

COMPOSIÇÃO PROXIMAL E PERFIL AMINOACÍDICO E ÁCIDOS GRAXOS DAS BIOMASSAS OBTIDAS DE *Lasiodiplodia theobromae* MMPI

MARCELO L. K. MARCHIORO^{1*}
MÁRIO A. A. DA CUNHA²

Com o crescimento populacional, a busca por fontes alimentares alternativas tem crescido nos últimos anos. As Single-Cell-Proteins vem despertando interesse de pesquisadores, por sua composição nutricional e versatilidade na hora da produção. Neste sentido, a biomassa do fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI, cultivado em meio submerso, utilizando o melaço de soja e sacarose comercial como fonte de carbono, foi caracterizada quanto a composição proximal, perfil de aminoácidos e lipídeos. A biomassa oriunda do meio formulado com melaço de soja apresentou todos os aminoácidos essenciais e em concentrações superiores a biomassa produzida em meio com sacarose. O melaço de soja também promoveu a produção de biomassa rica em lipídios ($43,76 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) em especial os ácidos graxos insaturados ($32,67 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) com destaque para o conteúdo de poliinsaturados ($27,42 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) como os ácidos gama-linoleico ($24,38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e alfa-linolênico ($2,99 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). As biomassas miceliais produzidas em meio a base de sacarose e melaço de soja apresentam potencial como ingrediente especialmente para ração animal, em função de sua composição em proteínas, lipídios, fibra alimentar e conteúdo mineral. Outro aspecto importante a ser destacado é que o elevado conteúdo de lipídios encontrado na biomassa produzida em melaço de soja indica pela primeira vez o fungo *L. theobromae* MMPI como um microrganismo oleaginoso, com perspectivas para exploração de biocombustíveis e ácidos graxos.

PALAVRAS-CHAVE: SUBPRODUTO INDUSTRIAL; PROTEÍNA; ALIMENTO ALTERNATIVO.

¹Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, Paraná, Brasil.

²Departamento de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), CEP 85503-390, Pato Branco, Paraná, Brasil

*E-mail para correspondência: marchioro82@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que até 2050 a demanda por alimentos aumentará em 50% em decorrência do aumento da população mundial. No entanto, aumentar a produção de alimentos de origem animal (carnes e laticínios), pode não alimentar a população mundial de forma sustentável em decorrência dos impactos ambientais e a baixa conversão de alimentos para produtos. Neste contexto, o interesse em pesquisas por fontes de alimentos proteicos tem aumentado substancialmente (ZENG et al., 2023).

Neste sentido, as proteínas de origem microbiana (Single-Cell-Protein) surgem como uma alternativa de baixo custo. Paralelamente a produção de SCP, ocorre a coprodução de lipídeo (ZHANG et al., 2023). Outro aspecto a ser observado é a possibilidade do uso de resíduos agroindustriais como substrato para a produção de SCP, baixando o custo de produção e o impacto ambiental. Esses fatores aliados a rápida conversão de matéria-prima em produto, tornam a SCP uma alternativa viável para como suplemento ou até mesmo substituto alimentar (AWASTHI et al., 2023).

Buscando fontes proteicas alternativas, foi avaliada a composição nutricional da biomassa do fungo ascomiceto *Lasiodiplodia theobromae* MMPI produzido por cultivo submerso, utilizando melaço de soja e sacarose comercial como substrato.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de biomassa celular foram produzidas a partir de cultivo submerso do fungo *L. theobromae* MMPI, seguindo metodologia descrita por Acosta et al., (2020). Melaço de soja (MMS) e sacarose (MSAC) foram utilizados como fonte de carbono e extrato de farelo de arroz como fonte de nitrogênio. As biomassas foram separadas e lyophilizadas para posteriores análises.

