Produtos de alto valor agregado por *Rhodotorula* utilizando substratos residuais: Uma análise bibliométrica

High value-added products by Rhodotorula using residual substrates: A bibliometric analysis

Rafael Uliam Marttão*, Andréia Anschau†

RESUMO

A crescente busca por reutilizar resíduos e subprodutos como substrato na fermentação de microrganismos, está atrelado à conscientização ambiental e em reduzir o custo do processo de produção. A levedura do gênero *Rhodotorula* é utilizada para a obtenção de lipídios, carotenoides e exopolissacarídeos, estes com grande valor agregado e com a possibilidade de utilizar resíduos no processo de fermentação pela levedura, reduzindo o custo de produção. Este estudo tem como objetivo reunir informações a respeito de metodologias, tipos de substrato e parâmetros para fermentação, de artigos científicos publicados nas bases de dados *Scopus, Science Direct* e *Web of Science*, além de periódicos e autores com maior impacto no meio cientifico nesta área. Foram obtidos 101 resultados na *Web of Science*, 114 na *Scopus* e 656 na *Science Direct*, após a eliminação dos artigos duplicados, restaram 757 para a análise. Analisou-se um aumento de publicações envolvendo esta área de pesquisa desde o ano de 2006, com destaque principal na produção de lipídios para utilização em biodiesel. Este estudo permitiu identificar os principais pesquisadores e artigos da área, podendo ser utilizado como base para pesquisas futuras.

Palavras-chave: *Rhodotorula*, lipídios, carotenoides, exopolissacarídeos.

ABSTRACT

The growing search to reuse waste and byproducts as substrate in the fermentation of microorganisms is linked to environmental awareness and to reduce the cost of the production process. The yeast of the genus Rhodotorula is used to obtain lipids, carotenoids and exopolysaccharides, these with great added value and with the possibility of using waste in the fermentation process by the yeast, reducing the cost of production. This study aims to gather information about methodologies, types of substrate and parameters for fermentation, from scientific articles published in the databases Scopus, Science Direct and Web of Science, as well as journals and authors with greater impact on the scientific environment in this area. We obtained 101 results on the Web of Science, 114 in Scopus and 656 in Science Direct, after the elimination of duplicate articles, 757 remained for the analysis. An increase in the number of publications involving this research area since 2006 was analyzed, with the main emphasis on the production of lipids for use in biodiesel. This study allowed the identification of the main researchers and articles in the area, and can be used as a basis for future research.

Keywords: *Rhodotorula*, lipids, carotenoids, exopolysaccharides.

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos ou subprodutos não desejáveis está presente em diversos processos. Com o aumento da conscientização ambiental e a busca por processos sustentáveis, pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de utilizar resíduos como substrato na fermentação de leveduras para a produção de produtos com alto valor agregado, dentre eles estão carotenoides, exopolissacarideos e lipídios. Neste estudo foi realizado a

* Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil; rafael.uliam98@gmail.com
† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos; andreiaanschau@utfpr.edu.br

análise de artigos científicos com o objetivo de adquirir estes produtos através da fermentação de leveduras do gênero *Rhodotorula.*

As áreas de estudo que aplicam análises e estatísticas às publicações, tais quais artigos de periódicos e afins são chamadas de bibliometria e cienciometria. Estas quais permitem que todo um estudo seja feito de forma quantitativa nos dados de publicação e citação, e através da análise destes dados é utilizada pra diversos fins como: avaliar a maturação e evolução dos autores analisados, áreas de estudos, os mapas conceituais e intelectuais, e as tendências das áreas de pesquisa inseridas no meio científico (ARIA, 2017).

A produção de indicadores que permitam traçar o perfil da pesquisa científica na área na produção de exopolissacarídeos, lipídios e carotenoides microbianos, podem possibilitar o diagnóstico da produção científica relacionada ao tema em comparação a outros países e auxiliar, por exemplo, nas tomadas de decisão e pesquisas futuras. Portanto, entende-se a necessidade de compreender como se configura as pesquisas em nível internacional e quais são as tendências de pesquisa e oportunidades nessas áreas. Para isso, busca-se conhecer quais são pesquisadores referências, além dos principais periódicos disponíveis para publicação e seus artigos com maior impacto no meio científico.

