
APROVEITAMENTO DO SORO DE LEITE PARA A PRODUÇÃO DE CAROTENOIDES PELA LEVEDURA RHODOTORULA GLUTINIS

USE OF WHEY FOR THE PRODUCTION OF CAROTENOIDS BY THE YEAST RHODOTORULA GLUTINIS

Guilherme Lazzarin Zucchi¹

Ana Paula Cerino Coutinho²

Caetano Dartiere Zulian Fermino³

Emmanuel Zillo Godinho⁴

Resumo - Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de carotenoides pela levedura *Rhodotorula glutinis* utilizando soro de leite como substrato, um resíduo agroindustrial com alto potencial poluente. Inicialmente, foi realizada a caracterização físico-química do soro, revelando valores como umidade de 92,99%, proteínas de 1,01%, açúcares redutores de 42,18 g/L e pH de 6,64, em conformidade com as regulamentações. Após a caracterização, o soro de leite foi submetido a aquecimento, filtração e ajuste do teor de açúcares, sendo então inoculado com a levedura na concentração adequada. Durante a fermentação, monitorou-se o consumo de substrato, mostrando que o soro de leite apresentou uma redução contínua e estável dos açúcares redutores. A produção de carotenoides foi também avaliada, indicando concentrações de astaxantina entre 0,683 e 1,266 µg/g, e carotenoides totais entre 0,554 e 1,026 µg/g. Observou-se que as variações estavam relacionadas ao tempo de cultivo e às condições do meio, e que a produção de carotenoides no soro de leite foi menos consistente em comparação com o caldo YM. Conclui-se que o uso do soro de leite como substrato é uma alternativa viável e ambientalmente benéfica, contribuindo para a geração de biomassa rica em pigmentos bioativos.

Palavras-chave: Soro do leite; Resíduo; Fermentação; Carotenoides.

Abstract - This study aimed to evaluate the production of carotenoids by the yeast *Rhodotorula glutinis* using whey as a substrate, an agro-industrial residue with high polluting potential. Initially, the physicochemical characterization of whey was carried out, revealing values such as 92.99% moisture, 1.01% protein, 42.18 g/L reducing sugars, and a pH of 6.64, in accordance with regulations. After characterization, the whey was subjected to heating, filtration, and adjustment of sugar concentration, and then inoculated with the yeast

¹ Bacharel em Engenharia Química (UNISAGRADO/Bauru-SP). Contato: guilazucchi@hotmail.com.

² Doutora em Agronomia (UNESP/Botucatu-SP); Docente do Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO/Bauru-SP). Contato: ana.coutinho@unisagrado.edu.br.

³ Técnico em Química (Colégio Athena); Estudante de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/Bauru/SP); Aluno PIBIC ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica). Contato: ferminocaetano867@gmail.com.

⁴ Docente UNISAGRADO; Pós-doutorando FZEA/USP; Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura (FCA-UNESP/Botucatu - SP). Contato: emmanuel.godinho@unisagrado.edu.br.

at the appropriate concentration. During fermentation, substrate consumption was monitored, showing that whey presented a continuous and stable reduction in reducing sugars. Carotenoid production was also evaluated, indicating astaxanthin concentrations between 0.683 and 1.266 µg/g, and total carotenoids between 0.554 and 1.026 µg/g. The variations were related to cultivation time and medium conditions, and carotenoid production in whey was less consistent compared to YM broth. It is concluded that the use of whey as a substrate is a viable and environmentally beneficial alternative, contributing to the generation of biomass rich in bioactive pigments.

Keywords: *Whey; Residue; Fermentation; Carotenoids.*

I. INTRODUÇÃO

A trajetória tecnológica da humanidade impulsionou o desenvolvimento, mas também agravou impactos ambientais, especialmente a partir da Segunda Revolução Industrial. O crescimento populacional e industrial intensificou o uso de recursos e gerou resíduos em larga escala. Um dos principais efluentes da indústria de laticínios é o soro do leite, que representa 90% do volume do leite original. A cada 1 kg de queijo, são gerados cerca de 9 L de soro. (Silva et al., 2018). Segundo o autor, dez litros descartados têm potencial poluente equivalente ao esgoto doméstico de cinco pessoas, com DBO que pode alcançar 50.000 mg/L, bem acima do limite de 120 mg/L da Resolução CONAMA nº 430/2011. De acordo com Buchanan et al., (2023) a produção global de soro de leite foi estimada em 2018 entre 180 e 190 milhões de toneladas anuais, das quais cerca de 100 milhões provenientes da fabricação de queijos. Com crescimento de 1 a 2% ao ano, esse volume pode atingir 240 milhões de toneladas até 2030. O soro é composto por 94,25% de água e 5,75% de sólidos, incluindo lactose, proteínas, minerais e gordura. As proteínas, como β -lactoglobulina (50%) e α -lactalbumina (13%), são ricas em aminoácidos essenciais e apresentam funções biológicas como ação antimicrobiana e anticancerígena (Almeida et al., 2013).

