

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
FACULDADE DE NUTRIÇÃO**

FERNANDA EDUARDA APARECIDA COELHO

**EFEITO DA BROMELINA COMERCIAL E DO
SUCO DE ABACAXI (*Ananas comosus*)
NA HIDRÓLISE E PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES DE GLOBULINAS DE
GRÃO DE BICO (*Cicer arietinum L.*)**

ALFENAS/MG

2024

FERNANDA EDUARDA APARECIDA COELHO

**EFEITO DA BROMELINA COMERCIAL E DO
SUCO DE ABACAXI (*Ananas comosus*)
NA HIDRÓLISE E PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES DE GLOBULINAS DE
GRÃO DE BICO (*Cicer arietinum L.*)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos
requisitos para a obtenção do título
de Bacharel em Nutrição pela
Universidade Federal de Alenas
(UNIFAL-MG).
Orientadora: Profa. Dra. Olga Luisa
Tavano

ALFENAS/MG

2024

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Coelho, Fernanda Eduarda Aparecida.

Efeito da bromelina comercial e do suco de abacaxi (*Ananas comosus*) na hidrólise e propriedades antioxidantes de globulinas de grão de bico (*Cicer arietinum* L.). / Fernanda Eduarda Aparecida Coelho. - Alfenas, MG, 2024.

23 f. : il. -

Orientador(a): Olga Luisa Tavano.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2024.

Bibliografia.

1. Hidrólise. 2. Bromelina. 3. Proteínas. 4. Grão de bico. 5. Abacaxi. I. Tavano, Olga Luisa, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

FERNANDA EDUARDA APARECIDA COELHO

**EFEITO DA BROMELINA COMERCIAL E DO SUCO DE
ABACAXI (*Ananas comosus*)
NA HIDRÓLISE E PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES DE GLOBULINAS DE
GRÃO DE BICO
(*Cicer arietinum L.*)**

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Nutrição pela Universidade Federal de Alfenas.

Aprovado em 04 de dezembro de 2024.

Profa. Dra. Olga Luisa Tavano
Universidade Federal de Alfenas

Assinatura:  Documento assinado digitalmente
OLGA LUISA TAVANO
Data: 23/04/2026 15:00:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Bianca Carolina da Silva
Universidade Federal de Alfenas

Assinatura:  Documento assinado digitalmente
BIANCA CAROLINA DA SILVA
Data: 23/04/2026 22:21:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Lara Campos Borim
Universidade Federal de Alfenas

Assinatura:  Documento assinado digitalmente
LARA CAMPOS BORIM
Data: 23/04/2026 20:24:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

RESUMO

O presente estudo investigou e comparou o grau de hidrólise promovido pela ação da bromelina, protease adquirida através do suco de abacaxi (*Ananas comosus*) e a adquirida comercialmente, em relação às globulinas totais isoladas do grão de bico (*Cicer arietinum L.*). Ademais, verificou-se ainda a ação antioxidante do suco de abacaxi sobre estas mesmas globulinas. Os métodos incluem a caracterização de sucos de três abacaxis utilizando a determinação de alfa amino grupos livres após hidrólise, determinação de nitrogênio orgânico a fim de quantificar suas proteínas totais e uso do reagente DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) para verificar a ação antioxidante. Os dados mostraram que o suco de abacaxi utilizado na hidrólise mostrou maior potencial para ser um ingrediente que melhora a solubilidade de globulinas de grão de bico, através da proteólise, já a bromelina comercial também apresentou atividade proteolítica porém em quantidades menores. A ação antioxidante das globulinas hidrolisadas com suco não apresentou aumento após hidrólise, levando à necessidade de novos ensaios para a otimização do processo.

Palavras chave: hidrólise; bromelina; proteínas; grão de bico; abacaxi

ABSTRACT

The present study investigated and compared the degree of hydrolysis promoted by the action of bromelain, a protease acquired through pineapple juice (*Ananas comosus*) and that acquired commercially, in relation to total globulins isolated from chickpeas (*Cicer arietinum L.*). Furthermore, the antioxidant action of pineapple juice on these same globulins was also verified. The methods include the characterization of juices from three pineapples using the determination of free alpha amino groups after hydrolysis, determination of organic nitrogen in order to quantify their total proteins and use of the DPPH reagent (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) to check the antioxidant action. The data showed that the pineapple juice used in hydrolysis showed greater potential to be an ingredient that improves the solubility of chickpea globulins, through proteolysis, while commercial bromelain also showed proteolytic activity, but in smaller quantities. The antioxidant action of globulins hydrolyzed with juice did not increase after hydrolysis, leading to the need for new tests to optimize the process.

