

Otimização do processo de obtenção de hidrolisado proteico de semente de abóbora moranga (*Cucurbita maxima*)

RESUMO

Ana Livia Rodrigues da Silva

livia.rodrigues@mail.uft.edu.br
orcid.org/0009-0009-6222-1443
Universidade Federal do Tocantins,
Palmas, Tocantins, Brasil.

Letícia Mota Rodrigues

leticia.mota@mail.uft.edu.br
orcid.org/0009-0009-4118-6917
Universidade Federal do Tocantins,
Palmas, Tocantins, Brasil.

Schirlayne de Sousa Lima da Silva

schirlayne@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0228-2008
Universidade Federal do Tocantins,
Palmas, Tocantins, Brasil.

Anielli Souza Pereira

anisouza@uft.edu.br
orcid.org/0000-0001-6987-6084
Universidade Federal do Tocantins,
Palmas, Tocantins, Brasil.

Viviane Ferreira dos Santos

vivianefsnutri@gmail.com
orcid.org/0000-0002-0174-4146
Universidade Federal do Tocantins,
Palmas, Tocantins, Brasil.

Caroline Roberta Freitas Pires

carolinerfpres@mail.uft.edu.br
orcid.org/0000-0002-1427-7276
Universidade Federal do Tocantins,
Palmas, Tocantins, Brasil.

Diego Neves de Sousa

diegocoop@hotmail.com
orcid.org/0000-0003-3124-5150
Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas,
Tocantins, Brasil.

Em virtude do alto teor de proteínas presentes nas sementes de abóbora moranga (*Cucurbita maxima*), estas têm sido empregadas na adição em diversos produtos, outra alternativa que vem sendo explorada para aproveitar tal potencial proteico, consiste na produção de hidrolisados proteicos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo otimizar o processo de obtenção do hidrolisado proteico de farinha da semente de abóbora. Para otimização do processo hidrolítico a farinha da semente da abóbora moranga foi obtida, caracterizada e hidrolisada pela enzima bromelina adotando um Delineamento de Composto Central Rotacional com os fatores tempo, temperatura e concentração enzimática, tendo como principal variável resposta o percentual de grau de hidrólise. A farinha da semente de abóbora mostrou-se um excelente substrato para elaboração de hidrolisado proteico, com valores médios de grau de hidrólise variando entre 10,40% e 47,57%. As variáveis tempo e temperatura apresentaram maior influência no processo hidrolítico sendo que o tempo de 120 minutos e a temperatura de 60 °C promoveram maior grau de hidrólise. Sendo assim, o hidrolisado proteico de semente de abóbora mostrou-se aplicável à indústria de alimentos principalmente no que tange ao enriquecimento nutricional de outras formulações, tornando uma opção para pacientes hospitalizados com necessidade de dietas especializadas.

PALAVRAS-CHAVE: Abóbora. Hidrólise proteica. Enriquecimento nutricional.

INTRODUÇÃO

As abóboras ou jerimum, a depender da região, são denominadas, de modo geral, como plantas do gênero *Cucurbita* (*Cucurbita moschata* e *Cucurbita maxima*), são largamente cultivadas no Brasil, com ênfase para os estados de São Paulo, Bahia, Minas Gerais, Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Sul (Pereira et al., 2017).

A abóbora *Cucurbita máxima*, popularmente conhecida como moranga, caracteriza-se pela presença de caules compridos, com folhas grandes e lóbulos arredondados. É integrante da dieta básica de várias pessoas, seja em território brasileiro ou mundial, ademais são utilizadas na indústria e para fins medicinais, representando uma fonte de emprego na sociedade, pois requer mão de obra desde o cultivo até a comercialização (Nick; Borém, 2017). Desse vegetal se faz diversas preparações culinárias, inclusive com o fruto inteiro, o que se deve, principalmente, a sua estética, uma vez que possui cor forte e formato característico para beleza dos pratos (Voigt et al., 2023).

De acordo Mahmoodpoor et al. (2018), os componentes biológicos ativos presentes na polpa dos frutos de *Cucurbita maxima* incluem polissacarídeos, ácido para-aminobenzóico, óleos fixos, proteínas e peptídeos, esterol, flavonóides, taninos, fenólicos, saponinas e pectina. Além disso, a abóbora moranga possui em sua composição ácido ascórbico, vitaminas do complexo B, ferro, magnésio, cloro, potássio, sódio, cálcio, fósforo e betacaroteno, este é responsável pela coloração amarelada, e demonstra uma alta atividade de pró-vitamina A e atividade antioxidante, que consiste na inibição de radicais livres, dessa forma, contribuindo para redução do desenvolvimento de câncer e doenças cardiovasculares (ANASTÁCIO et al., 2020).

Quanto a casca, esta apresenta teores significativos de carboidratos, lipídios, ferro e potássio; e contém quantidades consideráveis de proteínas, fibras, ácido ascórbico e cálcio, possuindo concentrações superiores se comparada a polpa, parte mais comumente consumida (STAICHOK et al., 2016).

