

USO DE CÉLULAS ÍNTEGRAS DO FRUTO DA PALMA FORRAGEIRA COMO BIOCATALISADORES NA REDUÇÃO DA ACETOFENONA.

Marta S. Jesus (PG)¹; Caroline R. Teixeira (PG)¹; Lucineia C. Schneider¹; Raimundo F. S. Filho (PQ)²; Valdeilson S. Braga (PQ)¹; José Domingos S. Silva (PQ)¹; Luciana L. Machado (PQ)*¹

¹Universidade Federal do Oeste da Bahia- Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias-Programa de Pós Graduação em Química Pura e Aplicada.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus* Guanambi.

¹marta.j0780@ufob.edu.br; ¹luciana.lucas@ufob.edu.br.

Palavras-Chave: Biocatálise, Catálise enzimática, cetonas aromáticas.

Introdução

A biocatálise tem despertado o interesse industrial na busca por catalisadores naturais para produção de novos compostos, de forma sustentável e seletiva. Neste sentido, o emprego de células integras de vegetais que contém enzimas redutoras na transformação de compostos sintéticos é de extrema importância sobretudo para indústria farmacêutica que visa a produção de medicamentos (Gonçalves,2023).

A grande busca pela catalise enzimática é justificada pela sua natureza régio, quimio e enantiosseletivas, pois ela possui capacidade de reconhecer moléculas quirais atuando preferencialmente em um dos isômeros de uma mistura racêmica produzindo assim compostos enantiomericamente puros (Faber, 2000).

Dentre os estudos já desenvolvidos no Brasil sobre processos biocatalíticos com células integras de vegetais destacam-se as pesquisas para os vegetais Maracujá (*passiflora*) (Machado *et al.* 2008), Macaxeira (*manihot dulcis*) e Mandioca (*manihot esculeta*) (Machado *et al.* 2006), água de coco (*Cocos nucifera*) (Fonseca *et al.*, 2009), batata doce (*ipomoea batatas*) (Souza, 2013) e Girassol (*helianthus annuus L*) (Souza, 2012) que explicita a ampla versatilidade das espécies aqui produzidas.

A palma forrageira é uma cactácea de origem mexicana amplamente utilizada no nordeste brasileiro que possui grande resistência a condições climáticas extremas. É uma planta muito utilizada nesta região para produção de forragem além de ser conhecida pelo o uso de suas partes (cladódios, frutos, flores) para fins terapêuticos e produção de alimento (Vilanova, 2017; Bourhia *et al.* 2019), sendo de grande importância para economia das regiões produtoras. Neste sentido, é um vegetal versátil e de fácil acesso que pode ser melhor explorado quanto as suas potencialidades, contribuindo para a valorização dos recursos do cerrado brasileiro.

Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo identificar o potencial biorredutor da polpa e casca do fruto de palma forrageira na redução da cetona aromática acetofenona.

Material e Métodos

Os frutos da *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Palma forrageira) foram coletados em fase de maturidade fisiológica caracterizada por coloração amarelada (Figura 1) na comunidade Quilombola Boi município de Pindaí-BA (14° 34' 30,6"S 42° 39' 42,39"21,8"W) no período da manhã do mês de abril de 2024 e encaminhados para o Laboratório de Química Orgânica da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB) localizado na cidade Barreiras no estado da Bahia, Brasil (12°08'54.8"S 45°01'18.9"W) e encontram-se em processo de identificação botânica da espécie no herbário da universidade.

Figura 01: Imagem do fruto de palma forrageira.



Fonte: Autores (2024).

