

# CASCAS DE ABÓBORA COMO SUBSTRATO PARA FERMENTAÇÃO SEMISSÓLIDA: ESTUDO DOS PARÂMETROS DE PROCESSO PARA ENRIQUECIMENTO PROTEICO E OBTENÇÃO DE COMPOSTOS ANTIOXIDANTES E ENZIMAS

**PALAVRAS-CHAVE:** *Cucurbita*, Resíduos Agroindustriais, Processo Fermentativo

**Autores:**

**GIOVANNA RODRIGUES DA SILVA, FEA – UNICAMP**

**JAYME CÉSAR DA SILVA JÚNIOR, FEA – UNICAMP**

**Prof. Dr. RUANN JANSER SOARES DE CASTRO (orientador), FEA – UNICAMP**

## 1) INTRODUÇÃO

A família *Cucurbitaceae* é considerada uma das mais importantes entre os produtos hortícolas, apresentando grande variabilidade genética, incluindo aproximadamente 120 gêneros e 850 espécies. Entre os vegetais desta família, a abóbora se destaca como um dos mais consumidos globalmente devido à sua importância econômica e nutricional (DINU et al., 2016). Por sua vez, a abóbora moranga (*Cucurbita maxima*) é amplamente cultivada em regiões tropicais e a sua polpa é empregada em diversas preparações culinárias (KULCZYŃSKI; GRAMZA-MICHAŁOWSKA, 2019). Entretanto, durante o seu processamento, geram-se subprodutos como as cascas, que são frequentemente descartadas, mas possuem em sua composição química componentes com notáveis atividades biológicas, dentre as quais podemos destacar a atividade antioxidante (HUSSAIN et al., 2022).

Atividades agroindustriais produzem quantidades significativas de resíduos, estimando-se cerca de 1 bilhão de toneladas. Uma parcela substancial desses resíduos é negligenciada, resultando em impactos adversos ao meio ambiente, na economia e na sociedade. Nesse contexto, surge a necessidade de uma crescente valorização desses materiais, considerando que apresentam um potencial ainda não explorado para diversas formas de utilização (PRADO-ACEBO et al., 2024).

A fermentação semissólida (FSS) é um processo que utiliza micro-organismos que se multiplicam em um substrato insolúvel em água ou quase na ausência de líquido de fluxo livre (WANG et al., 2023). Este processo biotecnológico apresenta algumas vantagens como a maior produtividade, o menor risco de contaminação do substrato e a menor necessidade de energia (YAFETTO et al., 2019). Uma das grandes vantagens na utilização da FSS consiste na utilização de resíduos oriundos de agroindústrias como substratos, pois além de permitirem o desenvolvimento adequado dos micro-organismos, possuem alta disponibilidade e baixo custo. Assim, a FSS pode ser utilizada como processo para transformar subprodutos agroindustriais em produtos de alto valor agregado (CHILAKAMARRY et al., 2022).

Diante do contexto apresentado, este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de cascas de abóbora moranga como substrato para FSS, utilizando a linhagem do fungo filamentosos *Aspergillus tubingensis* LBA02. As respostas de interesse incluíram os efeitos de alguns parâmetros de processo sobre o conteúdo de compostos fenólicos totais, propriedades antioxidantes (ABTS<sup>•+</sup>, DPPH<sup>•</sup> e FRAP) e produção de enzimas hidrolíticas ( $\alpha$ -amilase, endo- $\beta$ -1,4-glucanase e protease) e no incremento do conteúdo proteico no produto fermentado.

