



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

Maria Deyonara Lima da Silva

Potencial bioativo da casca de abacaxi (*Ananas comosus* L.): caracterização físico-química, teor proteico, capacidade antioxidante e bioacessibilidade de fenólicos bioativos em codigestão com feijão comum

Florianópolis

2024

Maria Deyonara Lima da Silva

Potencial bioativo da casca de abacaxi (*Ananas comosus* L.): caracterização físico-química, teor proteico, capacidade antioxidante e bioacessibilidade de fenólicos bioativos em codigestão com feijão comum

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Isabela Maia Toaldo Fedrigo

Florianópolis

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Silva, Maria Deyonara Lima da
Potencial bioativo da casca de abacaxi (*Ananas comosus* L.): caracterização físico-química, teor proteico, capacidade antioxidante e bioacessibilidade de fenólicos bioativos em codigestão com feijão comum / Maria Deyonara Lima da Silva ; orientadora, Isabela Maia Toaldo Fedrigo, 2024.
97 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciência dos Alimentos. 2. Codigestão in vitro. 3. Bioacessibilidade de fenólicos. 4. Potencial bioativo e proteico. 5. Prospecção tecnológica e bibliográfica. I. Fedrigo, Isabela Maia Toaldo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. III. Título.

Maria Deyonara Lima da Silva

Potencial bioativo da casca de abacaxi (*Ananas comosus* L.): caracterização físico-química, teor proteico, capacidade antioxidante e bioacessibilidade de fenólicos bioativos em codigestão com feijão comum

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 29 de fevereiro de 2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Maria Manuela Camino Feltes, Dra.
Instituição UFSC- Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos

Prof.^a Renata Dias De Mello Castanho Amboni, Dra.
Instituição UFSC- Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos

Prof.^a Fernanda Hansen, Dra.
Instituição UFSC- Departamento de Nutrição

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Ciência dos Alimentos.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof.^a Dra. Isabela Maia Toaldo Fedrigo
Orientadora

Florianópolis, 2024

Aos meus amados pais Deodato Ferreira da Silva e Maria Valdirene Silva Lima e à minha amada irmã Maria Daniely Lima da Silva, meus sinônimos de AMOR. Este trabalho é uma singela homenagem ao amor, suporte e inspiração que sempre encontrei em minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e pelas inúmeras bênçãos concedidas até aqui.

Aos meus pais, Deodato Ferreira da Silva e Maria Valdirene Silva Lima, agradeço por terem moldado meu caráter nas “disciplinas” que uma escola ou universidade não são capazes de abranger. Dedico minha mais sincera gratidão pelo apoio incondicional ao meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha amada irmã, Maria Daniely Lima da Silva, agradeço por ser uma fonte constante de companheirismo e motivação.

Às minhas avós, Maria Ferreira da Silva e Maria Antônia Pereira da Silva, exemplos de mulheres fortes e amáveis, agradeço por inspirarem a busca dos meus sonhos. Gostaria de expressar minha profunda gratidão a toda a minha família pela assistência amorosa que me proporcionaram quando mais precisei, como o tio Gleison, o avô Lula, a prima Leizi e a tia Raimunda. Em especial, quero destacar o carinho e apoio inestimáveis das minhas tias Rosa Maria da Silva Sousa e Maria Elisangela da Silva Sales.

Sempre serei grata ao Vladimir Silveira por impulsionar minha busca pelo mestrado.

Aos meus anfitriões aqui na ilha, Alice, Juliana, Tereza e Valmir, agradeço o acolhimento e carinho de sempre.

Aos professores, secretários e técnicos da UFSC, agradeço pelas parcerias e disponibilidade em auxiliar nas análises e esclarecimentos de dúvidas inerentes à pós-graduação. A paciência e a compreensão de vocês são inestimáveis.

À Ana Bohn, Bruna Reimão, Joana Zanetti, Lorena Dutra, Lúcia Lemos, Sofia Majolo, agradeço pelas inúmeras vezes em que me auxiliaram nas pesquisas, seja em bancada ou na busca bibliográfica, além dos momentos descontraídos compartilhados nos cafés.

À Dra. Ana Carolina Maisonnave Arisi, por me conceder a oportunidade de integrar seu grupo de pesquisa e ter o privilégio de conhecer a biologia molecular por sua ótica.

Minha imensa gratidão à valiosíssima orientação da Dra. Isabela Toaldo Fedrigo, que superou todas as minhas expectativas, guiando-me pacientemente na escrita, planejamento e desenvolvimento experimental das análises, sempre com um tom maternal e fraterno.

À banca examinadora, agradeço pelo aceite do convite e pela generosidade em fornecer contribuições valiosas e enriquecedoras ao desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, mas não menos importante, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e ao financiamento da bolsa Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ por tornarem possível a realização desse percurso acadêmico.

RESUMO

O abacaxi, uma fruta popular no Brasil, gera volumes significativos de resíduos orgânicos durante seu beneficiamento, os quais possuem potencial nutricional e bioativo subutilizado. O objetivo deste trabalho foi realizar uma prospecção tecnológica e bibliográfica acerca da aplicabilidade dos resíduos do abacaxi na indústria de alimentos e analisar o potencial bioativo e proteico da casca do abacaxi em codigestão com o feijão, visando estudar possíveis interações. Realizou-se um estudo de prospecção tecnológica de patentes utilizando as bases de dados da Espacenet e Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), abrangendo as patentes internacionais e nacionais, respectivamente. Foram resgatadas 49 patentes concedidas na Espacenet, com pico entre os anos de 2016 e 2018. Destas, somente 10 estavam relacionadas ao aproveitamento dos resíduos do abacaxi, sendo 90% de origem chinesa. Patentes brasileiras não foram relatadas. No INPI, foram resgatados apenas 2 pedidos de patentes, evidenciando uma lacuna no desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento destes resíduos. Nos estudos experimentais, amostras de casca de abacaxi e feijão foram caracterizadas quanto à composição físico-química e utilizadas nos ensaios de codigestão *in vitro*, mimetizando as fases oral, gástrica e intestinal da digestão humana. Foi realizada a análise do teor de proteínas solúveis por Bradford e determinada a atividade antioxidante pelos métodos de captura de radicais livres e capacidade redutora do reagente Folin-Ciocalteu, antes e após a digestão *in vitro*. Além disso, investigou-se a extração de fenólicos e o impacto do molho prévio no teor de compostos bioativos do feijão. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida do teste Tukey. Os dados experimentais revelaram que a extração hidroetanólica a 70°C da casca de abacaxi obteve maior eficácia ($p < 0,05$) na extração de compostos bioativos com capacidade redutora (337,7 mg GAE/100g) e antioxidante (301,3 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$). O feijão com processo de molho prévio ao cozimento (FCCM), quando comparado ao feijão cozido sem molho e ao feijão *in natura*, apresentou resultados inferiores de capacidade redutora (137,0 mg GAE/100g) e atividade antioxidante (185,4 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$). Apesar dessa redução ocasionada pelo molho prévio, esses resultados do FCCM foram selecionados para os cálculos do índice de bioacessibilidade (IB), visando representar o consumo habitual. A capacidade antioxidante do FCCM com casca de abacaxi da fase intestinal (731,6 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$) equiparou-se à casca de abacaxi (832,0 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$) e superou significativamente os resultados do feijão isoladamente (613,5 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$), destacando as interações sinérgicas dessas amostras. A codigestão apresentou IB da atividade antioxidante e da capacidade redutora de 300,8% e 105,5%, respectivamente, sendo significativamente superior à casca de abacaxi isoladamente, que apresentou 276,1% e 69,6%, respectivamente. A análise de Bradford para os extratos variou de 0,11 (casca de abacaxi) a 1,90 mg/g (FCCM) de proteínas solúveis totais. Através do IB, ficou evidente o potencial bioativo da casca combinada com o FCCM, sendo esta associação benéfica para aumentar a absorção de antioxidantes. Essa descoberta incentiva a pesquisa para aprimorar a extração de bioativos e explorar sua aplicação estratégica na indústria, visando promover a sustentabilidade e maximizar os efeitos sinérgicos da alimentação.

Palavras-chave: compostos fenólicos; digestão *in vitro*; proteínas; resíduos agroindustriais.

ABSTRACT

Pineapple, a popular fruit in Brazil, generates significant volumes of organic waste during processing, which possess underutilized nutritional and bioactive potential. The aim of this study was to conduct a technological and bibliographic exploration regarding the applicability of pineapple waste in the food industry and to analyze the bioactive and protein potential of pineapple peel in co-digestion with beans, aiming to study possible interactions. A technological patent search study was conducted using Espacenet and the Brazilian National Institute of Industrial Property (INPI) databases, covering international and national patents, respectively. Forty-nine patents granted in Espacenet were retrieved, with a peak between 2016 and 2018. Of these, only 10 were related to pineapple waste utilization, 90% of which originated from China. Brazilian patents were not reported. In INPI, only 2 patent applications were retrieved, indicating a gap in technology development for waste utilization. In experimental studies, samples of pineapple peel and beans were characterized for physicochemical composition and used in *in vitro* co-digestion assays, mimicking the oral, gastric, and intestinal phases of human digestion. The soluble protein content was analyzed by Bradford method, and antioxidant activity was determined by free radical scavenging methods and the Folin-Ciocalteu reducing capacity assay, before and after *in vitro* digestion. Additionally, phenolic extraction and the impact of pre-cooking soaking on the bioactive compound content of beans were investigated. The experimental data were subjected to analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's test. The experimental data revealed that hydroethanolic extraction at 70°C of pineapple peel was most effective ($p < 0.05$) in extracting bioactive compounds with reducing capacity (337.7 mg GAE/100g) and antioxidant activity (301.3 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$). Beans with pre-cooking soaking (FCCM), when compared to cooked beans without soaking and raw beans, showed lower results for reducing capacity (137.0 mg GAE/100g) and antioxidant activity (185.4 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$). Despite this reduction caused by pre-soaking, these FCCM results were selected for bioaccessibility index (BI) calculations, aiming to represent habitual consumption. The antioxidant capacity of FCCM with pineapple peel in the intestinal phase (731.6 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$) was comparable to pineapple peel (832.0 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$) and significantly exceeded the results of beans alone (613.5 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$), highlighting the synergistic interactions of these samples. Co-digestion showed BI of antioxidant activity and reducing capacity of 300.8% and 105.5%, respectively, being significantly higher than pineapple peel alone, which showed 276.1% and 69.6%, respectively. Bradford analysis for the extracts ranged from 0.11 (pineapple peel) to 1.90 mg/g (FCCM) of total soluble proteins. Through BI, the bioactive potential of the combination of peel with FCCM became evident, indicating this association as beneficial for increasing the absorption of antioxidants. This discovery encourages research to improve bioactive extraction and explore its strategic application in the industry, aiming to promote sustainability and maximize the synergistic effects of food.

Keywords: phenolic compounds; *in vitro* digestion; proteins; agro-industrial residues.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Imagens do abacaxizeiro Pérola, cultivar tradicional do território brasileiro.....15
- Figura 2 - Fluxograma do beneficiamento do abacaxi.....16

CAPÍTULO 2

- Figura 3 - Evolução anual da relação do número de patentes concedida e do número de pedidos de patente por ano.....40

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Composição centesimal da polpa, casca, cilindro central e resíduo fibroso do abacaxi por 100g.....	18
Tabela 2 - Composição centesimal do feijão cozido por 100g.....	26

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Caracterização bioativa do abacaxi e seus resíduos.....	43
---	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1 – Composição centesimal da casca do abacaxi e do feijão-comum <i>in natura</i> e cozido.....	56
Tabela 2 – Extração aquosa (EA) e hidroetanólica (EH) a 40°C e 70°C da casca de abacaxi.....	57
Tabela 3 – Extração metanólica a 25°C do feijão comum cozido com molho (FCCM), sem molho (FCSM) e <i>in natura</i> (FIN).....	58
Tabela 4 - Capacidade redutora do Folin-Ciocalteu (mg GAE/100g) e atividade antioxidante (AA) método ABTS da casca, feijão cozido com molho e sem molho, feijão <i>in natura</i> , e feijão cozido + casca de abacaxi antes (extração hidroetanólica-EH e extração metanólica-EM) e após cada fase da digestão <i>in vitro</i>	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	Ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico
BSA	Albumina de soro bovino
CA	Casca do abacaxi
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DHAA	Ácido L- desidroascórbico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FC	Feijão cozido
FIN	Feijão <i>in natura</i>
FCCM	Feijão cozido com molho
FCSM	Feijão cozido sem molho
FCCA	Feijão cozido e casca de abacaxi
IAC	Instituto Agrônômico
IB	Índice de bioacessibilidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAFE	Instituto Brasileiro de Feijão e Pulses
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PEBD	Polietileno de baixa densidade
SDS-PAGE	Eletrforese em gel de poliacrilamida com dodecil- sulfato de sódio
FGS	Fluido gástrico simulado
FIS	Fluido intestinal simulado
FSS	Fluido salivar simulado
TACO	Tabela brasileira de composição de alimentos
IG	Índice glicêmico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
CAPÍTULO I –REVISÃO BIBLIOGRÁFICA		13
1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
1.1	ABACAXI (<i>ANANAS COMOSUS</i> L.).....	14
1.1.1	Panorama da produção do abacaxi no Brasil	15
1.2	PROCESSAMENTO E RESÍDUOS DO ABACAXI.....	16
1.2.1	Produtos e Processamento	16
1.2.2	Principais resíduos	16
1.3	COMPOSIÇÃO DO ABACAXI E SEUS RESÍDUOS	17
1.3.1	Composição Físico-Química	17
1.3.2	Compostos bioativos	19
1.3.2.1	Compostos Fenólicos.....	19
1.4	REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO ABACAXI	21
1.5	FEIJÃO COMUM (<i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L.)	23
1.5.1	Panorama produtivo do Feijão comum no Brasil	24
1.5.2	Composição Físico-Química	25
1.5.2.1	Proteínas do feijão comum	27
1.5.2.2	Compostos bioativos do feijão comum	28
	1.5.2.2.1 Benefícios para a saúde	29
1.6	DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS DE ALIMENTOS	30
1.6.1	Análise do perfil proteico	30
1.6.1.1	Eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE)	32
1.7	BIOACESSIBILIDADE DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ENSAIOS DE DIGESTÃO <i>IN VITRO</i>	33
1.7.1	Definição de biodisponibilidade, bioacessibilidade e bioatividade	33
1.7.2	Bioacessibilidade dos compostos fenólicos e estudos de digestão <i>in vitro</i>	33

CAPÍTULO II -POTENCIAL TECNOLÓGICO DOS RESÍDUOS DO ABACAXI: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E TECNOLÓGICA 36

1	INTRODUÇÃO	37
2	METODOLOGIA.....	38
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4	CONCLUSÃO.....	47

CAPÍTULO III -EFEITO DA CODIGESTÃO DA CASCA DE ABACAXI (*ANANAS COMOSUS* L.) COM O FEIJÃO COMUM PRETO (*PHASEOLUS VULGARIS* L.): ANÁLISE DO POTENCIAL BIOATIVO E PROTEICO 48

1	INTRODUÇÃO	50
2	MATERIAL E MÉTODOS	52
2.1	AMOSTRAS	52
2.1.1	Preparo das amostras	52
2.1.1.1	Cozimento e trituração dos grãos de feijão comum	52
2.1.1.2	Obtenção da casca do abacaxi	53
2.1.2	Determinação da composição centesimal	53
2.1.3	Obtenção dos extratos metanólicos, aquosos e hidroetanólicos para determinação da atividade antioxidante <i>in vitro</i>	53
2.1.4	Determinação da capacidade antioxidante <i>in vitro</i>	54
2.1.5.1	Capacidade de redução do reagente de Folin-Ciocalteu.....	54
2.1.5.2	Capacidade antioxidante pelo método ABTS.....	54
2.1.5	Digestão enzimática <i>in vitro</i>	55
2.1.6	Determinação do teor de proteínas	56
2.1.7	Índice de Bioacessibilidade	56
2.1.8	Análise estatística.....	56
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1	CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DA CASCA DO ABACAXI E DO FEIJÃO <i>IN NATURA</i> E COZIDO	57
3.2	EFEITOS DA EXTRAÇÃO E COZIMENTO NO CONTEÚDO FENÓLICO	58
3.3	ANÁLISE DE CAPACIDADE REDUTORA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E TEOR PROTEICO DAS AMOSTRAS APÓS DIGESTÃO	61
4	CONCLUSÃO.....	66
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68

REFERÊNCIAS.....	69
ANEXO 1 – CERTIFICADO DE PRÊMIO DE TERCEIRA MELHOR APRESENTAÇÃO ORAL NA SACTA XII	86
ANEXO 2 – CERTIFICADO DE MENÇÃO HONROSA NA SACTA XII.....	87
ANEXO 3 – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO ORAL NA SACTA XII	88
ANEXO 4 – CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO 8º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR: SISTEMAS ALIMENTARES E ALIMENTOS SEGUROS	89
ANEXO 5 – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO E PUBLICAÇÃO DE TRABALHO NOS ANAIS DO 8º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR: SISTEMAS ALIMENTARES E ALIMENTOS SEGUROS...	90
ANEXO 6 – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO DE PÔSTER NO VIII SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO DAS PÓS-GRADUAÇÕES DO CCB	91
ANEXO 7 – PÔSTER APRESENTADO NO VIII SIMPÓSIO INTEGRADO DAS PÓS-GRADUAÇÕES DO CCB- UFSC	92

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus*) é uma fruta popular em regiões tropicais por todo o mundo. Seu beneficiamento visa, majoritariamente, o aproveitamento da sua polpa, para a elaboração de compotas, geleias e principalmente de sucos (Crestani *et al.*, 2010). Porém, durante seu beneficiamento são gerados resíduos orgânicos - casca, talo, caule, coroa e folhas - que representam até 75% (m/m) da massa total do abacaxi (Lousada JR *et al.*, 2006; Ketnawaa; Chaiwut; Rawdkuen, 2012).

Os principais benefícios nutricionais do abacaxi estão relacionados à saúde do intestino decorrentes da ingestão de fibras que aceleram o trânsito intestinal, evitando a absorção de toxinas e nutrindo, como prebióticos, a microbiota intestinal. O consumo do abacaxi, por este possuir compostos polifenólicos, a vitamina C e os carotenoides do fruto, têm propriedades antioxidantes que pode auxiliar na prevenção de condições como obesidade, crescimento tumoral e câncer, diabetes, doenças cardiovasculares e inflamatórias. Além disso, fortalecem o sistema imunológico e atuam como relaxante muscular (Selvanathan; Masngut, 2023; Pintado *et al.*, 2020; Yahya *et al.*, 2020). O potencial de valor agregado presente na casca de abacaxi está relacionado aos seus compostos bioativos e proteínas (Bansod; Parikh; Sarangi, 2023).

A demanda dos consumidores por alternativas alimentares ecologicamente corretas e capazes de auxiliar em funções corporais específicas surgiu a partir da divulgação de dados científicos, clínicos e epidemiológicos, que evidenciam uma relação inversamente proporcional entre uma dieta rica em compostos bioativos e o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (Lima; Souza; Oliveira, 2017; Oliveira, 2016), popularizando o consumo de resíduos agroindustriais, como cascas e similares (Camargo *et al.*, 2018; Hasler, 1998). Estes resíduos são alternativas de baixo custo como fontes de biomoléculas importantes como ingredientes funcionais e/ou nutracêuticos para o desenvolvimento de alimentos de baixo teor calórico, ricos em fibras e compostos bioativos, contribuindo para a prevenção de DCNT e para a redução do lixo orgânico (Camargo *et al.*, 2018, Hasler, 1998; Pintado *et al.*, 2020; Rodrigues *et al.*, 2021).

Pesquisas recentes têm evidenciado a possibilidade da interação entre os compostos fenólicos e as proteínas proporcionarem maior bioacessibilidade e estabilidade destes compostos através de formação de complexos. Como Honaiser (2022), que analisou a interação entre o suco de laranja e feijão durante a digestão *in vitro* e relatou uma maior bioacessibilidade dos compostos fenólicos. Já Pham *et al.* (2019) observou maior estabilidade antioxidante

resultante da interação entre o complexo proteico isolado de linhaça e os fenólicos presentes na linhaça, quando comparado às matrizes isoladas.

Essa conexão entre compostos fenólicos e proteínas pode aumentar a bioacessibilidade e biodisponibilidade dos polifenóis (Shahidi; Dissanayaka, 2023). Este fenômeno repercute nas propriedades bioativas, especialmente a capacidade antioxidante, que podem ser influenciadas pela complexação das proteínas vegetais, evidenciando a importância da compreensão detalhada desses processos para aprimorar a eficácia dos alimentos nutracêuticos com bioatividade ideal (Nasrabadi; Doost; Mezzenga, 2021; Pham *et al.*, 2019).