2.1 Composição proximal

A composição proximal das biomassas foi determinada quanto a umidade, resíduo mineral fixo, Proteína bruta, conteúdo de lipídios totais, fibra bruta e fibra alimentar. A umidade das amostras foi determinada em triplicata conforme descrito pelo método oficial da AOAC, número 925.10, no qual 5 g de cada biomassa foram secos em estufa com circulação de ar a 105 °C até massa constante (AOAC INTERNATIONAL, 2016). O resíduo mineral fixo foi determinado após incineração das amostras em forno mufla a 550 °C, através de método gravimétrico, conforme metodologia descrita pela AOAC 923.03 (AOAC INTERNATIONAL, 2016). A determinação de lipídeos totais foi realizada pelo método gravimétrico (Soxhlet) conforme descrito por método AOAC 920.39c. A de extração da fração lipídica com solvente extrator éter etílico foi em equipamento do tipo Soxhlet (extração por refluxo). Após extração o solvente foi evaporado em chapa aquecedora, e dessecador até massa constante da fração lipídica. O teor de lipídeos foi obtido pela relação da massa da fração lipídica seca com a massa inicial da amostra (AOAC

INTERNATIONAL, 2016). O teor de proteínas foi determinado pelo método Kjeldahl, descrito pelo método AOAC 2001.11 (AOAC INTERNATIONAL, 2016), o qual consiste na determinação do teor de nitrogênio total e posterior conversão para proteínas por fator de correção (6,25). Para a determinação de fibra bruta, as amostras foram submetidas a digestão ácida e alcalina, e logo após filtradas em cadrinho de Gocch. Os teores de fibra bruta foram determinados gravimetricamente, como descrito pela metodologia da OACS Ba 6a-05 (AOCS, 2017). O teor de fibra alimentar foi determinado pelo método enzimático-gravimétrico, o qual está descrito na AOAC sob o número 991.43 (AOAC INTERNATIONAL, 2016).

2.2 Perfil de aminoácidos e composição de lipídios

O perfil de aminoácidos das biomassas fúngicas foi avaliado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) com protocolo descrito por Hagen, Frost e Augustin (1989) e White, Hart e Fry (1986). A composição de ácidos graxos foi determinada por cromatografia gasosa seguindo método oficial de análise 996.06 da Association of Analytical Chemists (AOAC INTERNATIONAL, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição proximal e o perfil de aminoácidos e ácidos graxos encontradas nas amostras liofilizadas de biomassa micelial de *L. theobromae* MMPI estão descritos na Tabela 1. Ambas as biomassas produzidas nos meios MMS e MSAC destacam-se quanto a qualidade nutricional, especialmente pelos conteúdos de proteína bruta ($16,27 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, $19,88 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), fibra alimentar ($7,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ – $17,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e resíduo mineral ($5,79 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ – $12,57 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Diferentes conteúdos de proteínas têm sido relatados em biomassas fúngicas, as quais comumente são reportadas como Single Cell Protein (SCP). Singh et al. (2020) descreveram valores de $24,52\%$ ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) de proteína bruta em micélio liofilizado de *Pleurotus eryngii* cultivado em fermentações submersas em meio caldo batata dextrose. Fungos produtores de biomassas miceliais (SCP) com elevados conteúdos de proteínas têm sido descritos recentemente na literatura científica, o que é justificado pelo atual interesse industrial por fontes proteicas alternativas, as quais têm sido cultivadas tanto para alimentação humana quanto para ração animal (NYYSSÖLÄ et al., 2022). O interesse pela produção de proteínas não convencionais tem aumentado devido ao crescimento mundial da população, a qual demanda por alimentos e suplementos com alta qualidade nutricional (CARRANZA-MÉNDEZ et al., 2022).