## 2) METODOLOGIA

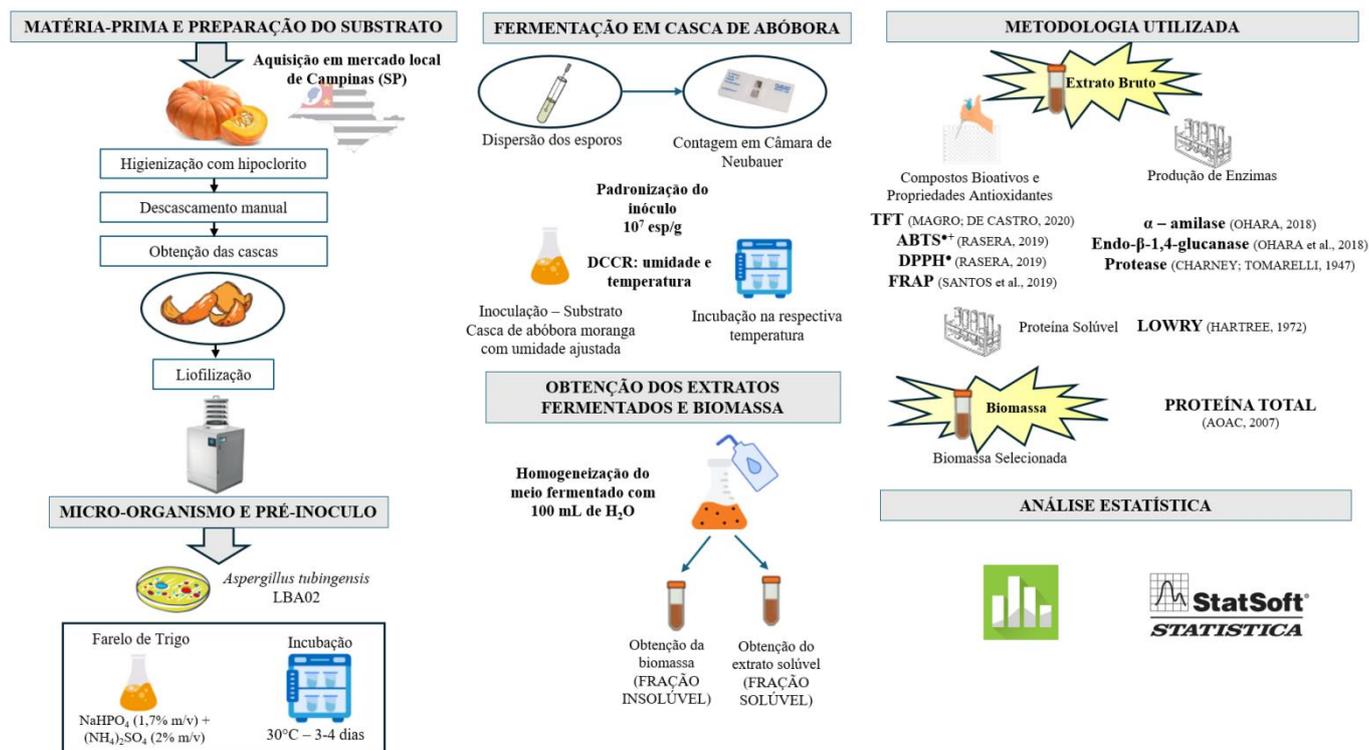


Figura 1 – Panorama geral que concerne o desenho experimental e metodológico referente ao projeto de iniciação científica.

## 3) RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o teor de fenólicos totais (TFT), propriedades antioxidantes, produção de enzimas e teor de proteína solúvel dos extratos obtidos nas condições de ensaio estabelecidas no planejamento experimental (DCCR), bem como o teor de proteína bruta da biomassa e as demais respostas avaliadas durante a cinética de fermentação estão apresentados na **Tabela 1**. Os maiores valores de TFT foram detectados após 72 h de fermentação, variando de 10,80 (ensaio 8) a 17,27 mg AGE g<sup>-1</sup> (ensaio 6). Para as propriedades antioxidantes, a capacidade de eliminar os radicais ABTS<sup>•+</sup> e DPPH<sup>•</sup> foi maior após 48 h de fermentação atingindo 315,84 (ensaio 4) e 63,67  $\mu$ mol TE g<sup>-1</sup> (ensaio 7), respectivamente. Para o método FRAP, o maior valor de atividade foi detectado no ensaio 11 (ponto central) após 72 h de fermentação e atingiu 121,89  $\mu$ mol TE g<sup>-1</sup>. Em relação à produção de enzimas, as maiores atividades de  $\alpha$ -amilase e protease foram detectadas após 72 h, atingindo 66,12 (ensaio 2) e 143,13 U g<sup>-1</sup> (ensaio 10), respectivamente. Já para endo- $\beta$ -1,4-glucanase (celulase), o maior valor obtido foi 15,37 U g<sup>-1</sup> (ensaio 6) após 48 h. Por fim, observou-se que o maior teor de proteína solúvel foi detectado após 72 h, atingindo 8,90 mg mL<sup>-1</sup> (ensaio 10).