A metodologia utilizada na biotransformação da acetofenona foi a mesma empregada por Machado (2016) com adaptações nas quantidades do biocatalisador (polpa, casca), solvente (água) e substrato (acetofenona). Para cada reação utilizou-se uma proporção de 4,7g do biocatalisador, 30 mg de acetofenona e 20 mL de água destilada, acondicionados em erlenmeyers de 125 ml submetidos a agitação de 140 rpm em temperatura ambiente por 72 horas. Em seguida as amostras foram filtradas e particionadas com acetato de etila. Os materiais

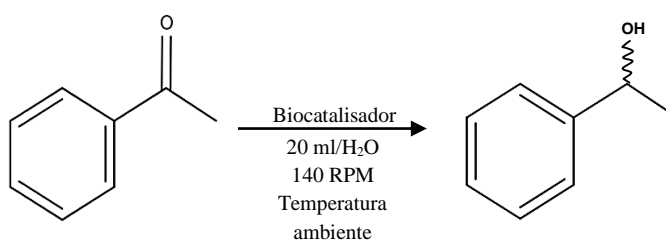
orgânicos foram secos com sulfato de potássio (K_2SO_4) e concentrados em evaporador rotatório sob pressão reduzida.

A análise do comportamento das partes do vegetal ao reagir com acetofenona foi verificado por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS), constando a redução da cetona a fenil etanol. Posteriormente foi feito o estudo cinético para verificar as melhores condições de reação para a redução (tempo e massa). No que se refere ao tempo o comportamento da enzima foi observado a cada 12 horas em um período de 96 horas. Tendo o melhor tempo para conversão foram realizadas reações variando a quantidade do biocatalizador: 2,35 g (metade da massa inicial), 4,7 g (massa inicial), 9,4 g (o dobro da massa inicial), 14,10 g (o triplo da massa inicial) e 18,8 g (o quádruplo da massa inicial), resultados que foram avaliados por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS).

Resultados e Discussão

A conversão da acetofenona a fenil etanol utilizando partes da palma forrageira (figuras 2 e 3) demonstrou resultados promissores chegando a uma conversão de 87,06% para a casca e 100% para a polpa em um período de 48 h.

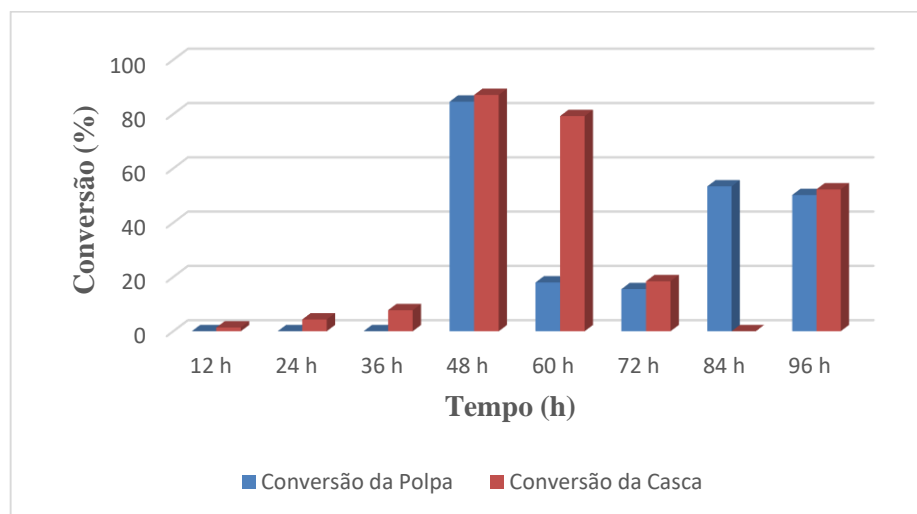
Figura 01: Esquema de redução da acetofenona produzindo o 2-fenil etanol.



Fonte: Autores (2024).

Os resultados referentes a variação do tempo demonstraram que a melhor conversão tanto para polpa quanto para casca do fruto de palma ocorre em 48 h de reação (gráficos 1).

Gráfico 01: Resultados de conversão (c%) para as reações realizadas em 12 h, 24 h, 36 h, 48 h, 60 h, 72 h, 84h e 96 horas utilizando a polpa e as cascas do fruto da palma forrageira como biocatalisador.