Ao comparar as sementes, polpa e casca, as sementes se destacam pelo alto teor de carboidratos (24,5 %), fibras (16,2 %) e lipídios (52,4 %) ricos em ácidos

graxos mono e poli-insaturados, como ácidos oleico, linoleico e linolênico (Anastácio et al., 2021; Cuco; Cardozo-Filho; Silva, 2019), além de vitaminas lipossolúveis como o tocoferol (Vale et al., 2019), também se destacam pelo elevado conteúdo proteico, de 30,75% (Carvalho, 2013).

Em virtude do alto teor de proteínas as sementes têm sido empregadas na adição em diversos produtos, como: pães, biscoitos e bolos, com o intuito de enriquecimento do valor nutricional destas preparações (Ferreira *et al.*, 2020; Voigt *et al.*, 2023).

Uma outra alternativa que vem sendo explorada para aproveitar o potencial proteico dos resíduos da agroindústria (cascas e sementes) consiste na produção de hidrolisados proteicos (Nascimento, 2015).

Os hidrolisados proteicos consistem em uma mistura constituída principalmente por peptídeos e aminoácidos produzidos por hidrólise de proteínas através da ação enzimática, tratamento ácido, alcalino ou fermentação (Sarmadi & Ismail, 2010; Marçal *et al.*, 2021).

A utilização do hidrolisado proteico como aditivo alimentar proporciona diversos benefícios à saúde, dentre eles, sua potente ação antioxidante, retardando ou prevenindo o estresse oxidativo, reações que podem ocasionar diversas doenças crônicas, como diabetes, aterosclerose e câncer (Nascimento, 2015; Bazsefidpar *et al.*, 2024).

Além disso, a maior disponibilidade de aminoácidos e oligopeptídeos, produtos da hidrólise proteica, são fundamentais para uso em pacientes hospitalizados, que se encontram com a absorção de nutrientes comprometida devido à diarreia persistente ou grande ressecção intestinal, nesse contexto nutrientes “pré-digeridos” que garantem maior aporte energético e proteico para manutenção do estado nutricional (Hauschild, 2018; Almeida *et al.*, 2023; Garbacz *et al.*, 2023). Diante disso, o objetivo desse trabalho foi otimizar o processo de obtenção do hidrolisado proteico de semente de abóbora pela adição da enzima bromelina.

METODOLOGIA

MATÉRIA-PRIMA

As abóboras morangas (*Cucurbita maxima*) foram obtidas em um supermercado local do município de Palmas-TO, após serem selecionadas, de acordo com a uniformidade da cor, ausência de rachaduras e manchas.

Em seguida as abóboras foram lavadas e sanitizadas com hipoclorito (100 ppm) e descascadas, a polpa do fruto foi acondicionada em sacos plásticos e guardada sob refrigeração, já as sementes separadas para seu uso posterior.

Após a limpeza, as sementes foram encaminhadas para secagem em estufa à temperatura de $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 72 horas. Sequencialmente elas foram trituradas, no liquidificador, para obtenção da farinha, posteriormente foram acondicionadas em embalagens de polietileno com tampa até o momento das análises.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

As amostras da farinha de semente de abóbora, foram caracterizadas em relação a composição físico-química de acordo com os métodos descritos pelo Instituto Adolf Lutz (2008). A análise de umidade, foi realizada por secagem em estufa a 105°C até o peso constante, os lipídios, foram obtidos por extração direta com utilização de reagente hexano em aparelho de Soxhlet, as proteínas, determinadas conforme o método de Kjeldahl (Nitrogênio x 6,25), fibra bruta, mensurada por digestão ácida e básica, e as cinzas, foram obtidas por meio da incineração e calcinação da amostra em forno mufla a 550°C (IAL, 2008), já o pH foi determinado utilizando-se aparelho pHmetro de bancada previamente calibrado. O teor de carboidratos foi obtido por diferença através do cálculo: $[100 - (\text{Umidade} + \text{Lipídeos} + \text{Proteína} + \text{Cinzas})]$ (AOAC, 1995).

ELABORAÇÃO DO HIDROLISADO PROTEICO

Para otimização da produção do hidrolisado proteico de semente de abóbora foi adotado um delineamento estatístico de Composição Central Rotacional (DCCR) conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Níveis e fatores ensaiados para o Delineamento de Composição Central Rotacional com pontos axiais

Fatores	Ponto axial inferior (-1,68)	Nível inferior (-1)	Nível Intermediário (0)	Nível Superior (+1)	Ponto axial superior (+1,68)
Tempo	13,0	40	80	120	147,0
Temperatura	33,3	40	50	60	66,7
[] Enzima/Substrato (%)	0,33	0,5	0,75	1,0	1,17

* [E]:[S] % = Relação enzima: substrato (g de proteína/g de proteína).