Os efeitos estimados para as respostas TFT, ABTS<sup>•+</sup>, DPPH<sup>•</sup> e FRAP, assim como para a produção de enzimas e o teor de proteína solúvel para os extratos obtidos em 48 e 72 h de fermentação (dados não apresentados) indicaram de forma global que o aumento da temperatura e da umidade resultou na redução das respostas avaliadas para o teor de fenólicos totais e propriedades antioxidantes, ou seja, teve um efeito negativo. Por outro lado, para a produção de enzimas ( $\alpha$ -amilase, endo- $\beta$ -1,4-glucanase e protease), maiores níveis de umidade e temperaturas no intervalo de 25 a 30°C favoreceram o aumento das respostas avaliadas. A ANOVA demonstrou que as regressões foram significativas, visto que os valores de F calculados foram maiores que os valores de F tabelados, e que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram iguais ou superiores 0,77, indicando que os modelos propostos foram capazes de explicar pelo menos 77% da variação dos resultados e podem ser utilizados para prever as respostas de interesse nas condições de ensaio avaliadas.

**Tabela 1** – Matriz do planejamento experimental (DCCR) utilizada para o estudo dos efeitos das variáveis independentes (umidade inicial (%) e temperatura de incubação (°C)) sobre o teor de compostos fenólicos totais, propriedades antioxidantes, produção de enzimas, teor de proteínas solúvel e total dos produtos fermentados por *A. tubingensis* LBA02 utilizando cascas de abóbora moranga (*C. maxima*).