Keywords: hydrolysis; bromelain; proteins; chickpea; pineapple

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3.1 GRÃO DE BICO.....	11
3.2 CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DAS GLOBULINAS.....	11
3.3 PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DA BROMELINA.....	12
3.4 HIDRÓLISE DE PROTEÍNAS INDUZIDA POR ENZIMAS PROTEOLÍTICAS...	12
5 MÉTODOS.....	14
5.1 HIDRÓLISE ASSISTIDA DAS GLOBULINAS TOTAIS UTILIZANDO SOLUÇÃO DE BROMELINA COMERCIAL.....	14
5.2 HIDRÓLISE ASSISTIDA DAS GLOBULINAS TOTAIS UTILIZANDO SUCO DE ABACAXI A2.....	14
5.4 DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS DOS SUCOS DE ABACAXI E DA SOLUÇÃO DE BROMELINA COMERCIAL.....	15
6 DETERMINAÇÃO DO PH DOS SUCOS DE ABACAXI.....	16
6.1 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE HIDRÓLISE DAS GLOBULINAS TOTAIS UTILIZANDO BROMELINA COMERCIAL OU SUCO DE ABACAXI A2.....	16
6.2 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DAS GLOBULINAS E DO SUCO DE ABACAXI A2.....	16
7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	17
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
8.1 PROTEÍNAS DOS SUCOS DE ABACAXI E DA SOLUÇÃO DE BROMELINA COMERCIAL.....	18
8.2 PH DOS SUCOS DE ABACAXI.....	18
8.3 GRAU DE HIDRÓLISE DAS GLOBULINAS TOTAIS UTILIZANDO BROMELINA COMERCIAL OU SUCO DE ABACAXI A2.....	18
8.4 POTENCIAL ANTIOXIDANTE DAS GLOBULINAS TOTAIS E SUCO DE ABACAXI A2.....	20
9 CONCLUSÕES	
REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Na alimentação, as leguminosas, entre elas o grão de bico, desempenham um papel de destaque acerca da sua porção proteica e sua substituição à proteína animal em preparos culinários, e além disso, contribuem para uma dieta rica em nutrientes e mais diversificada. O grão GB Cappuccino é do tipo Desi e foi registrado em 2023 no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ele apresenta coloração marrom e tamanho pequeno em comparação com outras variações como demonstrado na FIGURA 1.

Figura 1 - Fotografia das amostras de grão de bico GB Cristalino (à esquerda) e GB Cappuccino, utilizado no trabalho (à direita).



Fonte: A autora

As globulinas presentes na composição do grão de bico, devido a sua estrutura complexa, possuem a característica de serem proteínas insolúveis em água. Ademais, essa estrutura leva a uma digestibilidade limitada (Neves; Silva JR.; Silva, 2006). A partir disso, a bromelina, por ser uma enzima proteolítica, pode ser uma solução para aumentar a solubilidade dessas globulinas, por meio de hidrólise das mesmas, aumentando sua solubilidade e possibilitando a criação de extratos aquosos proteicos a

base de grão de bico, com melhor qualidade proteica e uma melhor digestibilidade e absorção. As enzimas proteolíticas encontradas nas plantas da família Bromeliaceae, incluindo o abacaxi, em suas estruturas como polpa, folhas, caule e raízes do abacaxi possuem o nome de bromelinas (França-Santos et al., 2011). Atualmente, os alimentos do grupo dos cereais, leguminosas, ou ainda sementes e nozes estão sendo utilizados como principal componente para a produção de bebidas lácteas (Sharma, 2022). A necessidade de alternativas ao leite de vaca tem se destacado principalmente por motivos patológicos e práticas alimentares como o vegetarianismo e o veganismo. Dessa forma, a indústria de produtos alimentícios busca oferecer a esses consumidores, o leite à base de vegetais, para serem uma substituição ao leite animal (Rincon; Botelho; Alencar, 2020). Esse trabalho se justifica pela necessidade de explorar a aplicação da bromelina na forma comercial e na forma presente no suco de abacaxi. Através deste estudo experimental, espera-se ampliar os conhecimentos sobre técnicas que podem ser utilizadas para melhoramento do teor e qualidade de proteínas de produtos alimentícios à base de grão de bico, utilizando a enzima bromelina como agente de proteólise de globulinas. E ainda contribuir com a investigação sobre a ação antioxidante do hidrolisado após aplicação da bromelina presente no suco de abacaxi.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente projeto possui como objetivo analisar o potencial de hidrólise da bromelina comercial e da bromelina presente no suco de abacaxi sobre as globulinas totais de grão de bico, assim como verificar a ação antioxidante do suco de abacaxi a partir da hidrólise promovida.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Determinação do teor de nitrogênio de sucos de três abacaxis, e da bromelina comercial, a fim de quantificar as suas proteínas totais.

b) Determinar o pH de sucos obtidos de três abacaxis.

c) Avaliar potencial de hidrólise do suco de abacaxi e da bromelina comercial e seu possível uso na produção de extratos aquosos proteicos contendo globulinas de grão-de-bico.

d) Avaliar atividade antioxidante em função do grau de hidrólise promovido pelo suco de abacaxi sobre as globulinas de grão de bico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GRÃO DE BICO