Já o feijão desempenha um papel crucial como ingrediente em uma variedade de aplicações culinárias, especialmente nas opções vegetarianas, devido à sua riqueza nutricional (Meenu *et al.*, 2023). Além de fazer parte do dia a dia da gastronomia brasileira, pode representar uma excelente alternativa para complementação nutricional quando combinado com a casca de abacaxi. É recomendado consumir pelo menos uma colher de sopa de feijão diariamente devido ao seu rico conteúdo de proteínas e aminoácidos essenciais (Hamadou *et al.*, 2022; IBRAFE, 2023; Silva; Wander, 2013). Além disso, o feijão possui aplicabilidade na indústria farmacêutica e alimentícia como ingrediente funcional (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; Hamadou *et al.*, 2022), sendo associado à prevenção de doenças metabólicas e mitigação da insegurança alimentar (Hamadou *et al.*, 2022).

Embora o abacaxi seja uma fruta tropical popular mundialmente, o valor nutricional e bioativo de seus resíduos é pouco explorado em termos de potencialidades tecnológicas e benefícios reais à saúde dos consumidores. Neste contexto, o presente trabalho objetivou realizar uma prospecção tecnológica de patentes sobre produtos alimentícios desenvolvidos com a casca do abacaxi, a fim de avaliar seu potencial tecnológico de utilização, pesquisando e analisando informações extraídas de documentos de patentes depositados na base de dados Espacenet e INPI. Foram conduzidos ensaios de digestão *in vitro* para avaliar o potencial tecnológico e bioativo da casca de abacaxi, explorando as interações e a bioacessibilidade de compostos fenólicos e proteínas em codigestão com feijão cozido, um alimento proteico tradicional. O estudo investigou as possíveis alterações ou sinergismos na bioacessibilidade desses compostos, examinando a combinação da casca de abacaxi e feijão cozido.

Esta dissertação está estruturada em três capítulos distintos. O primeiro refere-se a abordagem da revisão bibliográfica, o segundo se concentra na prospecção tecnológica sobre a aplicação da casca de abacaxi, enquanto o terceiro apresenta os resultados das análises de caracterização da bioacessibilidade de polifenóis da casca de abacaxi e estudo de interação com proteínas do feijão, empregando o processo de codigestão simulada *in vitro*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma prospecção tecnológica acerca da utilização da casca de abacaxi (*Ananas comosus* L.) e avaliar seu potencial bioativo e proteico em codigestão com feijão cozido a partir da caracterização físico-química, do teor proteico e da bioacessibilidade de compostos fenólicos destes alimentos, empregando ensaios de digestão *in vitro*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar prospecção tecnológica e bibliográfica da composição e aplicação de resíduos do beneficiamento do abacaxi;
- ✓ Determinar, para fins de caracterização, a composição centesimal da casca do abacaxi, assim como do feijão cru e cozido;
- ✓ Determinar a capacidade antioxidante redutora (método Folin-Ciocalteu) e atividade antioxidante por captura de radicais livres (método ABTS) de todas as amostras antes e após a digestão *in vitro*;
- ✓ Comparar a eficiência da extração aquosa e hidroetanólica da casca de abacaxi (CA) empregando diferentes temperaturas (40°C e 70°C);
- ✓ Selecionar a melhor extração de compostos bioativos da amostra CA para posterior cálculo do índice de bioacessibilidade após a digestão *in vitro*;
- ✓ Realizar a extração metanólica a 25°C do feijão cozido com molho (FCCM), sem molho (FCSM) e *in natura* (FIN);
- ✓ Comparar, para fins de caracterização, o efeito da presença ou ausência do molho prévio e do cozimento do feijão na sua capacidade redutora e antioxidante;
- ✓ Determinar o teor de proteínas solúveis nas diferentes frações bioacessíveis (oral, gástrica e intestinal) das amostras CA, FCCM e em codigestão da casca de abacaxi mais o feijão cozido com molho (FCCA) pelo método de Bradford;
- ✓ Investigar possíveis sinergismos de proteínas e fenólicos, presentes nas amostras (isoladas e em codigestão) de FCCM e CA, durante a digestão simulada *in vitro* a partir da análise do índice de bioacessibilidade da capacidade redutora total, da atividade antioxidante e do teor proteico.

CAPÍTULO I –

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 ABACAXI (*ANANAS COMOSUS* L.)

O abacaxizeiro *Ananas comosus* (L.) é uma espécie nativa e cultivada pelos indígenas da América do Sul, originária do Brasil e do Paraguai, sendo amplamente cultivada em regiões de climas tropicais e subtropicais. Esta espécie foi introduzida posteriormente nas mais distantes regiões do globo, como Filipinas, Costa do Marfim e Havai. Com o passar dos anos, o abacaxi tornou-se uma das cinco fruteiras tropicais mais importantes do mundo, ficando apenas atrás do abacate, da manga e da banana (Altendorf, 2017; Crestani *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2021). Sendo a Indonésia líder no ranking de produção mundial de abacaxi com 3,2 milhão de toneladas produzidas no ano de 2022 (FAO, 2022).

O abacaxi pertence à família *Bromeliaceae*, subfamília *Bromelioideae*, os frutos são categorizados como não climatéricos, param de amadurecer assim que são colhidos (Benzing *et al.*, 2000). Os frutos podem ser colhidos durante todas as estações do ano; contudo, a doçura da fruta varia conforme as condições climáticas e outros fatores (Awasthi *et al.*, 2022). Esta fruta possui aproximadamente 79 gêneros e cerca de 3.692 espécies (Gouda *et al.*, 2021 *Apud Souza et al.*, 2021), e as variedades de abacaxi das quais o interesse é o fruto pertencem à espécie *Ananas comosus var. comosus* (EMBRAPA, 2018).

O abacaxizeiro é uma planta herbácea perene, ou seja, que possui um ciclo de vida longo, podendo ter vários ciclos de produção, porém, uma planta produz de duas a três safras apenas - para não afetar o tamanho e qualidade dos frutos. Somente, a partir da maturação do primeiro fruto a planta dá origem aos brotos para cultivo de um novo abacaxi (EMBRAPA, 2006; Souza *et al.*, 2021).

O abacaxizeiro é adaptável em solos leves, de textura argilo-arenosa, razoavelmente profundos e com boa drenagem. É símbolo de regiões tropicais e subtropicais resiste bem à seca e é extremamente sensível às geadas, preferindo temperaturas entre 22 °C e 32 °C. Desta forma, em condições de calor e umidade elevados, a planta desenvolve-se bastante e os frutos produzidos são geralmente grandes (EMBRAPA, 2018).

A cultivar de abacaxi mundialmente mais cultivada é a Pérola, esta cultivar é a variedade mais cultivada no Brasil, correspondendo a cerca de 80% da produção nacional. A segunda variedade de abacaxi mais cultivada é a Smooth Cayenne, no Sudeste do Brasil (Altendorf, 2017; Ramalho *et al.*, 2009).

As principais características morfoagronômicas da cultivar Pérola são o porte ereto, altura, do nível do solo à base do fruto, entre 50 e 70 cm, folhas longas protegidas por espinhos

uniformemente distribuídos nas bordas, produzindo elevada quantidade de mudas filhotes e poucas do tipo rebentões, aqueles que brotam do talo da planta (Ramalho *et al.*, 2009).

Os frutos (Fig.1) possuem tipicamente formatos ligeiramente cônicos, coroa grande, ou pequena em regiões tropicais, casca amarelada, suportados por pedúnculos longos, pesando em torno de 1.000 g a 2.500 g. A polpa dos frutos apresenta tonalidade esbranquiçada, pouco ácida e rica em açúcares, com sólidos solúveis totais de 14 a 16 °Brix e agradável ao paladar do consumidor brasileiro, se popularizando no mercado interno sob a forma de fruta *in natura* (Instituto Agrônômico, 2014; Ramalho *et al.*, 2009).

Figura 1 - Imagens do abacaxizeiro Pérola, cultivar tradicional do território brasileiro.



Fonte: EMBRAPA, (2015).

1.1.1 Panorama da produção do abacaxi no Brasil

O Brasil é o segundo maior produtor de abacaxi do mundo, possuindo um dos maiores centros de diversidade genética do mundo. O gênero *Ananas* é de ocorrência endêmica em várias regiões brasileiras, sendo cultivado em todos os estados, inclusive no Distrito Federal (Crestani, 2010; Matos; Sanches, 2013, EMBRAPA, 2018).

A temperatura está diretamente relacionada ao desenvolvimento dos frutos, e determina os locais favoráveis para o cultivo. O Nordeste do Brasil se destaca, obtendo frutos maduros com polpas coloridas e ao mesmo tempo translúcidas, com maior tamanho de fruto e coroa, além de melhor aroma, agregando maior valor comercial ao produto se comparado com os frutos produzidos no sul. O abacaxizeiro pode ser plantado durante o ano todo, preferencialmente entre o final da estação seca e início da chuvosa, apresentando ciclo entre plantio e colheita de dezesseis a dezoito meses (Matos; Sanches, 2013).

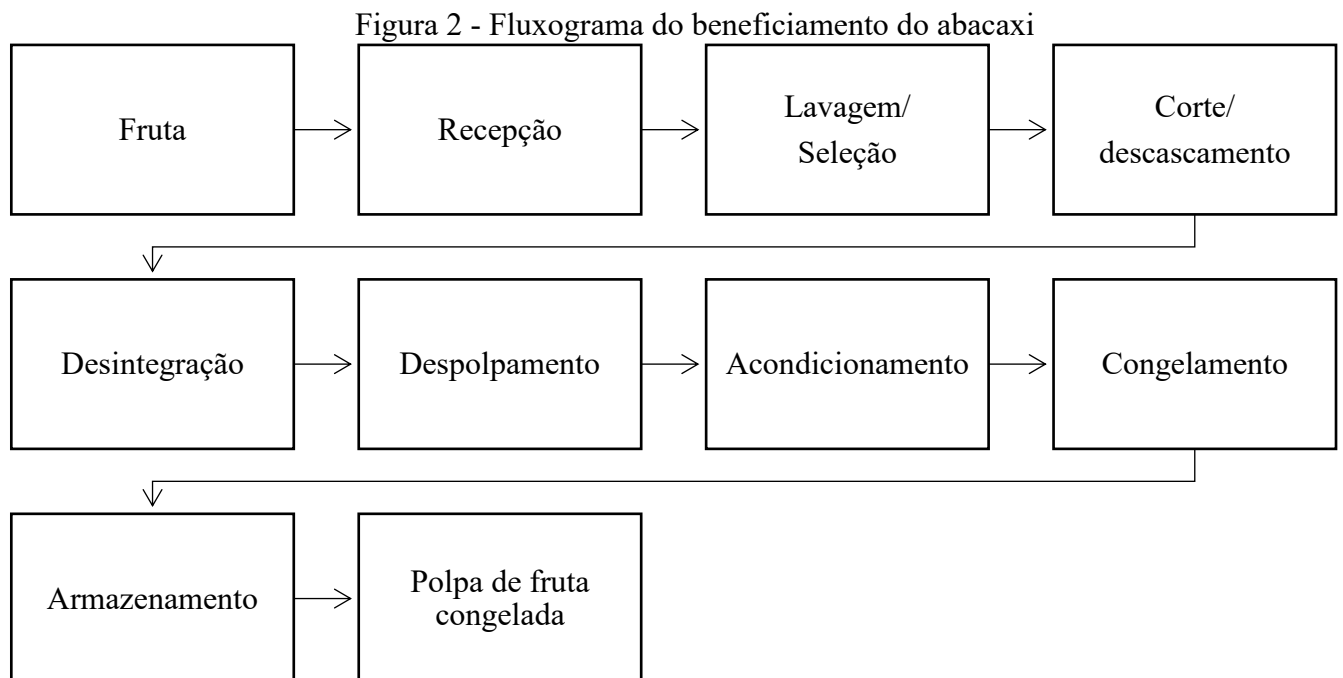
Conforme dados do IBGE (2022) no levantamento sistemático da produção agrícola, referente à produção de abacaxi em 2022, o Brasil registrou uma produção total de 1.558.201

bilhão de toneladas da fruta, com o estado de Santa Catarina contribuindo significativamente com 345 mil toneladas desse montante.

1.2 PROCESSAMENTO E RESÍDUOS DO ABACAXI

1.2.1 Produtos e Processamento

Em geral, a produção de frutas destina-se à demanda por frutas frescas (*in natura*), no entanto, existe uma tendência mundial para o mercado de produtos transformados (Lousada JR, 2006); a exemplo do abacaxi que pode ser comercializado como geleia, doces, suco e em conserva. O suco de abacaxi é um dos sucos mais populares no mundo, ocupando o terceiro lugar no ranking global de consumo de frutas, logo atrás da laranja e da maçã. Os resíduos do processamento da polpa de abacaxi podem ainda ser utilizados para obtenção de bromelina Banerjee, *et al.* (2018), álcool e alguns ácidos orgânicos; porém as etapas e fluxograma de processamento (Fig. 2) podem alterar os níveis dos compostos nutricionais e antinutricionais, assim como dos compostos bioativos do abacaxi (Instituto Agrônômico, 2014; Ramalho *et al.*, 2009).



Fonte: EMBRAPA (1995), modificado pela autora.

1.2.2 Principais resíduos

No Brasil grande parte dos alimentos de origem vegetal é desperdiçada, ocorrendo perdas em todas as etapas da cadeia produtiva, como podemos inferir com os dados de Roriz

(2012), onde já na colheita estima-se que ocorra 10% de perda. Nas etapas seguintes, transporte e industrialização, o percentual de perda estimado é de 50%. Esses desperdícios continuam até o preparo do alimento, onde cerca de 10% do vegetal adquirido não é utilizado.

Grandes quantidades de resíduos são geradas no decorrer da produção de polpa de frutas congeladas. Onde, já na etapa inicial de seleção, as frutas que não se enquadram no padrão de qualidade são descartadas. Também são gerados resíduos no descascamento, corte e despulpamento. Mesmo sendo biodegradáveis, a eliminação de resíduos representa um problema crescente pois a decomposição dos mesmos é lenta, configurando fonte de poluição ambiental, especialmente nos países em desenvolvimento (Babbar *et al.*, 2015; Jerônimo, 2012; Ketnawaa; Chaiwut; Rawdkuen, 2012).

Esse acúmulo de resíduos agroindustriais, além da contaminação de corpos hídricos, e da depreciação dos solos, ocasionam a formação de um ambiente adequado para a proliferação de vetores e pragas urbanas, os quais podem impactar negativamente na segurança pública e qualidade de vida (Aragão, 2010; Ketnawaa; Chaiwut; Rawdkuen, 2012). E em muitos casos são considerados custo operacional, para as empresas ou fonte de contaminação ambiental, devido aos altos volumes gerados (Babbar *et al.*, 2015; Lousada JR, 2005).

A indústria de frutas e hortaliças minimamente processadas pode gerar de 30% a 70% de resíduos (Moretti, 2006). No beneficiamento do abacaxi é gerado como resíduos as cascas, coroas, bagaços e cilindros centrais, sendo a casca responsável por 30% a 40% destes resíduos (Ferreira *et al.*, 2004). Sarzi; Durigan e Rossi Jr (2002), obtiveram rendimento de 62% para abacaxi minimamente processado com descascamento manual, portanto, a etapa de remoção da casca e coroa do abacaxi pode gerar até 38% de resíduo. Já Oliveira (2016) obteve rendimento de 58% para polpa, 34% de casca e 8% para o miolo (cilindro).

1.3 COMPOSIÇÃO DO ABACAXI E SEUS RESÍDUOS

1.3.1 Composição Físico-Química

A composição centesimal do abacaxi e seus resíduos está detalhada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição centesimal da polpa, casca, cilindro central e resíduo fibroso do abacaxi por 100g.

	Polpa <i>in natura</i>	Casca <i>in natura</i>	Cilindro Central liofilizado	Resíduo Fibroso
Umidade (%)	86,3	78,13	9,97	83,37
Energia (Kcal/100g)	48	70,55	345,83	
Proteína (g)	0,9	1,45	3,48	0,55
Lipídeos (g)	0,1	0,55	0,27	0,03
Carboidrato (g)	12,3	14,95	81,83	
Cinzas (g)	0,4	1,03	2,42	0,20
Fibra alimentar (g)	1,0	3,89	2,31	
Cálcio (mg)	22	76,44	14,69	
Magnésio (mg)	18	26,8	12,44	
Potássio (mg)		285,8	68,33	
Ferro (mg)		0,71	0,32	
Açúcares redutores (%)			7,38	6,09
Não redutores (%)			27,41	4,29
Fibras Insolúveis (%)			2,05	5,11
Fibras Solúveis (%)			0,21	0,36
Celulose (%)				2,08
Pectina (%)				0,32
Beta-glucanas (%)				0,05
Fontes	TACO, (2011)	Gondim <i>et al.</i> , (2005)	Oliveira, (2016)	Waughon, (2006)

1.3.2 Compostos bioativos

1.3.2.1 Compostos Fenólicos

Os metabólitos das plantas, divididos em primários e secundários, desempenham papéis cruciais no desenvolvimento e na proteção das plantas. Os primários intervêm nas funções vitais como crescimento, reprodução e nutrição, enquanto os secundários, como os compostos fenólicos, são gerados como resposta a estresses. Esses compostos possuem notável ação antioxidante devido ao seu alto potencial redox, atuando como quelantes de metais, doadores de hidrogênio e suprimindo o oxigênio singlete, o que é vital para proteger as plantas contra danos oxidativos. Essa variedade de funções não apenas defende as plantas, mas também desperta interesse nas indústrias farmacêuticas e nutraceuticas, devido aos seus efeitos bioativos na saúde humana (Cisneros-Zevallos, 2020; Silva *et al.*, 2010, Pagare *et al.*, 2015).

Os compostos fenólicos apresentam um ou mais grupos hidroxila funcionais em um anel aromático (Lincoln; Zeiger, 2009, p.349). São moléculas simples ou de alto grau de polimerização se apresentando nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas (Bravo, 1998; Lee *et al.*, 2005). São classificados de acordo com o número de carbonos na molécula e pelo arranjo desses carbonos na sua estrutura (Mallmann, 2019).

Esses compostos desempenham ação antioxidante agindo como antioxidantes primários, que doam íons hidrogênio e estabilizam radicais livres, impedindo reações de oxidação. O desempenho antioxidante dos compostos fenólicos pode variar conforme a posição e número de hidroxilas que a molécula possui, além do grau de afinidade e reatividade frente ao agente oxidativo. Em alimentos, a eficiência dos fenólicos também depende de sua posição e grau de hidroxilação, polaridade, solubilidade, potencial de redução, estabilidade do fenólico a operações de processamento do alimento e estabilidade do radical fenólico (Damodaran; Parkin; Fennema, 2010, p.167).

A atividade antioxidante desses fitoquímicos está relacionada com benefícios para a saúde por meio do consumo regular de alimentos que contenham estas substâncias. O consumo regular destes compostos pode auxiliar na redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas como câncer, além de possuírem várias atividades biológicas como efeitos anti-inflamatórios, antitrombóticos, antibacterianos, antialérgicos, antidiabéticos (Block; Barrera-Arellano, 2012; Nunes, 2019; Paz-Arteaga *et al.*, 2023a; Selvanathan; Masngut, 2023; Shahidi; Dissanayaka, 2023).

Quanto aos efeitos à saúde, encontram-se na literatura alguns estudos avaliando os compostos fenólicos em relação às células cancerígenas do cólon e do colo do útero, evidenciando o impacto potencial positivo de cascas, polpas e sementes de frutos na prevenção ou inibição do crescimento celular desordenado (Ballesteros-Vivas *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2013). Como observado por Selvanathan; Masngut (2023) que avaliaram as características de uma bebida fermentada da casca de abacaxi e relataram teores aumentados de ácido tartárico, cítrico, ascórbico, acético e ferúlico, incentivando a utilização da bebida para tratar o câncer de cólon, este efeito anticancerígeno, comprovado *in vitro*, pode estar associado às propriedades antioxidantes do abacaxi.

Desta forma, pesquisas a respeito do potencial antioxidante de compostos fenólicos de vegetais são um dos tópicos altamente necessários na comunidade científica a partir de estudos *in vitro* e *in vivo* (Martins; Barros; Ferreira, 2016).