Teor de Fenólicos Totais (TFT) e Propriedades Antioxidantes dos Extratos Fermentados										
Valores Codificados e Reais			TFT (mg AGE g <sup>-1</sup> )		ABTS <sup>•+</sup> (μmol TE g <sup>-1</sup> )		DPPH <sup>•</sup> (μmol TE g <sup>-1</sup> )		FRAP (μmol TE g <sup>-1</sup> )	
Ensaio	Umidade Inicial (%)	Temperatura de Incubação (°C)	48h	72h	48h	72h	48h	72h	48h	72h
1	-1,00 (49,4)	-1,00 (35,0)	14,72 <sup>a</sup> ± 0,47	14,51 <sup>b</sup> ± 0,01	128,51 <sup>de</sup> ± 0,98	106,71 <sup>a</sup> ± 1,35	57,28 <sup>bc</sup> ± 0,18	43,35 <sup>b</sup> ± 1,44	106,44 <sup>b</sup> ± 0,81	105,32 <sup>b</sup> ± 1,65
2	+1,00 (70,6)	-1,00 (25,0)	12,39 <sup>bcd</sup> ± 0,33	12,12 <sup>de</sup> ± 0,24	134,90 <sup>cd</sup> ± 2,10	84,37 <sup>de</sup> ± 2,21	59,67 <sup>b</sup> ± 1,83	40,26 <sup>cd</sup> ± 0,56	88,86 <sup>ef</sup> ± 0,50	81,76 <sup>f</sup> ± 1,05
3	-1,00 (49,4)	+1,00 (35,0)	11,93 <sup>d</sup> ± 0,56	11,77 <sup>e</sup> ± 0,20	106,60 <sup>g</sup> ± 0,55	78,84 <sup>f</sup> ± 1,74	46,90 <sup>f</sup> ± 0,17	32,26 <sup>f</sup> ± 0,59	81,94 <sup>g</sup> ± 1,02	83,38 <sup>f</sup> ± 0,17
4	+1,00 (70,6)	+1,00 (35,0)	13,11 <sup>bc</sup> ± 0,35	12,90 <sup>cd</sup> ± 0,09	315,84 <sup>a</sup> ± 1,85	84,81 <sup>de</sup> ± 2,08	62,63 <sup>a</sup> ± 0,33	37,73 <sup>e</sup> ± 0,64	86,95 <sup>f</sup> ± 0,22	84,74 <sup>f</sup> ± 1,09
5	-1,41 (45,0)	0,00 (30,0)	13,25 <sup>bc</sup> ± 0,37	13,00 <sup>c</sup> ± 0,07	124,40 <sup>ef</sup> ± 0,07	88,07 <sup>cd</sup> ± 1,72	54,44 <sup>de</sup> ± 0,17	38,75 <sup>de</sup> ± 0,60	101,57 <sup>c</sup> ± 0,63	96,19 <sup>d</sup> ± 0,65
6	+1,41 (75,0)	0,00 (30,0)	12,32 <sup>cd</sup> ± 0,25	17,27 <sup>a</sup> ± 0,49	138,00 <sup>c</sup> ± 3,26	85,17 <sup>de</sup> ± 1,29	56,52 <sup>cd</sup> ± 1,41	22,71 <sup>h</sup> ± 0,84	72,75 <sup>i</sup> ± 2,73	82,72 <sup>f</sup> ± 1,42
7	0,00 (60,0)	-1,41 (23,0)	14,83 <sup>a</sup> ± 0,32	13,23 <sup>c</sup> ± 0,43	250,88 <sup>b</sup> ± 2,11	81,10 <sup>ef</sup> ± 0,83	63,67 <sup>a</sup> ± 0,65	39,44 <sup>cde</sup> ± 0,45	110,58 <sup>a</sup> ± 1,09	89,93 <sup>e</sup> ± 2,29
8	0,00 (60,0)	+1,41 (37,0)	11,71 <sup>d</sup> ± 0,33	10,80 <sup>f</sup> ± 0,30	122,05 <sup>ef</sup> ± 3,33	68,20 <sup>g</sup> ± 0,56	43,42 <sup>g</sup> ± 0,17	25,58 <sup>g</sup> ± 0,21	77,90 <sup>h</sup> ± 1,84	72,34 <sup>g</sup> ± 1,26
9	0,00 (60,0)	0,00 (30,0)	15,33 <sup>a</sup> ± 0,20	14,87 <sup>b</sup> ± 0,06	137,22 <sup>c</sup> ± 1,08	89,90 <sup>bc</sup> ± 0,62	52,83 <sup>c</sup> ± 0,89	39,14 <sup>cde</sup> ± 0,87	93,32 <sup>d</sup> ± 0,76	101,03 <sup>c</sup> ± 1,25