As primeiras informações sobre a origem do grão de bico estão registradas na região sudeste da Turquia e Síria (Van Dermaesem, 1987). Atualmente contamos com dois tipos de cultivares: "Desi" e "Kabuli". O tipo Desi possui um tamanho menor e um pericarpo de cor marrom escura, já o Kabuli apresenta cor creme mais clara e tamanho maior. A maior parte da produção mundial de grão-de-bico, aproximadamente 80%, pertence ao grupo "Desi", cultivada em sua maioria para consumo próprio (Van Dermaesem, 1987). A FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) entre os anos de 1975 e 1977 mostrou que a exportação de 15 a 30% da produção do grão ocorre principalmente na Etiópia, México e Turquia (Manara; Ribeiro,1992). Na culinária, o grão de bico é muito usado na região mediterrânea, podendo ainda substituir carnes e ovos devido à qualidade proteica, quando adequamos às quantidades corretas para as necessidades energéticas e proteicas de cada indivíduo. Portanto, também pode ser muito utilizado na alimentação de pessoas veganas e vegetarianas em todo o mundo. Esse grupo de alimentos possui importância significativa na alimentação por ser uma das fontes de proteína que podemos incluir na dieta, nutriente essencial para o corpo realizar suas funções biológicas.

3.2 CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DAS GLOBULINAS

As globulinas são uma classe de proteínas que seguem um padrão estrutural complexo pois, estas possuem uma configuração globular, sendo mais compacta e esférica além de apresentar múltiplas cadeias polipeptídicas e maior dobramento das suas subunidades. Sua estrutura tridimensional ainda conta com características hidrofóbicas, ligações de hidrogênio e interações iônicas, levando as globulinas a terem boa solubilização em soluções salinas, porém serem insolúveis em água. Como função no organismo, as globulinas estão relacionadas a ligação de lipídios, hormônios ou antígenos. Nas leguminosas, suas sementes cruas possuem as globulinas como maior parte da sua porção proteica de reserva, representando entre 50 e 80% do total. (Chagas, 1993). Leguminosas como o feijão e a soja possuem tipos de frações de globulinas com menor predisposição a sofrerem hidrólise *in vitro*, o que afeta

negativamente a sua digestibilidade ao serem consumidos, não há muitas evidências específicas referentes à digestibilidade das globulinas de grão de bico (Neves; Silva; Lourenço, 2004).

3.3 PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DA BROMELINA

As enzimas são substâncias proteicas que catalisam reações no organismo humano. A eficácia das enzimas estão diretamente relacionadas com tipo de matéria prima a ser utilizada como substrato, aplicação, presença de inibidores, temperatura e pH (Locatelli, 2012). A bromelina do abacaxi (*Ananas comosus*), é uma enzima com propriedades proteolíticas presente no fruto, talo, caule, folhas e raízes (Freiman; Sabaa Srur, 1999). O uso desta enzima é bastante atuante em diversas áreas, mas se destaca principalmente na medicina e bioquímica (Oliveira *et al.*, 2014). A bromelina, por apresentar essa propriedade, é utilizada tanto na indústria de alimentos como na indústria farmacêutica, como na produção de colágeno hidrolisado, como parte da técnica para amaciamento de carnes, preparo de queijos, cervejas, tratamento da soja, dos distúrbios digestivos, e de inflamações no organismo (Borraccini, 2006).

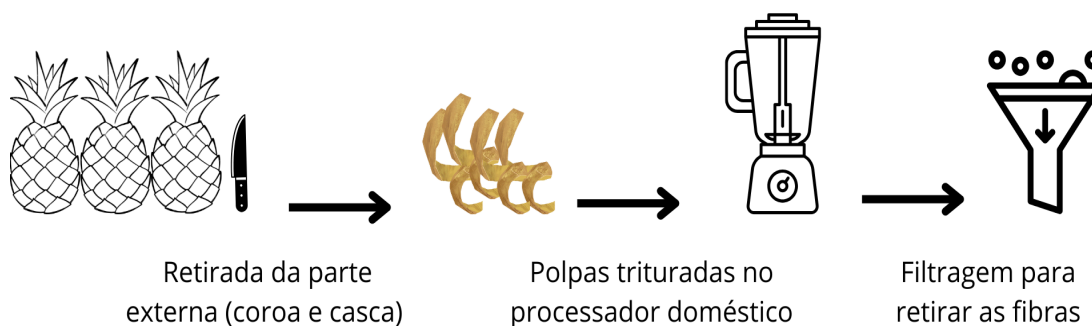
3.4 HIDRÓLISE DE PROTEÍNAS INDUZIDA POR ENZIMAS PROTEOLÍTICAS

A hidrólise é um processo onde uma enzima quebra as ligações peptídicas na molécula de proteína. A utilização de enzimas proteolíticas nessa técnica proporciona um aperfeiçoamento das propriedades gerais dos alimentos, sem afetar negativamente o valor nutritivo, podendo melhorar a absorção das proteínas presentes, contribuindo também para a utilização dietética. (Silva, 2019). Escolher a enzima com a qual pretende-se promover hidrólise é de extrema importância pois irá influenciar diretamente o tamanho dos peptídeos finais resultados da hidrólise, sabor e características funcionais (Biasutti, 2009). Dentro dos processos industriais, utilizar enzimas mostra vantagens como sua fácil obtenção, maior especificidade, menor consumo de energia e maior rapidez nas reações gerando uma melhoria da qualidade final e redução nos custos de produção (Oliveira; Franzen; Terra, 2014)

4 MATERIAIS

Foram utilizadas globulinas totais de grão de bico (*Cicer Arietinum L.*) do tipo Desi, registrado como GB Cappuccino na Embrapa no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) pelo produtor Osmar Artiaga, representante da empresa Agro Garbanzo, localizada na cidade brasileira de Cristalina - GO, que também foi o doador dos grãos. A bromelina comercial utilizada foi a Sigma B-4882.