2 MÉTODOLOGIA

Inicialmente foi feita uma pesquisa nas bases de dados *Scopus* (scopus.com), *Science Direct* (sciencedirect.com) e *Web of Science* (WoS, webofknowledge.com) restringindo para artigos científicos em língua inglesa, sem delimitação de tempo e a pesquisa foi feita no dia 29 de dezembro de 2020. No campo "tópico", foram usadas as palavras-chave e os operadores booleanos ("*rhodotorula*") AND ("*carotenoids*" OR "*lipids*" OR "*exopolysaccharide*") AND ("*waste*" OR "*wastewater*").

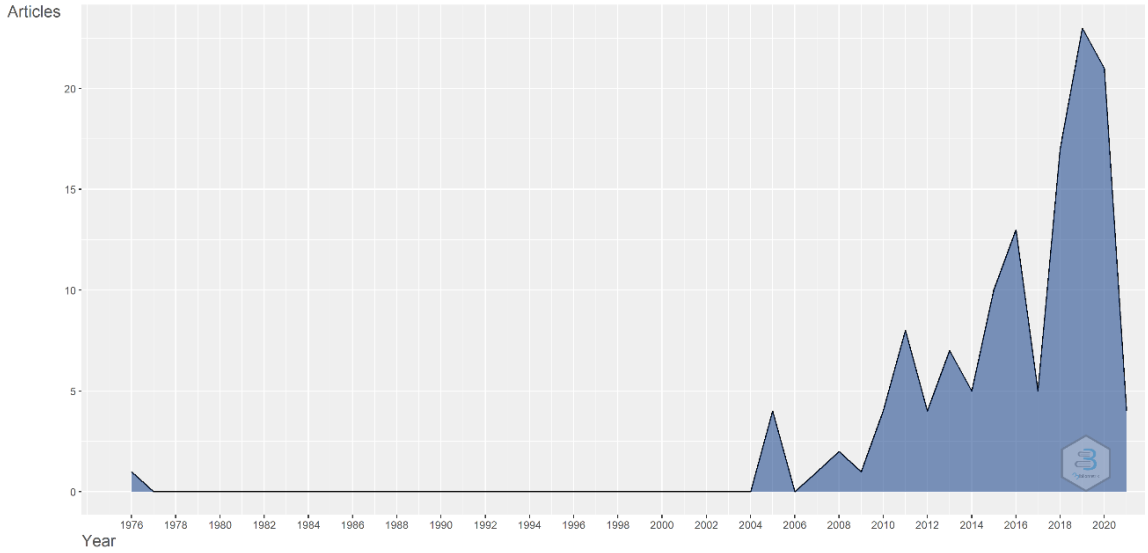
Os resultados obtidos nas bases de dados foram exportados em formato *BibTeX* e importados para o Mendeley. Os resultados foram filtrados excluindo-se os artigos duplicados, os que não se enquadravam no tema de estudo e artigos de revisão. Em seguida, para a análise dos resultados, foi usado o software RStudio® (versão 1.4.1106). Para a execução da análise cienciométrica, em interface com RStudio, foram instalados os pacotes *Bibliometrix* (http://bibliometrix.org/), e *Biblioshiny.* Com os pacotes e metadados instalados e os resultados obtidos nas bases de dados e exportados em formato *BibTeX* pelo Mendeley, foi possível analisar e gerar mapas temáticos, dentre eles: produção anual de artigos relacionados com o tema, principais periódicos e autores relacionando países e assuntos.