A utilização de resíduos agroindustriais, como o soro de leite, tem sido amplamente estudada como alternativa de baixo custo em bioprocessos para a obtenção de biomoléculas de interesse. O setor agroindustrial é caracterizado pela elevada geração de resíduos, e seu aproveitamento em processos biotecnológicos contribui para reduzir impactos ambientais, ao mesmo tempo em que possibilita a produção de compostos comerciais de interesse (Bolognesi et al., 2022). A biotecnologia tem explorado o uso de microrganismos na produção de compostos de alto valor, como os carotenoides. Leveduras do gênero *Rhodotorula*, especialmente *R. glutinis*, destacam-se por acumular até 70% de lipídeos e sintetizar pigmentos naturais como β -caroteno, toruleno e torularrodina (Santana, 2022). De acordo com o autor, carotenoides são pigmentos naturais com 40 carbonos e cadeia polieno, precursores da vitamina A e com ação antioxidante, atuando na imunidade e prevenção de doenças. Esses compostos têm ampla aplicação nas indústrias alimentícia, cosmética, farmacêutica e química. O soro de leite, rico em nutrientes, pode ser aproveitado nesses processos, agregando valor e promovendo sustentabilidade no setor de laticínios.

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o soro de leite como substrato para o cultivo da levedura *Rhodotorula glutinis*, por meio de sua caracterização físico-química, da análise do consumo de açúcares e da produção de carotenoides.

II. METODOLOGIA

2.1 – Materiais

O soro de leite foi fornecido por uma indústria de queijo no interior de São Paulo, coletado após a produção de queijo minas frescal, envasado em frascos plásticos e congelado a -18 °C. Todos os experimentos foram realizados no Laboratório de Química, Biologia e Bromatologia do Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO) em Bauru, São Paulo.

2.2 – Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram determinados pelo método do DNS modificado (Miller, 1959). Foram misturados 1 ml da amostra e 1 ml de solução DNS, aquecidos em banho-maria por 5 min, resfriados por 3 min e diluídos com 8 ml de água destilada. A absorbância foi lida a 540 nm e convertida em g/L usando curva padrão. As análises foram feitas em triplicata.

2.3 – Umidade e cinzas

A umidade foi determinada por secagem em estufa a 105 °C por 18 h, conforme AOAC (1997), após evaporação prévia em banho-maria. Para cinzas, a amostra evaporada foi incinerada em mufla a 550 °C até coloração branca/cinza, segundo AOAC (1997). As análises foram feitas em triplicata.

2.4 – Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada com base no teor de nitrogênio pelo método micro Kjeldahl, seguindo três etapas: digestão, destilação e titulação. Cerca de 0,2 g da amostra foram digeridos com 2,5 g de mistura digestora (sulfatos de cobre e potássio), 10 pérolas de vidro e 5 ml de H₂SO₄ concentrado a 400 °C até coloração azul translúcida. Após a digestão, adicionaram-se 7 ml de água destilada e 20 ml de NaOH 40%, iniciando a destilação com coleta em erlenmeyer contendo 10 ml de ácido bórico 4% e indicador. Por fim, o destilado foi titulado com HCl 0,01 N até mudança de cor. (AOAC, 1997). As análises foram feitas em triplicata.

2.5 – pH

O pH do soro foi medido a 24 °C em pHmetro, conforme AOAC (1997), após calibração do eletrodo com soluções tampão pH 7,0 e 4,0.

2.6 – Microrganismo

A levedura *Rhodotorula glutinis* foi adquirida da Fundação André Tosello (Campinas, São Paulo, Brasil) e armazenada no Laboratório de Biologia do UNISAGRADO. Repiques periódicos, a cada 30 dias, foram feitos em ágar Sabouraud Dextrose (DSA) inclinado e incubados a 28 °C por 48 horas para crescimento e manutenção.