Juncal Guzman *et al.* (2021) identificaram nas amostras de abacaxi desidratado 26 compostos fenólicos, dentre eles os ácidos gálico, salicílico, cafeico e ferúlico e flavonoides como catequinas, kaempferol e naringenina. Em relação ao teor de compostos fenólicos, Ferreira *et al.* (2016) obteve resultados de 85 mg para abacaxi Pérola e 71 mg ácido gálico/100g para o abacaxi da variedade Smooth Cayenne.

Em relação à composição de fenólicos, Campos *et al.* (2020) quantificaram nas farinhas de casca e caule de abacaxi, os compostos fenólicos denominados ácidos ferúlico e cafeico. Enquanto Sepúlveda *et al.* (2018), avaliaram a quantidade de polifenóis totais em resíduos de abacaxi compostos pelo cilindro central do fruto e as cascas utilizando auto hidrólise e encontraram 4% para polifenóis totais, onde o teor máximo de polifenóis totais extraídos foi 1,75 g/ L. Neste mesmo estudo, detectou-se em maior quantidade os ácidos gálicos e hidroxibenzoico na maioria dos tratamentos de amostras de extratos hidrolisados. Já Li *et al.* (2013) detectaram ácido gálico e ácido homogentísico nas cascas de abacaxi. Martinez *et al.* (2012) obtiveram um concentrado de fibras a partir de resíduos do processamento de suco de abacaxi que apresentou 129 mg de equivalente em ácido gálico/100 g de concentrado.

Yahya (2020) caracterizando extratos da casca de abacaxi observou por análise por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) que a catequina é o principal flavonoide no perfil fenólico seguida da quercetina e do ácido gálico.

Uckiah, Goburdhun e Ruggoo (2009) assinalam maior perda de vitamina C, 41,8%, na etapa de descascamento do abacaxi, por seu caráter hidrofílico e por ser sensível ao estresse mecânico, sendo que nestas condições ou sob exposição térmica, aeróbica e luminosa as células

da fruta iniciam reações químicas, dentre elas a oxidação, que causam a degradação da vitamina.

Dhakal *et al.* (2018) obtiveram 55 mg de ácido ascórbico por 100 g de suco de abacaxi. Já Difonzo *et al.* (2019) relataram, para o suco fresco da polpa de abacaxi, 50 mg de ácido ascórbico em 100mL de suco e para a casca de abacaxi prensada, cerca de 40 mg/100 mL e para o suco fresco de casca moída, obtiveram em torno de 48 mg de ácido ascórbico/100 mL de suco. Esses conteúdos de vitamina C quantificados no suco de abacaxi e até mesmo no extrato de casca de abacaxi seriam capazes de suprir o valor de ingestão diária recomendado para adultos pela ANVISA, que corresponde a 45 mg de ácido ascórbico (BRASIL, 2005).

1.4 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO ABACAXI

Segundo Oliveira *et al.* (2022), o Brasil, apesar de um país abundante na questão produtiva e agroeconômica, produzindo cerca de 140 milhões de toneladas de alimentos por ano, luta diariamente contra a fome em parte significativa da população, atingindo a marca de 33 milhões de brasileiros em insegurança alimentar, segundo a Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional- RBPSSAN (2022). Assim, para lidar com a grande quantidade de resíduos orgânicos, o reaproveitamento das cascas e resíduos do processamento de frutas surgem como inovação tecnológica nas formulações alimentícias (Lima; Souza; Oliveira, 2017; Ketnawaa; Chaiwut; Rawdkuen, 2012).

De acordo com Leonel, Leonel e Sampaio (2014), cerca de 40% dos alimentos utilizados no processamento de sucos de frutas são considerados resíduos e são descartados pela indústria, entre eles estão cascas, caroços, sementes e compostos de restos de polpas. No processamento do abacaxi, estima-se um desperdício de até 75% do fruto, havendo uma busca constante por um novo destino a estes resíduos a partir de pesquisas visando o aproveitamento e desenvolvimento de produtos.

Estes resíduos orgânicos agroindustriais possuem um grande potencial nutricional para a dieta dos consumidores por apresentarem elevada concentração de fibras com alto potencial para competir com outras fibras alimentares comerciais no mercado (Awasthi *et al.*, 2022) e de compostos bioativos com capacidade antioxidante além de proteínas, lipídeos e minerais mais abundantes em comparação com a polpa do fruto, que é utilizada pela indústria (Gondim *et al.*, 2005).

Nos últimos anos, a utilização e destino adequado dos resíduos vem sendo pauta para as empresas para ampliar a cadeia da indústria do abacaxi e orientar seu processamento intensivo, visto que, o descarte também gera custos e legislações, que não só causa desperdício

de recursos, mas também aumenta a poluição ambiental (Lima; Souza; Oliveira, 2017). Portanto, a utilização integral de frutas é uma alternativa sustentável pois minimizam a produção de lixo orgânico que protagoniza os debates de produção sustentável (Giovanetti, 2016; Gondim *et al.*, 2005; Silva; Ramos, 2009).

Assim, a utilização desses resíduos como ingrediente de enriquecimento nutricional para uso na indústria de alimentos é uma alternativa economicamente viável e de elevada qualidade nutricional (Farias, 2021), abrindo possibilidades de gerar novos produtos secundários a partir da valorização dos resíduos de abacaxi contribuindo significativamente para a redução da acumulação de resíduos, apoiando assim a economia circular de desperdício zero (Awasthi *et al.*, 2022; Martinelli *et al.*, 2021).

Apesar da grande produção agrícola brasileira, paradoxalmente, ainda existem muitos brasileiros em estado de insegurança alimentar, mundialmente mais de 828 milhões e 2,3 bilhões de pessoas são afetadas pela fome e insegurança alimentar, respectivamente (FAO, 2021). Problema que poderia ser contornado a partir do aproveitamento integral dos alimentos, dentre eles as frutas (Torres, 2000). Outra questão que reforça a necessidade na mudança do modelo de produção alimentar é a segurança alimentar dos próximos anos, tendo em vista o crescimento da população e aumento da demanda por alimentos com qualidade nutricional, em relação à disponibilidade, acessibilidade e quantidade suficientes para garantir bons resultados nutricionais, inerentes ao desenvolvimento humano (FAO, 2015).

O Brasil possui uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, que incentiva a diminuição da produção de resíduos, as práticas de reciclagem e a utilização de tecnologias limpas visando a diminuição dos impactos ambientais (BRASIL, 2010). Algumas formas de destinação adequadas de resíduos são a compostagem, reciclagem, reutilização e reaproveitamento (BRASIL, 2010). O gerador de resíduos se torna responsável pelo tratamento e destinação corretos do que foi produzido dentro do ciclo de geração de resíduos sólidos, desde os fabricantes que lidam com a transformação da matéria-prima em um produto consumível, até os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana, passando pelos importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores (Giovanetti, 2016).

Visando o reaproveitamento de resíduos gerados no processamento de frutas, diversos estudos na literatura caracterizaram cascas, sementes e bagaços e avaliaram possíveis aplicações como ingredientes funcionais, no desenvolvimento de novos produtos (Moretti, 2006; Reis JR, 2017), na extração de compostos bioativos e óleos (Barrales *et al.*, 2018; Freitas, 2007), no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis (Três, 2022), produção de essências (Oliveira, 2019), extração de enzimas (Silva *et al.*, 2010), ração animal (Lousada JR,

et al., 2006), entre outros, agregando valor aos resíduos que seriam descartados e impactariam negativamente o meio ambiente, incentivando a prática da sustentabilidade (Roriz, 2012).

Ribeiro (2015) obteve uma bebida à base de casca de abacaxi e observou que apesar de menor teor de sólidos solúveis, ou seja, menos doce que a bebida apenas com polpa, o extrato da casca apresentou maior teor de compostos fenólicos quando comparada com a polpa de abacaxi. Martin *et al.* (2012) formularam um bolo adicionado de suco de resíduos de abacaxi, que incluíram casca, coroa, talo e miolo de abacaxi, o qual obteve boa aceitação sensorial.

Lima (2019) adicionou farinha de casca de abacaxi em suas formulações de cookies e relatou baixo teor de umidade (2,003%), atividade de água (0,333) e acidez (3,436), indicando ser um produto de difícil ataque microbiano. Além disso, pode-se destacar a boa solubilidade para a produção de cookies, baixos valores para higroscopicidade (3,295), demonstrando que o pó não é higroscópico e possui razoável fluidez. Também apresentaram elevado potencial para a suplementação e/ou complementação de dietas, principalmente em termos de carboidratos (69,925%) fibra alimentar (22,071%) e valor energético (387,51 Kcal/100g), possuindo baixo teor de proteínas e gorduras totais. Já Amorim (2016) caracterizou farinhas de resíduos de abacaxi, obtendo cerca de 9% de umidade, 28,4% de carboidratos, 55,7% de fibras totais, cerca de 4,3% de proteínas e 0,55% de lipídeos e cerca de 60 mg de equivalente de ácido gálico/100g para teor de fenólicos totais. Júnior (2017) avaliou a farinha de casca de abacaxi na substituição de gordura em hambúrguer bovino e observou que a farinha de casca de abacaxi tem alto teor de fibras e compostos fenólicos, além de constituir potencial substituto de gordura.

1.5 FEIJÃO COMUM (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

A legislação brasileira define feijão como o grão proveniente das espécies *Vigna unguiculata* (L) Walp e *Phaseolus vulgaris* L. a qual engloba a espécie do feijão comum (BRASIL, 2008) da ordem Rosales Rosales, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseolaeae*, do gênero *Phaseolus*, gênero nativo da América (Vilhordo *et al.*, 1996). O gênero *Phaseolus* é composto por 30 espécies, mas apenas 5 foram domesticadas, das quais, o feijão comum é a espécie mais cultivada e originária das Américas (Singh, 2001; Zimmermann; Teixeira, 1996).

Das plantas da família *Fabaceae*, as leguminosas comestíveis são um alimento básico presente na dieta humana em todo o mundo (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; Mercati *et al.*, 2013). Em 2020 produziu-se mundialmente 27,5 milhões de toneladas de feijão, destacando-se em ordem decrescente o continente Asiático (43,1%), Americano (29,4%), África (25,7%), Europa (1,4%) e Oceania (0,4%). Os principais países produtores mundiais de feijão no ano de

2020 são em ordem decrescente a Índia (5.460,000t), Mianmar (3.053,012t), Brasil (3.035,290t), Estados Unidos (1.495,180t), China (1.294,370t), Tanzânia (1.267,684t) e México (1.056,071t) (FAOSTAT, 2021).

1.5.1 Panorama produtivo do Feijão comum no Brasil

O feijão é um dos principais integrantes da dieta dos brasileiros, sendo um prato tradicional e quase que obrigatório da população rural e urbana (Araujo *et al.*, 1996), responsável por fornecer proteínas de alto valor biológico e aminoácidos essenciais (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; De Faria *et al.*, 2013), à preço mais acessível, em média de R\$5,83 por quilograma (Ministério da agricultura e agropecuária, 2023), e de produção mais sustentável, quando comparado aos produtos da agropecuária, representando uma alternativa às proteínas de origem animal (IBRAFE, 2018; Nasrabadi; Doost; Mezzenga, 2021).

Em média, o brasileiro consome de 16kg e 17kg de feijão por ano, consumido principalmente como vagens de feijão verde ou sementes de feijão seco (Takeoka *et al.*, [s.d.]; Tsuda *et al.*, 1994), conferindo ao Brasil o terceiro lugar no ranking dos principais produtores e consumidores mundiais de feijão, evidenciando sua importância econômica, cultural e alimentar (Coelho, 2021).

De acordo com os dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2022), publicado em seu Boletim de Monitoramento Agrícola, o país somou uma produção de 3.046,8 milhões de toneladas de feijão, possuindo uma área cultivada de 2,8 milhões de hectares. Os maiores Estados produtores são Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia. Destaca-se a região Centro-Sul que apresentou as maiores produções de grãos de feijão nas safras de 2019/20 e 2021/2022 (CONAB, 2021a; 2022; Coelho, 2021; FAOSTAT, 2021).

Nas projeções do Agronegócio à longo prazo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020), os dados revelam que até a safra de 2030, ocorrerá uma redução de 1,7% a.a. do consumo de feijão, apesar do país ser um dos maiores produtores e consumidores mundiais de feijão, leguminosa altamente nutritiva. Muito provavelmente esta redução se dará como consequência da sua popularidade majoritária ser na classe trabalhadora e camadas de baixa renda (MAPA, 2013). A semente do feijoeiro apresenta uma grande variabilidade de características físicas, como cor, tamanho e forma, como influência da rica diversidade de ecossistemas brasileiros, e assim sua popularidade também varia nas diferentes regiões brasileiras (Zimmermann; Teixeira, 1996).

O cultivo de feijão ocorre durante todo o ano abrangendo todo o território brasileiro em variados sistemas de produção, em maior ou menor escala, por pequenos e grandes

produtores. Não se adaptando adequadamente aos trópicos úmidos, às geadas e temperaturas elevadas, como temperatura diurna superior a 30°C e noturna inferior à 20°C, e em planícies e altas latitudes. As regiões ideais são de clima seco e de chuvas regulares, podendo ser cultivado isoladamente, em consórcio ou intercalado com outras culturas. Geralmente, após o plantio, o feijão pode ser colhido em 90 dias (Araujo *et al.*, 1996; De Faria *et al.*, 2013; Paraná, 2013; Singh, 2001; Zimmermann; Teixeira, 1996).

O plantio de feijão-comum no Brasil é realizado em três safras, essa flexibilidade de cultivo e relativa rapidez no ciclo produtivo proporciona oferta constante de feijão o ano todo. A primeira safra é a “safra das águas”, compreende os meses de agosto a dezembro e a colheita nos meses de novembro a abril na região Centro-Sul e entre os meses de outubro a fevereiro no Nordeste. Já na Região Centro-Oeste, Nordeste e Norte, o plantio ocorre de outubro a fevereiro e a colheita de janeiro a maio. A segunda safra é a “safra da seca” abrange todos os Estados brasileiro. O plantio na região Sul e Sudeste vai de janeiro a abril, e a colheita nos meses de março a agosto. Já na Região Centro-oeste, Norte e Nordeste, o plantio fica entre os meses de janeiro a junho e a colheita de março a setembro. Já a terceira safra é a “safra de outono-inverno” corresponde aos meses de abril a junho. Nas regiões Sul e Sudeste vai de março a junho e a colheita nos meses de junho a outubro. Já nas Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, o plantio é realizado nos meses de abril a junho e a colheita de junho a outubro (Araujo *et al.*, 1996; MAPA, 2014).

1.5.2 Composição Físico-Química

A seguir, na tabela 2, está a composição centesimal de parte comestível de feijão cozido por 100 gramas segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011):

Tabela 2 - Composição centesimal do feijão cozido por 100g.

Composição	Quantidade
Umidade	80,4%
Energia	76 kcal
Proteína	4,8g
Lipídeos	0,5g
Colesterol	NA
Carboidrato	13,6g
Fibra Alimentar	8,5g
Cinzas	0,7g
Cálcio	27mg
Magnésio	42mg

Fonte: TACO, (2011).

Esses grãos em comparação com outros alimentos básicos, destacam-se por conter até três vezes mais fibras por 100g de alimento, como as fibras solúveis, insolúveis e oligossacarídeos (Los *et al.*, 2018; Parreira *et al.*, 2016). Como evidencia-se, na Tabela 2, os valores de fibras alimentares (8,5g/100g) que poderia conferir ao feijão a informação nutricional de alimento com “alto conteúdo” de fibras por possuir mais que 6g/100g de fibra por 100g (BRASIL, 2012). Quanto aos carboidratos complexos, constituídos principalmente de amido, representam de 50% a 60% do feijão (Lajolo *et al.*, 1996; Sathe, 2002).

Dentre as leguminosas, o feijão comum também se destaca como importante fonte de minerais como o ferro, zinco, cobre, fósforo, alumínio, cálcio, magnésio e potássio (Hayat *et al.*, 2014; Brigide; Canniatt-Brazaca; Silva, 2014). O grão também é fonte de vitaminas do complexo B, tiamina, riboflavina, niacina e folacina (Lajolo *et al.*, 1996) e variações no conteúdo são observadas em diferentes classes de feijão (Hayat *et al.*, 2014).

Já os lipídeos variam de 1,66 a 2,22% do grão, relacionados principalmente aos ácidos graxos insaturados com predominância dos ácidos linolênico e linoleico, seguido dos ácidos

palmítico e oleico (Brigide; Canniatt-Brazaca; Silva, 2014; Hayat *et al.*, 2014; Los *et al.*, 2018). Porém, outros compostos estão presentes como os taninos (Krupa, 2008) e o ácido fítico e seus sais, fitatos, que representam entre 54% e 82% do conteúdo de fósforo do grão.

Além de ser reconhecido pelo elevado teor de proteína, de 20% a 31,59% do grão (Carrasco-Castilla *et al.*, 2012; Brigide; Canniatt-Brazaca; Silva, 2014), também apresenta elevado conteúdo de lisina, aminoácido essencial, que complementa as proteínas dos cereais (Lajolo; Genovese; Menezes, 1996, Ribeiro, 2007). Os aminoácidos essenciais são aqueles que o organismo humano não é capaz de sintetizar, onde a principal forma de obtê-los é através da alimentação, ressaltando a importância das escolhas alimentares (Ribeiro, 2007).

A geração de peptídeos bioativos, com cerca de 2 a 20 aminoácidos, a partir de proteínas do feijão é realizada através do uso combinado de enzimas do trato gastrointestinal, como pepsina e pancreatina (Luna-Vital *et al.*, 2015).

1.5.2.1 Proteínas do feijão comum

Considerando os diferentes tipos de dietas, mesmo sendo incompletas em sua composição de aminoácidos essenciais, as proteínas de origem vegetal são importantes em cenários onde são as únicas ou principais fontes de aminoácidos essenciais na dieta (Bobbio, P.; Bobbio, F., 1992, p. 90). Assim, fundamenta-se a relevância internacional do feijão que, além do Brasil, é consumido e reconhecido como fonte proteica em inúmeros outros países do mundo (Devi *et al.*, 2013; Mercati *et al.*, 2013). Como demonstrou Rossi *et al.* (2017) ao identificar 32 proteínas acumuladas diferencialmente, sendo oito proteínas identificadas como faseolinas, a principal glicoproteína de armazenamento, segundo Luna-Vital *et al.* (2015) a faseolina representa de 40–50% das proteínas presentes nas sementes de feijão comum.

As globulinas predominantes no feijão comum são a faseolina 7S e as leguminas 11S, com massa molecular variando entre 41 e 55 kDa, (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; Luna-Vital *et al.*, 2015; Natarajan *et al.*, 2013; Rossi *et al.*, 2017). Em comparação com as globulinas 7S, as leguminas 11S possuem alta massa molecular níveis mais elevados de aminoácidos sulfurados, incluindo a cisteína. No entanto, vale ressaltar que o feijão é naturalmente carente de aminoácidos sulfurados, tais como cisteína, metionina e triptofano, os quais são relativamente escassos nas proteínas de origem vegetal, com frequências que não ultrapassam 1,9%, 2,3% e 1,4%, respectivamente (De La Fuente *et al.*, 2012; Natarajan *et al.*, 2013).

As albuminas encontradas são compostas por diversas proteínas, dentre elas está a lectina com fator antinutricional mais comum, representando cerca de 10- 12% das proteínas presentes no feijão (glicoproteínas com capacidade de formar complexos com açúcares e

proteínas específicas) e inibidores de enzimas, como as proteases, o que também pode limitar a digestibilidade da proteína pela inibição da atividade proteolítica das enzimas digestivas (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; Luna-Vital *et al.*, 2015; Marsolais *et al.*, 2010).

Segundo Parreira *et al.* (2016) nos estágios iniciais, intermediários e avançados do desenvolvimento do grão, observa-se uma predominância de diferentes grupos de proteínas. Nos estágios iniciais, as proteínas estão relacionadas principalmente à atividade metabólica e alta síntese de componentes estruturais celulares. À medida que o desenvolvimento prossegue, a ênfase muda para proteínas envolvidas na síntese de compostos de armazenamento. Nos avanços posteriores, destaca-se o aumento de proteínas ligadas ao metabolismo redox, além de proteínas associadas em menor extensão a processos como degradação e dobramento de proteínas e metabolismo dos ácidos nucleicos. Essa mudança no perfil proteico sugere a ativação dos mecanismos de resistência à desidratação da semente.

1.5.2.2 Compostos bioativos do feijão comum

O feijão contém compostos bioativos, substâncias com atividades biológicas que promovem benefícios à saúde, como os peptídeos e compostos fenólicos que abrangem aos ácidos fenólicos, proantocianidinas, polifenóis, flavonoides, dentre outros (Los *et al.*, 2018).