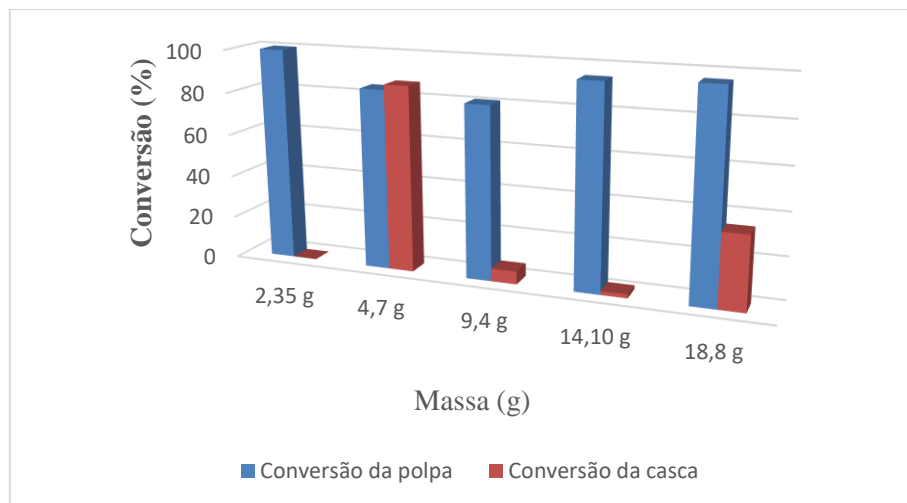
Fonte: Autores (2024).

De acordo com o gráfico 1 é possível observar que nos tempos inicial de 12h, 24 h e 36h não houve a produção do álcool com a polpa do fruto de palma, sua conversão começou a aparecer em 48h de reação com 84,57 % de redução da acetofenona, posteriormente é notada uma oxidação do fenil etanol produzido com a diminuição crescente de 17,98% e 15,53 % da conversão nos tempos de 60 h e 72 h, respectivamente. Quando a reação atingiu o tempo de 84h foi notado novamente um aumento na produção do fenil etanol para 53,39% de conversão que decaiu para 50,18% em 96 h. De acordo com os dados obtidos foi possível inferir que o melhor tempo reacional para converter a acetofenona em fenil etanol utilizando a polpa da palma forrageira é 48 horas de reação pois atingiu um resultado satisfatório de redução de 84,57% em um curto período de tempo.

Em relação a casca do fruto da palma ela proporciona a biotransformação da acetofenona em fenil etanol já nas primeiras horas de reação com um aumento gradativo de 1,37% no tempo inicial (12h) para 4,34% em 24h e 7,77% em 36h até atingir seu melhor tempo com a redução de 87,06% em 48 horas. Após as 48 horas foi observado uma oxidação com a diminuição da conversão para 79,26 % em 60h e 18,42 % em 72h e posteriormente um aumento da redução para 52,27% em 96 horas de reação. Neste sentido, percebeu-se uma semelhança entre o melhor tempo de reação para a polpa e casca pois ambas apresentaram uma boa conversão em 48 horas de reação e posterior oscilação entre redução e oxidação após este período.

A partir do melhor tempo reacional foi testado a melhor massa de biocatalisador para a redução enzimática da acetofenona, resultados dispostos no gráfico 2.

Tabela 02: Resultados da biorredução da acetofenona realizada em 72 horas utilizando a polpa e as cascas do fruto da palma forrageira com variação da quantidade do biocatalizador: 2,35g, 4,7g, 9,4g, 14,10g e 18,8g.



Fonte: Autores (2024).