2.7 – Preparo do soro do leite

O soro de leite foi aquecido a 100 °C por 20 min, resfriado, centrifugado e o sobrenadante diluído com água destilada até 10 g/L de açúcares redutores (Ribeiro, 2018), concentração ideal para o cultivo.

2.8 – Preparo do inóculo

O microrganismo, como mostra a Figura 1, foi cultivado em erlenmeyers de 125 ml com 50 ml de meio YM (glicose 10 g/L, peptona 5 g/L, extrato de levedura 3 g/L

e extrato de malte 3 g/L), incubado a 30 °C com agitação por 24 h. A concentração celular final foi determinada em câmara de Neubauer.

Figura 1. *Rhodotorula glutinis*.



Fonte: Autores, 2024.

2.9 – Cultivo

O cultivo da levedura seguiu Ribeiro (2018), utilizando incubadora orbital e erlenmeyers de 125 ml com 70 ml de meio YM (pH 6,0), acrescido de 10% de inóculo (1×10^7 células/ml). As condições foram 30 °C, 160 rpm por 168 h, em duplicata. O soro de leite foi pré-tratado por aquecimento a 100 °C por 20 min, seguido de centrifugação e diluição até 10 g/L de açúcares. Todo o material foi esterilizado a 121 °C por 15 min, sendo a inoculação feita após o resfriamento. A Figura 2 ilustra a incubadora com o caldo sintético YM e a adição do inóculo.

Figura 2. Incubadora.



Fonte: Autores, 2024.

2.9 – Avaliação da cinética microbiana

Para a determinação do teor de glicose e teor de carotenoides durante o processo fermentativo foram realizadas coletas diariamente (0h, 24h, 48h, 72h, 96h e 168h) e armazenadas sob congelamento para análise.

2.9.1 – Consumo do substrato

O consumo de substrato durante a fermentação foi avaliado pelo método DNS de Miller (1959) a cada 24 horas (0, 24, 48, 72, 96 e 168 horas). Amostras de 1 ml foram misturadas com solução de DNS, incubadas a 100 °C por 5 minutos, resfriadas em banho de gelo e diluídas com água destilada, com leitura de absorbância a 540 nm.

2.9.2 – Extração e quantificação de carotenoides totais

A extração e determinação de carotenoides totais foram realizadas a cada 24 horas do processo fermentativo, conforme metodologias descritas por Fonseca et al. (2011) e Michelin et al. (2012), adaptadas por Cipolatti et al (2015). O meio

fermentado foi centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos, descartando-se o sobrenadante. A biomassa foi submetida a lise com dimetilsulfóxido (DMSO) e pérolas de vidro, agitada em vórtex e incubada a 60 °C. Após a ruptura celular, adicionou-se éter de petróleo e NaCl 20%, agitando-se em vórtex, seguido de centrifugação. O sobrenadante foi utilizado para leitura de absorbância em espectrofotômetro a 450 nm, e a concentração foi convertida.

A concentração de carotenoides totais foi calculada considerando a absorvidade molar da espécie química de 2592 (Rodriguez-Amaya; Kimura, 2004), enquanto para a astaxantina o valor foi de 2100 (Sedmak; Weerasinghe; Jolly, 1990).

2.10 – Análise estatística

A análise de variância (ANOVA) foi realizada, seguida pelo teste de Tukey (5%) para comparar as médias que se mostraram diferentes significativamente (Tiburtino et al., 2015).

III. RESULTADOS

3.1 – Caracterização da matéria-prima

Para as análises físico-químicas, o soro foi descongelado em temperatura de refrigeração, homogeneizado, e então as amostras foram coletadas. Foram determinados os teores de umidade, cinzas, proteínas, açúcares redutores e pH. A Tabela 1 mostra os valores da caracterização físico-química do soro de leite.

Tabela 1 – Caracterização físico-química do soro de leite.	
Análises	Valores
Umidade (%)	92,99 ± 0,028
Cinzas (%)	0,52 ± 0,0047
Proteínas (%)	1,01 ± 0,14
Açúcares redutores (g/L)	42,18 ± 0.36
pH	6,64

Fonte: Elaborado pelo autor.