É importante destacar que as proteínas presentes nas biomassas obtidas em ambos os meios de cultivo estudados no presente trabalho apresentaram todos os aminoácidos essenciais, com exceção apenas da histidina na biomassa oriunda do meio à base de sacarose. Outro aspecto que merece destaque é que a biomassa oriunda do meio formulado com melaço de soja apresentou concentrações superiores de todos os aminoácidos essenciais, comparada a biomassa produzida em MSAC.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO PROXIMAL E PERfil DE AMINOÁCIDOS E ÁCIDOS GRAXOS DAS BIOMASSAS MICELIAIS DE *L. THEOBROMAE* MMPI CULTIVADAS EM MEIO MMS E MSAC

Composição Proximal#				
	MMS*	MSAC**	MMS*	MSAC**
Umidade a 105 °C	9,5	9,7	Fibra alimentar	7,5
Proteína total	16,27	19,88	Carboidratos	17,18
Gorduras totais	43,79	7,57	Resíduo mineral	5,79
Valor Calórico (kcal/100g)	527,64	280,77		12,57
Aminoácidos Essenciais##				
	MMS*	MSAC**	MMS*	MSAC**
Histidina	20,28	0,00	Fenilalanina	38,11
Isoleucina	49,17	16,10	Treonina	43,64
Leucina	97,11	39,24	Triptofano	8,60
Lisina	91,58	19,11	Valina	61,46
Metionina	25,20	7,04		18,61
Aminoácidos não Essenciais##				
	MMS*	MSAC**	MMS*	MSAC**
Ácido Aspártico	119,85	30,18	Tirosina	29,50
Ácido Glutâmico	159,19	37,22	Glicina	51,63
Alanina	76,83	15,59	Prolína	1,23
Arginina	86,05	11,07	Serina	71,30
Cistina	15,98	0,00		11,57
Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGMI) #				
	MMS*	MSAC**	MMS*	MSAC**
Ácido Elaídico (C18:1n9t)	0,01	-	Ácido Palmitoleico (C16:1n7) (ω-7)	0,08
Ácido Oleico (C18:1n9c) (ω-9)	5,12	1,18		0,05
Ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) #				
	MMS*	MSAC**	MMS*	MSAC**
Ácido Linoleico (C18:2n6c) (ω-6)	24,38	2,24	Ácido Linolealídeo (C18:2n6t)	0,02
Ácido α-Linolênico (C18:3n3) (ω-3)	2,99	0,16	Ácido cis-11,14- Eicosadienoíco (C20:2)	0,04
Ácido cis-11-Eicosenoíco (C20:1n9)	0,04	0,01		-
Ácidos graxos saturados (AGS) #				
	MMS*	MSAC**	MMS*	MSAC**
Ácido Mirístico (C14:0)	0,04	0,03	Ácido Caprílico (C8:0)	0,12
Ácido Pentadecanoíco (C15:0)	0,04	0,01	Ácido Araquídico (C20:0)	0,06
Ácido Palmítico (C16:0)	8,81	2,05	Ácido Heneicosanoíco (C21:0)	0,02
Ácido Margárico (C17:0)	0,07	0,01	Ácido Behenico (C22:0)	0,14
Ácido Esteárico (C18:0)	1,60	1,03	Ácido Tricosanoíco (C23:0)	0,05
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,14	0,03		0,01
Gorduras Totais#				
	MMS*	MSAC**	MMS*	MSAC**
Gordura Monoinsaturada	5,25	1,91	Gorduras Saturadas	11,09
Gordura Poli-insaturada	27,42	2,40	Gordura trans	0,03
Gorduras Insaturadas	32,67	4,31		0,00

Meios a base de: *melaço de soja e **sacarose como fontes de carbono; #gramas por 100 gramas de biomassa micelial seca ($g\ 100\ g^{-1}$); ##miligramas por grama de proteína ($mg\ g^{-1}$); ###miligramas por 100 gramas de biomassa micelial ($mg\ 100\ g^{-1}$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Da mesma forma, em relação a cada um dos aminoácidos não essenciais identificados, a biomassa produzida em MMS apresentou maiores conteúdos. Leucina e lisina foram os aminoácidos presentes em maiores concentrações dentre os aminoácidos essenciais encontrados em ambas as biomassas (Tabela 1). A presença da leucina na dieta é necessária para estimular a síntese de proteína muscular e proteger os músculos de proteólise. A lisina tem muitas funções-chave no corpo, como manutenção do equilíbrio ácido-base, modificação do metabolismo de gorduras através da síntese de carnitina e importância na osmorregulação (KARIMI et al., 2019).