Os resultados filtrados também foram analisados pela metodologia *Methodi Ordinatio* proposta por Pagani, Kovaleski e Resende (2015), permitindo a obtenção dos artigos com maior impacto na área. Os dados foram exportados para uma planilha Excel. Nessa planilha foram adicionados: o número de citações de cada publicação e o fator de impacto (FI) de cada periódico, obtido através do Journal Citation Reports (JCR). As citações foram extraídas do Google Scholar. Na sequência, foi aplicada a equação do InOrdinatio que considera o ano de publicação, o ano atual da pesquisa para classificação dos documentos, o total de citações, o FI e um fator alfa (α) cujo valor é definido pelo pesquisador de 1 a 10. Neste estudo foi usado α igual a 10 (SOLIS et al., 2019). Os artigos foram classificados em ordem decrescente conforme a equação InOrdinatio obtido. Artigos com InOrdinatio superior a 80 (78 publicações) foram identificados como pesquisas de alto impacto. Devido ao grande número de publicações, foram selecionados para apresentação as cinco publicações com maior prevalência de acordo com o índice.

3 RESULTADOS

Foram obtidos 101 resultados na *Web of Science*, 114 na *Scopus* e 656 na *Science Direct*, após a eliminação dos artigos duplicados, restaram 757 para a análise. Após a etapa de filtragem, restaram 131 artigos. Na Figura 1, verifica-se que 2019 foi o ano de maior número de publicações sobre este tema, além de destacar um aumento do interesse de pesquisas nesta área nos últimos anos. A redução de publicações em 2020 justifica-se pela dificuldade de produzir pesquisas nesta área em momento de pandemia.

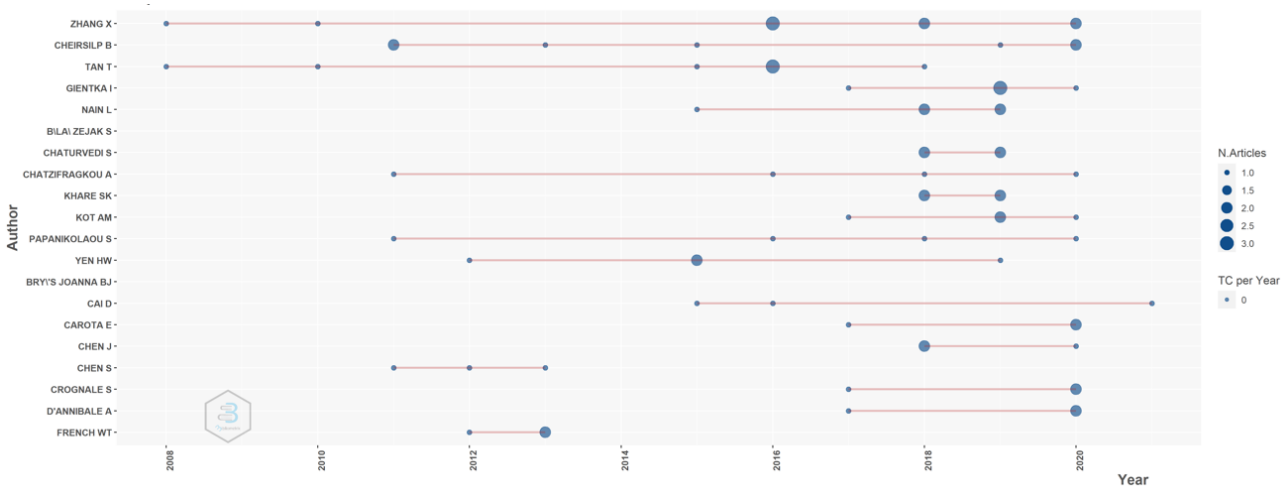
Figura 1 - Publicação anual de artigos gerado pelo Biblioshiny



Fonte: Autoria Própria (2021)

A Figura 2 apresenta os 20 principais autores ao longo dos anos. As linhas representam a linha de tempo de cada autor. O tamanho dos círculos são proporcionais ao número de documentos e a intensidade da cor é proporcional ao número total de citações por ano. Verifica-se que os autores Zhang X. e Tan T. possuem a maior linha de tempo, tendo início em 2008 com diversas publicações até o presente, em relação ao tema pesquisado.