Foram caracterizados quanto ao pH e determinação de nitrogênio sucos de 3 abacaxis do tipo Pérola obtidos no comércio local de Alfenas-MG, denominados "A1", "A2" e "A3". Os sucos de abacaxi foram preparados segundo o esquema abaixo:



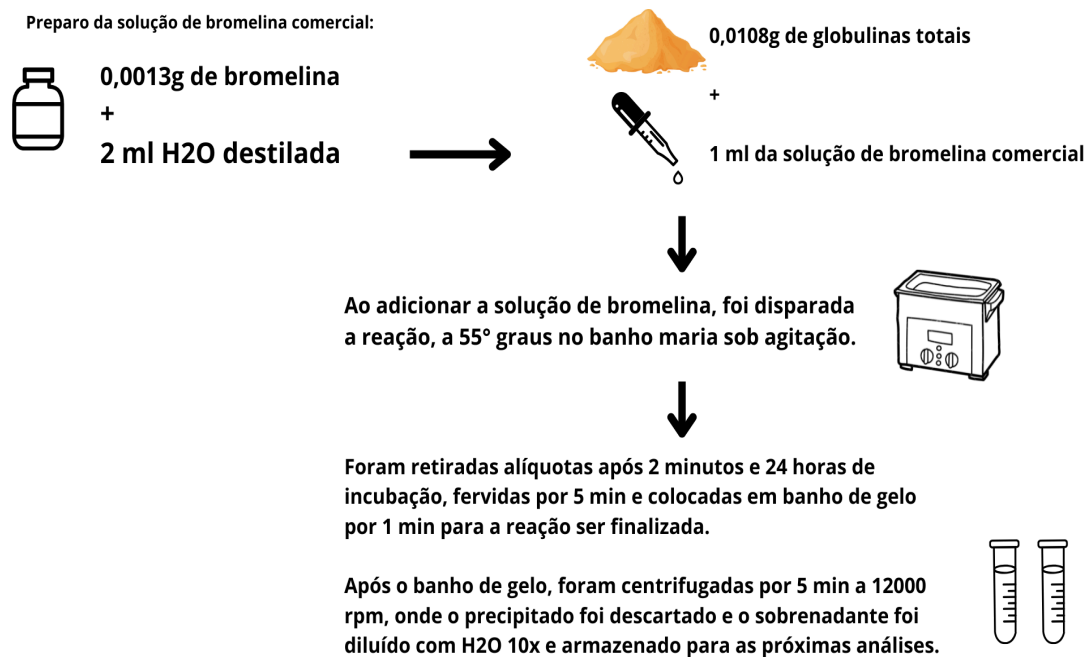
No total, eles renderam uma quantidade de 600, 250 e 250ml, respectivamente. Essa diferença no rendimento se deu no momento do descascamento das três frutas já que esse processo foi feito por três pessoas diferentes. Dessa forma, a mesma técnica de descascamento pode levar a variações no rendimento quando feitas por mais de uma pessoa.

Para os ensaios de determinação de alfa amino grupos livres e atividade antioxidante foi utilizado o suco do abacaxi denominado "A2".

5 MÉTODOS

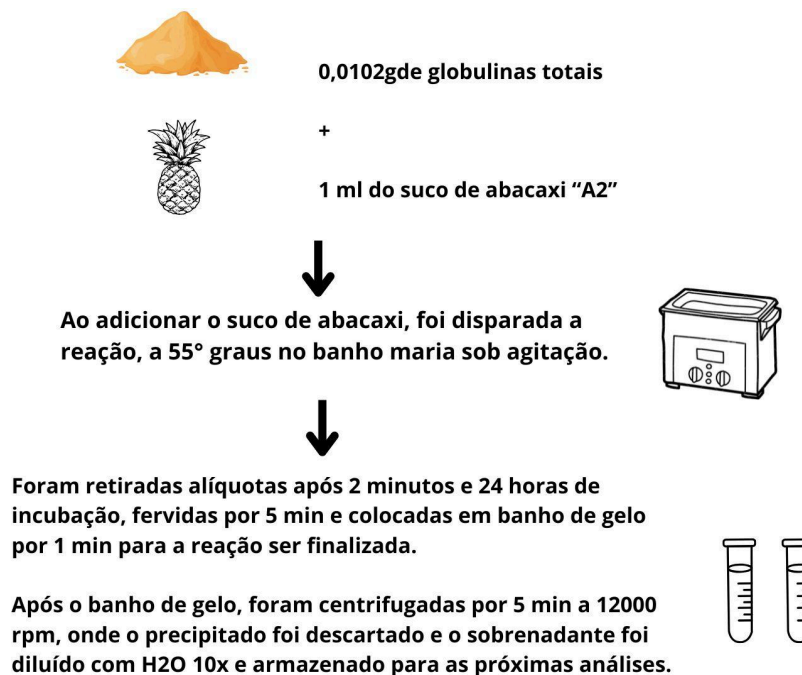
5.1 HIDRÓLISE ASSISTIDA DAS GLOBULINAS TOTAIS UTILIZANDO SOLUÇÃO DE BROMELINA COMERCIAL

O seguinte processo foi realizado de acordo com o esquema abaixo:



5.2 HIDRÓLISE ASSISTIDA DAS GLOBULINAS TOTAIS UTILIZANDO SUCO DE ABACAXI A2

O seguinte processo foi realizado de acordo com o esquema abaixo:



5.3 EXTRAÇÃO DE GLOBULINAS TOTAIS

As globulinas totais do grão de bico denominado GB Cappuccino foram extraídas de acordo com o estudo de Tavano *et al*, 2008.