Fonte: Autoras (2022)

No preparo dos hidrolisados foi adotada a metodologia proposta por Paiva (2014), com algumas alterações. No processo de hidrólise enzimática, a farinha da semente de abóbora foi adicionada e pesada em tubo Falcon, homogeneizada em água destilada proporcional de 1:15 (sólido da amostra/mL de água). Seguidamente os tubos foram encaminhados à etapa de hidrólise enzimática, com bromelina, em banho-maria da marca Tecnal modelo TE-054 mag, sob agitação constante. Para a hidrólise, foi realizada a combinação de temperatura, concentração enzimática e controle do tempo de reação. Obedecidas as condições dos ensaios, a enzima foi inativada em temperatura de 90°C por 15 minutos e a parte solúvel foi desagregada da parte insolúvel através de centrifugação a 4.000 rpm por 10 minutos em centrífuga da marca CentriBio. Logo depois, os sobrenadantes foram inseridos em microtubos Eppendorf, centrifugados novamente à 13.000 rpm por 5 minutos em centrífuga Hettich modelo Universal 320 e acondicionado em freezer, em temperatura de $\pm -20^{\circ}\text{C}$, até o momento da execução das análises do grau de hidrólise (GH).

GRAU DE HIDRÓLISE

Para determinação do grau de hidrólise, foi adotada a metodologia descrita por Church *et al.* (1983). A análise de reação de derivatização foi feita a partir da metodologia descrita por Spellman *et al.* (2003) com algumas alterações.

DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados encontrados na caracterização físico-química foram descritos como média e desvio padrão. Já nos dados resultantes do Delineamento Central de

Composto Rotacional (DCCR), executou-se a Análise de Variância para determinar o nível de significância entre as amostras adotando-se o software estatístico STATISTICA 13.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da composição centesimal da farinha de abóbora moranga (*Cucurbita maxima*) estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química da semente de abóbora

Componentes	Semente de Abóbora Moranga
Umidade (%)	6,32
Cinzas (%)	4,38
Lipídios (%)	34,54
Proteína (%)	32,60
Fibra Bruta (%)	8,97
Carboidratos (%)	13,19
pH	6,77

Fonte: Autoras (2022)

O valor de umidade obtido para a farinha de semente de abóbora, conforme a Tabela 2, foi de 6,32%. Apesar de bastante diversificada, a composição centesimal das sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) é bem apresentada na literatura. Tinoco et al. (2012) encontraram o teor de umidade de 8,55%, já Vieira et al. (2021), relataram um teor de umidade mais próximo, sendo este de 6,15%, enquanto Ferreira et al. (2020) verificaram um valor médio de 5,25%. O baixo teor de umidade encontrado mostra que o processo de secagem utilizado apresentou resultado satisfatório, garantindo maior tempo de conservação da farinha.

O conteúdo de umidade influencia nas modificações físicas e químicas, e também na multiplicação de microrganismos e consequentemente afeta a qualidade e estabilidade do produto (Terra et al. 2007). De acordo com a RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, as farinhas devem apresentar no máximo 15% de umidade, portanto verificou-se que o valor médio (6,32%) encontrado no presente estudo atende a legislação vigente (BRASIL, 2005).

Cabe destacar que diversos fatores interferem nos valores médios de umidade, tais como a espécie da abóbora e tipo de cultivo (Nick; Borém, 2017).

Quanto aos teores de cinzas, foi encontrado um valor médio de 4,38%. As cinzas indicam os minerais totais presentes nas amostras. Dentre os principais

minerais presentes na semente de abóbora, encontram-se o sódio, potássio, manganês, cálcio, cobre, zinco, magnésio e fósforo (Silva et al., 2015).

Ferreira *et al.* (2020) encontraram um percentual de cinzas de 9,93%, já Carvalho (2013) 4,02% e Silva et al. (2015) encontraram 3,80%. As diferenças nos valores apresentados reforçam o fato de que condições de cultivo e variedades são fatores que interferem diretamente na composição dos vegetais (Nick; Borém, 2017).

Quanto ao teor de lipídeos, verificou-se que o valor identificado no presente estudo foi de 34,54%, e o mesmo encontra-se levemente inferior ao intervalo de valores apresentados na literatura como 36,32% (Vieira *et al.*, 2021), 38,10% (Silva *et al.*, 2015) e 39,34% (Carvalho, 2013).

As sementes possuem maior proporção de lipídios em sua composição em comparação aos demais nutrientes. Os ácidos graxos predominantes no óleo da semente de abóbora são ácido oléico (C18:1, 21,0 - 46,9%), ácido linoleico (C18:2, 35,6 - 60,8%), ácido palmítico (C16:0, 9,5- 14,5%) e ácido esteárico (C18:0, 3,1- 7,4%) (Carvalho, 2013). A composição de ácidos graxos está relacionada a diversos fatores, tais como estado de maturação, clima, variedade e área em que as plantas são cultivadas. Além disso, sementes de abóbora são ricas em esteróis vegetais, os quais auxiliam na prevenção de problemas cardiovasculares (Carvalho, 2013). Os esteróis vegetais possuem características anti-inflamatórias e antitumorais quando ingeridos regularmente, atuam na redução de absorção do colesterol no intestino delgado e reduzem as taxas de colesterol e dessa forma auxiliam na prevenção e no tratamento das doenças cardiovasculares (Yavorivski; Köhler; Doneda, 2021).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, o teor de proteína encontrado na semente da abóbora moranga foi de 32,60%, sendo este valor médio superior ao registrado por Vieira et al. (2021) de 4,95%, Silva et al. (2015) de 21,57% e Carvalho (2013) de 30,75%.