Esses compostos possuem diversas atividades e são os compostos bioativos predominantes em diferentes cultivares. Estão presentes tanto no cotilédone, em menores quantidades, quanto no tegumento, onde se concentra a maioria dos fenólicos (Yang *et al.*, 2018). Ácidos fenólicos são encontrados nos cotilédones, enquanto flavonoides são encontrados no tegumento (Chávez-Mendoza; Sánchez, 2017; Yang *et al.*, 2018). De acordo com Chávez-Mendoza; Sánchez, (2017) a cor do tegumento está diretamente relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos e os feijões de cor escura conseqüentemente possuem maior capacidade antioxidante. De acordo com Yang *et al.* (2018), 28 ácidos fenólicos e 53 flavonoides foram identificados em feijões comuns.

Além dos compostos fenólicos, os peptídeos presentes no feijão comum tem sido objeto de diversos estudos, pois sua bioatividade pode ser atribuída a presença de aminoácidos aromáticos e básicos que atuam para manter a estabilidade molecular; ou então pela presença de resíduos de aminoácidos hidrofóbicos, no terminal N, como Valina, Leucina, Isoleucina ou Alanina, que contribuem para sua atividade antioxidante (Mojica; Chen; De Mejía, 2015; Mojica; Luna-Vital; González De Mejía, 2017). Mojica e De Mejía (2016) otimizaram a produção de peptídeos bioativos a partir de isolados proteicos de feijão comum preto e

concluíram ser um importante inibidor de marcadores relacionados ao diabetes, ressaltando sua contribuição na saúde dos consumidores.

A atividade antioxidante do feijão comum é resultado da mistura de fitoquímicos, como fenóis e antocianinas, flavonoides, taninos, ácido fítico, triterpenos e fitosteróis, que podem exibir efeito sinérgico com outros compostos bioativos presentes no feijão (Honaiser, 2022; Patto *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2018;). Além disso, fatores como grau de maturação, cozimento, métodos de processamento e armazenamento e fatores genéticos e ambientais podem influenciar no conteúdo e comportamento desses compostos bioativos (Anjos Barros *et al.*, 2020; Hayat *et al.*, 2014; Los *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2018).

1.5.2.2.1 Benefícios para a saúde

Já é constatado pela ciência que uma alimentação variada em legumes e frutas está diretamente relacionada à manutenção e conquista de uma melhor qualidade de vida através dos benefícios atrelados a saúde do consumidor (BRASIL, 2014).

Além dos nutrientes como proteínas e fibras, os fitoquímicos, como os compostos fenólicos, presentes no feijão possuem propriedades antioxidantes que contribuem para a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis como diabetes, obesidade, doenças inflamatórias e coronárias, auxiliando na manutenção da saúde a partir do bom funcionamento gastrointestinal, das propriedades anticarcinogênica, anti-inflamatória e antioxidante (Anjos Barros *et al.*, 2020; Cardador- Martinez; Loarca-Pina; Oomah, 2002).

Os compostos fenólicos presentes no feijão possuem a capacidade de suprimir a atividade de radicais livres o que lhes confere atividade antioxidante (Yang *et al.*, 2018). Os ácidos fenólicos, proantocianidinas e outros flavonoides são os principais polifenóis presentes no feijão comum, que atuam na redução do risco de alguns tipos de câncer e doenças como diabetes, Alzheimer e Parkinson (Chávez-Mendoza; Sánchez, 2017; Yang *et al.*, 2018) .

Devido à sua digestão lenta, as fibras insolúveis, geram baixa resposta à insulina, e juntamente com o amido resistente e seus produtos de fermentação contribuem para o baixo índice glicêmico (IG) e estão associados à proteção da saúde do cólon, pois aumentam o volume do bolo fecal, já que não são absorvidos pelo organismo, contribuindo para a saúde gastrointestinal (Los *et al.*, 2018; Ricke, 2015). O consumo de alimentos com baixo IG ajudam na saciedade e atuam preventivamente contra o desenvolvimento de doenças crônicas, incluindo diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares (Blaak *et al.*, 2012). Já as fibras solúveis, também chamada solúveis prebióticas, auxiliam na redução da quantidade de gordura, colesterol LDL e triglicérides, e açúcar no sangue, e aumenta os níveis do colesterol HDL,

considerado o colesterol bom, e colaboram no equilíbrio da microbiota nativa (Otlés, 2014; Ricke, 2015).

O feijão é rico em proteínas que são de extrema importância na dieta de países em desenvolvimento como um componente crítico para combater a desnutrição (Meziadi *et al.*, 2016). Os peptídeos bioativos gerados depois da hidrólise enzimática das proteínas apresentam tanto benefícios nutricionais e fisiológicos, como propriedades antioxidantes que além de contribuir para a defesa do organismo, podem atuar sinergicamente com antioxidantes não peptídicos, ocasionando um aumento no seu efeito protetor e na preservação de alimentos, como uma alternativa mais saudável ao uso de antioxidantes sintéticos (Luna-Vital *et al.*, 2015).

Alguns estudos demonstram que os peptídeos de feijão inibem enzimas relacionadas a doenças importantes como diabetes tipo 2 e hipertensão (Los *et al.*, 2018). Mojica e De Mejía (2016) demonstram resultados significantes com relação às ações antioxidante e antidiabética e às propriedades potenciais anti-hipertensivas nos isolados após a simulação gastrointestinal e nos seus peptídeos puros.

1.6 DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS DE ALIMENTOS

1.6.1 Análise do perfil proteico

O teor de proteínas e a determinação do perfil proteico são importantes para avaliar a qualidade e as características nutricionais dos alimentos, como composição, digestibilidade, biodisponibilidade de aminoácidos essenciais, ausência de toxicidade e de fatores antinutricionais (Pires *et al.*, 2006). A análise do perfil proteico permite conhecer e diferenciar as proteínas presentes nos alimentos (Alberts *et al.*, 2010; Lehniger, 2014), que a partir da caracterização de matrizes alimentares, espécies e variedades vegetais, contribui para o desenvolvimento de novos e aprimorados produtos alimentícios à base de plantas no futuro (Zhao *et al.*, 2023).

Honaiser (2022) estudando sementes processadas de duas cultivares de feijão em sinergismo com o suco de laranja concluiu que a codigestão aumenta a capacidade antioxidante de isolados de proteína de feijão cozido. Analisando a diversidade proteica do feijoeiro, De La Fuente *et al.* (2011) relataram proteínas relacionadas ao armazenamento, metabolismo de carboidratos, defesa, resposta ao estresse, desintoxicação, crescimento e desenvolvimento, transporte de proteínas e metabolismo de nitrogênio, sendo a maioria, como Rossi *et al.* (2017) também relataram, proteínas de armazenamento como as faseolinas. Já Natarajan *et al.* (2013) identificaram 141 proteínas em feijões e 41,5% foram classificadas como envolvidas na

atividade de ligação, 35,8% possuíam atividade catalítica e 7,5% exibiam atividade de armazenamento. A riqueza desses resultados está em torno da descoberta de muitas proteínas envolvidas no metabolismo geral da leguminosa.

Alguns estudos recentes buscaram determinar as proteínas do feijão, como Sousa *et al.* (2020) que realizou análise abrangente do perfil proteico dos extratos e amostras de feijão por meio de digestão *in vitro*. No feijão bôer identificaram diferentes proteínas de armazenamento, como vicilina, um fragmento de convicilina, legumina A e diferentes tipos de faseolina. Já nas amostras de feijão preto, foram encontrados dois tipos diferentes de faseolina (α e β), além de fatores antinutricionais como fitohemaglutininas, lectina e inibidor de α -amilase. As amostras provenientes da digestão do feijão preto mostraram que a faseolina e a fitohemaglutinina foram resistentes durante toda a fase da digestão gástrica. O inibidor da α -amilase também apresentou alta resistência à digestão gástrica, embora fosse visível uma ligeira degradação no final desta fase. Apesar da sua persistência durante a fase gástrica, não foram visíveis proteínas intactas do feijão preto no gel após a conclusão da fase intestinal. Já as digestões do feijão bôer mostraram resistência em relação à vicilina, provicilina, convicilina, legumina A, e proteínas da leguminosa A2 para a fase gástrica, proteínas essas que não foram detectadas na fase intestinal.

Sun *et al.* (2023) concluiu, através das análises de SDS-PAGE dos extratos e das amostras de feijão após a digestão *in vitro*, que a massa molecular de proteínas do feijão varia de 20 kDa a 150 kDa sendo estas bandas das principais proteínas previstas como subunidades 7S (faseolina) α , β , e γ , subunidades 11S ácidas e básicas e fitohemaglutinina e que a fermentação facilita a degradação da faseolina e da leguminosa, o que pode ser útil para uma maior degradação de proteínas na digestão gastrointestinal. No entanto, Sousa *et al.* (2020) alertam para a necessidade de mais experimentos com outras fontes de proteína para confirmar a utilidade dos ensaios de digestão *in vitro* para previsões de digestibilidade de novas fontes de proteína.

Evangelho *et al.* (2017) estudaram o perfil proteico de concentrados e hidrolisados proteicos de feijão preto obtidos da digestão com pepsina e alcalase. Estes autores obtiveram principalmente as bandas de Faseolina de 47 kDa no concentrado proteico e 44 kDa no hidrolisado proteico, além de observarem a banda de 31 kDa da Fitohemaglutinina comum em ambas as amostras.

Embora existam estudos caracterizando o perfil proteico do feijão a mais de uma década (Carrasco-Castilho *et al.*, 2012; De La Fuente *et al.*, 2011; Evangelho *et al.*, 2017; Honaiser, 2022; Natarajan *et al.*, 2013; Rossi *et al.*, 2017; Sousa *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2023),

observa-se que são recentes os avanços nos estudos visando compreender a complexidade de sinergismos entre esta leguminosa e suas proteínas e outros vegetais e seus compostos bioativos, como pioneiramente fez Honaiser (2022) ao analisar a interação do feijão com o suco de laranja e constatou resultados positivos para a atividade antioxidante *in vitro*.

Em contrapartida, observou-se carência de estudos do perfil proteico, digestibilidade ou codigestão e análise de possíveis interações da casca ou demais resíduos do abacaxi. Ketnawaa; Chaiwut; Rawdkuen, (2012) relataram padrões proteicos dos extratos brutos de resíduos de abacaxi que variaram de 39,2, 28 e 18,3kDa, na qual a principal banda proteica nos extratos era de 28 kDa.

1.6.1.1 Eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE)

A eletroforese em gel de poliacrilamida com dodecil- sulfato de sódio (SDS-PAGE) consiste em um tipo de eletroforese realizada em condições desnaturantes para a separação de moléculas com carga elétrica líquida, as proteínas; segundo Lehniger *et al.* (2014) com a função de estimar a pureza e a massa molecular destas biomoléculas. Esta massa molecular é dada, de acordo com Voet; Voet; Gi Pratt (2008, p.105), por meio de separações moleculares, realizada por peneiramento (tamanho e forma) e mobilidade eletroforética (carga elétrica).

O método diferencia a massa molecular de proteínas a partir da análise de sua migração em campo elétrico, que ocorre verticalmente (de cima para baixo) em gel de poliacrilamida, uma malha porosa de ligações altamente cruzadas, quimicamente inerte, capaz de retardar a migração das proteínas. Portanto, a velocidade de migração de uma proteína em campo elétrico depende da intensidade do campo elétrico, da carga global da proteína e do coeficiente de atrito (Alberts *et al.*, 2010 p. 517; Berg; Tymoczko; Stryer, 2010, p. 73).

O SDS é um detergente forte iônico, carregado negativamente, tornando o complexo proteína-SDS carregado negativamente, já que a maioria das proteínas se ligam ao SDS na proporção de 1,4g de SDS por g de proteína, facilitando a migração para o polo positivo quando a voltagem é aplicada. A carga negativa que o SDS transfere mascara a carga intrínseca da proteína (Voet; Voet; Gi Pratt, 2008, p.106).

Além disso, a ligação de SDS favorece a solubilização das proteínas a partir da sua desnaturação, conferindo às proteínas uma forma semelhante a bastonetes, logo sua velocidade de corrida é inversamente proporcional a massa da molécula. As proteínas são visualizadas pela adição de um corante, como o azul de Coomassie, que se liga às proteínas, mas não ao gel, sendo assim possível mensurar sua massa molecular por comparação com as posições de

marcadores com massa molecular previamente conhecida (Alberts *et al.*, 2010 p.517; Lehniger, 2014, p.94).

1.7 BIOACESSIBILIDADE DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ENSAIOS DE DIGESTÃO *IN VITRO*

1.7.1 Definição de biodisponibilidade, bioacessibilidade e bioatividade

A biodisponibilidade refere-se à quantidade ou concentração de uma substância que é absorvida pelo organismo, atingindo a circulação sistêmica, tornando-se biodisponível para chegar aos tecidos-alvo na forma intacta ou metabolizada para realizar sua bioatividade ou para serem armazenados (Rodrigues *et al.*, 2022). O termo bioacessibilidade significa a quantidade ou fração de um nutriente ou substância, que durante a digestão no organismo é capaz de migrar da matriz alimentar e se tornar disponível para a absorção na mucosa intestinal. Ou seja, é a fração do componente que resiste às etapas de digestão na boca, no estômago e no intestino, se tornando então, disponível para a absorção sistêmica (Mourão *et al.*, 2005; Mcclements; Li; Xiao, 2015; Rodrigues *et al.*, 2022).

Os ensaios de bioacessibilidade avaliam a proporção ou a extensão em que um composto presente no alimento ingerido é liberado da matriz alimentar durante a digestão no conteúdo luminal e é acessível para absorção no intestino delgado ou biotransformado pela microbiota intestinal. Já a bioatividade representa a atividade dos compostos absorvidos ou seus metabólitos, resultando em efeitos biológicos no organismo (Rodrigues *et al.*, 2022).

1.7.2 Bioacessibilidade dos compostos fenólicos e estudos de digestão *in vitro*

Os ensaios de digestão *in vitro* são essenciais para o desenvolvimento e estudo de matrizes alimentares alternativas e promissoras, sendo essencial conhecer a real influência dos diversos ingredientes na absorção de nutrientes, e o comportamento da matriz durante as fases da digestão simulada *in vitro* (Brodkorb *et al.*, 2019; Minekus *et al.*, 2014). Segundo Shahidi & Dissanayaka (2023) atualmente, a atenção tem sido atraída para a compreensão fundamental do comportamento das macros e micromoléculas alimentares para interpretar a bioatividade no nível molecular.

É reconhecido que o processamento e a digestão dos alimentos desempenham um papel crucial na influência da atividade biológica dos antioxidantes dietéticos. Isso se deve às interações e modificações químicas e estruturais entre as moléculas que afetam a bioacessibilidade e biodisponibilidade dessas substâncias. Portanto, é necessário compreender

como o processo de digestão impacta os compostos bioativos e sua estabilidade, antes de se tirar conclusões sobre quaisquer efeitos potenciais para a saúde (Martinelli *et al.*, 2021).

Os principais pontos fortes dos modelos *in vitro* estáticos são a boa reprodutibilidade intra e interlaboratorial, robustez, simplicidade, custo relativamente baixo e fácil avaliação de cada fase da digestão. Este último ponto os torna bastante adequados para estudos mecanísticos, construção de hipóteses e triagem (Brodkorb *et al.*, 2019).

Métodos de digestão *in vivo* e *in vitro* podem ser utilizados para determinação de bioacessibilidade, porém, o método *in vivo* envolve questões éticas, além de demandar maior gasto e quando se trabalha com seres humanos, controlar as variáveis se torna mais difícil (Rodrigues *et al.*, 2022).

Dentre os diferentes métodos para análise *in vitro*, tem-se o protocolo internacional consensual descrito por Minekus *et al.* (2014), que desenvolveram um método para realização de digestão *in vitro* simulando as condições da digestão *in vivo*, como ocorre no organismo humano. Esse tem as etapas padronizadas, possibilitando a comparação entre diferentes experimentos. As condições fisiológicas da digestão são simuladas *in vitro*, variando pH, concentrações das enzimas e sais envolvidos no processo de digestão. As três etapas digestivas são simuladas sequencialmente: (1) fase oral, contemplando a primeira fase da digestão com ação da enzima amilase; (2) fase gástrica, consiste na ação da enzima pepsina e simula a digestão no estômago; e finalmente, (3) fase entérica ou intestinal, com enzima pancreatina, que mimetiza a etapa que ocorre no intestino (Minekus *et al.*, 2014).

Estudos recentes buscam compreender a bioacessibilidade e biodisponibilidade dos compostos fenólicos, estas pesquisas são essenciais para entender a relação entre a presença destes compostos nos alimentos e as funções fisiológicas e biológicas já relatadas (Honaiser, 2022), já que os compostos fenólicos são conhecidos por interagir com proteínas, alterando sua estrutura e propriedades (Shahidi; Dissanayaka, 2023).

Segundo Campos *et al.* (2020), a digestão *in vitro* de farinhas de resíduos de abacaxi resultou em diminuição do teor de polifenóis totais após a digestão em virtude da perda de compostos fenólicos livres; o aumento da atividade antioxidante foi observado após o processo de digestão das farinhas, estando associado à liberação de fenólicos com maior poder antioxidante. Attri *et al.* (2017), avaliaram sucos de frutas industrializados após digestão *in vitro*, no qual, a amostra de suco de abacaxi mostrou aumento do conteúdo de polifenóis na fase intestinal, e a atividade antioxidante demonstrou comportamento crescente durante a digestão, esse comportamento pode indicar maior liberação de antioxidantes na mucosa intestinal. Juncal Guzman *et al.* (2021) relataram que a bioacessibilidade de compostos fenólicos em barras de

abacaxi desidratado durante a digestão foi de 45%, sendo a galocatequina a mais abundante na fração gástrica e o ácido hidroxicinâmico no final da fração intestinal.

A bioacessibilidade de compostos bioativos também pode ser influenciada pelo sinergismo entre as diferentes matrizes alimentares que ingerimos na mesma refeição, Honaiser *et al.* (2022) analisou a combinação da codigestão de suco de laranja com feijão caupi cozido e constatou o aumento no teor de alguns fenólicos bioacessíveis, principalmente na fase intestinal, sugerindo que os sinergismos alimentares não são desprezíveis para a liberação de polifenóis cítricos no processo de digestão, já que houve aumento do teor de polifenóis bioacessíveis quando comparado a digestão dessas amostras isoladamente.

A complexação de compostos fenólicos com proteínas via ligação covalente e/ou não covalente implica em mudanças estruturais e conformacionais em proteínas, que podem resultar em propriedades favoráveis (efeitos sinérgicos) ou desfavoráveis (antagônicos) a depender das características intrínsecas ou extrínsecas da matriz, sendo estas propriedades afetadas pela ação enzimática durante as fases de digestão, processamento térmico e interações da matriz alimentar (Shahidi; Dissanayaka, 2023). Geralmente, uma pequena porção dos compostos fenólicos está disponível para absorção no intestino, apesar da alta quantidade desses constituintes na matéria-prima, reforçando a importância dos estudos de digestão e bioacessibilidade (Lindemann *et al.*, 2021).

O método de digestão *in vitro* também foi aplicado em análises com sucos de outras frutas, como Silveira (2019) que avaliou o efeito da digestão *in vitro* no teor de polifenóis presentes nos sucos e cascas de laranja e limão e constatou que após a digestão o teor de polifenóis de ambas as frutas sofreu diminuição, assim como a atividade antioxidante, e as cascas, mostraram aumento no teor de polifenóis. De acordo com as pesquisas de Bermúdez-Soto, Tomás-Barberán, García-Conesa (2007) e Lindemann *et al.* (2021), as variações na atividade antioxidante e a bioacessibilidade dos compostos fenólicos podem estar relacionadas a sensibilidade de alguns fenólicos ao pH nas diversas fases da digestão. Esses compostos podem passar por alterações conformacionais que impactam diretamente em suas propriedades químicas e antioxidantes.

Pinto *et al.* (2024) analisaram a bioatividade e bioacessibilidade de compostos antioxidantes extraídos de cascas de castanha. Os resultados indicaram que o extrato não digerido (127,72 μg GAE/mg) teve um conteúdo fenólico total maior quando comparado aos seus extratos da fase da digestão gástrica e intestinal (37,96 e 38,57 μg GAE/mg, respectivamente), alcançando uma bioacessibilidade máxima de 30%.