10	0,00 (60,0)	0,00 (30,0)	14,69 <sup>a</sup> ± 0,32	14,78 <sup>b</sup> ± 0,09	122,44 <sup>ef</sup> ± 2,56	92,75 <sup>b</sup> ± 1,54	55,49 <sup>cd</sup> ± 0,38	41,26 <sup>bc</sup> ± 1,40	93,39 <sup>d</sup> ± 1,27	105,66 <sup>b</sup> ± 1,18
11	0,00 (60,0)	0,00 (30,0)	13,39 <sup>b</sup> ± 0,28	17,01 <sup>a</sup> ± 0,42	121,88 <sup>f</sup> ± 3,33	102,44 <sup>a</sup> ± 1,93	52,86 <sup>e</sup> ± 1,21	49,01 <sup>a</sup> ± 0,60	92,13 <sup>de</sup> ± 1,27	121,89 <sup>a</sup> ± 0,76
Produção de Enzimas, Teor de Proteína Solúvel e Proteína Total										
Valores Codificados e Reais			$\alpha$ – amilase (U g <sup>-1</sup> )		Endo- $\beta$ -1,4-glicanase (U g <sup>-1</sup> )		Protease (U g <sup>-1</sup> )		Proteína Solúvel (mg mL <sup>-1</sup> )	
Ensaio	Umidade Inicial (%)	Temperatura de Incubação (°C)	48h	72h	48h	72h	48h	72h	48h	72h
1	-1,00 (49,4)	-1,00 (35,0)	4,41 <sup>e</sup> ± 0,03	14,02 <sup>e</sup> ± 1,03	5,28 <sup>e</sup> ± 0,22	7,28 <sup>e</sup> ± 0,28	54,84 <sup>c</sup> ± 3,73	99,31 <sup>ef</sup> ± 3,42	7,07 <sup>b</sup> ± 0,16	6,37 <sup>b</sup> ± 0,26
2	+1,00 (70,6)	-1,00 (25,0)	10,77 <sup>c</sup> ± 0,45	66,12 <sup>a</sup> ± 0,41	8,98 <sup>cd</sup> ± 0,43	14,74 <sup>a</sup> ± 0,49	57,54 <sup>c</sup> ± 1,77	94,67 <sup>f</sup> ± 1,77	3,66 <sup>g</sup> ± 0,10	3,84 <sup>e</sup> ± 0,06
3	-1,00 (49,4)	+1,00 (35,0)	6,63 <sup>d</sup> ± 0,38	13,70 <sup>c</sup> ± 0,43	7,06 <sup>d</sup> ± 0,43	10,92 <sup>d</sup> ± 0,05	84,49 <sup>b</sup> ± 2,26	112,32 <sup>cd</sup> ± 4,32	6,46 <sup>c</sup> ± 0,12	6,96 <sup>b</sup> ± 0,23
4	+1,00 (70,6)	+1,00 (35,0)	20,66 <sup>a</sup> ± 0,45	44,94 <sup>c</sup> ± 0,61	14,26 <sup>a</sup> ± 0,61	12,16 <sup>c</sup> ± 0,93	54,99 <sup>c</sup> ± 2,14	124,72 <sup>bc</sup> ± 3,44	4,47 <sup>f</sup> ± 0,17	4,01 <sup>de</sup> ± 0,12
5	-1,41 (45,0)	0,00 (30,0)	1,35 <sup>f</sup> ± 0,07	5,43 <sup>g</sup> ± 0,10	6,53 <sup>e</sup> ± 0,15	8,11 <sup>e</sup> ± 0,05	79,24 <sup>b</sup> ± 7,47	96,52 <sup>f</sup> ± 9,43	7,52 <sup>a</sup> ± 0,13	8,47 <sup>a</sup> ± 0,04
6	+1,41 (75,0)	0,00 (30,0)	21,29 <sup>a</sup> ± 1,09	63,05 <sup>b</sup> ± 1,56	15,37 <sup>a</sup> ± 1,10	13,66 <sup>ab</sup> ± 0,11	65,67 <sup>c</sup> ± 1,15	110,67 <sup>de</sup> ± 5,69	2,75 <sup>h</sup> ± 0,05	3,04 <sup>f</sup> ± 0,05