O elevado teor de proteínas (32,60%) encontrado nas sementes sugere que estas podem ser usadas para fabricação de suplementos proteicos, tendo em vista que sementes de outros vegetais tais como semente de cupuaçu que apresenta 9,27% (Cruz, 2014), a semente de quiabo com 20 a 30% (Nascimento, 2015) e a

semente de chia com 20,2% (Coelho e Salas-Mellado, 2014) já foram utilizadas como substrato para a obtenção de hidrolisados proteicos, asseverando o grande potencial da semente de *Cucurbita maxima* para elaboração de hidrolisados.

Anastácio *et al.* (2021) identificaram na farinha da semente de *C. maxima* a presença de aminoácidos essenciais tais como leucina, isoleucina, histidina, treonina, valina e triptofano e não essenciais como ácido glutâmico, arginina e ácido aspártico. A proteína vegetal tem sido cada vez mais utilizada como uma alternativa nutricional para indivíduos com dietas restritivas a alimentos de origem animal (Rosa; Junior; Nunes, 2021), a farinha de semente de abóbora destaca-se por fornecer 6 dos 9 aminoácidos essenciais, podendo ser uma fonte extra de aminoácidos na alimentação.

No presente estudo o percentual médio de fibra bruta para a farinha da semente de abóbora foi de 8,97%, diferindo-se de Silva *et al.* (2015) e Vieira *et al.* (2021), os quais encontraram proporção superior de fibra alimentar, de 32,95% e 63,95% respectivamente, em virtude da diferença associada ao método de determinação, uma vez que a fibra bruta determina apenas a fração insolúvel em ácido e a fibra alimentar determina tanto a fração solúvel quanto a fração insolúvel (EMBRAPA, 2011). Já Pumar *et al.* (2008), observaram na farinha da semente de abóbora moranga o valor médio de 29,49% de fibras insolúveis, destacando que as mesmas exercem ação física sobre o intestino, pois são capazes de aumentar o volume e o peso fecal, acelerando o trânsito intestinal e estimulando os movimentos peristálticos e, dessa forma, promovendo uma melhor consistência fecal, além disso atuam na redução do colesterol e glicemia sanguínea (Cerqueira *et al.*, 2008).

Quanto ao resultado da determinação de carboidratos (13,19%), notou-se grande variação com os valores identificados na literatura, porém observou-se uma quantidade moderada de carboidratos, uma vez que o resultado não ultrapassou o máximo encontrado por Vieira *et al.* (2021), de 49,15%, e também não foi inferior ao identificado por Silva *et al.* (2015), de 3,59%.

De acordo com os resultados encontrados no presente estudo, a abóbora apresentou um valor médio de pH de 6,77%, resultado bem próximo ao encontrado por Amorim, Sousa e Souza (2012) em farinha de semente de abóbora, onde os mesmos obtiveram um pH 6,22. É válido destacar que a bromelina é uma

enzima que tem atuação na faixa de pH 7, dessa forma o substrato será viável na hidrólise com esta enzima (Elias; Arcuri, Tambourgi, 2011).

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA SEMENTE DE ABÓBORA MORANGA (CURCUBITA MAXIMA)

Os valores de grau de hidrólise (%GH) dos hidrolisados proteicos da farinha de semente de abóbora estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Níveis e fatores ensaiados para o Delineamento de Composição Central Rotacional com pontos axiais

Ensaio	Tempo (min.)		Temperatura (°C)		E/S (%)		GH(%) Bromelina
	Cod	Real	Cod	Real	Cod	Real	
1	-1	40	-1	40	-1	0,5	25,56
2	-1	40	-1	40	1	1,0	30,34
3	-1	40	1	60	-1	0,5	33,31
4	-1	40	1	60	1	1,0	33,64
5	1	120	-1	40	-1	0,5	42,07
6	1	120	-1	40	1	1,0	43,84
7	1	120	1	60	-1	0,5	43,41
8	1	120	1	60	1	1,0	47,57
9	-1,68	13,0	0	50	0	0,75	10,40
10	1,68	147,0	0	50	0	0,75	38,53
11	0	80	-1,68	33,3	0	0,75	31,78
12	0	80	1,68	66,7	0	0,75	37,24
13	0	80	0	50	-1,68	0,33	40,97
14	0	80	0	50	1,68	1,17	46,47
15	0	80	0	50	0	0,75	44,65
16	0	80	0	50	0	0,75	42,36
17	0	80	0	50	0	0,75	44,27

* [E]:[S] % = Relação enzima: substrato (g de proteína/g de proteína).

Fonte: Autoras (2022)

Conforme a Tabela 4, os ensaios 5, 6, 7, 8, 14, 15, 16 e 17 apresentaram maiores valores de grau de hidrólise com médias entre 42,07% e 47,57%. Os ensaios 10, 12 e 13 apresentaram valores medianos se comparados aos demais ensaios. Já o ensaio 9 se diferenciou de todos os ensaios, registrando os menores valores médios de GH (10,40%).