CAPÍTULO II-

Potencial tecnológico dos resíduos do abacaxi: Uma revisão
bibliográfica e tecnológica

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananás comosus*) é amplamente consumido e comercializado em todo o mundo com a Ásia representando 45,7% e a América 35,5% da produção mundial de abacaxi, tendo a Indonésia como líder da produção global com 3,2 milhões de toneladas produzidas no ano de 2022 (FAO, 2022). Este fruto versátil é apreciado fresco, enlatado, em sucos e em várias outras formas, destacando-se em produtos minimamente processados, sendo a polpa a principal parte de interesse da agroindústria (Yahya *et al.*, 2020). Porém, cerca de 38% dos resíduos do beneficiamento da polpa de abacaxi, como coroas, cascas, extremidades e núcleos ou talos, são descartados, apesar do seu alto valor nutricional (Lima; Souza; Oliveira, 2017; Leonel; Leonel; Sampaio, 2014).

O abacaxi é uma fonte rica em vitamina C, fibras, bromelina e açúcares (Yahya *et al.*, 2020). Por sua vez, os resíduos desses frutos são abundantes em fibras e concentram maiores quantidades de proteínas, lipídeos e minerais em comparação com a polpa. Os compostos bioativos presentes no abacaxi podem apresentar propriedades anti-reumática, anticancerígena, antimicrobiana, cicatrizante, cardioprotetora, hepatoprotetora, antidiabética, uterotônica, antioxidante e anti-helmíntica (Campos *et al.*, 2020; Debnath; Singh; Manna, 2023; Paz-Arteaga *et al.*, 2023a).

Neste contexto, há um interesse crescente das indústrias alimentícias e farmacêuticas em pesquisas para inovar na reutilização de resíduos do abacaxi, visando reduzir o impacto ambiental e maximizar os recursos bioativos disponíveis (Awasthi *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2023; Turazi *et al.*, 2024).

A pesquisa por compostos bioativos, como os polifenóis, está impulsionando avanços tecnológicos para produzir ou reutilizar esses compostos a partir de resíduos orgânicos. Esse processo adere aos princípios da economia circular, transformando resíduos em produtos alimentos ou farmacêuticos valiosos. Isso não só atende às demandas emergentes da indústria, mas também reforça a disponibilidade de componentes benéficos na alimentação (Paz-Arteaga *et al.*, 2023b). Por exemplo, os resíduos do abacaxi apresentam um grande potencial para enriquecer nutricionalmente uma variedade de produtos, como as farinhas, devido à praticidade e versatilidade que oferecem (Campos *et al.*, 2020; Awasthi *et al.*, 2022).

Essa abordagem inovadora tem sido fonte de um amplo espectro de patentes. Essas patentes se baseiam em composições nutraceuticas, combinando frutas e outros vegetais, a fim de explorar a complexidade e sinergia desses alimentos. A utilização tecnológica de componentes ou partes de frutas como o abacaxi destina-se, geralmente, a otimizar os

benefícios nutricionais e funcionais de outros alimentos e produtos nutracêuticos diversos (Mesa *et al.*, 2023).

O abacaxi inteiro é primariamente valorizado e comercializado *in natura*, sendo a composição química de seus resíduos sugestiva para seu aproveitamento em novos produtos e ingredientes alimentares e funcionais. Embora represente uma fruta tradicional em muitos países e de grande distribuição territorial, o potencial tecnológico de seus resíduos ainda é pouco explorado em termos globais. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma prospecção bibliográfica e tecnológica para identificar o estado atual das pesquisas e os avanços tecnológicos, incluindo patentes, relacionados à utilização dos resíduos do abacaxi.

2 METODOLOGIA

Foi realizado um estudo prospectivo tecnológico na base dados de patentes internacionais Espacenet, que é a base de dados do Escritório Europeu de Patentes (EPO), que permite o acesso gratuito a mais de 130 milhões de documentos de patente de escritórios de propriedades industriais governamentais de mais de 100 países, e na base de dados de patentes nacionais do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

A prospecção tecnológica realizada no período de 22 a 26 de setembro de 2022 teve como foco a pesquisa de patentes relacionadas ao aproveitamento integral do abacaxi, com ênfase na utilização da casca, para o desenvolvimento de produtos alimentícios. As palavras-chave escolhidas para a busca na Espacenet incluíram o nome da espécie e da fruta em inglês, seguidas por termos frequentemente encontrados em patentes de interesse, como casca, resíduo, farelo, farinha e pó.

No processo de seleção, foram adotados códigos de classificação internacional de patentes (IPC) específicos, sendo eles A21D2, A21D13 e A21D2/32, essas classificações são relevantes para o processamento de farinha, processamento de farinha com material vegetal e produtos de panificação, respectivamente. Essa abordagem permitiu refinar a busca e direcioná-la para as áreas de interesse específicas relacionadas ao desenvolvimento de produtos alimentícios a partir do abacaxi, com destaque para a utilização da casca.

Além disso, houve a exclusão da categoria "beleza e saúde" na busca, pois essa categoria estava associada a termos que resgatavam patentes não pertinentes ao objetivo da prospecção. Essa medida contribuiu para garantir a relevância e a precisão dos resultados obtidos durante o processo de busca de patentes.

De modo resumido, a estratégia de pesquisa utilizada incluiu os termos e palavras-chaves: (((("ANANAS COMOSUS" OR pineappl*) AND (Residue OR Shell OR waste OR bran OR

peel OR Flour OR Powder)) AND (ipc = A21D2 AND ipc = A21D13 AND ipc = A21D2/36)) NOT (beauty prox/distance<3 health). Realizou-se a busca no título e em todos os campos do texto, resultando em 49 patentes. E então prosseguiu-se com a análise de todos os documentos de patentes concedidas relacionados a processos de casca de abacaxi, produtos ou diferentes aplicações industriais.

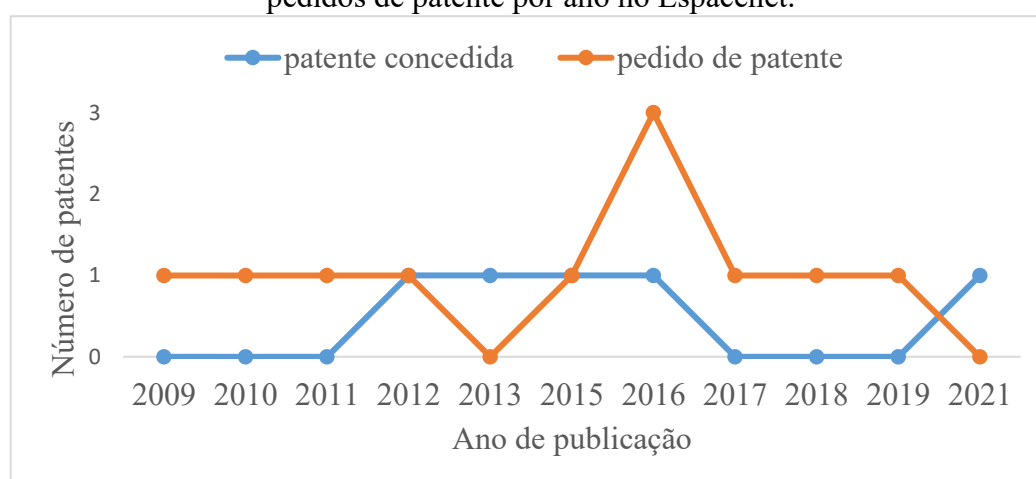
A prospecção tecnológica realizada na base de dados INPI ocorreu utilizando palavras-chaves em português, sendo elas “abacaxi” e “cascas”. Porém, apenas 2 pedidos de patentes foram resgatados, e ambos os documentos não estavam com os seus dados completos expostos para consulta pública.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi identificado um total de 49 documentos de patentes concedidas (Espacenet) e 2 pedidos de patentes no INPI. Esses documentos foram minuciosamente avaliados, considerando o país de origem dos depositantes, tipos de depositantes, inventores envolvidos, a evolução temporal dos depósitos e as diversas áreas de aplicação.

Um aumento significativo no número de publicações de patentes relacionadas a produtos derivados do abacaxi (Figura 1) foi observado em 2014, atingindo seu ápice entre 2016 e 2018. Esse crescimento substancial aponta para o dinamismo e a atualidade da tecnologia na área pesquisada, revelando novas e promissoras possibilidades de aplicação.

Figura 1 – Evolução anual da relação do número de patentes concedida e do número de pedidos de patente por ano no Espacenet.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Durante o período de 2009 a 2021, os países predominantes em depósitos de patentes relacionadas à casca de abacaxi foram a China, que liderou em número de pedidos de patentes, responsável por 90% delas, e o Japão, com 10%. Não foram identificadas patentes brasileiras

na base de dados do Espacenet. No entanto, o INPI revelou a existência de 2 pedidos de patentes relacionados a estudos sobre a utilização da casca como um ingrediente enriquecedor. Isso sugere uma disparidade significativa na atividade patentária, evidenciando uma oportunidade para ampliar e fortalecer a participação brasileira nesse cenário.

Rodriguez *et al.* (2023) realizaram uma pesquisa sobre o uso de frutas amazônicas no desenvolvimento de produtos, identificando um total de 264 documentos de patentes. Houve picos significativos de 33 pedidos em 2016 e 32 em 2019. Contraditoriamente, os resultados apontaram que a região asiática está na vanguarda global nesse campo, seguida pelo Brasil.

Analisando as aplicações tecnológicas com maracujá, Turazi *et al.* (2024) identificaram as principais instituições brasileiras relacionadas a produção de publicações de patentes, sendo elas a Embrapa, a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), cuja produção atingiu seu ápice entre 2015 e 2017.

Em um estudo latino-americano recente conduzido por Solis-Navarrete, Bucio-Mendoza e Stezano-Pérez (2023), foram identificadas notáveis lacunas no desenvolvimento tecnológico relacionado ao cultivo de coco, manga e mamão nos últimos doze anos no México. Uma das soluções propostas para preencher essas lacunas é a promoção da cooperação entre os setores produtivos e acadêmicos, visando impulsionar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico nacional.

No Quadro 1 a seguir, estão listadas as principais patentes de produtos e métodos para o aproveitamento da casca de abacaxi resgatadas na base de patentes Espacenet. Ele evidencia um grande potencial de crescimento na pesquisa e desenvolvimento de produtos alimentícios provenientes da casca do abacaxi, pois dentro das 49 patentes elencadas, somente 20% delas abordam o aproveitamento desses resíduos, indicando um amplo espaço para inovação nesse campo. Além disso, é notável que os produtos descritos nas patentes possuem uma baixa complexidade tecnológica.

Quadro 1 - Patentes de produtos com cascas de abacaxi e métodos de aproveitamento.

PRODUTOS COM CASCAS DE ABACAXI			
Título	Campo técnico	Ano	Código
Macarrão de feijão de fibra dietética de abacaxi fresco	Método de preparação de macarrão de feijão de fibra dietética de abacaxi cru. Campo técnico de massas frescas.	2017	(1)
Pão de casca de abacaxi sem açúcar	Método para fazer produtos de panificação, uma casca de abacaxi sem açúcar. Campo técnico de produção de alimentos de pastelaria.	2009	(2)
Biscoito de Fibra dietética de resíduo de abacaxi e konjac	Método de preparação do biscoito konjac para cuidados com a saúde de fibra dietética de resíduo de abacaxi. Campo técnico de processamento de alimentos.	2016	(6)
Produção e aplicação de extrato de abacaxi sem açúcar	Método para produzir extrato de abacaxi sem açúcar. Promotor de proliferação de células do teto, alimentos e bebidas, uma preparação externa da pele e um restaurador de cabelo.	2015	(8)
Preparação e aplicação combinada de polifenol e suco de abacaxi tomando casca de abacaxi	Método para preparar polifenol de abacaxi e suco de frutas usando casca de abacaxi como matéria-prima. Campo técnico de utilização abrangente da indústria de processamento de alimentos.	2013	(10)
MÉTODOS DE APROVEITAMENTO DA CASCA DE ABACAXI			
Título	Campo técnico	Ano	Código
Extração de fibras alimentares solúveis de resíduos de casca de abacaxi	Método de extração de fibra alimentar solúvel de resíduo de casca de abacaxi. Campo de processamento de produtos agrícolas	2021	(3)
Utilização abrangente de casca de abacaxi	Método de utilização abrangente de casca de abacaxi. Campo da tecnologia de fermentação biológica, um	2018	(4)
Preparo da fibra alimentar solúvel do resíduo de abacaxi	Método de preparação de fibra dietética de abacaxi. Campo técnico de processamento profundo de alimentos de frutas.	2016	(5)
Reutilização da casca de abacaxi	Método para reciclagem de casca de abacaxi. Campo de processamento de produtos agrícolas.	2016	(7)
Preparo da fibra dietética de abacaxi	Método de preparação de fibra dietética de abacaxi. Campo técnico de processamento profundo de alimentos de frutas.	2012	(9)

Nota: (1) CN106538952A; (2) CN101461396A, (3) CN109602028A, CN109602028B; (4) CN107981046A; (5) CN105433394A; (6) CN105410129A; (7) CN104544111A, CN104544111B; (8) JP2012097008A, JP5714869B2; (9) CN102246966A, CN102246966B; (10) CN101648980A, CN101648980B.

Em estudo similar, Oliveira *et al.* (2023) relataram que apenas cerca de 6% das patentes analisadas estavam ligadas à tecnologia de alimentos com propriedades antioxidantes ou não antioxidantes, contrastando com outras áreas como cosméticos e medicamentos, que dominam 94% do mercado. Pereira *et al.* (2023) realizaram uma revisão abrangente sobre a polpa de maracujá, destacando cinco avanços tecnológicos importantes patenteados para essa fruta, sendo estes produtos de alta complexidade tecnológica: microcápsulas contendo polpa, método de preparação enzimática específico, extrato natural com propriedades neuroprotetoras, composições farmacêuticas e método de tratamento para lesões inflamatórias utilizando extrato de *P. Edulis*.

Analisando os códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC) associados as patentes resgatadas tem-se: A21 (cozimento; massas comestíveis), A23 (alimentos ou gêneros; tratamento do mesmo, não coberto por outras classes), C12 (bioquímica; cerveja; fermentados; vinho; vinagre; microbiologia; enzimologia; mutação ou engenharia genética), com representatividade de 90%, 7%, 3%, respectivamente. Observou-se que os principais produtos elaborados são bolos (29%), biscoito (22%) e pão (14%). Onde, para as patentes de biscoitos que somam 60%, evidencia-se o monopólio tecnológico da China.

Nas patentes resgatadas e bibliografias consultadas, observou-se ser recente e ainda escasso o uso das cascas de frutas como ingredientes fonte de fibras e compostos bioativos. Como foi discutido por Oliveira *et al.* (2023) ao analisarem a fruta *Pouteria spp* e seus benefícios advindos dos compostos bioativos, eles sugerem futuras investigações sobre o aproveitamento da casca e sementes desta fruta, destacando que esses resíduos possuem maior concentração de compostos bioativos do que a polpa. Porém, um dos desafios da indústria de alimentos na inserção da casca como ingrediente alimentício está relacionado ao risco microbiológico, dada a necessidade e a complexidade de higienização em comparação com as outras partes do abacaxi, como a polpa e o miolo do abacaxi (Santos *et al.*, 2021).

O desenvolvimento de patentes associadas a métodos de extração mais eficazes tem destacado a crescente necessidade de aprimoramento nas tecnologias visando a viabilização de produção de uma ampla gama de produtos, como nutracêuticos variados, cápsulas, alimentos funcionais, bebidas e suplementos (Mesa *et al.*, 2023).

Apesar do seu enorme potencial, os resíduos de abacaxi ainda não receberam atenção, especialmente na área de pesquisas piloto, são necessários mais estudos visando otimizar os processos gerais e, assim, atender à demanda da indústria (Awasthi *et al.*, 2022). Principalmente porque há demanda de métodos e produtos de extração de metabolitos importantes para o desenvolvimento de novas composições nutracêuticas (Mesa *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2023).

Os compostos bioativos presentes no *Ginkgo biloba*, por exemplo, despertaram um crescente interesse industrial no final do século passado. Isso resultou em um aumento significativo no número de patentes emitidas, principalmente no Japão, China e EUA, relacionadas às folhas e frutos da planta. Esses compostos têm sido alvo de estudos visando a criação de bebidas saudáveis e superalimentos, além de melhorar a qualidade de suplementos e medicamentos (Biernacka; Adamska; Felisiak, 2023). Assim como o *Ginkgo biloba*, utilizado na medicina há séculos, a casca de abacaxi também pode apresentar potencial tecnológico devido aos seus compostos bioativos. Em uma cuidadosa revisão da literatura atual, foram encontrados alguns estudos importantes que identificaram os principais compostos bioativos encontrados no abacaxi, em seus produtos ou em seus resíduos, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Revisão de trabalhos que caracterizaram os compostos bioativos do abacaxi e seus resíduos.

MATRIZ ESTUDADA	COMPOSTOS BIOATIVOS ENCONTRADOS	REFERÊNCIAS
Polpa desidratada	26 compostos fenólicos, dentre eles: ácidos gálico, salicílico, cafeico e ferúlico e flavonoides como catequinas, kaempferol e naringenina)	Juncal Guzman <i>et al.</i> (2021)
Suco da polpa	55 mg de ácido ascórbico por 100 g	Dhakal <i>et al.</i> (2018)
Suco da casca moída	48 mg de ácido ascórbico/100 mL	Difonzo <i>et al.</i> (2019)
Casca e núcleo triturados	conteúdo fenólico total de 0,10 g de GAE/L	Phung <i>et al.</i> (2023)
Extratos da casca	catequina é o principal flavonoide no perfil fenólico seguida da quercetina e do ácido gálico	Yahya (2020)
Extratos do talo e casca	4% para polifenóis totais, ácidos gálicos e hidroxibenzóico	Sepúlveda <i>et al.</i> (2018)
Coroa	atividade proteolítica (bromelaína)	Mala; Sadiq; Anal (2021)
Bebida fermenta de casca	ácido tartárico, cítrico, ascórbico, acético e ferúlico	Selvanathan; Masngut (2023)
Casca de abacaxi	19,50 mg/100 g de ácido ferúlico, 31,76 mg/100 g de ácido gálico, 50,00 mg/100 g de epicatequina juntamente com 58,51 mg/100 g de catequina e conteúdo polifenólico total de 7,98 mg GAE/g	Li <i>et al.</i> (2014)
Farinhas de coroa de abacaxi	Compostos fenólicos totais de até 1325,70 mg GAE/100 g ⁻¹ . Os principais fenólicos foram o ácido p-cumárico, ácido ferúlico e 4-hidroxibenzaldeído e os principais ácidos graxos livres foram os ácidos palmíticos, ácido linoléicos e ácido oleicos.	Brito <i>et al.</i> (2021)
Casca de abacaxi	Os polifenóis pirocatecol, quercetina, ácido gentísico, miricetina, apigenina, ácido cinâmico, três compostos fenólicos (ácido gálico, hidroxitirosol e ácido elágico), ácido trans-4-cumárico, kaempferol, ácido criptoclorogênico, ácido caféico, ácido siríngico, ácido ferúlico, ácido clorogênico e ácido p-hidroxibenzóico.	Polaki <i>et al.</i> (2024)
Casca de abacaxi	O conteúdo fenólico foi de 7,16 a 13,53 mg GAE/g, o maior teor de flavonóides foi de 10,88 mg QE/g .	Bansod; Parikh; Sarangi (2023)
Casca e núcleo de abacaxi desidratados	Amostras de núcleo e casca de abacaxi apresentaram 41,43–42,19 µmol Trolox.g ⁻¹ e 38,55–39,73 µmol Trolox.g ⁻¹ matéria seca, respectivamente. Já para o conteúdo fenólico as amostras com maiores resultados foram as amostras pressurizadas de casca e núcleo de abacaxi que apresentaram 81,67 mg CAE.g ⁻¹ e 80,89 mg CAE.g ⁻¹ matéria seca, respectivamente.	Santos <i>et al.</i> (2021)

Farinhas de caules e cascas de abacaxi	foi avaliado o teor de compostos fenólicos ao longo da fermentação da microbiota intestinal humana, e foi observado uma alta liberação de derivados de ácidos hidroxicinâmicos, como caféico, cumárico e ferúlico.	Campos <i>et al.</i> (2020)
---	--	-----------------------------

Os resultados presentes na Tabela 1 indicam a presença de diversos compostos benéficos na casca de abacaxi, apresentando uma variedade de polifenóis e flavonoides em diferentes partes, como polpa, suco, casca, talo, coroa e farinha. Esses compostos conferem diversos benefícios nutricionais e funcionais ao abacaxi (Bansod; Parikh; Sarangi, 2023). Porém, as quantidades específicas desses compostos podem variar dependendo de fatores como variedade de abacaxi, estágio de maturação, clima e métodos de análise (Matos; Sanches, 2013).