Os dados apresentados acima, demonstram que a biorredução da acetofenona empregando a polpa do fruto de palma forrageira como biocatalisador possui resultados satisfatórios para todas as massas testadas, visto que possui acima de 80% de conversão chegando a uma conversão de 100 % de fenil etanol com 2,35 g metade da massa inicial. Para as massas de 4,7 g (massa inicial), seu dobro (9,4 g), triplo (14,10g) e quatriplado (18,8 g) a redução foi de 84,57 % e 81,05 %, 94,66 % e 96,35 % respectivamente.

Ao observar a casca do fruto de palma ela apresentou como melhor quantidade de biocatalisador sua massa inicial de 4,7 g com uma produção de 87,06 % de fenil etanol. A metade da massa inicial (2,35 g) não apresentou a produção do fenil etanol, já no dobro (9,4 g), triplo (14,10) e quatriplado (18,8 g) da massa inicial ocorreu uma conversão de 6,05 %, 1,84 % e 34,66 % especificamente, demonstrando resultados pouco favoráveis para variação de massa desse biocatalisador.

Os resultados obtidos comprovaram que as melhores condições reacionais para biorredução da acetofenona em fenil etanol utilizando a polpa do fruto de palma forrageira ocorre no tempo de 48 h e com a quantidade de 2,35 g de biocatalisador que pode ser observado no cromatograma da figura 02, e em relação a casca do fruto de palma as melhores condições reacionais é o tempo de 48h e a quantidade de 4,7 g de biocatalisador exposto no cromatograma da figura 03.

Figura 02: Cromatograma obtido para a redução da acetofenona com 2,35 g do biocatalisador (polpa do fruto de palma) em 48 horas de reação.

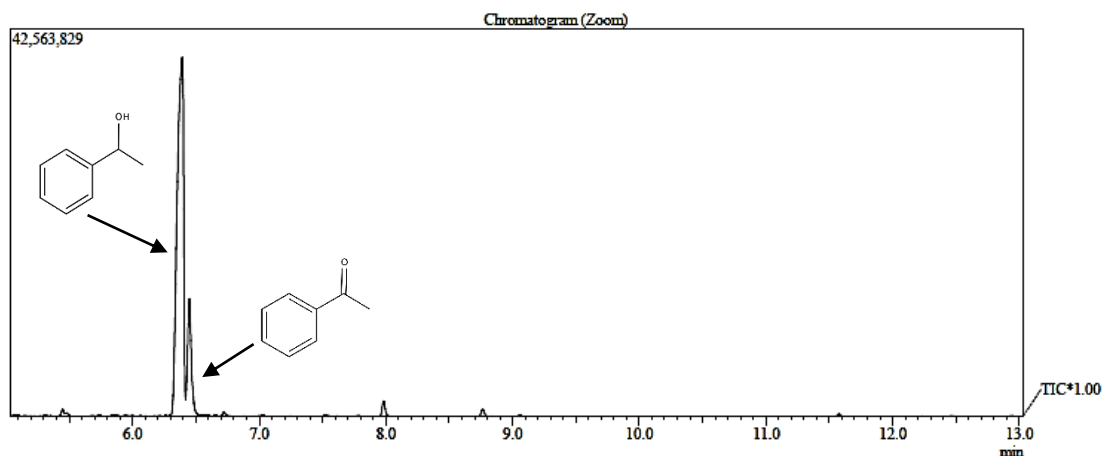
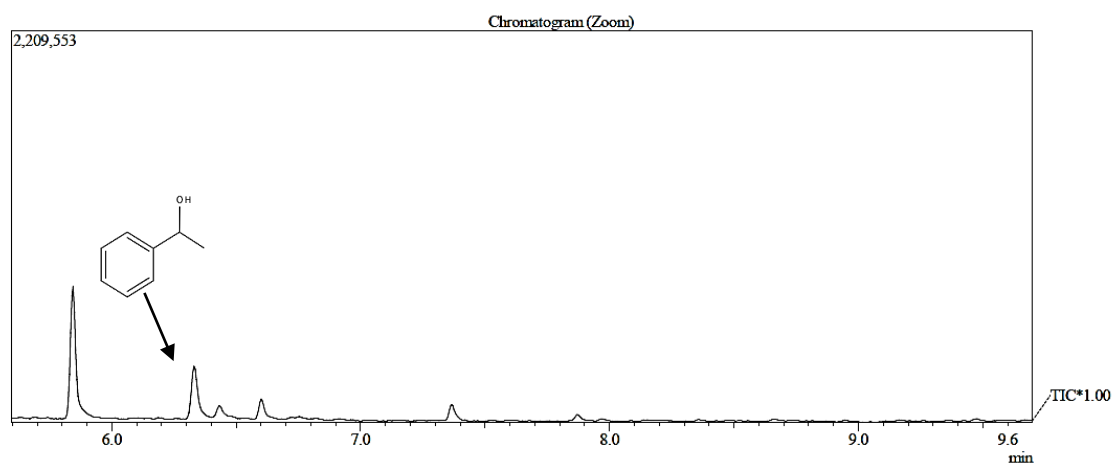