Segundo Cruz (2014), o grau de hidrólise (GH), é considerado parâmetro de grande importância para monitorar a hidrólise enzimática, padronizando a extração do hidrolisado, já que o GH avalia a quantidade em porcentagem de ligações peptídicas clivadas em relação ao número total de ligações, e dependendo do aumento da hidrólise, comumente mais alto que 10%, tem possibilidade de resultar na formação de peptídeos com baixa massa molecular, a depender do número de ligações rompidas.

Os hidrolisados proteicos podem ser classificados como: hidrolisados com baixo grau de hidrólise (1%-10%), os quais apresentam melhores propriedades funcionais; hidrolisados com grau de hidrólise variável, usados como saborizantes e hidrolisados extensivos, com grau de hidrólise acima de 10%, sendo usados na alimentação especializada (Benítez; Ibarz; Pagan, 2008).

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, todos os ensaios apresentaram valores médios superiores a 10% indicando alta aplicabilidade dos hidrolisados da farinha de semente de abóbora, os quais classificam-se como hidrolisados extensivos.

Nascimento (2015), ao avaliar a produção do hidrolisado proteico de semente de quiabo, relatou que as melhores condições de hidrólise observadas foram na concentração enzimática de 2%, tempo de 300 minutos (5h) e temperatura de 60°C resultando no grau de GH de 19,32%. Já Silva (2019) identificou a temperatura de 50°C, tempo de 60 minutos (1h) e a enzima bromelina na concentração de 1%, como as melhores condições para o grau de hidrólise do hidrolisado proteico de okara.

Para o hidrolisado proteico de semente de cupuaçu, foi encontrado um valor médio de %GH de 20%, utilizando a enzima alcalase na concentração de 0,3 AU/grama de proteína e tempo de hidrólise de 8h (Cruz, 2014).

A partir do comparativo dos dados deste trabalho e dos autores citados, observa-se o elevado grau de hidrólise do hidrolisado proteico da farinha da semente de abóbora. Dentre as aplicações tecnológicas, na indústria de alimentos e nutrição clínica, o hidrolisado proteico pode ser utilizado como fonte de nitrogênio na produção de dietas enterais destinadas à nutrição infantil e/ou de adultos doentes. Estas dietas enterais são elaboradas para absorção no intestino sem digestão prévia no estômago, sendo essenciais no tratamento de pacientes com doenças gastrointestinais, como em lactentes com síndromes de má absorção (Benítez; Ibarz; Pagan, 2008). Ademais, os hidrolisados proteicos podem ser utilizados como suplementos alimentares, adicionados aos alimentos, para indivíduos que desejam aumentar ganho de massa muscular (Barbosa, 2020).

Além disso, o processo hidrolítico origina os peptídeos bioativos, definidos como porções específicas de proteínas, com seguimento de aminoácidos que

promovem um efeito positivo em diversas funções biológicas (Castro e Sato, 2015), estes agem na promoção da saúde e prevenção de doenças como propriedades antihipertensivas, hipolipemiantes, anticancerígenas, antioxidantes, dentre outras (Nascimento, 2015).

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O GRAU DE HIDRÓLISE DO HIDROLISADOS PROTEICO DE SEMENTE DE ABÓBORA

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA) para a variável dependente do grau de hidrólise do hidrolisado proteico de farinha de semente de abóbora.

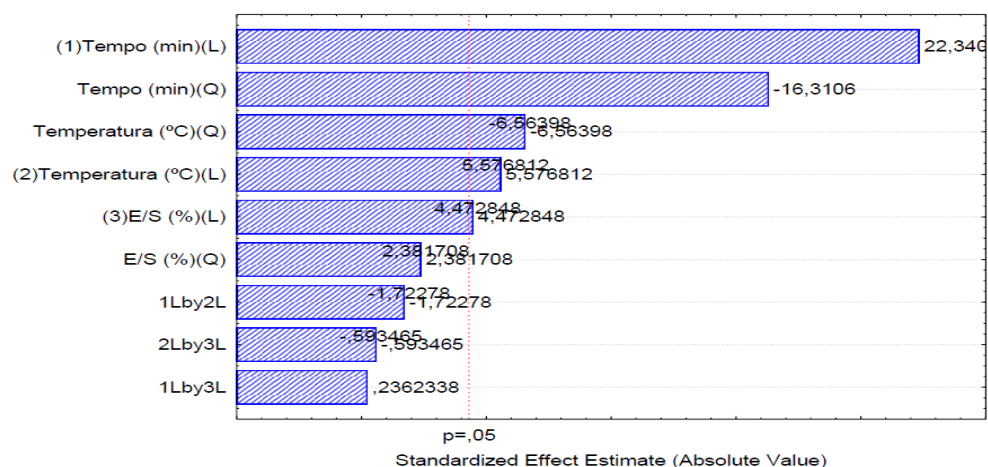
Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA) para % de GH, em hidrolisados proteico de farinha de semente de abóbora com enzima bromelina

Variáveis Dependentes	Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado	R ²
Grau de Hidrólise (%)	Regressão	1.307,87	9	145,22	15,20	3,68	0,95
	Resíduo	66,83	7	9,55			
	Falta de ajuste	63,82	5				
	Erro puro	3,01	2				
	Total	1374,70	16				
	Regressão	1.307,87	9	145,22	15,20	3,68	0,95
	Resíduo	66,83	7	9,55			

Fonte: Autoras (2022).