O pH é um dos parâmetros que mais influenciam o crescimento celular. De acordo com a Portaria nº 1016/2024 do MAPA, os valores padrão de pH do soro do leite devem estar entre 6,0 e 6,8. O pH obtido nesta experimentação foi de 6,64, o que está em conformidade com o regulamento técnico. Estudos de Marttão e Anschau (2020) verificou que o pH do soro de leite foi de 6,19, valor menor que o apresentado neste estudo. Para os açúcares redutores totais, Marttão e Anschau (2020) obtiveram 50,1 g/L, que é um valor maior que o resultado de 42,18 g/L encontrado neste trabalho.

O lactosoro estudado por Dos Santos e Nunes (2015), proveniente da produção de queijos minas padrão, mussarela e prato, apresentou valores de pH de 6,43; 6,65; e 6,51, respectivamente. Os teores de umidade foram de 93,63%; 93,75%; e 92,75% para os mesmos soros provenientes dos diferentes tipos de queijo. Os valores de cinzas foram de 0,57% para o soro dos queijos minas padrão e mussarela, e 0,58% para o soro do queijo prato, semelhantes ao valor de 0,52% obtido neste trabalho. Neste estudo, foi obtido 1,01% de proteína, um valor próximo à caracterização de Castro et al. (2021), que foi de 0,851%. As variações observadas entre esse estudo e os da literatura são justificadas pelo fato de cada ensaio ter sido realizado com soro proveniente da fabricação de diferentes tipos de queijo. Além disso, cada produção de laticínio pode ter tratamentos e condições de armazenamento distintas para o resíduo.

3.2 – Avaliação do consumo do substrato

Os valores para os açúcares redutores obtidos foram compilados na Tabela 2

Tabela 2. Concentração dos açúcares redutores.

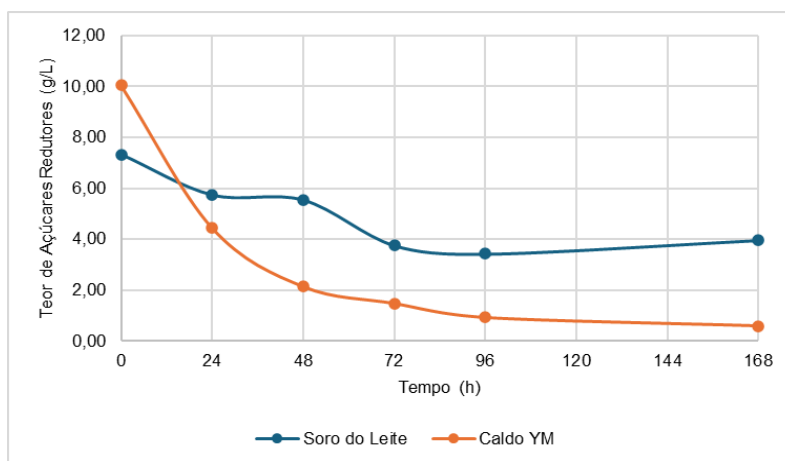
Tempo (h)	Soro de leite (g/L)	Caldo YM (g/L)
0	7,33 ± 1,29	10,05 ± 0,78
24	5,75 ± 0,59	4,44 ± 0,34
48	5,55 ± 0,09	2,13 ± 0,45
72	3,76 ± 0,50	1,47 ± 0,32
96	3,43 ± 0,61	0,92 ± 0,18
168	3,96 ± 1,11	0,59 ± 0,11

Fonte: Autores, 2024.

O soro de leite apresenta uma tendência de redução gradual dos açúcares redutores ao longo do tempo, passando de 7,33 g/L no início para 3,96 g/L após 168 horas de cultivo. Já o caldo YM mostra uma queda mais acentuada nas primeiras 24 horas, reduzindo de 10,05 g/L para 4,44 g/L, e segue em diminuição até atingir 0,59 g/L no final do processo. Em termos comparativos, o caldo YM inicia com valores mais elevados que o soro de leite e mantém essa superioridade até as primeiras 24 horas; a partir de 48 horas, no entanto, sua concentração torna-se significativamente menor que a observada no soro de leite, conforme ilustrado na Figura 3.

O gráfico mostra que o consumo de açúcares foi mais rápido no caldo YM, com queda acentuada já nas primeiras 24 horas e estabilização em valores próximos de zero ao final do cultivo. No soro de leite, a redução ocorreu de forma mais lenta e contínua, mantendo concentrações superiores ao longo de todo o processo fermentativo.

