EXTRAÇÃO E ANÁLISE DE BIOMOLÉCULAS DE *Nannochloropsis oculata* COM POTENCIAL APLICAÇÃO COMO ADITIVO FUNCIONAL

Ketlyn Amanda Vianna da Silva, Jair Juarez João, Fábio de Farias Neves

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial tem intensificado a busca por soluções sustentáveis capazes de atender às crescentes demandas nutricionais e industriais. Nesse contexto, as microalgas destacam-se como uma alternativa promissora, devido à sua capacidade de produzir macronutrientes e compostos bioativos de elevado valor agregado, por meio de sistemas de cultivo relativamente simples, eficientes e de curto ciclo de produção (GUIL-GUERRERO; PRATES, 2025; LU et al., 2024). Além disso, diversas espécies apresentam elevada biocompatibilidade e são fontes de compostos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas, ampliando seu potencial de aplicação nos setores alimentício, cosmético, farmacêutico e biomédico (PEREIRA et al., 2026)

Do ponto de vista ambiental, o cultivo de microalgas apresenta vantagens adicionais, como a capacidade de fixação de CO_2 e na remoção de nutrientes (N e P) de águas residuais, contribuindo para o desenvolvimento de processos mais sustentáveis (OMOKARO et al., 2025; DINAKARKUMAR; KANNAN; THEIVENDREN, 2026). Entre as espécies de interesse biotecnológico, destaca-se *Nannochloropsis oculata*, amplamente utilizada na aquicultura e reconhecida como fonte sustentável para obtenção de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente o ácido eicosapentaenoico (EPA), além de compostos fenólicos, carotenoides, proteínas e pigmentos com potencial antioxidante. Entretanto, a obtenção desses compostos ainda é limitada pela estrutura rígida da parede celular das microalgas, que dificulta a liberação dos constituintes intracelulares (ZANELLA; VIANELLO, 2020).

Os métodos convencionais de extração, como maceração e Soxhlet, apresentam limitações relacionadas ao elevado tempo de processamento e ao consumo de grandes volumes de solventes, o que pode comprometer a eficiência e a sustentabilidade do processo (NAIR; MAITY; PAI, 2026). Nesse contexto, a extração assistida por ultrassom (UAE), baseada no fenômeno de cavitação acústica, apresenta-se como uma alternativa promissora, uma vez que favorece a ruptura celular e a transferência de massa, podendo aumentar o rendimento de extração e reduzir o tempo de processamento e o consumo de solventes. Essas características tornam a técnica compatível com os princípios da química verde e com o desenvolvimento de processos de valorização sustentável da biomassa microalgal (MAI et al., 2026).

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a influência dos parâmetros operacionais sobre a eficiência da extração assistida por ultrassom de compostos bioativos da biomassa de *N. oculata*, visando contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes, sustentáveis e aplicáveis à valorização de biomassa microalgal.

DESENVOLVIMENTO

A cepa de *N. oculata* foi obtida do LCBA/UDESC e cultivada em água do mar artificial enriquecida com meio Guillard f/2, sob iluminação e aeração contínuas, escalonada até 5 L. O crescimento foi monitorado por 10–12 dias por meio de densidade óptica (680 nm), contagem celular (câmara de Neubauer) e massa seca (método gravimétrico).

Os experimentos de extração seguiram um Delineamento Composto Central (DCC), com temperatura e porcentagem de biomassa como variáveis independentes, avaliando-se atividade antioxidante, fenóis totais, carboidratos e proteínas, analisados por ANOVA e

metodologia de superfície de resposta. A biomassa seca e moída foi misturada a água e/ou etanol e submetida a extração assistida por ultrassom (40 kHz, ~150 W). Após centrifugação e filtração, os extratos foram analisados por métodos espectrofotométricos: Folin-Ciocalteu (fenóis, 760 nm), fenol-ácido sulfúrico (carboidratos, 490 nm), Bradford (proteínas, 595 nm) e ABTS•⁺ (atividade antioxidante, 734 nm).