5.4 DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS DOS SUCOS DE ABACAXI E DA SOLUÇÃO DE BROMELINA COMERCIAL

Foram feitas determinações de 10 ml de cada um dos sucos de três abacaxis do tipo Pérola. Também foi feita a mesma determinação em 5ml da solução da bromelina comercial utilizada. Eles tiveram seus teores de proteínas determinados com uso de método de Kjeldahl utilizando-se o fator 6,25 para conversão dos teores de nitrogênio orgânico total em proteínas.

6 DETERMINAÇÃO DO PH DOS SUCOS DE ABACAXI

Foram feitas determinações de amostras de sucos extraídos de 3 abacaxis denominados “A1”, “A2” e “A3” através do pHmetro. Foram utilizados 10 ml de cada suco para essa verificação.

6.1 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE HIDRÓLISE DAS GLOBULINAS TOTAIS UTILIZANDO BROMELINA COMERCIAL OU SUCO DE ABACAXI A2

O grau de hidrólise será estimado com uso de reagente orto-ftaldialdeído, conforme descrito por Church *et al.*, 1983, com uso de curva de Leucina como padrão. O reagente foi preparado da seguinte forma: 36mg de OPA solubilizado em 0,9 ml de metanol+ 22,5ml de tetraborato de sódio 100mm + 2,25ml de SDS 20% + 90ml de mercaptoetanol + H₂O destilada completada p/ 45ml. Leitura realizada no espectrofotômetro a 340nm.

6.2 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DAS GLOBULINAS E DO SUCO DE ABACAXI A2

A determinação do potencial antioxidante dos extratos foi estimada pelo método de captura de elétrons com uso de reagente DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) como descrito por Brandwilliams *et al.*, 1995 e modificado pelo estudo de Pereira; Tavano, 2014. Foi utilizada uma curva de TROLOX como padrão e os resultados foram expressos em equivalentes de TROLOX/ml.

7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todas as análises serão realizadas em três repetições e os dados obtidos submetidos a testes de análise de variâncias (ANOVA) e comparação das médias, utilizando-se delineamento inteiramente casualizados, seguidos do Teste de Tukey a 5% de significância e ajuste do modelo de regressão.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 PROTEÍNAS DOS SUCOS DE ABACAXI E DA SOLUÇÃO DE BROMELINA COMERCIAL

Em 1 ml de solução de bromelina comercial, ela apresentou 0,00024 mg de proteína. Isto, considerando o total de 36,5% de proteína na massa do material em pó adquirido.

Os sucos de abacaxi "A1", "A2" e "A3", em 1 ml apresentaram 5,5; 8,6 e 8,7 mg ou percentual total de 0,54%, 0,85% e 0,87% de proteínas, respectivamente.

Diante destes dados, o ensaio de hidrólise pode mostrar se estas proteínas existentes, no suco de abacaxi e na solução de bromelina comercial, são compostas por enzimas proteolíticas ou não.

8.2 PH DOS SUCOS DE ABACAXI

Os sucos de abacaxi "A1", "A2" e "A3" apresentaram os valores de pH ácidos respectivamente, 3,79; 3,98 e 3,66. A bromelina contida no suco de abacaxi possui atividade ótima sob o pH 5,0 (França-Santos *et al.*, 2011). Portanto, pHs mais ácidos ou mais alcalinos podem alterar sua estrutura e eficácia da bromelina, prejudicando sua capacidade de gerar mais hidrólise assim como peptídeos bioativos.