Figura 2 - Linha do tempo de publicações dos autores gerado pelo Biblioshiny

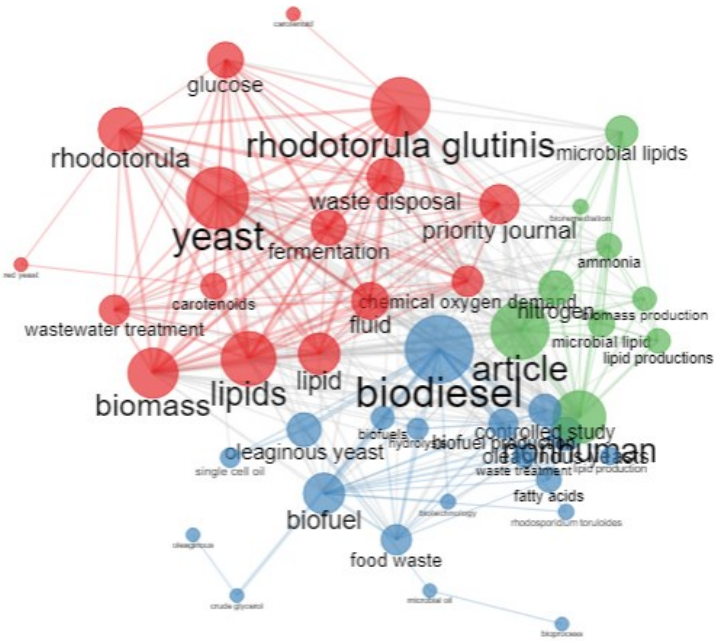


Fonte: Autoria Própria (2021)

A análise de redes de co-ocorrência de palavras-chave mostrou quais temas são mais associados nas pesquisas entre os artigos estudados. As palavras-chave podem ser consideradas um dos pontos mais importantes de uma publicação e a análise de co-palavras pode ser usada para detectar tópicos de pesquisa, analisar pontos de acesso de pesquisa e monitorar transições de fronteira de pesquisa de um determinado domínio de conhecimento (YU et al., 2017).

O tamanho dos círculos é proporcional à co-ocorrência dos itens, independente da centralidade ou distância do vértice. Pela rede formada, tem-se que as palavras-chaves mais usadas (de maior centralidade) foram: biodiesel, levedura, lipídios e *Rhodotorula glutinis*. Nota-se que as redes existentes entre essas palavras e a relação dessas com as demais são grandes e significativas para o estudo. Verifica-se que nesse *cluster*, a palavra carotenoides aparece com pouco destaque, o que mostra uma oportunidade de mais pesquisas nessa área. É importante ressaltar que cada agrupamento, apesar de manter uma relação maior com as palavras inseridas nele, não foi isolado dos demais e as palavras estão associadas em menor grau a grupos distintos.

Figura 4 - Rede de palavras-chave mais frequentes gerado pelo Biblioshiny



Fonte: Autoria Própria (2021)

A Tabela 1 apresenta as cinco publicações de maior relevância na área de estudo de acordo com a equação InOrdinatio (>118).

Tabela 1 - Ranking dos artigos com InOrdinatio acima de 162

Ranking	InOrdinatio	JCR	Citações	Objetivo	Microrganismo	Substrato	Referência

1	305,0	2,952	305	Produção de lipídios e carotenoides	*Rhodotorula glutinis*	Glicerol bruto	SAENGE *et al.*, 2011
2	281,0	6,082	281	Produção de lipídios	*Rhodotorula* sp.	Glicerol	CHATZIFRAGKOU *et al.*, 2011
3	192,0	7,539	222	Produção de lipídios	*Rhodotorula glutinis*	Águas residuais de glutamato monossódico	XUE *et al.*, 2008
4	190,0	2,952	250	Produção de biomassa e carotenoides	*Rhodotorula mucilaginosa*	Soro de leite e melaço de beterraba	AKSU; EREN, 2005
5	162,0	2,277	162	Produção de lipídios	*Rhodotorula glutinis; cryptococcus curvatus*	Águas residuais municipais e resíduos de alimentos	CHI *et al.*, 2011

Fonte: Autoria Própria (2021)

4 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou agrupar conhecimento de diversos artigos de pesquisa, dos quais utilizaram resíduos para a produção de carotenoides, exopolissacarideos ou lipídios a partir de leveduras do gênero *Rhodotorula*. Há um grande avanço nas pesquisas envolvendo produção de lipídios e biodiesel, sendo que este tem maior ocorrência pela grande demanda do mercado e diversos fomentos nessa área. Também foi observado uma escassez de artigos na produção de exopolissacarídeos. Este estudo permitiu identificar os principais pesquisadores e artigos da área, podendo ser utilizado como base para pesquisas futuras.