O maior conteúdo de fibra alimentar ($17\ g\ 100\ g^{-1}$) observado na biomassa de *L. theobromae* MMPI cultivado em meio com sacarose em relação ao meio com melaço de soja ($7,5\ g\ 100\ g^{-1}$) pode ser justificado possivelmente em função da maior produção de lasiodiplodana obtida em meio com sacarose. De fato, mesmo lavando a biomassa micelial com água quente na etapa de separação da β -glucana do micélio no caldo de cultivo, elevado conteúdo da β -glucana ficou aderida ao micélio fúngico, e, portanto, fazendo parte de sua composição global e aumentando seu conteúdo de fibra alimentar. A presença de elevados conteúdos de fibra alimentar nas biomassas fúngicas associada aos demais componentes nutricionais presentes, podem torná-las atrativas como ingredientes na formulação de rações e mesmo produtos alimentícios.

Assim como observado com as fibras alimentares, a biomassa obtida no meio com sacarose também apresentou um maior conteúdo de elementos minerais em sua composição ($17,0\ g\ 100\ g^{-1}$) comparada a biomassa oriunda do meio MMS ($7,5\ g\ 100\ g^{-1}$). Tais minerais são oriundos do meio de cultivo, sendo absorvidos pela célula durante o cultivo. No caso da biomassa produzida em MSAC além da absorção celular de minerais do meio, possivelmente pode ter ocorrido interações químicas entre íons minerais do meio e as hidroxilas da β -glucana (lasiodiplodana) aderida ao micélio. Macromoléculas de carboidrato podem interagir com íons inorgânicos, promovendo a reticulação da molécula e consequente formação de géis (BJØRNØY et al., 2016). É bastante variável o conteúdo de minerais encontrado em biomassas fúngicas.

Em relação ao conteúdo de gordura verifica-se que a composição do meio de cultivo levou a produção de biomassas miceliais com diferentes concentrações de lipídios. Conteúdo bastante elevado de lipídios totais foi encontrado na biomassa oriunda do meio formulado com melaço de soja ($43,76\ g\ 100\ g^{-1}$). Conteúdos lipídicos de 7.0%, 5.5% e 3.5% foram reportados por Karimi et al. (2019) em biomassas de *A. oryzae*, *R. oryzae* e *N. intermedia*, respectivamente. O elevado conteúdo de lipídios presentes na biomassa de *L. theobromae* MMPI cultivada em melaço de soja sugere esta biomassa como uma matéria-prima alternativa para a produção de biodiesel. Neste sentido, nos últimos anos houve um aumento significativo no número de publicações relacionadas a produção de lipídios por fontes microbianas (leveduras, algas e fungos filamentosos). Há um grande interesse nos chamados microrganismos oleaginosos produtores de óleos de célula única (“Single cell Oils- SCOs”),

definidos como microrganismos que acumulam quantidades de lipídios acima de 20% de seu peso seco (ATHENAKI et al., 2018).

A biomassa produzida em melaço de soja apresentou uma composição rica em ácidos graxos insaturados ($32,67 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) com destaque para o conteúdo de poliinsaturados ($27,42 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), em especial os ácidos gama-linoleico ($24,38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e alfa-linolênico ($2,99 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Ácido linoleico (23,67%) também foi o ácido graxo mais abundante na biomassa de *Galactomyces geotrichum* TS61 produzida em meio a base de melaço de cana-de-açúcar e recentemente reportado Altun et al. (2020). O ácido gama-linolênico é considerado como um ácido graxo essencial em humanos e atua como um importante intermediário na biossíntese de derivados de prostaglandinas. O ácido linolênico é relatado como eficaz na prevenção ou cura de uma variedade de doenças, incluindo artrite reumatoide, doenças cardiovasculares, hipercolesterolemia, eczema atópico e asma (ALI et al., 2017).