De acordo com a ANOVA as variáveis tempo e temperatura influenciaram significativamente o percentual de grau de hidrólise da farinha de semente de abóbora conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 - Gráfico de Pareto, análise das variáveis significativas na reação de hidrólise.

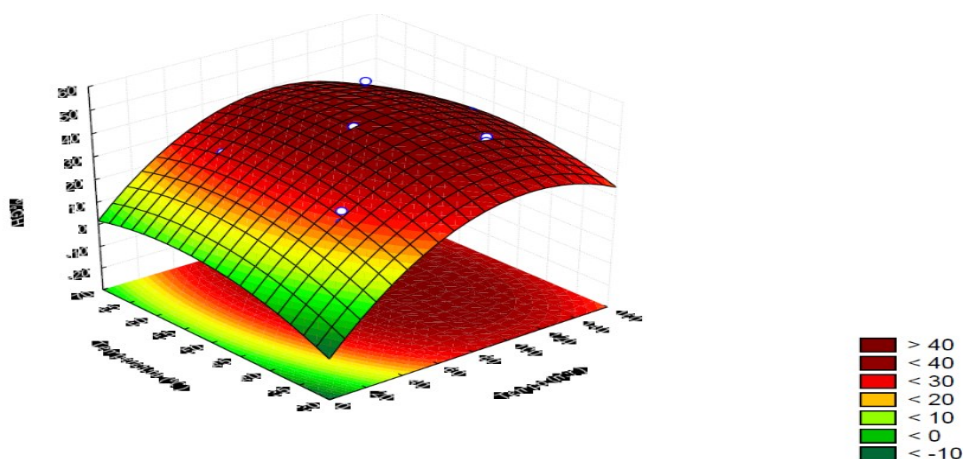


Fonte: Autoras (2022).

O teste F é utilizado para validação de uma proposta de modelo, onde F calculado deve ser maior que o valor de F tabelado, e assim o modelo linear é válido e os parâmetros da equação se regulam aos dados experimentais (Paris et al., 2010). É notável que na ANOVA (Tabela 4) o valor de F calculado é superior (32,84) ao valor de F tabelado (3,68), indicando que o modelo é válido para a faixa de estudo.

Além disso, o Coeficiente de Determinação (R^2) pretende determinar a parcela de variabilidade amostral, sendo que o valor máximo é 1, e quanto mais próximo de 1 estiver o valor de R^2 , melhor o ajuste da metodologia às respostas observadas (Silva, 2017). O resultado de R^2 foi 0,95, demonstrando que aproximadamente 95% da variabilidade do procedimento pode ser esclarecida pelo modelo criado, ajustando um nível de significância de 5%.

Figura 2 - Resposta do grau de hidrólise aos fatores temperatura e tempo



Fonte: Autoras (2022).

De acordo com a figura 2 observou-se que maiores tempos de hidrólise propiciaram a obtenção de maiores valores de percentuais de grau de hidrólise. Resultados semelhantes foram relatados por Cruz (2014), ao avaliar as condições de hidrólise da semente de cupuaçu utilizando a enzima alcalase, encontrou maiores %GH nas amostras submetidas a maior tempo, o mesmo foi comprovado por Madruga (2018), o qual obteve com a semente de chia um valor de GH de 30%, quando submetida ao tempo de 2h e Uraipong e Zhao (2015) que com farelo de arroz, obtiveram um resultado de GH de 28% com tempo de 4h.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A farinha da semente de Cucurbita máxima é uma importante fonte de nutrientes, com destaque para elevados teores proteicos (32,60%).

A farinha da semente de abóbora mostrou-se um excelente substrato para elaboração de hidrolisado proteico, com valores médios de grau de hidrólise variando entre 10,40% e 47,57%.

As variáveis tempo e temperatura apresentaram maior influência no processo de hidrólise proteica sendo que o tempo de 120 minutos e a temperatura de 60°C promoveram maior grau de hidrólise.

O hidrolisado proteico de semente de abóbora pode ser utilizado no enriquecimento nutricional de outras formulações, sendo este de fácil obtenção, podendo atender a necessidades especiais de pacientes hospitalizados ou indivíduos que desejam ganho de massa muscular.

Optimisation of the process for obtaining protein hydrolysate from pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*)

ABSTRACT

Due to the high protein content present in pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*), they have been used in various products. Another alternative that has been explored to take advantage of this protein potential is the production of protein hydrolysates. Therefore, this work aimed to optimize the process of obtaining protein hydrolysate from pumpkin seed flour. To optimize the hydrolytic process, pumpkin seed flour was obtained, characterized and hydrolyzed by the bromelain enzyme, adopting a Central Rotational Compound Design with the factors time, temperature and enzyme concentration, with the main response variable being the percentage of degree of hydrolysis. Pumpkin seed flour proved to be an excellent substrate for preparing protein hydrolysate, with average levels of hydrolysis varying between 10.40% and 47.57%. The variables time and temperature had a greater influence on the hydrolytic process, with a time of 120 minutes and a temperature of 60°C promoting a greater degree of hydrolysis. Therefore, pumpkin seed protein hydrolysate proved to be applicable to the food industry, mainly in terms of nutritional enrichment of other formulations, making it an option for hospitalized patients in need of specialized diets.