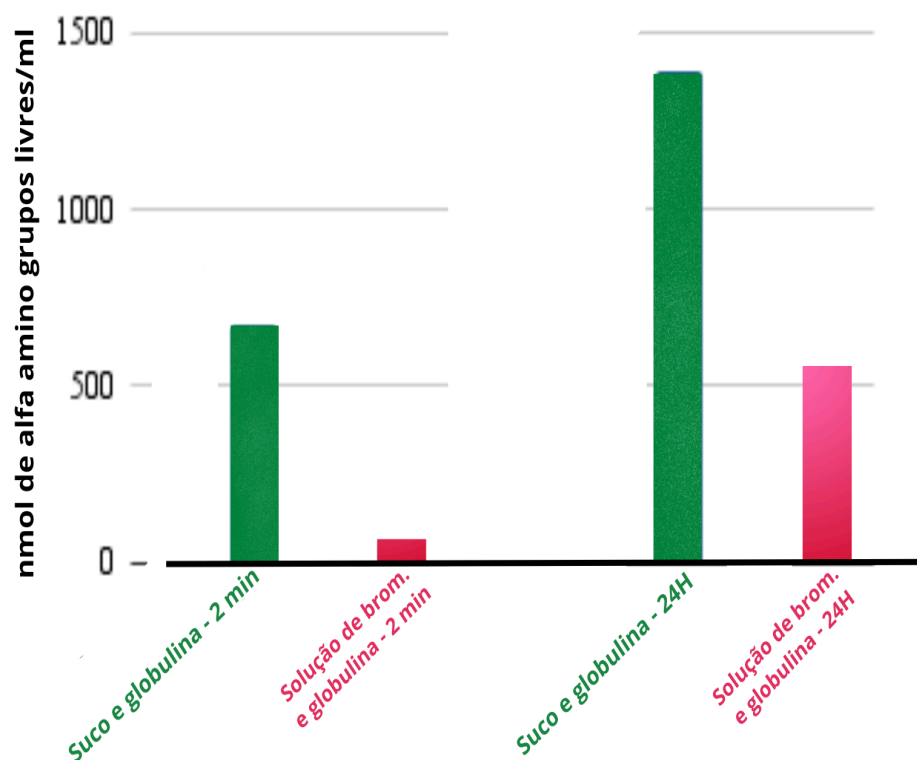
8.3 GRAU DE HIDRÓLISE DAS GLOBULINAS TOTAIS UTILIZANDO BROMELINA COMERCIAL OU SUCO DE ABACAXI A2

O suco apresentou atividade proteolítica e foi capaz de promover a hidrólise da globulina. Sendo o grau de hidrólise acompanhado pelo número de alfa amino grupos liberados, após 2 minutos de hidrólise, o suco de abacaxi contendo 8,6 mg de proteína/ml apresentou cerca de 672,58 nmol de alfa amino grupos livres/ml, e após 24 horas apresentou 1390,00 nmol/ml. O que representa cerca de 717,57 nmol alfa amino grupos liberados/ml de solução. (FIGURA 2).

Já a solução contendo bromelina comercial contendo 0,00024 mg de proteína/ml também rompeu ligações peptídicas das globulinas, porém em quantidade inferior ao suco de abacaxi. Aos 2 minutos de hidrólise apresentou cerca de 64,9 nmol alfa amino

grupos livres/ml de solução e após 24 horas, mostrou 550,6 nmol/ml, representando apenas cerca de 485,7 nmol de alfa amino grupos livres/ml. Uma das hipóteses para explicar esse resultado seria que o teor de proteínas presente na solução de bromelina comercial Sigma B-4882 (36,5%), não corresponde totalmente por enzimas proteolíticas. Dessa forma, o suco de abacaxi mostrou que parte das suas proteínas são compostas por bromelina e com atividade enzimática mais eficiente, promovendo mais rompimento das ligações peptídicas presentes nas globulinas de grão de bico. (FIGURA 2).

Figura 2 - Determinação do grau de hidrólise das globulinas utilizando bromelina comercial ou suco de abacaxi após diferentes tempos.



Fonte: A autora

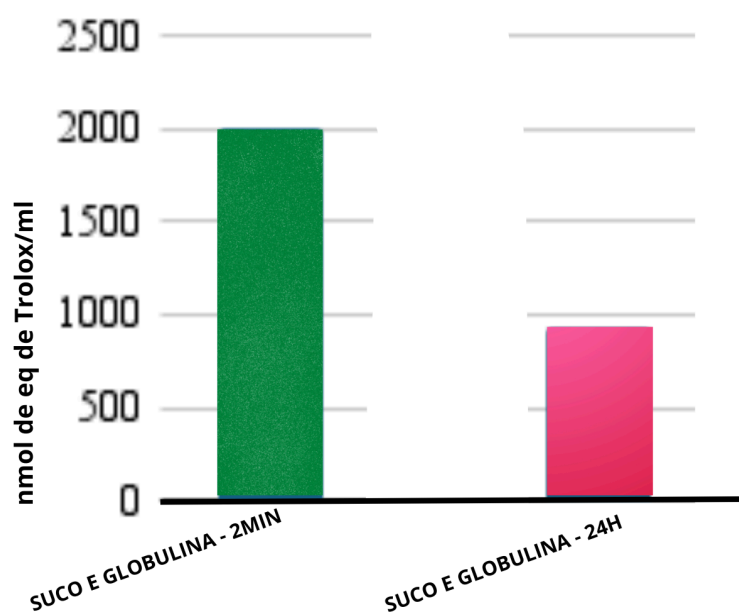
No gráfico acima, temos a representação, através das colunas, do grau de hidrólise, ou seja, a quantidade de alfa amino grupos livres representando as ligações peptídicas rompidas pelo uso suco de abacaxi e pela solução de bromelina em cada amostra em seus respectivos tempos de incubação.