7	0,00 (60,0)	-1,41 (23,0)	11,14 <sup>c</sup> ± 0,21	31,36 <sup>d</sup> ± 0,18	11,23 <sup>b</sup> ± 0,21	12,62 <sup>bc</sup> ± 0,48	91,25 <sup>b</sup> ± 4,10	106,04 <sup>def</sup> ± 0,36	5,11 <sup>e</sup> ± 0,20	4,76 <sup>cd</sup> ± 0,47
8	0,00 (60,0)	+1,41 (37,0)	3,38 <sup>e</sup> ± 0,25	10,76 <sup>f</sup> ± 0,43	6,04 <sup>e</sup> ± 0,59	12,38 <sup>c</sup> ± 0,55	17,71 <sup>d</sup> ± 2,53	44,79 <sup>g</sup> ± 0,36	4,52 <sup>f</sup> ± 0,05	4,89 <sup>c</sup> ± 0,34
9	0,00 (60,0)	0,00 (30,0)	14,18 <sup>b</sup> ± 1,65	32,75 <sup>d</sup> ± 1,32	10,20 <sup>bc</sup> ± 0,96	12,22 <sup>c</sup> ± 0,14	118,33 <sup>a</sup> ± 4,61	132,08 <sup>ab</sup> ± 3,15	6,05 <sup>d</sup> ± 0,03	8,30 <sup>a</sup> ± 0,52
10	0,00 (60,0)	0,00 (30,0)	15,44 <sup>b</sup> ± 0,14	32,63 <sup>d</sup> ± 0,36	10,76 <sup>bc</sup> ± 1,57	12,74 <sup>bc</sup> ± 0,27	116,88 <sup>a</sup> ± 8,12	143,13 <sup>a</sup> ± 5,12	6,05 <sup>d</sup> ± 0,22	8,90 <sup>a</sup> ± 0,14
11	0,00 (60,0)	0,00 (30,0)	15,96 <sup>b</sup> ± 0,21	32,12 <sup>d</sup> ± 0,07	9,85 <sup>bc</sup> ± 0,14	11,63 <sup>cd</sup> ± 0,18	112,50 <sup>a</sup> ± 4,33	132,29 <sup>ab</sup> ± 2,95	6,31 <sup>cd</sup> ± 0,10	8,29 <sup>a</sup> ± 0,09
Cinética Fermentativa 96h										
Ensaio (60% + 30°C)	TFT	ABTS <sup>•+</sup>	DPPH <sup>•</sup>	FRAP	$\alpha$ – amilase	Endo- $\beta$ -1,4-glicanase	Protease	Proteína Solúvel	Proteína Total	
0h	13,29 <sup>a</sup> ± 0,64	159,95 <sup>a</sup> ± 1,52	68,83 <sup>a</sup> ± 2,65	119,39 <sup>a</sup> ± 0,79	2,17 <sup>e</sup> ± 0,07	0,84 <sup>d</sup> ± 0,14	2,29 <sup>d</sup> ± 0,36	5,55 <sup>bc</sup> ± 0,07	2,26 <sup>e</sup> ± 0,16	
24h	11,01 <sup>b</sup> ± 0,20	120,76 <sup>b</sup> ± 0,68	60,85 <sup>b</sup> ± 1,47	106,19 <sup>b</sup> ± 3,06	3,47 <sup>d</sup> ± 0,14	5,60 <sup>c</sup> ± 0,26	22,50 <sup>c</sup> ± 1,25	5,78 <sup>b</sup> ± 0,14	3,42 <sup>d</sup> ± 0,08	
48h	8,76 <sup>c</sup> ± 0,13	119,44 <sup>b</sup> ± 3,51	45,44 <sup>c</sup> ± 0,65	80,12 <sup>cd</sup> ± 0,95	23,24 <sup>c</sup> ± 0,38	15,47 <sup>b</sup> ± 0,58	111,88 <sup>b</sup> ± 5,12	5,73 <sup>bc</sup> ± 0,34	4,38 <sup>c</sup> ± 0,07	
72h	8,18 <sup>c</sup> ± 0,13	122,22 <sup>b</sup> ± 1,75	44,29 <sup>c</sup> ± 0,63	83,86 <sup>c</sup> ± 1,53	45,48 <sup>b</sup> ± 0,69	19,94 <sup>a</sup> ± 0,55	132,71 <sup>a</sup> ± 8,06	6,52 <sup>a</sup> ± 0,14	6,29 <sup>b</sup> ± 0,09	
96h	8,86 <sup>c</sup> ± 0,55	120,90 <sup>b</sup> ± 1,20	46,36 <sup>c</sup> ± 0,44	79,09 <sup>d</sup> ± 1,45	49,62 <sup>a</sup> ± 0,36	20,11 <sup>a</sup> ± 0,44	130,63 <sup>a</sup> ± 2,86	5,25 <sup>c</sup> ± 0,14	6,81 <sup>a</sup> ± 0,39	