Figura 3. Teor de açúcares redutores no soro de leite durante o processo fermentativo.



Fonte: Autores, 2024.

O estudo de Ribeiro (2017) investigou o uso do soro de queijo ricota (scotta) como substrato alternativo para o cultivo da microalga *Chlorella protothecoides*, utilizando scotta mista e ovina sob condições autotróficas e mixotróficas. A microalga demonstrou crescimento eficiente na presença de lactose, com quase completa depleção do carbono orgânico em sete dias, sugerindo o uso da β -galactosidase para a hidrólise da lactose em glicose e galactose. Isso indica uma adaptação metabólica eficaz ao substrato. Em comparação, o presente trabalho mostra que a redução de açúcares redutores no soro de leite ocorre de forma mais gradual, evidenciando um consumo

contínuo e estável do carbono disponível, tanto no soro quanto no caldo YM. Ribeiro (2019), ao utilizar manipueira como substrato para *R. glutinis*, observou variações no consumo de açúcares redutores entre 31,65% e 71,62%, com baixa degradação mesmo após 120 horas, possivelmente devido à atividade de β -glucosidase. Assim, os resultados indicam que *C. protothecoides* apresenta maior eficiência na assimilação de carbono da scotta do que a levedura *R. glutinis* no soro de leite, refletindo diferenças metabólicas e na composição dos substratos utilizados.

3.3 – Quantificação de carotenoides

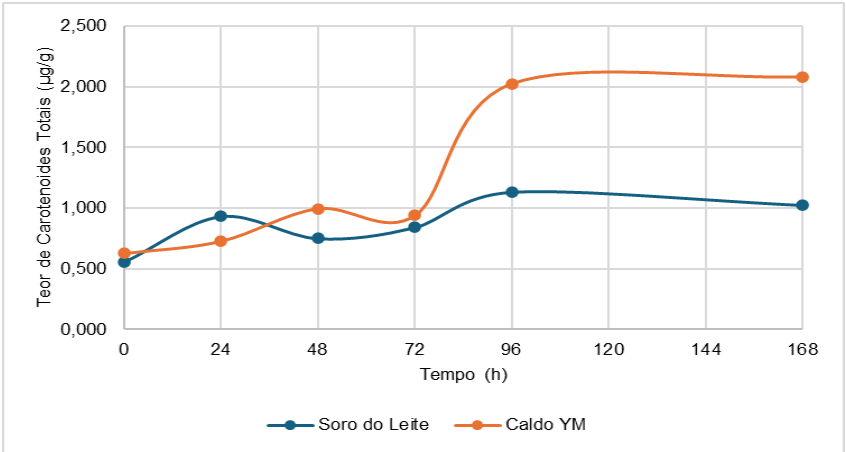
Os teores de carotenoides foram compilados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente; e as Figuras 4 e 5 ilustram a concentração de carotenoides totais e astaxantina, respectivamente, crescendo ao longo dos dias durante a fermentação.

Tabela 3. Concentração de carotenoides totais.

Tempo (h)	Soro de leite (µg/g)	Caldo YM (µg/g)
0	0,554 ± 0,11	0,626 ± 0,11
24	0,933 ± 0,08	0,726 ± 0,02
48	0,751 ± 0,08	0,996 ± 0,16
72	0,842 ± 0,19	0,939 ± 0,21
96	1,134 ± 0,06	2,023 ± 0,83
168	1,026 ± 0,23	2,079 ± 0,70

Fonte: Autores, 2024.

Figura 4. Concentração de carotenoides totais no soro de leite e no caldo YM durante o processo fermentativo.