O aumento da liberação dos grupos alfa amino confirma a existência de atividade proteolítica do suco de abacaxi, pois essas enzimas são conhecidas pela capacidade de romper ligações peptídicas, e os resultados obtidos sugerem que elas estão agindo sobre as globulinas nesse sentido. Após ação das enzimas em uma proteína, ocorre clivagem das ligações peptídicas e obtemos moléculas menores, podendo ser peptídeos bioativos, essa ação é aproveitada em situações como maturação, fermentação e cozimento, armazenamento ou hidrólise in vitro através de enzimas proteolíticas (Carrasco-Castilla, 2012). Podemos destacar ainda que proteínas modificadas enzimaticamente podem ter uso substituindo gorduras e mudando a textura, viscosidade, sabor e aroma dos preparos, sendo uma aliada à nutrição e saúde. (Vermelho *et al.*, 2006). Os peptídeos bioativos liberados após hidrólise possuem características funcionais uma vez que são relacionados à melhora da saúde e prevenção de doenças crônicas (Udenigwe; Aluko, 2012). O grau de hidrólise em relação ao tempo é um indicativo de como a atividade enzimática variou durante o processo e, nesse caso, o suco de abacaxi, atuando em apenas 24 horas, revela um potencial ingrediente para aplicações industriais acerca da modificação de proteínas. Algumas variáveis como temperatura, pH e a concentração de enzimas do suco e da solução de bromelina podem ter influenciado a atividade proteolítica, dessa forma é interessante realizar novos ensaios em condições variadas para avaliar de maneira mais abrangente o comportamento das enzimas neste tipo de estudo. Contudo, dentro das condições estabelecidas nesta pesquisa, os resultados quanto à atividade proteolítica se mostraram satisfatórios, principalmente em relação ao suco de abacaxi. Este, apresenta ser, além de um fruto com rico valor nutricional, um ingrediente funcional. O aumento da solubilização de globulinas, impacta no aproveitamento dos resíduos proteicos durante a produção de bebidas vegetais proteicas (Ghribi *et al.*, 2015). A aplicação do suco de abacaxi em bebidas proteicas à base de grão de bico se mostra uma excelente via de propostas de novos produtos, levando inovação ao mercado e proporcionando uma opção de bebida proteica de qualidade nutricional aos consumidores.

8.4 POTENCIAL ANTIOXIDANTE DAS GLOBULINAS TOTAIS E SUCO DE ABACAXI A2

O estresse oxidativo é ligado à doenças que podem afetar o organismo humano, causando dano celular e inflamação, e como prevenção temos os peptídeos liberados pela hidrólise de proteínas que estão sendo investigados pela sua ação antioxidante e protetora da oxidação excessiva (Adebiyi, 2009). É importante inibir a presença de radicais livres, produtos da oxidação, pois levam a doenças como diabetes, doenças cardiovasculares, distúrbios neurodegenerativos e câncer (Gu *et al.*, 2015). Dessa forma, os compostos antioxidantes dos alimentos, conseguem inibir a formação destes radicais livres, prevenindo danos no organismo humano causados pela oxidação.

Figura 3 - Determinação da atividade antioxidante das globulinas hidrolisadas utilizando suco de abacaxi detectada pelo reagente DPPH.



Fonte: A autora

No gráfico acima, temos a representação das amostras dos hidrolisados de globulina e suco de abacaxi, em seus respectivos tempos de hidrólise. No presente estudo, embora se observe atividade proteolítica citada no item anterior, o aumento do grau de hidrólise não foi acompanhado pelo aumento da atividade antioxidante do hidrolisado. Ao contrário, a atividade antioxidante do hidrolisado foi mais elevada aos 2 minutos de hidrólise (2.002,45 nmol de eq. TROLOX/ml de amostra), sofrendo queda e

alcançando menor grau em 24 horas de hidrólise (942,40 nmol eq.de TROLOX/ml de amostra) como observado na FIGURA 3.

Essa dinâmica sugere que o suco de abacaxi com pH de 3,98 (ácido) pode ter influência sobre esse resultado. Esse pH pode ter prejudicado a ação da bromelina em liberar peptídeos antioxidantes ou essa hidrólise pode ter gerado peptídeos que não apresentam a mesma ação antioxidante da proteína intacta. Ou ainda, o meio ácido promovido pelo suco e pela liberação de íons H^+ durante a hidrólise pode ter inibido a atividade antioxidante das proteínas e dos compostos presentes no suco de abacaxi. Essa atividade, depende de fatores ligados à massa molecular dos peptídeos livres, composição aminoacídica e hidrofobicidade, temperatura, pH, concentração de substrato e enzima (Silva, 2019). Portanto, são necessárias maiores investigações sobre as condições ideais para que a hidrólise das globulinas de grão de bico e suco de abacaxi não afetem de maneira negativa a atividade antioxidante.

9 CONCLUSÕES

O trabalho conseguiu comprovar a eficácia da bromelina presente no suco de abacaxi, na solubilização de globulinas de grão-de-bico, sugerindo o seu potencial para a melhora do teor e qualidade proteica de extratos aquosos produzidos a partir de grão de bico. Os resultados mostram que o suco de abacaxi apresenta, em sua porção proteica, bromelina com atividade proteolítica significativamente maior que a bromelina comercializada. Porém, a análise do potencial antioxidante revelou que a hidrólise pode comprometer essa atividade, necessitando de mais estudos para melhores resultados. Portanto, sugere-se mais trabalhos que possam explorar a otimização das condições do potencial antioxidante após a hidrólise de globulinas, assim como a aplicação prática do suco de abacaxi em produtos alimentares à base de grão de bico.