Os resultados estão apresentados como média (n=3) seguidos dos seus respectivos desvios padrões. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indica que há diferença estatística significativa ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey. (mg AGE g<sup>-1</sup> = miligramas de ácido gálico equivalentes por grama de amostra/ μmol TE g<sup>-1</sup> = micromol Trolox equivalente por grama de amostra/ mg mL<sup>-1</sup> = miligrama por mililitros).

Após a avaliação dos dados estatísticos, observou-se que as maiores respostas se concentraram entre os níveis inferiores até o ponto central do planejamento experimental, onde a umidade variou de 45 a 60% e a temperatura de incubação de 25 a 30°C para TFT, ABTS<sup>•+</sup>, DPPH<sup>•</sup> e FRAP. Por outro lado, para a produção de enzimas, as maiores respostas se concentraram entre o ponto central até os níveis superiores do planejamento experimental, onde a umidade variou de 60 a 75% e a temperatura de incubação de 25 a 35°C.

Os parâmetros avaliados no planejamento experimental (umidade inicial e temperatura de incubação) são cruciais para a fermentação utilizando cepa de *Aspergillus tubingensis*. A literatura científica demonstra que a faixa ideal de temperatura utilizando substratos vegetais é entre 30°C e 40°C, influenciando a formação de metabólitos primários, como enzimas, e metabólitos secundários, tendo antioxidantes como produtos, por exemplo, que também podem resultar da ação das enzimas hidrolíticas sobre os componentes da casca. Em relação à umidade inicial do meio de cultivo, a disponibilidade de água é determinante para o crescimento e a atividade metabólica do micro-organismo. Níveis ideais de umidade promovem a hidratação adequada do substrato vegetal, facilitando a absorção de nutrientes e a liberação de metabólitos desejados durante o processo fermentativo. Contudo, altos níveis de umidade podem levar à compactação do substrato e reduzir a aeração necessária para o metabolismo aeróbico eficiente do fungo filamentosos, enquanto baixos níveis de umidade podem limitar o crescimento do micro-organismo em questão, podendo assim impactar de forma negativa a eficiência da fermentação (KHAN, 2020).

Desta forma, a partir dos resultados obtidos, umidade inicial do meio de cultivo em torno de 60% e temperatura de incubação a 30°C (pontos centrais) foram selecionadas como as condições mais adequadas para favorecer globalmente as respostas avaliadas. Para investigar o efeito do tempo sobre esses resultados, realizou-se uma cinética de fermentação de 96 h utilizando o ensaio referente ao ponto central.

Os resultados da cinética de fermentação mostraram que as respostas avaliadas apresentaram comportamento semelhante para TFT e atividade antioxidante. Inicialmente, no tempo 0 (controle, não fermentado), as amostras apresentaram valores maiores seguidos por uma diminuição ao longo do tempo (Tabela 1). Entretanto, para a produção de enzimas, foi observado um aumento com o avanço da cinética, em que as produções máximas de  $\alpha$ -amilase e endo- $\beta$ -1,4-glucanase foram de 49,62 e 20,11 U g<sup>-1</sup> após 96 h de fermentação. Já a produção de protease atingiu 132,71 U g<sup>-1</sup> em 72 h, mas não apresentou diferença estatística ( $p > 0,05$ ) em relação aos valores detectados em 96 h. Por fim, observou-se aumento dos teores de proteína solúvel até 72 h (6,52 mg mL<sup>-1</sup>), seguido de redução no último tempo avaliado (96 h). Para proteína total, observou-se maior teor em 96 h (6,81%) (Tabela 1).

Os resultados obtidos foram semelhantes ao relatado por Punia e colaboradores (2020), durante fermentação de farelo de arroz. Os autores reportaram que o teor de fenólicos e as propriedades antioxidantes apresentaram aumento e depois diminuição com o passar do tempo de fermentação. A possível explicação pode ser atribuída ao metabolismo microbiano durante a fermentação, em que os compostos bioativos com propriedades antioxidantes, como os fenólicos, podem ser utilizados como substrato e/ou convertidos em outras substâncias (ADEBO; ILCE, 2020). Com relação às enzimas, estudos mostraram que a produção destes biocatalisadores apresentou aumento ao longo da fermentação, no entanto, o tempo necessário para atingir a atividade máxima pode variar conforme a enzima produzida, o micro-organismo e as condições específicas de fermentação (YOSHIMURA et al., 2022). A fermentação fúngica, particularmente com o uso de espécies do gênero *Aspergillus* tem sido explorada como um meio interessante para aumento do conteúdo de proteína bruta utilizando substratos vegetais. Estudos mostraram que a FSS utilizando cepas de *Aspergillus* pode levar a um aumento notável no conteúdo proteico em substratos como cascas de mandioca e torta de colza (SHI et al., 2015; YAFETTO et al., 2019). Em relação à proteína solúvel, *A. tubingensis* é conhecido produzir biomassa fúngica rica em proteínas, o que explica o enriquecimento proteico do substrato ao longo do tempo (WAN MOHTAR et al., 2022).

