o processo de extração por 8 horas. Após este tempo, os cartuchos com amostra foram reservados em dessecador para a próxima análise e os conjuntos balão-extrativos foram levados ao rotaevaporador, para remoção do solvente, e secos em estufa a 50 °C / 1 hora para determinação da massa restante, em que o resultado foi expresso em teor de extrativos (TE%) nas amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCARES TOTAIS

Após a realização do método DNS para as amostras das biomassas *in natura* e para as farinhas dos resíduos das frutas banana, laranja e manga, construiu-se dois diagramas de absorvância *versus* concentração, um para as amostras *in natura* e outro para as farinhas. A partir das curvas de calibração geradas seguindo a metodologia, obteve-se a equação (3), com $R^2 = 0,9987$, e (4), com $R^2 = 0,9996$ para cálculo da concentração dos açúcares presentes nas amostras *in natura* e farinha, respectivamente.

$$\text{Concentração} = 2,8590 * \text{Absorvância} \quad (3)$$

$$\text{Concentração} = 1,6635 * \text{Absorvância} \quad (4)$$



A Tabela 1 apresenta os dados de concentração de açúcares nas amostras, em formato de média das triplicatas realizadas com o desvio padrão calculado.

Tabela 1 - Concentração de açúcares redutores nas amostras *in natura* e farinhas

<i>Amostra</i>	<i>Concentração de açúcares redutores (%)</i>
<i>Banana in natura</i>	2,487 ± 0,001
<i>Laranja in natura</i>	2,964 ± 0,000
<i>Manga in natura</i>	4,203 ± 0,001
<i>Farinha de banana</i>	6,355 ± 0,003
<i>Farinha de laranja</i>	6,044 ± 0,001
<i>Farinha de manga</i>	8,323 ± 0,001

Fonte: Autoria própria (2023).

Dos resíduos *in natura* e das farinhas avaliados, o da manga apresentou a maior concentração de açúcares redutores. A quantidade maior de açúcares redutores para as farinhas se deu pela remoção de um dos constituintes, a água, ao submeter as amostras a secagem para produção da farinha. Os resultados para os resíduos *in natura* corroboram com os encontrados na literatura, para banana por Castilho, Alcantara e Clemente (2014), o valor de 2,94%; para laranja pera por Silva (2019), o valor de 3,02%; e para manga por Almeida *et al.* (2020), o valor de 4,38%.

ANÁLISE LIGNOCELULÓSICA

Seguindo a metodologia de análise lignocelulósica, realizou-se as análises dos teores de cinzas, umidade e extrativos das farinhas, expressos na Tabela 2 em formato de média das triplicatas com o desvio padrão calculado.

Tabela 2 - Resultado da análise lignocelulósica nas farinhas de banana, laranja e manga

<i>Análise/Amostra</i>	<i>Banana</i>	<i>Laranja</i>	<i>Manga</i>
<i>TC%</i>	11,0148 ± 0,0009	3,2302 ± 0,0129	2,6097 ± 0,0075
<i>TU%</i>	8,0451 ± 0,3270	9,8983 ± 0,3651	8,3443 ± 0,3612
<i>TE%</i>	14,0504 ± 1,0609	17,8580 ± 1,7254	17,8341 ± 3,1636

Fonte: Autoria própria (2023).

Para o teor de cinzas da farinha da casca de banana, Lion e Yanaze (2018) obtiveram o valor médio de 11,09%, conduzindo a análise a 550 °C por 5 horas, justificando a pequena variância para com o valor calculado neste estudo. Para a farinha dos resíduos da laranja, Oliveira, Winkelmann e Tobal (2019), obtiveram o valor médio de 3,53%, utilizando um método alternativo ao citado neste trabalho, demonstrando a razão da diferença entre os valores apresentado. Por vez, de acordo com Láscaris *et al.* (2020), para cascas de manga, o teor de cinzas foi de aproximadamente 2,62%, com análise feita a 550 °C por 12 horas, havendo pequena divergência com o valor apresentado neste trabalho, justificada pela diferença entre as metodologias aplicadas.

De acordo com Fortes *et al.* (2020), o teor de umidade encontrado para a farinha da casca de banana foi de 9,91%, realizando a secagem a 60 °C por 8 horas. Para os resíduos de laranja, a umidade média obtida no estudo de Oliveira, Winkelmann e Tobal (2019) foi de 7,9%, conduzida a 75 °C por 10 horas. Segundo Láscaris *et al.* (2020), o teor de umidade para a casca de manga foi de 6,11% em secagem a 55 °C até peso constante da amostra. Para todos os casos descritos, os valores obtiveram diferença significativa com os apresentados neste estudo. Essa divergência pode ser justificada devido a diferença entre



as metodologias aplicadas e devido a adição de uma etapa de secagem anterior à análise de umidade para produção das farinhas.