AGRADECIMENTOS

Agradeço o apoio financeiro da bolsa concedida (Edital 02/2020 PROPPG - PIBIC/PIBIC-AF) pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

REFERÊNCIAS

AKSU, Z.; EREN, A. Tuğba. Carotenoids production by the yeast Rhodotorula mucilaginosa: use of agricultural wastes as a carbon source. **Process Biochemistry**, [S.L.], v. 40, n. 9, p. 2985-2991, set. 2005. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2005.01.011.

AKSU, Zümriye; EREN, Ayşe Tuğba. Production of carotenoids by the isolated yeast of Rhodotorula glutinis. **Biochemical Engineering Journal**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 107-113, jul. 2007. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2007.01.004.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. *Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis.* ***Journal of informetrics***, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

CHATZIFRAGKOU, Afroditi *et al*. Biotechnological conversions of biodiesel derived waste glycerol by yeast and fungal species. **Energy**, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 1097-1108, fev. 2011. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.11.040.

CHEIRSILP, Benjamas; SUWANNARAT, Warangkana; NIYOMDECHA, Rujira. Mixed culture of oleaginous yeast Rhodotorula glutinis and microalga Chlorella vulgaris for lipid production from industrial wastes and its use as biodiesel feedstock. **New Biotechnology**, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 362-368, jul. 2011. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2011.01.004

CHI, Zhanyou *et al*. Lipid Production by Culturing Oleaginous Yeast and Algae with Food Waste and Municipal Wastewater in an Integrated Process. **Applied Biochemistry And Biotechnology**, [S.L.], v. 165, n. 2, p. 442-453, 13 maio 2011. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s12010-011-9263-6.

KARATAY, Sevgi Ertuğrul; DÖNMEZ, Gönül. Improving the lipid accumulation properties of the yeast cells for biodiesel production using molasses. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 101, n. 20, p. 7988-7990, out. 2010. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.05.054.

MAROVA, I. *et al*. Use of several waste substrates for carotenoid-rich yeast biomass production. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 95, n. 1, p. 338-342, mar. 2012. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.018

Pagani, R. N., Kovaleski, J. L., & Resende, L. M. M. de. (2018). Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. *Ciência Da Informação*, *46*(2). Recuperado de http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1886

PINTO, Gustavo Adolfo Saavedra *et al*. **Fermentação em Estado Sólido: Uma Alternativa para o Aproveitamento e Valorização de Resíduos Agroindustriais Tropicais**. Fortaleza - Ce: Embrapa, 2005.

SAENGE, Chanika *et al*. Potential use of oleaginous red yeast Rhodotorula glutinis for the bioconversion of crude glycerol from biodiesel plant to lipids and carotenoids. **Process Biochemistry**, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 210-218, jan. 2011. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2010.08.009

SCHNEIDER, T. *et al*. Lipid and carotenoid production by oleaginous red yeast Rhodotorula glutinis cultivated on brewery effluents. **Energy**, [S.L.], v. 61, p. 34-43, nov. 2013. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2012.12.026

SOLIS, Blandy Pamplona et *al. Bibliometric analysis of the mass transport in a gas diffusion layer in PEM fuel cells.* ***Sustainability***, v. 11, n. 23, p. 1-18, 2019.

XUE, Feiyan *et al*. Studies on lipid production by Rhodotorula glutinis fermentation using monosodium glutamate wastewater as culture medium. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 99, n. 13, p. 5923-5927, set. 2008. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.046

YU, Dejian et *al. Information Sciences 1968–2016: a retrospective analysis with text mining and bibliometric.* ***Information Sciences***, v. 418, p. 619-634, 2017.