Avaliando o balanço de ácidos graxos saturados é observado que na biomassa produzida em melaço de soja estes correspondem a 25,3% do total da gordura presente. Por outro lado, na biomassa oriunda do meio formulado a base de sacarose este escore corresponde a 43,06%. De fato, a composição do meio teve grande influência no perfil de aminoácidos das biomassas de *L. theobromae* MMPI.

Entre o conteúdo de ácidos graxos saturados presentes nas amostras o ácido palmítico destaca-se, sendo encontradas quantidades de $8,81 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e $2,05 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente, nas biomassas produzidas em meio MMS e MSAC. O ácido palmítico, também conhecido como ácido hexadecanoíco, tem sido por muito tempo descrito negativamente por seus supostos efeitos prejudiciais à saúde, o que sombreia suas múltiplas atividades fisiológicas importantes (CARTA et al., 2017).

4. CONCLUSÃO

A composição do meio de cultivo mostrou ter grande influência na qualidade nutricional das biomassas. As biomassas apresentaram apreciáveis conteúdos de proteínas, as quais continham todos os aminoácidos essenciais, exceto a histidina na biomassa produzida em meio com sacarose.

O melaço de soja promoveu a produção de biomassa rica em lipídios em especial os ácidos graxos insaturados, com destaque para o conteúdo de poliinsaturados como os ácidos gama-linoleico e alfa-linolênico.

As biomassas do fungo *L. theobromae* MMPI demonstraram ser altamente nutritivas, tendo elevado potencial como fonte proteica alternativa.

PROXIMAL COMPOSITION AND AMINOACID AND FATTY ACID PROFILE OF BIOMASSES OBTAINED FROM *Lasiodiplodia theobromae* MMPI

ABSTRACT: With population growth, the search for alternative food sources has increased in recent years. Single-cell proteins have been attracting interest

from researchers due to their nutritional composition and versatility when it comes to production. To this end, the biomass of the fungus *Lasiodiplodia theobromae* MMPI, grown in submerged media using soy molasses and commercial sucrose as a carbon source, was characterized in terms of its proximal composition, amino acid and lipid profile. The biomass from the medium formulated with soy molasses had all the essential amino acids and in higher concentrations than the biomass produced in the sucrose medium. Soy molasses also promoted the production of biomass rich in lipids (43.76 g 100 g⁻¹), especially unsaturated fatty acids (32.67 g 100 g⁻¹), with an emphasis on polyunsaturated fatty acids (27.42 g 100 g⁻¹) such as gamma-linoleic acid (24.38 g 100 g⁻¹) and alpha-linolenic acid (2.99 g 100 g⁻¹). The mycelial biomass produced in a sucrose and soy molasses-based medium has potential as an ingredient, especially for animal feed, due to its composition in proteins, lipids, dietary fiber and mineral content. Another important aspect to note is that the high lipid content found in the biomass produced in soy molasses indicates for the first time that the fungus *L. theobromae* MMPI is an oleaginous microorganism, with prospects for exploiting biofuels and fatty acids.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, S.B.P.; MARCHIORO, M.L.K.; SANTOS, V.A.Q.; CALEGARI, G.C.; LAFAY, C.B.B.; BARBOSA-DEKKER, A.M.; DEKKER, R.F.H.; CUNHA, M.A.A. Valorization of Soybean Molasses as Fermentation Substrate for the Production of Microbial Exocellular β -Glucan. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 28, n. 8, p. 2149–2160, 2020.
- ALI, T.H.; EL-GAMAL, M.S.; EL-GHONEMY, D.H.; AWAD, G.E.; TANTAWYA.E. Improvement of lipid production from an oil-producing filamentous fungus, *Penicillium brevicompactum* NRC 829, through central composite statistical design. **Annals of Microbiology**, v. 67, n. 9, p. 601–613, set. 2017.
- ALTUN, R.; ESIM, N.; AYKUTOGLU, G.; BALATACIM.O.; ADIGUZEL, A.; TASKIN, M. Production of linoleic acid-rich lipids in molasses-based medium by oleaginous fungus *Galactomyces geotrichum* TS61. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 7, p. e14518, jul. 2020.
- AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20. ed. Rockville, USA: AOAC INTERNATIONAL, 2016. v. 1
- AOCS. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 7. ed. Urbana, USA: AOCS Press, 2017.
- ATHENAKI, M.; GARDELI, C.; DIAMANTOPOULOS, P.; TCHAKOUTEU, S.S.; SARRIS, D.; PHILIPPOUSSIS, A.; PAPANIKOLAOU, S. Lipids from yeasts and fungi: physiology, production and analytical considerations. **Journal of Applied Microbiology**, v. 124, n. 2, p. 336–367, fev. 2018.
- AWASTHI, M. K.; KUMAR, V.; HELLWIG, C.; WIKANDARI, R.; HARIRCHI, S.;