Difonzo *et al.* (2019) encontraram níveis de vitamina C no suco de casca de abacaxi moída (48 mg de ácido ascórbico/100 mL) que atendem às recomendações diárias de ingestão para adultos estabelecidas pela ANVISA, que preconizam 45 mg de ácido ascórbico (BRASIL, 2005), apresentando potencial para suplementação vitamínica.

Solis-Navarrete, Bucio-Mendoza e Stezano-Pérez (2023) destacaram a importância de criar estratégias que facilitem a utilização do conhecimento e das inovações provenientes do setor científico, fortalecendo a conexão e cooperação entre a academia e o setor produtivo. Os autores destacam a relevância de adotar medidas de vigilância tecnológica, análise técnica e proteção legal para capitalizar as oportunidades de mercado.

A pesquisa científica tem avançado consideravelmente, especialmente na área dos compostos bioativos, como os fenólicos do abacaxi e seus resíduos. Estudos recentes têm se concentrado em várias frentes, incluindo a fermentação (Paz-Arteaga *et al.*, 2023b), técnicas aprimoradas de extração (Paz-Arteaga *et al.*, 2023b), desenvolvimento de novos produtos (Kapoor, Kapoor, Aggarwal, 2023), alimentos funcionais (Males *et al.*, 2023), probióticos (Langaroudi; Nouri; Azizi, 2023), propriedades antimicrobianas (Campos *et al.*, 2020; Dewi; Simamora, 2023) e filmes comestíveis (Jitrawadee; Rungsinee, 2023).

Males *et al.* (2023) adicionaram extratos vegetais (tomilho (*Thymus serpyllum* L.) e sálvia (*Salvia officinalis* L.)) em sucos de frutas, incluindo suco de abacaxi, observando um aumento na quantidade de compostos fenólicos em todos os sucos e um aumento em suas propriedades antioxidantes, sugerindo um potencial significativo para a criação de bebidas funcionais.

Assim como, Phung *et al.* (2023) que conduziram uma pesquisa sobre os efeitos da kombuchá, produzida a partir da infusão de chá preto e cascas e núcleos de abacaxi, como uma matéria-prima alternativa ao açúcar. Os resultados revelaram um aumento significativo nos

níveis de compostos fenólicos totais, propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Esse aprimoramento foi atribuído à presença de ácidos orgânicos e outros componentes bioativos, incluindo polifenóis e compostos orgânicos voláteis, que demonstraram eficácia contra bactérias gram-negativas e gram-positivas. Brito *et al.* (2021) estudaram o potencial antimicrobiano de óleos essenciais extraídos da farinha da coroa do abacaxi e relataram haver potencial bactericida contra *B. cereus*, *E. coli* e *L. monocytogenes* que pode estar associado a alguns dos compostos voláteis identificados, como o fitol, linalol e α -terpineol, agindo isoladamente ou por efeitos sinérgicos. Assim como Campo *et al.* (2020) observou em farinhas de resíduos de abacaxi a inibição do crescimento de filos e cepas indesejáveis, como *bacteroides* spp.

Além disso, a detecção de quantidades substanciais de açúcares na casca e núcleo de abacaxi, como glicose, frutose e sacarose, com teores de 22,93, 18,87 e 10,80 g/kg de peso fresco, respectivamente, sugere uma promissora alternativa para a substituição parcial ou total da sacarose, um açúcar frequentemente utilizado na produção de kombucha. Estes resultados evidenciam o amplo potencial que os resíduos do abacaxi possuem como suplemento na produção de bebidas funcionais de kombucha (Phung *et al.*, 2023).

Já Langaroudi; Nouri; Azizi (2023) constataram que o suco de abacaxi é uma matriz adequada para a propagação e crescimento de probióticos, sendo uma opção ideal para nutrição específica, especialmente para pessoas com restrições de lactose e colesterol.

O chá de casca de abacaxi, especialmente quando preparado a 60°C, maximiza os componentes bioativos, a atividade antioxidante e a capacidade antimicrobiana demonstrando eficácia contra o crescimento de *Bacillus subtilis* e *Candida albicans*, destacando-se como uma opção para produção de chás herbais (Dewi; Simamora, 2023).

Paz-Arteaga *et al.* (2023a) também concluíram que os resíduos de abacaxi são uma fonte promissora de compostos fenólicos com propriedades antimicrobianas. Após a fermentação com *A. Niger* GH1 e extração por ultrassom, o extrato resultante demonstrou eficácia contra *S. aureus* e *L. monocytogenes*. Os componentes principais desse extrato, incluindo 3,4-DHPEA-EA, Phloretin 2'-O-xilosil-glicosídeo e ácido feruloil tartárico, destacam-se como potenciais agentes antimicrobianos naturais.

Enquanto Campos *et al.* (2020) relataram que farinhas de cascas e caules de abacaxi promoveram o crescimento de microrganismos probióticos, como *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp que são grupos bacterianos associados à saúde da microbiota intestinal, desempenhando papéis importantes na manutenção da saúde gastrointestinal e no suporte ao sistema imunológico.

Paz-Arteaga *et al.* (2023b) examinaram uma nova alternativa para a produção de compostos bioativos utilizando *Aspergillus niger* GH1 para fermentação em estado sólido (SSF) de casca e núcleo de abacaxi, observando um aumento de 72,31% nos fenóis livres, positivamente relacionados à atividade antioxidante. Além disso, as atividades das enzimas β -glucosidase e celulase foram aumentadas pelo SSF e positivamente associadas a ácidos fenólicos livres, como o ácido 5-cafeoilquínico.

Pensando nas propriedades antioxidantes, Jitrawadee; Rungsinee (2023) desenvolveram um revestimento comestível de casca de abacaxi, rico em fenólicos totais. Esse revestimento, feito de pectinas de alta qualidade, exibe notáveis propriedades funcionais, mostrando um forte potencial de mercado, similar aos produtos desenvolvidos por Kapoor; Kapoor; Aggarwal (2023). Esses autores criaram geleias utilizando bagaço de abacaxi, observando uma resistência maior à gelificação em comparação com geleias feitas de bagaço de goiaba, maçã, milho e uma mistura destes. Além disso, as geleias demonstraram um elevado potencial bioativo e uma atividade antioxidante significativa. Esses produtos representam uma nova geração de alimentos de baixo custo, aproveitando os resíduos da indústria de bebidas, proporcionando vantagens adicionais ao oferecer uma fonte adicional de renda para essa indústria.

Embora os resíduos de ananás de qualidade alimentar possuam um potencial significativo, como observado na literatura, observa-se a falta de atenção dedicada a eles nas patentes internacionais e nacionais. Portanto, assim como Awasthi *et al.* (2022) constatou em seu artigo de revisão sobre a conversão de resíduos de abacaxi em fonte emergente de alimentos saudáveis, é crucial empregar abordagens inovadoras nos procedimentos de processamento para otimizar esse recurso subutilizado.

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo, tanto bibliográficos quanto tecnológicos, revelam o potencial promissor da casca de abacaxi, como matriz alimentar vegetal. A tecnologia investigada revela-se, ainda que incipiente, uma área de pesquisa promissora, considerando as características e potencialidades dos produtos provenientes da casca de abacaxi. Conclui-se, portanto, que há um amplo campo para o desenvolvimento de alimentos a partir dos resíduos do abacaxi, especialmente a casca, que é rica em fibras alimentares e compostos bioativos, como os compostos fenólicos. Indústrias, universidades e empresas podem explorar essa oportunidade, visto que os produtos derivados da casca podem oferecer benefícios à saúde.

CAPÍTULO III-

Efeito da codigestão da casca de abacaxi (*Ananas comosus* L.) com o feijão comum preto (*Phaseolus vulgaris* L.): análise do potencial bioativo e proteico

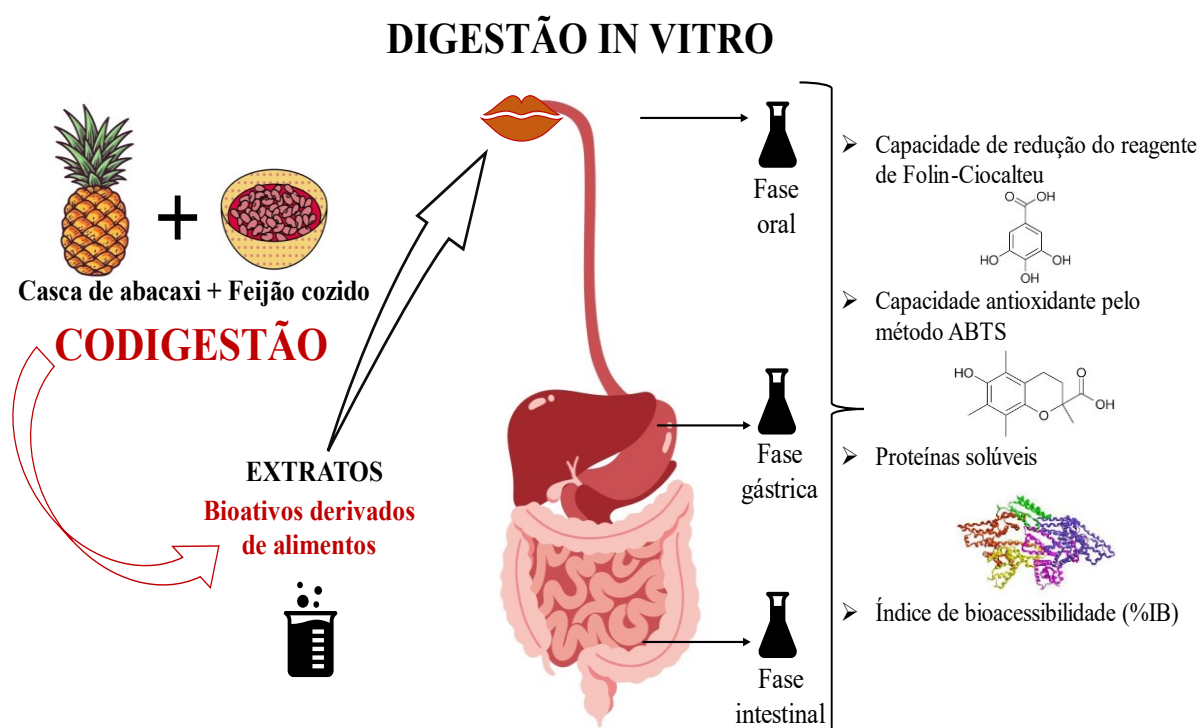
Maria Deyonara Lima da SILVA¹;
Joana de Almeida ZANETTI¹;
Ana Carolina Maisonnave ARISI¹;
Isabela Maia Toaldo FEDRIGO¹.

¹ Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Departamento de Ciência de Alimentos, Laboratório de Biologia Molecular, deyonara09@gmail.com; bela.toaldo@gmail.com.

DESTAQUES

- ⇒ Extração hidroetanólica a 70°C da casca de abacaxi obteve maior eficiência bioativa;
- ⇒ O molho prévio do feijão diminuiu os resultados da capacidade redutora e antioxidante;
- ⇒ O feijão com casca de abacaxi (FCCA) apresentou maior atividade antioxidante na fase intestinal do que o Feijão isoladamente;
- ⇒ O FCCA apresentou maior bioaccessibilidade na capacidade redutora e antioxidante que a casca de abacaxi;
- ⇒ Na fase da digestão oral observaram-se menores valores da capacidade redutora em todas as amostras;
- ⇒ Na fase da digestão intestinal observaram-se maiores capacidades redutoras e antioxidantes em todas as amostras.

RESUMO GRÁFICO



RESUMO

O abacaxi, uma fruta tropical bastante conhecida no Brasil, é ainda pouco explorado quanto a seus resíduos e composição bioativa, apesar de ser amplamente utilizado na produção de derivados como sucos e compotas. Neste estudo inovador empregando cascas de abacaxi, o objetivo da pesquisa foi analisar o potencial bioativo e proteico da casca de abacaxi como ingrediente alimentar em conjunto com o feijão cozido, utilizando a codigestão *in vitro*. A caracterização físico-química, o perfil proteico e a bioacessibilidade de compostos fenólicos foram avaliados em amostras de casca de abacaxi e feijão, simulando as fases de digestão *in vitro*. Em ensaios com cascas de abacaxi (CA), foram também pesquisados métodos mais eficientes de extração, empregando diferentes temperaturas (40 e 70°C) e solventes (água e etanol) para extração de compostos fenólicos bioativos, avaliada em termos da capacidade redutora e atividade antioxidante *in vitro* dos extratos. Com os resultados, observou-se que a extração hidroetanólica a 70°C demonstrou maior eficácia na extração de fenólicos da CA, conforme a maior quantificação da capacidade redutora (337,7 mg GAE/100g) e antioxidante (301,3 µmol TEAC/100g). O efeito do molho prévio e cozimento do feijão foi analisado e constatou-se que o molho prévio do feijão resultou em uma redução significativa dos compostos fenólicos totais (capacidade redutora) e atividade antioxidante, onde o feijão cozido com molho (FCCM) apresentou 137,0 mg GAE/100g e 185,4 µmol TEAC/100g e foi inferior ao feijão cozido sem molho com 233,7 mg GAE/100g e 283,1 µmol TEAC/100g e ao feijão *in natura* com 599,3 mg GAE/100g e 270,1 µmol TEAC/100g. A amostra codigerida de feijão cozido com molho mais a casca de abacaxi (FCCA) da fase intestinal apresentou atividade antioxidante de 731,6 µmol TEAC/100g equiparando-se à CA (832,0 µmol TEAC/100g). A amostra FCCA revelou índice de bioacessibilidade da capacidade redutora de 105,5%, superior a casca de abacaxi (69,6%), evidenciando que a combinação da casca de abacaxi com o feijão proporcionou um aumento de fenólicos bioativos. As proteínas solúveis totais da amostra FCCA foram iguais estatisticamente aos resultados da FCCM e superior ao da CA isoladamente. Os resultados encontrados incentivam a utilização da casca de abacaxi na alimentação humana.

Palavras-Chave: Bioacessibilidade; Compostos fenólicos; Economia circular; Matrizes vegetais; Reaproveitamento de resíduos.

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* L.) destaca-se como uma das principais frutas tropicais em todo o mundo (Ali *et al.*, 2020). Sua produção concentra-se principalmente no fornecimento de frutas frescas ou minimamente processadas para consumo (Hossain, 2016). No entanto, o processamento dessa fruta gera uma quantidade significativa de resíduos, chegando a 9 toneladas para cada 12 toneladas de abacaxis processados (Banerjee *et al.*, 2018).

O processamento do abacaxi resulta em aproximadamente 60% do peso total do fruto em resíduos, na forma de casca, miolo, coroa e bagaço (Singh, Sarangi., Singh, 2018). A gestão eficaz desses resíduos torna-se crucial para promover a sustentabilidade alimentar,

especialmente considerando que a eficiente utilização de resíduos é um desafio significativo nos setores de processamento de vegetais e frutas (Awasthi *et al.*, 2022).

A preocupação central reside na perda de fitoquímicos essenciais, com propriedades antioxidantes e anticarcinogênica, associados aos resíduos descartados pela indústria agroindustrial (Banerjee *et al.*, 2018; Bansod; Parikh; Sarangi, 2023).

A crescente demanda por alimentos ecologicamente sustentáveis e benéficos à saúde está cada vez maior (Banerjee *et al.*, 2018; Lima; Souza; Oliveira, 2017). Esta procura se deve à divulgação de dados epidemiológicos que destacam a relação inversamente proporcional entre dietas ricas em compostos bioativos e o risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis. Assim, as cascas de frutas se tornaram alternativas almejadas na indústria para a produção de alimentos com baixo teor calórico, rico em fibras, fitoquímicos e sustentáveis (Camargo *et al.*, 2018, Banerjee *et al.*, 2018; Pintado *et al.*, 2020; Rodrigues *et al.*, 2021).

Paralelamente, o feijão desempenha um papel fundamental na culinária brasileira, oferecendo uma abundância de proteínas, aminoácidos essenciais e fitoquímicos com aplicações tanto na indústria farmacêutica quanto na alimentícia, como um ingrediente funcional (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; Hamadou *et al.*, 2022). Sua associação à prevenção de doenças metabólicas, à mitigação da insegurança alimentar e à prevenção de doenças neurodegenerativas tem sido destacada (Hamadou *et al.*, 2022).

A interação entre compostos fenólicos e proteínas desempenha um papel fundamental na potencialização de diversas atividades biológicas, como as propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antialérgicas. Portanto, supõe-se que a sinergia entre os componentes bioativos presentes no feijão e na casca de abacaxi possa favorecer uma maior bioacessibilidade de compostos bioativos, corroborando com pesquisas anteriores (Shahidi; Dissanayaka, 2023).

O presente trabalho teve como objetivo realizar ensaios de digestão *in vitro* para verificar os efeitos das interações entre a casca de abacaxi e o feijão preto cozido na bioacessibilidade dos compostos fenólicos, atividade antioxidante e teor proteico destas matrizes alimentares. O conhecimento do potencial bioativo em codigestão visa contribuir para a valorização dos resíduos agroindustriais como ingredientes alimentares e novos produtos, aumentando seu potencial de mercado, com impacto aos consumidores, indústrias de alimentos e nutraceuticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAS

Como material vegetal foram utilizados grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) adquiridos em sacos de polietileno de 1 kg. Já a obtenção da casca de abacaxi (*Ananas comosus*) foi realizada a partir de frutos maduros de abacaxis, com 11 °Brix e pH 3,70. As duas matrizes foram adquiridas no comércio local de Florianópolis-SC e transportadas até o Laboratório de Biologia do Departamento de Ciência de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina. As amostras de feijão e abacaxi, após beneficiamento, foram codificadas para as seguintes análises como CA (casca de abacaxi), FCCM (feijão cozido com molho), FCSM (feijão cozido sem molho), feijão *in natura* (FIN) e FCCA (feijão cozido com molho mais casca de abacaxi).

2.1.1 Preparo das amostras

2.1.1.1 Cozimento e trituração dos grãos de feijão comum

Os grãos (200g) da amostra FCSM e FCCM foram cozidos em 1000 mL de água destilada durante 45 minutos em panela de pressão, contados a partir do início da ebulição. A amostra FCCM foi previamente deixada de molho em água destilada. Após 12 horas intermitentes a água foi drenada e os grãos cozidos conforme o procedimento anterior, seguindo a metodologia de Honaiser (2022) com modificações. Após o cozimento, os grãos de feijão da amostra FCSM e FCCM foram coletados juntamente ao caldo (água do cozimento), de modo a prevenir perdas de componentes solúveis do feijão e a simular o preparo e o consumo habitual deste alimento. Em seguida após aplicar nitrogênio líquido as amostras foram maceradas em graal de porcelana e congeladas em tubos falcon. A amostra FCCM foi selecionada para análises de digestão *in vitro* para simular o consumo habitual, pois o molho prévio ao cozimento do feijão é um procedimento recomendado para reduzir o conteúdo de fatores antinutricionais naturalmente presentes nas leguminosas. Esta amostra, em conjunto com a casca de abacaxi numa proporção de 1:1, originou a amostra FCCA.

Já a amostra de feijão *in natura* (100g) foi triturada após tratamento com nitrogênio líquido em moinho analítico. As amostras foram transferidas para tubos falco e armazenadas a -20°C até o momento das análises.

2.1.1.2 Obtenção da casca do abacaxi

Os frutos foram selecionados quanto à ausência de defeitos e fase de maturação e posteriormente foram sanitizados e descascados. Os frutos foram lavados com sabão neutro e água corrente, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a $100 \mu\text{L L}^{-1}$, por 15 minutos, e drenados. Posteriormente, os frutos foram descascados, manualmente, com auxílio de faca e a polpa foi utilizada para aferir o grau brix da fruta em triplicata com refratômetro digital portátil à temperatura de $18,9 \text{ }^\circ\text{C}$ e aferição do pH em pHmetro digital. As cascas, após tratamento com nitrogênio líquido, foram moídas em moinho analítico até textura homogênea, acondicionadas separadamente em tubos falcon a -20°C até análises posteriores.

2.1.2 Determinação da composição centesimal

A determinação da composição centesimal da amostra CA, FCSM e FIN foi realizada de acordo com a metodologia AOAC (2012), no qual o teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$, até massa constante; a determinação de cinzas foi realizada pelo método gravimétrico de incineração, em forno mufla a $550 \text{ }^\circ\text{C}$ e o teor de proteínas foi determinado pelo método de nitrogênio total (método de Kjeldahl), considerando-se o fator de conversão para proteína bruta de 6,25, enquanto o teor de carboidratos totais foi calculado por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, cinzas, proteínas e lipídios. Já o teor de lipídios totais foi determinado pelo método de Goldfish (Cecchi, 2003). Os resultados foram expressos em g por 100 g de amostra.