KEYWORDS: Pumpkin. Protein hydrolysis. Nutritional enrichment.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. L. F. *et al.* **Hidrolisados enzimáticos como suplementos alimentares**. Seven Editora, n. SE-Articles, 2023.
<https://doi.org/10.56238/tecnocienagrariabiosoci-038>
- AMORIM, A. G.; SOUSA, T. A.; SOUZA, A. O. Determinação do pH e acidez titulável da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*). In: Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação. **Anais do VII CONNEPI**, Palmas - Tocantins, 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/32488987-Determinacao-do-ph-e-acidez-titulavel-da-farinha-de-semente-de-abobora-cucurbita-maxima.html>
Acesso em: 04 jul. 2023.
- ANASTÁCIO, T. *et al.* Processamento de *Cucurbita maxima*: uma análise sobre seu rendimento/*Cucurbita maxima* processing: an analysis of its yield. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 102891-102901, 2020.
<https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-618>
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Arlington: AOAC, 1995.
- BARBOSA, J. T. V. R. M. **Valorização dos subprodutos da indústria pesqueira: sua aplicação nas indústrias alimentar, farmacêutica e cosmética**. 2020. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto - POR, 2020. Disponível em: https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/9551/1/PPG_37157.pdf Acesso em: 15 jun. 2023.
- BAZSEFIDPAR, Nooshin *et al.* Brewers spent grain protein hydrolysate as a functional ingredient for muffins: Antioxidant, antidiabetic, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 435, p. 137565, 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137565>
- BENÍTEZ R.; IBARZ A.; PAGAN, J. Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones. **Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana**. v. 42, n. 2, p. 227-236, abr. 2008.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. 2005. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União; 2005. 6p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 03 jun. 2023.
- CARVALHO, J. C. **Avaliação da composição do óleo de semente de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) e moranga (*Cucurbita maxima* Duch.)**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Departamento de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2013.

CASTRO, R. J. S.; SATO, H. H. Biologically active peptides: processes for their generation, purification and identification and applications as natural additives in the food and pharmaceutical industries. **Food Research International**, v. 74, n. 1, p. 185-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.013>

CERQUEIRA, Priscila Machado de et al. Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) sobre o metabolismo glicídico e lipídico em ratos. **Revista de Nutrição**, v. 21, p. 129-136, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732008000200001>

CHURCH, Frank C. et al. Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. **Journal of dairy science**, v. 66, n. 6, p. 1219-1227, 1983. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81926-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81926-2)

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica* L.) em alimentos. **Brazilian Journal Of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 259-268, 2014. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1814>

CRUZ, J. N. **Hidrolisado proteico da semente de cupuaçu como fonte de peptídeos inibidores da enzima conversora da angiotensina I**. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-29042015-100916/publico/Juliana_Nunes_da_Cruz_DO_corrigida.pdf Acesso em: 12 abr. 2023.

CUCO, R. P.; CARDOZO-FILHO, L.; SILVA, C. Simultaneous extraction of seed oil and active compounds from peel of pumpkin (*Cucurbita maxima*) using pressurized carbon dioxide as solvent. **The Journal Of Supercritical Fluids**, v. 143, p. 8-15, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.08.002>

ELIAS, M. J.; ARCURI, I. F.; TAMBOURGI, E. B. Condições de pH e temperatura para máxima atividade da bromelina do abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 2, p. 191-196, 2011. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i2.7928>

EMBRAPA. Coletânea de métodos analíticos para determinação de fibras. 1. ed. **Revista Atual e Ampliada**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Documentos, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916402/1/2011DOC0113.pdf> Acesso em: 05 jul. 2023.

FERREIRA, Clara Maria et al. Efeito da farinha mista de subprodutos vegetais em pães tipo forma/Effect of mixed flour from vegetable by-products on breads. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 8710, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-254>

GARBACZ, Katarzyna et al. Recent trends in the application of Oilseed-Derived protein hydrolysates as functional foods. **Foods**, v. 12, n. 20, p. 3861, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12203861>

HAUSCHILD, D. B. **Efeito da suplementação proteica sobre o estado nutricional e desfechos clínicos em pacientes pediátricos graves em terapia nutricional enteral**. 2018. 226 f. Tese (Doutorado em Nutrição). Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

IAL (Instituto Adolfo Lutz). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª Ed. (1ª Edição Digital), São Paulo, 2008. 1020p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf> Acesso em: 12 abr. 2023.

MADRUGA, K. M. **Enriquecimento de pão de trigo e de arroz com peptídeos bioativos da proteína de chia**. 2018. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande, 2018.