- SAR, T.; WAINAINA, S.; SINDHU, R.; BINOD, P.; ZHANG, Z.; TAHERZADEHM.J. Filamentous fungi for sustainable vegan food production systems within a circular economy: Present status and future prospects. **Food Research International**, v. 164, n. December 2022, p. 112318, 2023.
- BJØRNØY, S. H.; MANDARIC, S.; BASSETT, D.C.; ÅSLUND, A.K.O.; UCR, S.; ANDREASSEN, J-P.; STRAND, B.L. SIKORSKI, P. Gelling kinetics and in situ mineralization of alginate hydrogels: A correlative spatiotemporal characterization toolbox. **Acta Biomaterialia**, v. 44, p. 243–253, out. 2016.
- CARRANZA-MÉNDEZ, R. C.; CHÁVEZ-GONZÁLEZ, M.L.; SEPÚLVEDA-TORRE, L.; AGUILAR, C.N.; GOVEA-SALAS, M.; RAMOS-GONZÁLEZ, R. Production of single cell protein from orange peel residues by *Candida utilis*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 40, p. 102298, mar. 2022.
- CARTA, G.; MURRU, E.; BANNI, S.; MANCA, C. Palmitic acid: Physiological role, metabolism and nutritional implications. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n. NOV, nov. 2017.
- HAGEN, S. R.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. **Journal - Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n. 6, p. 912–916, 1 nov. 1989.
- KARIMI, S.; SOOFIANI, N.M.; LUNDH, T.; MAHBOUBI, A.; KIESSLING, A.; TAHERZADEH, M.J. Evaluation of Filamentous Fungal Biomass Cultivated on Vinasse as an Alternative Nutrient Source of Fish Feed: Protein, Lipid, and Mineral Composition. **Fermentation**, v. 5, n. 4, p. 99, 2019.
- NYYSSÖLÄ, A.; SUHONEN, A.; RITALA, A.; OKSMAN-CALDENTEY, K.M. The role of single cell protein in cellular agriculture. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 75, p. 102686, jun. 2022.
- SINGH, U.; GAUTAM, A.; SINGHA, T.K.; TIWARI, A.; TIWARI, P.; SAHAI, V.; SHARMA, S. Mass production of *Pleurotus eryngii* mycelia under submerged culture conditions with improved minerals and vitamin D2. **LWT**, v. 131, p. 109665, set. 2020.
- WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 170–177, 1986.
- ZENG, B.; NILSSON, K.; TEIXEIRA, P. G.; BERGENSTÅHL, B.A. Study of mycoprotein extraction methods and its functional properties. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 659, n. December 2022, p. 0–7, 2023.
- ZHANG, B.; REN, D.; LIU, Q.; LIU, X.; BAO, J. Coproduction of single cell protein and lipid from lignocellulose derived carbohydrates and inorganic ammonia salt with soluble ammonia recycling. **Bioresource Technology**, v. 384, n. May, p. 129345, 2023.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), a Fundação Araucária (Convênio 282/2022 - NAPI SUDOESTE 3793-1 13539-9).