Figura 03: Cromatograma obtido para a redução da acetofenona com 4,7 g do biocatalisador (casca do fruto de palma forrageira) em 48 horas de reação.



Conclusões

O estudo das partes do fruto da palma forrageira como biocatalisador provou que ela possui um alto potencial de biorredução enzimática que pode chegar de 80% a 100% de conversão da acetofenona em fenil etanol. Sua utilização mostra-se eficaz e promissora, pois o emprego de células integras de plantas promove a produção de compostos enantiomericamente puros de forma sustentável e com um baixo custo, além disso não foi encontrado na literatura trabalhos que demonstram o potencial biorredutor do fruto da palma forrageira, o que reforça a relevância desta pesquisa. Com o objetivo de ampliar as condições ideais de pesquisa esse estudo se estenderá para determinação dos parâmetros: PH, concentração do tampão, temperatura reacional, excesso enantiomérico e testes com outras cetonas pró-quirais.



Agradecimentos

À CAPES e ao CNPQ.

Referências

BOURHIA, M. et al. Promising Physical, Physicochemical, and Biochemical Background Contained in Peels of Prickly Pear Fruit Growing under Hard Ecological Conditions in the Mediterranean Countries. *BioMed Research International*, v. 2019, 2019.

FONSECA, Aluísio Marques da. Contribuição ao Conhecimento Fitoquímico e Biotecnológico da água-de-coco (*Cocos nucifera* L.). 2009.

FABER, K.; ed. *Em Biotransformation in Organic Chemistry*; 4a ed.; Springer-Verlag: Berlin, 2000.

GONÇALVES, Caroline da; MARSAIOLI, Anita J. Fatos e tendências da biocatálise. *Química Nova*, v. 36, p. 1587-1590, 2013.

MACHADO, L. L.; SOUZA, J. S. N.; MATTOS, M. C.; SAKATA, S. K.; CORDELL, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioreduction of aldehydes and ketones using *Manihot* species. *Pytochemistry*, v. 67, p. 1637-1643, 2006.

MACHADO, L. L.; MONTE, F. J.Q.; OLIVEIRA, M. C. F.; MATTOS, M. C.; LEMOS, T. L. G. Bioreduction of aromatic aldehydes and ketones by fruits' barks of *Passiflora edulis*. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. v. 54, p. 130- 133, 2008.

SOUZA, Diana de Meneses. Biotransformações utilizando biocatalisadores de células íntegras de vegetais cultivados no cerrado em reações de redução de cetonas aromáticas. 2013.

SOUZA, Juliana Maria Oliveira de. Biorredução de cetonas aromáticas utilizando células íntegras de *Helianthus annuus* L.(Girassol). 2012.

VILANOVA, S. da R.M. et al. Palma forrageira: evidências de sua utilização econômica. *Cad. Prospec. Salvador*, v. 10, n. 4, p. 738-753, 2017.