#### 4) CONCLUSÕES

O processo de fermentação utilizando cascas de abóbora moranga mostrou-se uma alternativa promissora para reaproveitamento desse material, permitindo a obtenção de extratos contendo compostos bioativos com propriedades antioxidantes além de várias enzimas de interesse industrial. O estudo de otimização indicou que as condições mais adequadas para obtenção de fermentados que contemplassem de forma equilibrada o maior número de respostas propostas pelo estudo foram: 60% de umidade inicial e 30°C de temperatura de incubação. Embora tenha ocorrido uma diminuição no teor de fenólicos e na atividade antioxidante ao longo do tempo, a produção de enzimas e os teores de proteínas solúveis e total aumentaram.

#### BIBLIOGRAFIA

- ADEBO, O. A.; ILCE, G. M. Impact of Fermentation on the Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Whole Cereal Grains: A Mini Review. *Molecules*, v. 25, n. 4, p. 927, 2020.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2007.
- CHARNEY, J.; TOMARELLI, R. M. A colorimetric method for the determination of the proteolytic activity of duodenal juice. *The Journal of biological chemistry*, v. 171, n. 2, p. 501–505, 1947.
- CHILAKAMARRY, C. R. et al. Advances in solid-state fermentation for bioconversion of agricultural wastes to value-added products: Opportunities and challenges. *Bioresource technology*, v. 343, p. 126065, 2022.
- DINU, M. et al. Biochemical composition of some local pumpkin population. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 10, p. 185-191, 2016.
- HARTREE, E. F. Determination of protein: A modification of the Lowry method. *Analytical biochemistry*, v. 48, p. 422–427, 1972.
- HUSSAIN, Ashiq et al. Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 45, n. 6, p. e15542, 2022.
- KHAN, M. A. Optimization of *Aspergillus Tubingensis* growth for cellulase production. *Pakistan Journal of Science*, v. 72, n. 3, 2020.
- KULCZYŃSKI, B.; GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A. The profile of carotenoids and other bioactive molecules in various pumpkin fruits (*Cucurbita maxima*) cultivars. *Molecules*, v. 24, n. 18, p. 3212, 2019., v. 24, n. 18, pág. 3212, 2019.
- OHARA, A. et al. A multicomponent system based on a blend of agroindustrial wastes for the simultaneous production of industrially applicable enzymes by solid-state fermentation. *Food Science and Technology*, v. 38, p. 131-137, 2018.
- PRADO-ACEBO, I. et al. Integral multi-valorization of agro-industrial wastes: A review. *Waste Management*, v. 183, p. 42-52, 2024.
- PUNIA, S. et al. *Aspergillus oryzae* fermented rice bran: A byproduct with enhanced bioactive compounds and antioxidant potential. *Foods*, v. 10, n. 1, p. 70, 2020.
- RASERA, G. B. et al. Biologically active compounds from white and black mustard grains: An optimization study for recovery and identification of phenolic antioxidants. *Industrial Crops and Products*, v. 135, p. 294–300, 2019.
- SANTOS, K. L. O; DACCACHE, I. S. C.; DE CASTRO, R. J. S. Synergistic Action of Multiple Enzymes Resulting in Efficient Hydrolysis of Banana Bracts and Products with Improved Antioxidant Properties. *Processes*, v. 10, n. 9, p. 1807, 2022.
- SHI, C. et al. Solid-state fermentation of rapeseed cake with *Aspergillus niger* to degrade glucosinolates and improve nutritional value. *Journal of animal science and biotechnology*, v. 6, p. 1-7, 2015.
- WAN MOHTAR, W. H. M. et al. Role of ascomycete and basidiomycete fungi in meeting established and emerging sustainability opportunities: a review. *Bioengineered*, v. 13, n. 7-12, p. 14903-14935, 2022.
- WANG, J et al. Fungal solid-state fermentation of crops and their by products to obtain protein resources: The next frontier of food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 2023.
- YAFETTO, L. et al. The biotechnological potential of using mono–and co–cultures of *Aspergillus niger* van Tieghem and *Trichoderma viride* Pers ex Fr. to enhance the protein content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) peels by solid substrate fermentation. *Studies in Fungi*, v. 4, n. 1, p. 111-122, 2019.
- YOSHIMURA, Y. et al. Improving the production of cellulosic biomass degrading enzymes by reducing extracellular protease production in *Aspergillus aculeatus*. *The Journal of General and Applied Microbiology*, v. 68, n. 3, p. 143-150, 2022.