2.1.3 Obtenção dos extratos metanólicos, aquosos e hidroetanólicos para determinação da atividade antioxidante *in vitro*

A extração aquosa foi realizada conforme Honaiser *et al.* (2022) com modificações para as amostras de casca de abacaxi, e a extração com metanol foi realizada de acordo com Laparra, Glahn e Miller (2008) para as amostras de feijão.

Para a amostra CA, inicialmente, realizou-se testes prévios visando otimizar a extração de compostos bioativos empregando os solventes água e solução hidroetanólica água: etanol 50% (m/m). Foi pesado 5 g de cada amostra moída e misturada com 20 mL de solvente extrator (solução hidroetanólica ou água), seguindo-se a extração por 30 minutos nas temperaturas de 40°C e 70°C em banho termostatizado.

Já para as amostras de feijão não foram necessários testes prévios pois a metodologia de extração de compostos bioativos já está estabelecida no grupo de pesquisa do presente

trabalho. Onde, para as amostras FCCM, FCSM e FIN, a extração metanólica foi realizada com 1 g de amostra moída e 5 mL de metanol acidificado (HCl 1,0 M, 85:15, v/v) por 1 h a 21°C em banho termostatizado.

Os tubos falcon contendo as misturas de extratos das amostras CA, FCCM, FCSM, FIN foram centrifugados a 3000 rpm por 10 min, em seguida, os sobrenadantes foram coletados e armazenados a -20°C até as análises de determinação da capacidade antioxidante *in vitro*.

2.1.4 Determinação da capacidade antioxidante *in vitro*

2.1.5.1 Capacidade de redução do reagente de Folin-Ciocalteu

A quantificação de antioxidantes nas amostras, como os compostos fenólicos, foi baseada na determinação da sua capacidade redutora utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu, com leitura de absorbância em espectrofotômetro digital (Rayleigh, UV-1800), a 760 nm e os resultados expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra (Singleton; Rossi, 1965). Foi construída uma curva padrão de ácido gálico, de 5 pontos na faixa de 0 a 1000 mg L⁻¹. A concentração de ácido gálico utilizando a equação da reta obtida durante a construção da curva padrão:

$$Y = ax + b$$

Sendo:

X= concentração ácido gálico (mg GAE/L)

Y= absorbância

2.1.5.2 Capacidade antioxidante pelo método ABTS

A atividade antioxidante *in vitro* foi determinada pelo método ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico), onde a absorbância foi medida em espectrofotômetro (Rayleigh UV-1800) a 754 nm, nos tempos zero (sem amostra) e após 3 minutos da adição da amostra, conforme a metodologia descrita por Re *et al.* (1999) e os resultados expressos μmol de equivalente Trolox por 100g de amostra (μmol TEAC/100g). Foi construída uma curva padrão de Trolox, de 6 pontos na faixa de 0 a 2000 μM. A partir dos valores no tempo Zero e após 3 minutos foi calculado a porcentagem de inibição utilizando a fórmula descrita abaixo:

$$(\% \text{ inibição}) = ((1 - A_f) / A_0) \times 100$$

A concentração de Trolox utilizando a equação da reta obtida durante a construção da curva padrão:

$$Y = ax + b$$

Sendo:

X= concentração Trolox ($\mu\text{mol/L}$)

Y= %inibição

2.1.5 Digestão enzimática *in vitro*

A digestão *in vitro* foi realizada individualmente para as amostras CA e FCCM, e a codigestão (FCCA) foi realizada a partir da digestão conjunta das amostras CA e FCCM, desde a fase oral até o final da digestão (fase intestinal). As amostras (individuais ou da codigestão) foram pesadas, suspensas em água destilada contendo CaCl_2 e a respectiva enzima de cada fase da digestão (oral, gástrica e intestinal) e adicionadas em frascos cônicos de vidro. As misturas foram submetidas à digestão sequencial *in vitro* em banho termostaticado a 37°C com agitação automática a 90 rpm. Em um mesmo frasco e durante a digestão, as enzimas das fases oral, gástrica e intestinal foram adicionadas sequencialmente, e ao final de cada fase, os respectivos frascos foram retirados do banho, sendo as misturas coletadas, centrifugadas a 4000 rpm por 10 minutos e o sobrenadante armazenado a -20°C de acordo com método consensual de Minekus *et al.* (2014).

Para a fase oral, 5 g de amostra (ou 2,5 g de cada amostra para codigestão) foram misturados com 5 mL de fluido salivar simulado (FSS) composto pela enzima α -amilase (75 U/mL) e CaCl_2 (0,75 mol/L), sendo o pH ajustado para 7,0 com solução de NaOH 1 mol/L. A mistura foi aquecida em chapa aquecedora até a temperatura de 37°C , e em seguida transferida para grau de porcelana e macerada por 2 minutos com auxílio de pistilo.

A mistura (10 mL) proveniente da fase oral foi transferida para um novo frasco de vidro, procedendo-se a fase gástrica. Nesta fase, misturou-se fluido gástrico simulado (FGS) composto por pepsina (2000 U/mL) e CaCl_2 (0,075 mol/L) em pH 3,0, ajustado com HCl 1 mol/L. O volume total foi de 20 mL (10 mL da fase oral + 10 mL FGS), sendo a mistura submetida à digestão a 37°C em banho termostaticado por 2 horas.

Na sequência, a mistura (20 mL) proveniente da fase gástrica foi adicionada de fluido intestinal, iniciando-se a fase intestinal da digestão. Foram adicionados 20 mL de fluido intestinal simulado (FIS) contendo a mistura enzimática pancreatina (800U/mL) e CaCl_2 (0,3 mol/L). O volume total foi de 40 mL (20mL da fase gástrica + 20 mL FIS) em pH 7,0, sendo a mistura submetida à digestão por 2 horas a 37°C .

2.1.6 Determinação do teor de proteínas

A concentração total de proteínas solúveis nos extratos e nas frações bioacessíveis das amostras CA, FCCM e FCCA foi determinada através do método espectrofotométrico de Bradford (1976), com albumina sérica bovina (BSA) sendo utilizada como padrão. As leituras de absorbância foram realizadas no comprimento de onda de 595 nm e os resultados expressos em mg/g.

O reagente corante de Bradford foi preparado diluindo 1 parte do corante Coomassie blue com 4 partes de água destilada e deionizada. Depois foi filtrado para remover partículas e armazenado em frasco de vidro revestido com papel alumínio.

O padrão proteico utilizado foi de 1 mg/mL de BSA. A calibração do espectrofotômetro foi realizada utilizando 50 µL de soluções analíticas de referência nas concentrações de 0, 100, 200, 300, 400, 500 e 1000 µg de BSA em 2,5 mL de reagente de Bradford, obtendo-se um $R^2 = 0,98$.

A obtenção dos extratos de casca de abacaxi e feijão cozido com molho foi realizada com a moagem e misturando-se água destilada fria com pH 9,5 na proporção de 1:1 (casca de abacaxi) e 1:10 (feijão cozido) por três minutos. Em seguida centrifugada a 15.000×g por 30 min, sendo o sobrenadante armazenado a -20°C (Ketnawa, Chaiwut, Rawdkuen, 2012; Sun *et al.*, 2023). Para a análise das amostras, 50 µL de cada extrato foram adicionados em 2,5 mL de reagente de Bradford e a mistura mantida no escuro por 5 min. Em seguida, foi realizada a leitura direta em espectrofotômetro a 595 nm.

2.1.7 Índice de Bioacessibilidade

Para avaliar o efeito da digestão *in vitro* na capacidade redutora e atividade antioxidante das amostras antes e após digestão *in vitro*, foi calculado o índice de bioacessibilidade (IB) usando a seguinte equação (1) (Ortega *et al.*, 2011).

$$IB (\%) = A/B * 100 \quad (1)$$

Onde A é o resultado no final da fase intestinal e B é resultado antes da digestão.

2.1.8 Análise estatística

Nas análises da extração de bioativos da casca de abacaxi, utilizando diferentes solventes e temperaturas, foram analisados quatro grupos distintos: extrato aquoso a 40°C, extrato aquoso a 70°C, extrato hidroetanólico a 40°C e extrato hidroetanólico a 70°C. Já no

estudo sobre a influência do tratamento térmico e molho no feijão, foram analisados três grupos: FCCM, FCSM e FIN. E para a digestão *in vitro*, foram comparados três grupos: FCCM, CA e FCCA. Estas análises foram conduzidas em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida do teste Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software estatístico STATISTICA versão 13 (2018) (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DA CASCA DO ABACAXI E DO FEIJÃO *IN NATURA* E COZIDO

A composição físico-química das leguminosas e dos frutos pode ser influenciada por fatores genéticos, ambientais e por variáveis inerentes ao seu beneficiamento (Anjos Barros *et al.*, 2020; Sombié Paed, 2018). Por isto, a ciência busca caracterizar os alimentos levando em consideração todas as variáveis possíveis para obter uma caracterização mais fidedigna e para mitigar características indesejadas como os fatores antinutricionais.

Na Tabela 1 são exibidos os resultados das análises da composição centesimal da casca do abacaxi, assim como do feijão-comum, tanto *in natura* quanto cozido sem molho.

Tabela 1 – Composição centesimal (g/100g) da casca do abacaxi e do feijão-comum *in natura* e cozido sem molho.

AMOSTRAS	PROTEÍNAS	LIPÍDIOS	CINZAS	UMIDADE	CARBOIDRATOS
CASCA DE ABACAXI	0,8±0,2	2,0±1,0	0,9±0,0	80,3±0,2	16,0
FEIJÃO <i>IN NATURA</i>	20,8±0,5	2,9±0,5	3,8±0,0	13,6±0,0	58,9
FEIJÃO COZIDO SEM MOLHO	6,5±1,4	2,7±0,3	1,2±0,1	69,8±0,7	19,9

Os valores são a média de três determinações independentes ± desvio padrão.

Para a casca de abacaxi, foi observado que os carboidratos são os macronutrientes mais representativos. Dias; Sajiwanie & Rathnayaka (2020) desenvolveram um pó de casca de abacaxi e observaram valores centesimais, em base seca, para proteínas ($0,17 \pm 0,03$), lipídeos ($0,99 \pm 0,16$), cinzas ($4,56 \pm 0,03$), carboidratos ($82,61 \pm 0,10$) e umidade ($82,93 \pm 0,17$) próximos aos observados em nosso estudo. O pó desenvolvido pelos autores apresentou um aroma agradável, alta capacidade de absorção de água e intumescimento, indicando potencial hidrocoloide. Resultados como estes abrem caminho para a implementação da economia circular na cadeia do abacaxi, em resposta à crescente conscientização da necessidade de redução de resíduos e proteção do meio ambiente.

Observou-se que o cozimento do feijão influencia na diminuição do teor de proteínas, muito provavelmente pela diminuição dos fatores antinutricionais de origem proteica. Os resultados confirmam que o feijão é uma fonte rica em proteínas, já que o teor de proteína varia de 16,54% a 25,23% (Celmeli *et al.*, 2018), sendo uma alternativa proteica vegana e mais barata que a proteína animal. Para proteínas e lipídeos do feijão *in natura* (FIN), observou-se valores próximos aos do feijão bóer ($26,11 \pm 0,06$ e $2,45 \pm 0,16$) e feijões pretos ($22,97 \pm 0,09$ e $2,29 \pm 0,25$) (Sousa *et al.*, 2020).

3.2 EFEITOS DA EXTRAÇÃO E COZIMENTO NO CONTEÚDO FENÓLICO

Sabemos que para estimar a bioacessibilidade dos antioxidantes através de simulações de digestão *in vitro*, é essencial ter conhecimento do teor real de polifenóis bioativos presentes nas matrizes alimentares. Isso é crucial, uma vez que o índice de bioacessibilidade é calculado a partir do resultado da matriz e da fração bioacessível da fase da digestão intestinal. Assim, realizamos um estudo preliminar para aprimorar a extração de compostos bioativos das cascas de abacaxi. Experimentamos diferentes solventes, incluindo água e uma mistura etanólica, em duas temperaturas distintas (40°C e 70°C), os resultados detalhados das extrações estão apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Extração aquosa (EA) e hidroetanólica (EH) a 40°C e 70°C da casca de abacaxi.

Extratos da casca de abacaxi	EA 40°C	EA 70°C	EH 40°C	EH 70°C
Capacidade redutora do Folin-Ciocalteu (mg GAE/100g)	207,3 ^{bc} ±0,00	195,3 ^c ±0,04	259,0 ^b ±0,01	337,7 ^a ±0,01
Atividade antioxidante (µmol TEAC/100g)	234,3 ^a ±0,22	240,7 ^a ±0,24	269,8 ^a ±0,25	301,3 ^a ±0,30

Os valores são a média de três determinações independentes ± desvio padrão. Diferentes letras minúsculas representam diferença significativa entre extratos de casca de abacaxi (teste de Tukey $p < 0,05$).

No presente estudo observou-se que a maior concentração de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante foi obtida na extração nas condições de 70°C com solução hidroetanólica, apresentando maior eficiência que às demais extrações. Também se observou que os menores valores foram obtidos nas extrações aquosas.

Embora a maioria dos compostos fenólicos seja solúvel em soluções aquosas, a eficácia na extração desses compostos de materiais vegetais depende crucialmente da escolha do solvente e temperatura empregados (Alothman; Bhat & Karim, 2009; Dorta; Lobo & Gonzalez, 2012; Getachew *et al.*, 2022). Temperaturas mais elevadas ampliam o poder do solvente

favorecendo o aumento do rendimento da extração de componentes bioativos (Slařcek, *et al.*, 2023; Segovia; Corral-Pérez & Almajano, 2016), devido à maior taxa de difusão e solubilidade dos fitoquímicos melhorando a penetração do solvente na amostra, mas com cautela para evitar a degradação dos compostos fenólicos (Dorta; Lobo & Gonzalez, 2012; Zakaria *et al.*, 2022).

Os solventes mais adequados para obtenção de extratos com alta capacidade antioxidante e alto teor de compostos fitoquímicos, analisados por Dorta; Lobo & Gonzalez (2012) na casca de manga, foram etanol e etanol:água (1:1). Os autores ainda enfatizam que do ponto de vista da segurança alimentar, solventes como o etanol e etanol:água são mais interessantes que o metanol, por exemplo, pois podem ser utilizados em conformidade com boas práticas de fabricação de alimentos.

Pintado *et al.* (2020) analisando fração sólida de casca de abacaxi por extração a quente obtiveram para um teor de compostos fenólicos totais de $302,1 \pm 7,6$ mg GAE/100g, resultado inferior à extração hidroetanólica a 70°C ($337,7 \pm 0,01$ mg GAE/100g) e superior às demais extrações. Já Campos *et al.* (2020) relataram $492,3 \pm 3,9$ mg GAE/100g em farinha de casca de abacaxi e Gómez-García *et al.* (2022) relataram $476,1 \pm 10,3$ mg GAE/100g em extratos de casca de abacaxi. Os resultados reportados pelos autores corroboram os valores encontrados neste trabalho. Polaki *et al.* (2014) ressaltou em seus resultados que as cascas de abacaxi continham mais compostos fenólicos totais em comparação com a polpa de abacaxi.

Porém, observou-se que não houve diferença estatística entre os valores da atividade antioxidante, que variou de 301,3 a 234,3 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ na extração hidroetanólica a 70°C e na extração aquosa a 40°C , respectivamente. A elevada atividade antioxidante observada na casca de abacaxi se deve à presença dos polifenóis (Awasthi *et al.*, 2022). Os altos valores obtidos nestas extrações evidenciam o potencial bioativo e tecnológico da casca de abacaxi. Campos *et al.* (2020) relataram $341,6 \pm 7,7$ mmol TEAC/100g em farinha de casca de abacaxi, resultado próximo às extrações do presente estudo.

Esta etapa de otimização de extração foi importante para determinar a capacidade redutora total e a atividade antioxidante da casca do abacaxi isoladamente e o melhor solvente e temperatura para extrair os antioxidantes, a fim de fornecer uma estimativa do seu real conteúdo na amostra para ser considerado com maior precisão no estudo de bioacessibilidade. Todas as frações bioacessíveis foram calculadas com base no teor de bioativos obtido para a amostra de casca de abacaxi extraída com solução hidroetanólica a 70°C , condição que proporcionou as maiores concentrações de antioxidantes.

No estudo preliminar, para analisar eventuais perdas na capacidade redutora e atividade antioxidante durante o preparo do feijão, comparamos os resultados das amostras de feijão *in natura* e aquelas submetidas ou não ao molho. Os resultados foram registrados na Tabela 3, que detalha os dados da extração metanólica realizada a 25°C para diferentes condições do feijão comum: cozido com molho (FCCM), sem molho (FCSM) e *in natura* (FIN).

Tabela 3 – Extração metanólica a 25°C do feijão comum cozido com molho (FCCM), sem molho (FCSM) e *in natura* (FIN).

	FCCM	FCSM	FIN
Capacidade redutora do Folin-Ciocalteu (mg GAE/100g)	137,0 ^c ±0,01	233,7 ^b ±0,00	599,3 ^a ±0,03
Atividade antioxidante (µmol TEAC/100g)	185,4 ^b ±0,17	283,1 ^a ±0,25	270,1 ^a ±0,26

Os valores são a média de três determinações independentes ± desvio padrão. Diferentes letras minúsculas representam diferença significativa entre amostras (teste de Tukey $p < 0,05$).

Observou-se ausência de diferença estatística na atividade antioxidante entre o feijão *in natura* (FIN) e o feijão cozido sem molho (FCSM), ambos com resultados maiores ao extrato de feijão cozido com molho (FCCM). E, notavelmente, para a capacidade redutora, o extrato de FIN apresentou os resultados mais elevados enquanto o FCCM apresentou os resultados mais baixos. Essas descobertas confirmam que diferentes métodos de preparo do feijão podem influenciar sua atividade antioxidante e seu conteúdo fenólico total. Também se constatou que houve, nos diferentes extratos de feijão, uma relação entre teor de fenóis totais e capacidade antioxidante - quanto maior o teor de fenólicos totais, maiores foram os teores da atividade antioxidante.

O molho prévio por 12 horas resultou na redução de compostos fenólicos e atividade antioxidante em comparação ao feijão cozido sem molho. Contudo, é essencial ressaltar que, embora o molho resulte na perda de alguns importantes fitoquímicos solúveis em água, desempenha um papel benéfico ao eliminar fatores antinutricionais como taninos, fitatos, lectinas e inibidores enzimáticos (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019). De acordo com Shi; Arntfield; Nickerson (2018), um molho prévio por quatro horas demonstrou uma significativa redução nos níveis de antinutrientes como as lectinas, oxalatos totais e solúveis em leguminosas canadenses, incluindo o feijão comum.

Os resultados do feijão cozido, independentemente da presença ou ausência de molho prévio, evidenciaram perdas substanciais de fitoquímicos ao longo do processo de cozimento, já que houve a redução nas concentrações de compostos fenólicos e na atividade antioxidante

do feijão. Essa constatação reforça a necessidade da condução de estudos adicionais para mitigar a redução da perda desses importantes compostos bioativos. É importante destacar que além de tornar o feijão mais digerível, o cozimento também contribui para a diminuição dos níveis de fatores antinutricionais, como o oxalato, inerentes às leguminosas (Bessada; Barreira; Oliveira, 2019; Shi; Arntfield; Nickerson, 2018).

Anjos Barros *et al.* (2020) relataram $227,98 \pm 4,12$ mg GAE/100g e $297,23 \pm 4,24$ mg GAE/100g de compostos fenólicos totais em grãos *in natura* de duas diferentes variedades de feijão-caupi biofortificado e $126,58 \pm 0,00$ mg GAE/100g e $147,15 \pm 6,94$ mg GAE/100g nos grãos cozidos sem molho, corroborando nossos resultados e evidenciando que o cozimento influencia nas concentrações de compostos fenólicos. Estes valores são inferiores ao feijão-comum *in natura* analisado no presente trabalho ($599,3 \pm 0,03$ mg GAE/100g), assim como para os grãos cozidos sem molho ($233,7 \pm 0,00$ mg GAE/100g). Ressalta-se que diferentes cultivares e variedades de feijão podem diferir na concentração de compostos fenólicos e nas suas propriedades funcionais como sua capacidade antioxidante (Sombié Paed, 2018). Os resultados da pesquisa realizada por Honaiser *et al.* (2022) revelaram que a mesma variedade de feijão, analisado na forma *in natura*, apresentou teores de $70,42 \pm 6,27$ mg GAE/100g e $5,82 \pm 0,39$ mmol TEAC/100g, e após o cozimento, os valores foram de $128,18 \pm 2,86$ mg GAE/100g e $14,90 \pm 1,37$ mmol TEAC/100g, todos inferiores aos resultados da presente pesquisa.