Para análise de extrativos, Pereira *et al.* (2020) obteve o valor de 11% e 15,8% de extrativos para a farinha da casca de banana, utilizando etanol e água como solventes, respectivamente. Para cascas de laranja, o estudo de Deba-Rementeria *et al.* (2023) utilizando água como solvente obteve um teor de 13,14% de extrativos. Por vez, para cascas de manga, obteve-se um valor médio de 21,07% de extrativos, de acordo com Tunchaiyaphum, Eshtiaghi e Yoswathana (2013), utilizando etanol como solvente, realizando a extração em um período de 0,5 a 4 horas. As diferenças presentes entre a literatura e os valores calculados foi pequena, com exceção da manga, é dada devido a utilização de diferentes solventes, sendo utilizado a mistura de acetona e etanol neste trabalho, ao tempo total de extração e preparo e quantidade da biomassa utilizada.

CONCLUSÃO

A caracterização das farinhas de resíduos de banana, laranja e manga revela um potencial significativo na utilização desses resíduos agrícolas para a produção de biocombustíveis sustentáveis, com destaque para a manga. As análises físico-químicas mostraram as composições favoráveis, incluindo altos teores de açúcares fermentáveis, cinzas, umidade e extrativos, das biomassas. Além disso, o uso de resíduos para a produção de bioetanol contribui para a redução de resíduos orgânicos, diminuindo assim os impactos ambientais negativos. No entanto, desafios técnicos e econômicos ainda precisam ser superados para tornar essa abordagem viável em escala comercial. Portanto, o estudo da caracterização das biomassas é um passo importante na direção de uma indústria de biocombustíveis mais sustentável.

Agradecimentos

Agradeço à UTFPR-FB e aos técnicos da COEXP-FB.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. V. de M. *et al.* Estudo da conservação da casca de manga cv. Tommy Atkins pelo uso de refrigeração e adição de inibidores enzimáticos. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 15153-15167, 2020. Brazilian Journal of Development.

CASTILHO, L. G.; ALCANTARA, B. M.; CLEMENTE, E. Desenvolvimento e análise físico-química da farinha da casca, da casca in natura e da polpa de banana verde das cultivares maçã e prata. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 107-114, nov. 2014. Editora UniBH.

DEBA-REMENTERIA, S. *et al.* Consumer perception and physicochemical characterization of a new product made from lactic acid fermented orange peels. **International Journal Of Gastronomy And Food Science**, [S.L.], v. 31, p. 1-7, mar. 2023.



FOCHI, A. *et al.* **OBTENÇÃO DO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DA CASCA DO ARROZ.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)—Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 3 set. 2021.

FORTES, R. R. *et al.* Caracterização física e química de farinha de arroz, farinhas de cascas de abacaxi e banana e farinha de sementes de abóbora. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 9, p. 1-17, 23 ago. 2020.

LÁSCARIS, M. P. S. *et al.* Extração, caracterização, atividade antioxidante e antimicrobiana de resíduos de manga (Tommy Atkins). **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 10, p. 1-19, 29 set. 2020.

LION, A. V. S.; YANAZE, R. Y. **OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE CASCAS DE BANANAS VERDES E MADURAS.** 2018. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

MALDONADE, I. R. *et al.* **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013 (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 85).

MORAIS, J. P. S.; ROSA, M. DE F.; MARCONCINI, J. M. **Procedimento para Análise Lignocelulósica.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010 (Embrapa Algodão. Documentos, 236).

OLIVEIRA, N. A. de S.; WINKELMANN, D. O. V.; TOBAL, T. M. Farinhas e subprodutos da laranja sanguínea-de-mombuca: caracterização química e aplicação em sorvete. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [S.L.], v. 22, p. 1-8, 2019.

OLIVEIRA, R. C. DE; JUNGER, A. P. Utilização de combustíveis fósseis no Brasil e suas consequências ambientais. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e466997537, 26 ago. 2020.

SANTOS, F. A. **AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DE PALHAS DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO.** Tese de Doutorado—Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 28 mar. 2013.

SILVA, G. F. da. **Avaliação do potencial do bagaço de laranja industrial peletizado para a produção de butanol por *Clostridium beijerinckii* via fermentação acetona-butanoletanol.** 2019. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento e Uso dos Recursos Renováveis, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2019.

SILVA, M. D. DA. **Produção de etanol de segunda geração por *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26602 a partir da hidrólise ácida de sabugo de milho (*Zea mays* L.).** Dissertação de Mestrado—São José do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2 mar. 2018.

TUNCHAIYAPHUM, S.; ESHTIAGHI, M. N.; YOSWATHANA, N. Extraction of Bioactive Compounds from Mango Peels Using Green Technology. **International Journal Of Chemical Engineering And Applications**, [S.L.], p. 194-198, 2013.