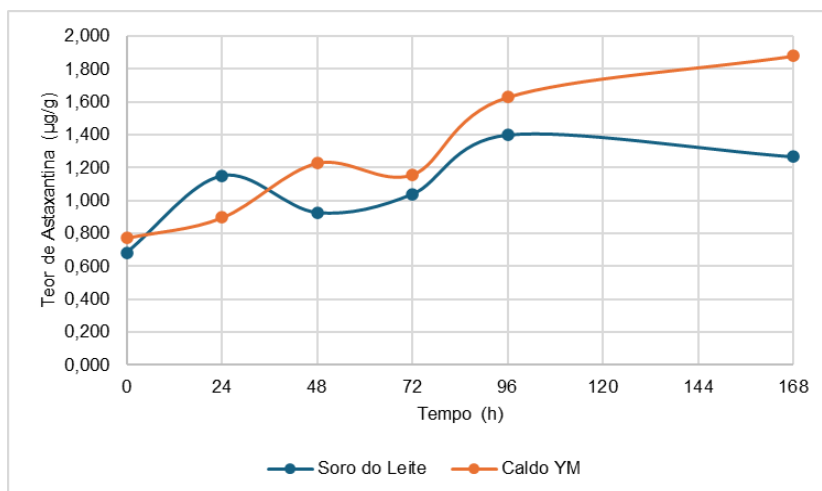
Fonte: Autores, 2024.

Tabela 4. Concentração de astaxantina.

Tempo (h)	Soro (µg/g)	Caldo YM (µg/g)
0	0,683 ± 0,13	0,733 ± 0,13
24	1,151 ± 0,10	0,897 ± 0,03
48	0,926 ± 0,10	1,229 ± 0,20
72	1,039 ± 0,24	1,159 ± 0,25
96	1,400 ± 0,07	1,630 ± 0,70
168	1,266 ± 0,29	1,880 ± 0,48

Fonte: Autores, 2024.

Figura 5 – Concentração de astaxantina no soro de leite durante o processo fermentativo.



Fonte: Autores, 2024.

A produção de carotenoides pela *Rhodotorula glutinis* apresentou comportamento distinto conforme o meio de cultivo. No soro de leite, a concentração variou de 0,55 µg/g a 1,13 µg/g entre 0 e 96 horas, com leve queda para 1,02 µg/g em 168 horas. Em contraste, o caldo YM proporcionou crescimento contínuo e mais estável, atingindo 2,08 µg/g ao final do cultivo, demonstrando melhor desempenho nutricional. A produção de astaxantina também foi superior no caldo YM (1,88 µg/g) frente ao soro de leite (1,26 µg/g em 168 horas), reforçando a eficácia do meio sintético. Estudos como o de Ribeiro (2017) com microalgas em soro scotta, sob estresse salino e luminoso, obtiveram concentrações de carotenoides significativamente maiores (6380 µg/g), atribuídas às condições experimentais específicas. Em outro trabalho, Ribeiro (2019) obteve até 167,23 µg/g em meios com resíduos sólidos e fontes de nitrogênio, evidenciando que fatores como composição do substrato, condições de estresse e métodos analíticos influenciam fortemente a síntese de carotenoides, o que explica as discrepâncias em relação aos resultados deste estudo.

A análise de variância não revelou diferenças significativas entre os grupos ($p > 0.05$). As diferenças entre as médias foram menores que os valores da DMS, que foram de 0,572 µg/g para carotenoides e 0,492 µg/g para astaxantina, indicando que ambos os meios são igualmente eficazes para a produção desses pigmentos.

IV. CONCLUSÃO

A produção de carotenoides apresentou tendência de aumento, com flutuações, no soro de leite. A concentração aumentou de 0,55 µg/g para 1,13 µg/g até 96 horas, com leve queda para 1,02 µg/g em 168 horas. No soro de leite, a produção foi menos consistente e mais variável. O caldo YM demonstrou aumento contínuo e consistente, atingindo 2,08 µg/g em 168 horas, proporcionando crescimento mais estável de carotenoides, indicando composição nutricional mais favorável.

O caldo YM oferece condições nutricionais padronizadas e crescimento estável. No entanto, os resultados estatísticos indicam que o soro de leite pode ser considerado uma alternativa viável, pois pela estatística, não houve diferenças significativas nas concentrações de carotenoides totais e astaxantina. Embora meios sintéticos como o YM possam ter uma consistência de produção, o uso de resíduos industriais como o soro de leite contribui para uma abordagem de economia circular. A escolha do substrato, portanto, depende do balanço entre a eficiência na produção e a sustentabilidade do processo.

V. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.C.; CONTE JUNIOR, C. A.; SILVA, A. C. O.; ALVARES, T. S. Proteína do soro do leite: Composição e suas Propriedades Funcionais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1840-1854, 2013.
- AOAC INTERNATIONAL. **Association of Official Agricultural Chemistry**. Official Methods of Analysis. 16. ed. Maryland, 1997. 1014p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 1016, de 14 de fevereiro de 2024. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2024.
- BOLOGNESI, L. S., GABARDO, S., DALL CORTIVO, P. R., & AYUB, M. A. Z. Biotechnological production of galactooligosaccharides (GOS) using porungo cheese whey. **Food Science and Technology**, v. 42, 2022.
- BUCHANAN, D.; MARTINDALE, W.; ROMEIH, E.; HEBISHY, E. Recent advances in whey processing and valorisation: technological and environmental perspectives. **International Journal of Dairy Technology**, v. 76, n. 2, p. 291-312, 10 jan. 2023.
- CASTRO, L. E. N.; MATHEUS, L. R.; MANÇANO, R. R.; COLPINI, L. M. S. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SORO DE LEITE E UTILIZAÇÃO DE PROCESSOS DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO NA REDUÇÃO DA CARGA ORGÂNICA... In: **Anais do Simposio Latinoamericano de Química: "Los desafíos de la investigación en América Latina"**. Anais. Macapá (AP) Associação Brasileira de Química - Regional Amapá, 2021.
- FONSECA, R.A.S.; RAFAEL, R.S.; KALIL, S.J.; BURKERT, C.A.V.; BURKERT, J.F.M. Different cell disruption methods for astaxanthin recovery by *Phaffia rhodozyma*. **African Journal of Biochemical**, v. 10, p. 1165–1171, 2011.
- GAVALA, H. N.; SKIADAS, I. V.; LYBERATOS, G. On the performance of a centralized digestion facility receiving seasonal agroindustrial wastewaters. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 339-346, 1999.
- MARTTAO, R. U.; ANSCHAU, A. Obtenção de substrato para fermentação a partir de hidrólise ácida de lactossoro. In: **XXV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR**, 2020, Toledo. XXV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, 2020.
- MICHELON, M.; BORBA, T.M.; RAFAEL, R.S.; BURKERT, C.A.V.; BURKERT, J.F.M. Extraction of carotenoids from *Phaffia rhodozyma*: a comparison between different techniques of cell disruption. **Food Science Biotechnology**, v. 21, p. 1–8, 2012.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- NUNES, L.; SANTOS, MILLA G. Caracterização físico-química de soros obtidos de diferentes tipos de queijos. **Horizonte Científico** (Uberlândia), v. 9, p. 1, 2015.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 16 de maio de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília.
- RIBEIRO, J. E. S. **Utilização de resíduos agroindustriais para a obtenção de bioativos a partir dos microrganismos *Rhodotorula glutinis* e *Chorella***

protothecoides. 2018. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2018.

RIBEIRO, J. E. S.; MARTINI, M.; ALTOMONTE, I.; ScALARI, Federica; NARDONI, Simona; SORCE, Carlo; SILVA, Flávio Luiz Honorato da; ANDREUCCI, Andrea. Production of Chlorella protothecoides biomass, chlorophyll and carotenoids using the dairy industry by-product scotta as a substrate. **Biocatalysis And Agricultural Biotechnology**, v. 11, p. 207-213, jul. 2017. Elsevier BV.

RIBEIRO, S. et al. Rhodotorula glutinis cultivation on cassava wastewater for carotenoids and fatty acids generation. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 22, p. 101419–101419, 1 nov. 2019.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. **International Food Policy Research Institute (IFPRI)**. v. 2. Washington, 2004.

SANTANA, A. S. et al. **Produção de compostos bioativos em biorreator utilizando resíduo agroindustrial**. 2022. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2022.

SEDMAK, J.J.; WEERASINGHE, D.K.; JOLLY, S.O. Extraction and quantitation of astaxanthin from Phaffia rhodozyma. **Biotechnology Techniques**, v. 4, p.107–112, 1990.

SILVA, R. R. DA; SIQUEIRA, E. Q. DE; NOGUEIRA, I. DE S. Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d'água na Bacia do Rio Pomba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 217–228, mar. 2018.

TIBURTINO, R. F.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; BROCCO, V. F.; ARANTES, M. D. C. RESISTÊNCIA DE DUAS ESPÉCIES DE BAMBU TRATADAS COM CCB CONTRACUPINS E COLEÓPTEROS XILÓFAGOS. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 425-435, 30 jun. 2015. Universidade Federal de Santa Maria.

VALDUGA, E. et al. Produção de carotenoides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. **Química Nova**, v. 32, n. 9, 2009.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.