RESULTADOS

O cultivo de *Nannochloropsis oculata* apresentou crescimento satisfatório ao longo dos 12 dias, com aumento da densidade óptica (DO_{680}) de 0,272 para 1,263, conforme mostrado na Figura 1. O crescimento foi mais intenso entre os dias 0 e 4, caracterizando a fase exponencial, seguido de redução gradual da taxa de crescimento a partir do quinto dia. Esse comportamento foi acompanhado por alterações nas demais variáveis de cultivo, onde o pH aumentou de 7,6 para aproximadamente 8,9, comportamento associado ao consumo de CO_2 durante a fotossíntese. A densidade celular atingiu 3287 × 10^4 células/mL, enquanto a massa seca apresentou valores máximos de 3,57 e 3,60 g/L nos dias 7 e 8, respectivamente. A combinação desses resultados indica que, embora o crescimento mais acelerado tenha ocorrido na fase exponencial, a maior acumulação de biomassa ocorreu entre os dias 5 e 8**,** caracterizando esse intervalo como o período mais adequado para a obtenção da biomassa.

Na extração com etanol, a atividade antioxidante variou de 27,9% a 84,7%, com maiores valores nas condições intermediárias de 40 °C e 6,25% de biomassa. Em condições mais severas (54,14 °C e 11,54%), a atividade reduziu para 38,5%, sugerindo possível degradação de compostos antioxidantes e limitações na transferência de massa. Os fenóis totais variaram de 0,222% a 0,667%, enquanto carboidratos e proteínas atingiram 0,677% e 0,600%, respectivamente. Os maiores teores desses componentes foram observados principalmente em condições de maior temperatura e concentração de biomassa (Tabela 1).

Nos extratos aquosos, a atividade antioxidante variou de 57,0% a 88,8%, nas condições intermediárias de temperatura e biomassa (40 °C e 6,25%). Mesmo na condição mais severa, a atividade permaneceu elevada (82,3%), superior à observada com etanol. Os fenóis variaram de 0,209% a 0,365%, os carboidratos de 0,075% a 1,005% e as proteínas de 0,119% a 0,316%.

De modo geral, a água apresentou maior eficiência na recuperação de compostos antioxidantes, enquanto o etanol favoreceu a extração de determinados compostos fenólicos, carboidratos e proteínas. Os resultados demonstram que o solvente e as condições operacionais influenciam diretamente a eficiência da extração, sendo 40 °C e 6,25% de biomassa condições promissoras para a obtenção de extratos com elevada atividade antioxidante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que a biomassa de *N. oculata* possui elevado potencial para aplicações alimentícias, farmacêuticas, cosméticas e biotecnológicas. A extração assistida por ultrassom mostrou-se eficiente e sustentável, sendo a escolha do solvente e das condições operacionais determinante para o rendimento e a estabilidade dos compostos extraídos. Condições brandas favoreceram carboidratos e proteínas, enquanto temperaturas elevadas comprometeram sua estabilidade. Assim, a otimização dos parâmetros de extração é essencial para maximizar o rendimento e a qualidade dos compostos bioativos, contribuindo para processos mais sustentáveis de aproveitamento industrial de microalgas.

Palavras-chave: Extração; Microalgas; Estresse Oxidativo; Ultrassom; Compostos bioativos