MAHMOODPOOR, Ata et al. Effect of *Cucurbita maxima* on control of blood glucose in diabetic critically ill patients. **Advanced pharmaceutical bulletin**, v. 8, n. 2, p. 347, 2018 <https://doi.org/10.15171/apb.2018.040>

SOARES, Leandro Marçal Duclou et al. Avaliação do grau de hidrólise e da rotulagem de suplementos proteicos à base de whey protein. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 1, p. 55-61, 2021. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n1p55-61>

NASCIMENTO, E. S. **Obtenção de hidrolisado protéico de semente de quiabo *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench e sua capacidade antioxidante**. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, 2015.

NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e morangas: do plantio à colheita**. Viçosa, UFV, 2017. 203p. Disponível em: <https://design.jet.com.br/editoraufv/documentos/Ab%C3%B3boras%20do%20pl%C3%A0ntio%20%C3%A0%20colheita.pdf> Acesso em: 16 out. 2023.

PARIS, Leandro Daniel de et al. Estudo do crescimento de *A. asiellus* em farelo de soja convencional para produção de enzimas. **Estudos Tecnológicos Em Engenharia**, v. 6, n. 1, 2010. <https://doi.org/10.4013/ete.2010.61.03>

PEREIRA, R. B. et al. Reação de genótipos de abóbora e morangas a *Phytophthora capsici*. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 599-603, out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170419>

PUMAR, M. et al. Avaliação do efeito fisiológico da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) no trato intestinal de ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 7-13, 2008 <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500002>

ROSA, H. R. K. *et al.* Uma revisão sistemática entre a ingestão de proteína animal vs proteína vegetal para fins anabólicos. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 15, n. 94, p. 329-338, 2021.

SARMADI, B. H.; ISMAIL, A. **Antioxidative peptides from food proteins: a review. Peptides**, v. 31, n. 10, p. 1949-1956.
<https://doi.org/10.1016/j.peptides.2010.06.020>

SILVA, J. B *et al.* Biscoitos enriquecidos com farinha de semente de abóbora como fonte de fibra alimentar. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 7, n. 4, p. 174-184, 2015.

SILVA, P. V. **Efeito da temperatura no grau de hidrólise e na atividade antioxidante do hidrolisado proteico de okara**. 2019. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

SILVA, T. F. **Estudo de mistura de solos para impermeabilização eficiente de camada de base de aterros sanitários**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

SPELLMAN, D. *et al.* Proteinase and exopeptidase hydrolysis of whey protein: Comparison of the TNBS, OPA and pH stat methods for quantification of degree of hydrolysis. **International Dairy Journal**. v. 13. p, 447-453, 2003.
[https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00053-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00053-0)

STAICHOK, A. C. B. *et al.* Pumpkin peel flour (*Cucurbita maxima* L.) – characterization and technological applicability. **Journal Of Food And Nutrition Research**, v. 4, n. 7, p. 327-333, 2016.

STORCK, C. R. *et al.* Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 537-543, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000300027>

TINOCO, L. P. N. *et al.* Perfil de aminoácidos de farinha de semente de abóbora. **Journal of Health Sciences**, v. 14, n. 3, p. 149-53, 2012.
<https://doi.org/10.17921/2447-8938.2012v14n3p%25p>

TERRA, N. N.; FREITAS, R. J. S.; CICHOSKI, A. J. Atividade de água, pH, umidade e desenvolvimento de *Staphylococcus xylosus* durante o processamento e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, p. 757-760, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400014>

URAIPOG, C.; ZHAO, J. Rice bran protein hydrolysates exhibit strong in vitro α -amilase, β -glucosidase and ACE-inhibition activities. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, p. 1101-1110, 2015.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.7182>

VALE, C. P. *et al.* Composição e propriedades da semente de abóbora. **Fag Journal of Healt**, v. 1, n. 4, p. 79-90, 2019. DOI10.35984/fjh.v1i4.95.
<https://doi.org/10.35984/fjh.v1i4.95>

VIEIRA, K. H. *et al.* Caracterização da farinha de semente de abóbora obtida por secagem em micro-ondas e estufa. **Brazilian Journal Of Development**, v. 7, n. 3, p. 22267-22283, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-100>

VOIGT, T. *et al.* Aproveitamento integral da abóbora cabotiá. **Revista de gastronomia**. v. 2, n. 1, p. 01-15, 2023.

YAVORIVSKI, A.; KÖHLER, B.; DONEDA, D. Impactos da alimentação vegetariana na saúde da população brasileira. **Brazilian Journal Of Development**, v. 7, n. 1, p. 9942-9962, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-674>

Recebido: 07 mai. 2025

Aprovado: 25 nov. 2025

Publicado: 26 jan. 2026

DOI: 10.3895/rbta.v19n2.20231

Como citar:

DA SILVA, Ana Livia Rodrigues et al. Otimização do processo de obtenção de hidrolisado proteico de semente de abóbora moranga (*Cucurbita maxima*). **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Francisco Beltrão, v. 19, n. 2, p. 3608-3625, jan./jun. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Diego Neves de Souza

Alameda Nexo, Quadra 1Área Especial 2, Parque Tecnológico (Loteamento Cidade da Pesca), CEP 77000-000, Palmas, TO.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