REFERÊNCIAS

- ADEBIYI, A. Purification and characterization of antioxidative peptides derived from rice bran protein hydrolysates. **European Food Research and Technology**, v. v. 228, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 8. ed. Virginia, USA, 1995.
- BIASUTTI, E. A. R. **Otimização das condições da hidrólise enzimática das proteínas do soro de leite para obter elevado teor de oligopeptídeos**: utilização da subtilisina e da pancreatina. 2007. Universidade Federal de Minas Gerais, [s. l.], 2007.
- BORRACINI, H. M. P. **Estudo do processo de extração da bromelina por micelas reversas em sistema descontínuo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2006.
- BRAND-WILLIAMS, W. *et al.* Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, p. 25–30, 1995.
- CARRASCO-CASTILLA, J. *et al.* Use of proteomics and peptidomics methods in food bioactive peptide science and engineering. **Food Engineering Reviews**, v. 4, n. 4, p. 224-243, 2012.
- CHAGAS, E. P. **Identificação e caracterização parcial de albuminas e globulinas de três cultivares brasileiros de *Phaseolus vulgaris***. 1993. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, 1993.
- CHURCH, F. C. C. *et al.* Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 66, p. 1219–1227, 1983.
- FREIMAN, L. O.; SABAA SRUR, A. U. O. Determination of total protein and amino acid composition of bromelains extracted from pineapple plant residues (*Ananas comosus* (L.)). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 170-173, 1999.
- FRANÇA-SANTOS, A. *et al.* Estudos bioquímicos da enzima bromelina do *Ananas comosus* (abacaxi). **Scientia Plena**, v. 5, n. 11, 2011.
- GHRIBI, A. M. *et al.* Effects of enzymatic hydrolysis on conformational and functional properties of chickpea protein isolate. **Food Chemistry**, v. 187, p. 322-330, 2015.

- GU, M. *et al.* Identification of antioxidant peptides released from defatted walnut (*Juglans sigillata Dode*) meal proteins with pancreatin. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, p. 213-220, 2015.
- LOCATELLI, G. O. **Estudo das condições de hidrólise da pectina para uso como substrato na produção de polihidroxicanoatos**. 2012. Universidade Federal de Pernambuco, [s. l.], 2012.
- MANARA, W.; RIBEIRO, N. D. GRÃO-DE-BICO. **Ciência Rural**, v. 22, p. 359–365, 1 dez. 1992.
- NEVES, V. A. *et al.* Caracterização e hidrólise in vitro da globulina principal de grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*), var. IAC-Marrocos. **Food Science and Technology**, v. 24, n. 1, p. 139–145, 2004.
- NEVES, V. A.; SILVA JR., S. I.; SILVA, M. A.. Isolamento da globulina majoritária, digestibilidade in vivo e in vitro das proteínas do tremoço-doce (*Lupinus albus L.*), var. Multolupa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 832-840, dez. 2006.
- OLIVEIRA, F. C. *et al.* Levantamento sobre bromelina e suas áreas de atuação. *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 10., 2018, São Cristóvão, SE. **Anais [...]**. São Cristóvão, SE: [editora], 2018. p. 587-595.
- OLIVEIRA, M. S. R *et al.* Utilização da carne mecanicamente separada de frango para a produção de hidrolisados proteicos a partir de diferentes enzimas proteolíticas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 291, 27 fev. 2014.
- PEREIRA, M. P.; TAVANO, O. L. Use of Different Spices as Potential Natural Antioxidant Additives on Cooked Beans (*Phaseolus vulgaris*). Increase of DPPH Radical Scavenging Activity and Total Phenolic Content. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, n. 4, p. 337–343, 2014.
- RINCON, L.; BRAZ ASSUNÇÃO BOTELHO, R.; DE ALENCAR, E. R. Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie [Food science and technology]**, v. 128, n. 109479, p. 109479, 2020.
- SHARMA, N.; ORSAT, V. Optimization of extraction parameters for preparation of Cicer arietinum-based beverage using Response Surface Methodology. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 4, 2022.
- SILVA, P. V. **Efeito da temperatura no grau de hidrólise e na atividade antioxidante do hidrolisado proteico de Okara**. 31f. Monografia (Graduação)- Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

TAVANO, O. L. *et al.* Nutritional Responses of Rats to Diets Based on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Seed Meal or Its Protein Fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 22, p. 11006-11010, 26 nov. 2008.

UDENIGWE, C. C.; ALUKO, R. E. Food Protein-Derived Bioactive Peptides: Production, Processing, and Potential Health Benefits. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 1, p. R11–R24, 2012.

VAN DERMAESEN, L. J. G. Origin, history and taxonomy of chickpea. In: SAXENA, M. C.; SINGH, K. B. **The chickpea**. Oxon: CAB International, 1987. cap. 2, p. 11-34.

VERMELHO, A. B. *et al.* Enzimas proteolíticas: aplicações biotecnológicas. **Enzimas em Biotecnologia: Produção, Aplicações e Mercado**. 273-287, 2008.