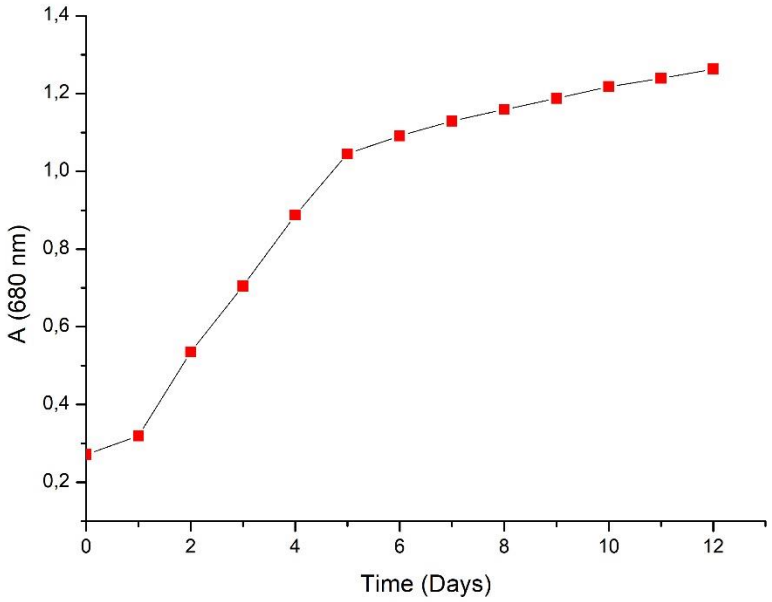


Figura 1. *Variação da densidade óptica a 680 nm ao longo do cultivo.*

Tabela 1. *Resultados da atividade antioxidante, fenóis, proteínas e carboidratos usando como solvente de extração ETANOL, com delineamento com composto central e duas variáveis, temperatura e porcentagem de biomassa de Nannochloropsis Oculata.*

Exp.	T(°C)	m (%)	AA(%)	Fenóis (%)	Carboidratos (%)	Proteínas (%)
1	25.86	0.96	58.4	0.667	0.168	0.600
2	30	2.5	27.9	0.222	0.088	0.127
3	30	2.5	28.8	0.233	0,091	0.137
4	40	6.25	84.4	0.258	0.171	0.290
5	40	6.25	84.7	0.222	0.181	0.259
6	40	6.25	84.4	0.243	0.221	0.292
7	40	6.25	83.2	0.257	0.265	0.242
8	40	6.25	78.8	0.233	0.332	0.277
9	50	10	65.3	0.309	0.360	0.327
10	50	10	65.4	0.307	0.361	0.338
11	54.14	11.54	38.5	0.358	0.677	0.369

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DINAKARKUMAR, Y.; KANNAN, D. C.; THEIVENDREN, P. Marine microalgae as a renewable energy resource: Advances, technoeconomic insights, and commercialization

pathways. Biomass and Bioenergy, v. 210, p. 109081, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2026.109081.

GUIL-GUERRERO, J. L.; PRATES, J. A. M. Microalgae bioactives for functional food innovation and health promotion. Foods, v. 14, n. 12, p. 2122, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/foods14122122.

LU, X.; ZHAO, W.; WANG, J.; HE, Y.; YANG, S.; SUN, H. A comprehensive review on the heterotrophic production of bioactive compounds by microalgae. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 40, n. 7, p. 210, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s11274-024-03892-5.

MAI, T.; RAHMAN, N. A.; PANG, S. Y.; TAN, J. P.; CHEW, S. C. Green extraction approach for green microalga Tetraselmis tetrahele: Enhanced phenolic yield and bioactivity via ultrasound-assisted extraction. Ultrasonics Sonochemistry, v. 127, p. 107774, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2026.107774.

NAIR, A.; MAITY, S.; PAI, V. Sustainable extraction: a comprehensive review of advancements beyond conventional methods. Microchemical Journal, v. 220, p. 116360, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.microc.2025.116360.

OMOKARO, G. O.; NAFULA, Z. S.; ILOABUCHI, N. E.; CHIKUKULA, A. A.; OSAYOGIE, O. G.; NNOLI, E. C. Microalgae as biofactories for sustainable applications: Advancing carbon sequestration, bioenergy, and environmental remediation. Sustainable Chemistry for Climate Action, v. 7, p. 100098, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scca.2025.100098.

PEREIRA, C. S. G. P.; CARPENA, M.; BARREIRA, J. C. M.; SILVA, C. F. C.; PRIETO, M. A.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Bioactive metabolites from algae: Occurrence, extraction techniques, functional properties, food applications and therapeutic prospects. Future Foods, v. 13, p. 100866, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100866.

ZANELLA, L.; VIANELLO, F. Microalgae of the genus Nannochloropsis: Chemical composition and functional implications for human nutrition. Journal of Functional Foods, 68, 103919, 2020 DOI:10.1016/j.jff.2020.103919