Optou-se pelo FCCM em detrimento do FCSM para a análise de digestão *in vitro*, priorizando as concentrações bioativas da amostra FCCM nos cálculos de bioacessibilidade. Essa decisão foi respaldada pela recomendação de profissionais da área de nutrição, que destacam a etapa de molho prévio como crucial. O objetivo é assegurar uma representação mais precisa do consumo das amostras durante o procedimento de codigestão da casca de abacaxi com o feijão, seguindo os hábitos dos consumidores, os quais geralmente incluem o molho prévio ao cozimento.

3.3 ANÁLISE DE CAPACIDADE REDUTORA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E TEOR PROTEICO DAS AMOSTRAS APÓS DIGESTÃO

A Tabela 4 apresenta a capacidade redutora do Folin-Ciocalteu e a atividade antioxidante (AA) pelo método ABTS das amostras de casca de abacaxi (CA), feijão cozido com molho (FCCM), feijão cozido com molho mais casca de abacaxi (FCCA), tanto antes (extratos) quanto após cada etapa da digestão *in vitro*.

Tabela 4 - Capacidade redutora do Folin-Ciocalteu (CRF), atividade antioxidante (AA) método ABTS e índice de bioacessibilidade (IB) da casca de abacaxi (CA), feijão cozido com molho (FCCM), e feijão cozido + casca de abacaxi (FCCA) antes e após cada fase da digestão *in vitro*.

Amostra	Fase da digestão	CRF (mg GAE/100g)	IB (%)	AA ($\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$)	IB (%)
FCCM	Extrato	137,0 ^{cB} ±0,01	184,4 ^A	185,4 ^{cB} ±0,17	330,9 ^A
	Oral	75,3 ^{bC} ±0,06		43,0 ^{bC} ±0,18	
	Gástrica	92,3 ^{bC} ±0,00		170,9 ^{abB} ±0,10	
	Intestinal	252,6 ^{aA} ±0,01		613,5 ^{bA} ±0,05	
FCCA	Extrato	230,0 ^{bA} ±0,02	105,5 ^B	243,3 ^{bB} ±0,24	300,6 ^B
	Oral	98,0 ^{abB} ±0,02		71,2 ^{aC} ±0,26	
	Gástrica	81,5 ^{bB} ±0,01		152,2 ^{bC} ±0,09	
	Intestinal	242,7 ^{aA} ±0,01		731,6 ^{abA} ±0,08	
CA	Extrato	337,7 ^{aA} ±0,01	69,6 ^C	301,3 ^{aB} ±0,30	276,1 ^C
	Oral	117,8 ^{aD} ±0,04		57,0 ^{abC} ±0,22	
	Gástrica	164,3 ^{aC} ±0,02		231,6 ^{aB} ±0,14	
	Intestinal	235,1 ^{aB} ±0,01		832,0 ^{aA} ±0,09	

Os valores são a média de três determinações independentes \pm desvio padrão. Entre as amostras, diferentes letras minúsculas representam diferença significativa entre as respectivas amostras não digeridas (extratos), fases oral, gástrica e intestinal. Para uma mesma amostra, letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa entre amostra não digerida, fase oral, fase gástrica e fase intestinal. Para o índice de bioacessibilidade, letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as amostras (teste de Tukey $p < 0,05$).

De maneira geral, durante o início da digestão, os resultados das capacidades redutoras e antioxidantes variaram estatisticamente entre todas as frações bioacessíveis da fase oral, demonstrando valores inferiores em relação às suas respectivas frações das fases gástrica e intestinal. Enquanto ao final da digestão, foram observados os valores mais elevados de capacidade redutora e da atividade antioxidante. Esta tendência era esperada, uma vez que, à medida que avançamos pelas fases do processo digestivo, a proporção de solvente (fluido salivar – 5 mL, gástrica – 15 mL e intestinal – 35 mL, contendo enzimas, CaCl₂ e água) para soluto (5g de amostra) aumenta progressivamente. Na fase oral, essa proporção é de 1:1, na fase gástrica passa a ser de 3:1 e, finalmente, na fase intestinal atinge 7:1. Com maior volume de solvente, o aumento do contato entre o solvente e soluto maximiza a capacidade de solubilização dos compostos presentes na amostra, melhorando a extração de bioativos.

Além disso, a agitação constante (90 rpm) durante toda a digestão *in vitro* promove uma dispersão mais uniforme do soluto no solvente contendo diversas enzimas. Isso, por sua vez, facilita a hidrólise enzimática nas amostras, favorecendo a extração e, conseqüentemente, a concentração dos compostos bioativos com propriedade antioxidantes presentes nas frações bioacessíveis. Vale ressaltar que é na fase intestinal que ocorre a acumulação de todas as enzimas anteriores, incluindo a α -amilase da fase oral, a pepsina da fase gástrica e, finalmente, a mistura enzimática de pancreatina da fase intestinal. Todas essas condições - maior proporção de solvente por grama de soluto, a exposição da amostra à agitação constante por mais tempo, acúmulo gradativo de enzimas - resulta em frações bioacessíveis intestinais com maior atividade redutora e antioxidante.

Os maiores valores de capacidade redutora – que sugerem uma estimativa da concentração de compostos fenólicos totais – foram observados na fase da digestão intestinal, onde todas as frações foram iguais estatisticamente. As concentrações variaram de 252,6 a 235,1 mg GAE/100g, correspondendo às amostras de feijão cozido com molho (FCCM) e casca de abacaxi (CA), respectivamente. E, embora o extrato de FCCA (230,0 mg GAE/100g) tenha apresentado uma concentração inferior a CA isolada (337,7 mg GAE/100g), seus níveis na fração bioacessível intestinal foram equivalentes e, surpreendentemente, o FCCA demonstrou um índice de bioacessibilidade estatisticamente superior ao da CA. Esta foi a primeira observação de que um efeito de interação entre proteínas de feijão comum e polifenóis de casca de abacaxi é plausível durante a digestão.

Além disso, os resultados da CA são consistentes aos relatados por Campos *et al.* (2020) analisando a farinha de casca de abacaxi que apresentou os teores de fenólicos totais de 492,3 mg GAE/100 g antes da digestão e 235,4 mg GAE/100 g após a digestão. Os autores observaram

que a digestão *in vitro* de farinha de casca de abacaxi libera um alto teor de compostos fenólicos, promovendo um ambiente antioxidante na fase da digestão intestinal e seus resultados *in vitro* sugerem que existe uma modulação positiva, proporcionando uma interação sinérgica entre a fibra alimentar e os polifenóis sobre a microbiota humana.

Já para a capacidade antioxidante, observou-se que as frações da fase intestinal foram diferentes estatisticamente, variando de 613,5 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ a menor concentração registrada para feijão cozido (FCCM), a 832,0 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ para CA, representando a maior concentração. Cabe destacar que o resultado da capacidade antioxidante do FCCA na fase intestinal (731,6 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$) foi equivalente ao resultado da CA, apesar da menor presença de casca de abacaxi nessa amostra. Isso sugere um efeito sinérgico entre os polifenóis da casca de abacaxi e as proteínas do feijão comum, contribuindo positivamente para a bioacessibilidade dos compostos fenólicos. Tal sinergia foi evidenciada pelo índice de bioacessibilidade do FCCA, superior ao da CA, reforçando a complexa interação entre os componentes bioativos presentes nos alimentos.

Este padrão de comportamento, das frações bioacessíveis da fase intestinal apresentarem atividade antioxidante maiores que às frações das fases de digestão anteriores, também foi destacado por Honaiser *et al.* (2022). Os autores observaram que na fase intestinal, a amostra de feijão-caupi cozido isoladamente apresentou 14,90 $\mu\text{M trolox/g}$, seguida da amostra de feijão-caupi cozido com suco de laranja com 12,79 $\mu\text{M trolox/g}$ e por último a amostra de suco de laranja (4,54 $\mu\text{M trolox/g}$). Estes resultados evidenciam interações sinérgicas nessas amostras, possivelmente desencadeadas por interações entre polifenóis, tanto polifenol-polifenol quanto polifenol-proteína (Honaiser *et al.*, 2022). É plausível que um comportamento semelhante tenha ocorrido nas frações bioacessíveis de FCCA.

O índice de bioacessibilidade (IB) para a análise de capacidade redutora foi em ordem crescente de 69,6, 105,5 e 184,4%, para a CA, FCCA e FCCM, respectivamente, enquanto para a atividade antioxidante, o IB seguiu a mesma ordem crescente de 276,1%, 300,6% e 330,9% para CA, FCCA e FCCM, respectivamente. Em síntese, na análise do IB da capacidade redutora e antioxidante, o FCCM foi superior às outras amostras, e o FCCA superou a CA isolada, apesar de o extrato da CA ter sido estatisticamente superior a todos os outros extratos em ambas as análises. Esses resultados indicam que as proteínas do feijão podem intensificar o efeito bioativo das frações bioacessíveis do FCCA, possivelmente protegendo as estruturas polifenólicas por meio de complexação, conferindo-lhes mais estabilidade frente às adversidades gastrointestinais, como as variações nas atividades enzimáticas e nos pHs (7,0

para fase oral, 3,0 para fase gástrica e 7,0 para fase intestinal). Essa constatação está alinhada com pesquisas anteriores (Shahidi; Dissanayaka, 2023; Nasrabadi; Doost; Mezzenga, 2021; Pham *et al.*, 2019). Essa proteção é importante, pois os compostos fenólicos podem ser degradados ou transformados em metabólitos devido à sensibilidade à ação das enzimas digestivas e às variações de pH (Pinto *et al.*, 2024).

Esses resultados contribuem para a compreensão dos efeitos das interações alimentares nos compostos bioativos e seu comportamento durante a digestão *in vitro*, reforçando a importância desta análise no estudo da atividade biológica dos antioxidantes, corroborando com Martinelli *et al.* (2021).

A Tabela 5 apresenta os resultados das concentrações de proteínas solúveis totais nas diferentes fases da digestão para as amostras digeridas da casca de abacaxi (CA) e feijão cozido (FCCM) e da amostra codigerida (FCCA).

Tabela 5 - Determinação de proteínas solúveis totais nos extratos e amostras digeridas da casca de abacaxi (CA) e feijão cozido com molho (FCCM) e da amostra codigerida (FCCA).

AMOSTRAS	Extratos mg/g	Fases da digestão µg/mL		
		Oral	Gástrica	Intestinal
CA	0,11 ^B ±0,03	395,92±0,10	38,74±0,00	74,64±0,01
FCCM	1,90 ^A ±0,01	478,49±0,35	15,15±0,00	28,49±0,00
FCCA	1,00 ^{AB} ±0,02	291,31±0,02	27,72±0,03	62,08±0,00

Os valores são a média de três determinações independentes ± desvio padrão. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os extratos brutos (teste de Tukey, $p < 0,05$).

A análise de proteínas solúveis totais do feijão cozido revelou um teor de 1,90 mg/g (Tabela 5), demonstrando uma quantidade inferior ao valor encontrado na pesquisa de Naozuka e Oliveira (2012), que registrou 3,35 mg/g no feijão cozido. O conteúdo de proteínas solúveis nas frações bioacessíveis de FCCM e FCCA variou de 1,90 a 1,00 mg/g, respectivamente. É importante ressaltar que esses resultados estão associados às globulinas, as principais proteínas solúveis encontradas nos grãos de feijão, pois todas as análises proteicas foram conduzidas nos extratos aquosos das amostras. Além disso, Oliveira *et al.* (2017) relataram teores variados, entre 0,71 mg/g no feijão preto e 1,1 mg/g no feijão fradinho, jalo e rajado.

Já em relação à CA, conforme esperado, foi registrado um teor menor de proteínas solúveis totais (0,11 mg/g). Polaki *et al.* (2024) encontrou em resíduos de casca de abacaxi um teor total de proteínas de 581,49 µg/g e através de avaliação proteômica usando cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por espectrometria de massa revelaram uma diversidade de 77 proteínas com funções específicas. Destas 77 proteínas, 22 estavam envolvidas no transporte de elétrons, indicando participação em transferência energética. Outras 16 estavam

associadas à defesa contra estressores ambientais e patógenos. As outras estavam ligadas ao desenvolvimento, metabolismo, atividades proteolíticas, transcrição genética e ao transporte de moléculas através das membranas celulares. Essa diversidade funcional destaca a complexidade dos processos biológicos nas cascas de abacaxi (Polaki *et al.*, 2024).

As concentrações de proteínas solúveis nas frações bioacessíveis da fase oral mostraram-se significativamente maiores do que nas fases gástricas e intestinais. Isso pode ser atribuído à menor proporção de soluto e solvente na fase oral (1:1), em comparação com as fases gástricas (1:3) e intestinais (1:7), reduzindo suas concentrações. As concentrações proteicas das amostras da fase oral também foram superiores às do extrato das respectivas amostras, estando relacionadas com a concentração da própria enzima adicionada no ensaio de digestão *in vitro*. Além disso, a redução das concentrações proteicas nas fases gástrica e intestinal está relacionada à interferência das enzimas adicionadas no processo de digestão, particularmente a pepsina, que hidrolisa as proteínas interferindo na sua determinação (Sila; Bougatef, 2016).

4 CONCLUSÃO

Os estudos experimentais analisaram as amostras para determinar sua composição físico-química e investigar diferentes métodos de extração e influência do cozimento e molho prévio, e analisar os efeitos da interação entre um alimento comum, como o feijão, e um resíduo facilmente disponível para a população brasileira, como a casca de abacaxi.

A extração dos compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante nos extratos de casca de abacaxi alcançaram sua maior concentração a 70°C, empregando uma solução hidroetanólica. Essa condição demonstrou uma eficácia superior em relação aos outros métodos de extração utilizados. Por outro lado, no caso dos extratos de feijão, foi observado que o molho prévio da amostra por 12 horas resultou em uma significativa diminuição nos valores da capacidade redutora e da atividade antioxidante, quando comparado com o feijão sem molho e com o feijão *in natura*. Porém, cabe ressaltar que o molho prévio ao cozimento do feijão é uma recomendação bem estabelecida, respaldada por estudos científicos que demonstram sua eficácia na redução dos fatores antinutricionais presentes nesta leguminosa.

Com base nos resultados experimentais de digestão e codigestão *in vitro*, foi evidenciado o potencial bioativo presente na casca do abacaxi, especialmente em combinação com o feijão comum. Foi observado que a capacidade antioxidante da amostra codigerida da fase intestinal foi estatisticamente igual ao resultado da casca de abacaxi e superior aos

resultados obtidos para o feijão isoladamente, evidenciando interações sinérgicas nessas amostras.

Além disso, a análise do índice de bioacessibilidade da capacidade redutora e antioxidante da amostra de feijão com casca de abacaxi apresentou resultados superiores aos observados na amostra da casca de abacaxi digerida isoladamente, indicando que há interações entre os componentes da casca (polifenóis) e dos feijões (proteínas) e que esta combinação pode ser benéfica para aumentar a absorção de compostos antioxidantes.

Estes resultados evidenciaram o potencial para futuros estudos sobre interações alimentares na elaboração de alimentos ecologicamente corretos e funcionais, ou suplementos com propriedades antioxidantes aprimoradas. Além de ressaltar a importância da valorização e pesquisa de métodos inovadores para o aproveitamento integral dos resíduos agroindustriais, como as cascas de abacaxi, promovendo o desenvolvimento de produtos alimentícios enriquecidos nutricionalmente e com elevado valor agregado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As patentes recuperadas por meio de um estudo de prospecção tecnológica destacaram o potencial de reaproveitamento da casca de abacaxi, embora ainda estejam em uma fase inicial de investigação. Esta área oferece oportunidades interessantes para universidades e empresas, pois os produtos resultantes podem conter benefícios notáveis, como fibras alimentares e compostos bioativos. A perspectiva de transformar esses resíduos em recursos valiosos, aumentando seu valor agregado, é promissora. Embora haja algumas aplicações tecnológicas que empregam a casca de abacaxi, explorando especialmente os benefícios nutricionais das fibras e suas propriedades sensoriais, como textura, observamos uma lacuna específica na pesquisa de métodos inovadores para obter os benefícios bioativos. Esses métodos poderiam explorar ao máximo os compostos bioativos, como os compostos fenólicos para enriquecimento de formulações alimentícias.

A partir de análises experimentais ficou evidente o potencial fenólico antioxidante da casca de abacaxi, que contém componentes valiosos que podem desempenhar um papel crucial na nutrição e na saúde. Isso destaca a urgência de adotar abordagens mais sustentáveis e conscientes no gerenciamento desses resíduos. Tornou-se evidente que a sinergia entre a casca de abacaxi e o feijão cozido aumenta a bioacessibilidade dos compostos bioativos, como observado nos valores superiores da atividade antioxidante da amostra de feijão com casca de abacaxi na fase intestinal quando comparado aos valores da casca de abacaxi isoladamente. Isso destaca a importância de integrar a casca de abacaxi estrategicamente na indústria alimentícia e nutracêutica, aproveitando seu potencial tecnológico e bioativo.

Além de impulsionar a sustentabilidade, a abordagem adotada enfatiza a diminuição dos impactos ambientais relacionados ao desperdício agroindustrial, ao mesmo tempo que ressalta o potencial em saúde derivado da combinação de alimentos.

É relevante realizar pesquisas adicionais para investigar o perfil proteico da casca de abacaxi triturada em combinação com feijão cozido (codigestão), tanto antes quanto após a digestão *in vitro*, corroborando o potencial nutritivo e bioativo da combinação da casca de abacaxi com o feijão comum.

REFERÊNCIAS

- A.O.A.C. **Association of Official Analytical Chemists**. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemistry. 13 ed. Washington, 2012.
- ABDELAALIA, S.B. *et al.* Carotenoids and colour diversity of traditional and emerging Tunisian orange cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 296-304, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423817305745>. Acesso em: 29 set. 2022.
- ALBERTS, B. *et al.* **Biologia molecular da célula**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 1396 p. ISBN 978-85-363-2066-3.
- ALI, M. M. *et al.* Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. **Food Research International** 137 (2020) 109675. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109675>. Acesso em: 08/02/2024.
- ALOTHMAN, M., BHAT, R. E KARIM, AA. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Journal of Food Chemistry**, 115: 785 – 788, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.005>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- ALTENDORF, S. Global prospects for major tropical fruits. **Short-Term Outlook, Challenges, and Opportunities in a Vibrant Global Marketplace. Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma, p. 68-81, 2017.
- ANJOS BARROS, N. V. DOS *et al.* Identification and Quantification of Phenolic Compounds in Grains of Biofortified Cowpea Cultivars, Before and After Cooking. **Current Nutrition & Food Science**, v. 16, n. 1, p. 105–113, 2020. ISSN:15734013. DOI: 10.2174/1573401315666190925123800.
- ASP, N. G. *et al.* Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 476-482, 1983.
- ATWATER, W. O., & WOODS, C. D. (1896). The chemical composition of American food materials. Washington: US Official Experiment Stations.
- AWASTHI *et al.* Microbial biotechnology approaches for conversion of pineapple waste in to emerging source of healthy food for sustainable environment. **International Journal of Food Microbiology**, v 373, 2022, 109714. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109714>. Acesso em: 09 out. 2023.
- BABBAR, N.; OBEROI, H. S.; SANDHU, S. K. Therapeutic and nutraceutical potential of bioactive compounds extracted from fruit residues. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 55, n.3, p. 319-337, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.653734>. Acesso em: 07 dez. 2022.
- BALLESTEROS-VIVAS, D. *et al.* An integrated approach for the valorization of mango seed kernel: efficient extraction solvent selection, phytochemical profiling and antiproliferative

activity assessment. **Food Research International**, v. 126, p. 108616, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108616>. Acesso em: 25 out. 2023.

BALSAMO, G. M. *et al.* Comparative Proteomic Analysis of Two Varieties of Genetically Modified (GM) Embrapa 5.1 Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Non-GM Counterparts. **J. Agric. Food Chem.** 2015, 63, 48, 10569–10577. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04659>.

BANERJEE, S. *et al.* Valorisation of pineapple wastes for food and therapeutic applications. **Trends in Food Science & Technology**, 2018, 82, 60-70. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.024>. Acesso em: 03 jul. 2023.

BANERJEE, S., *et al.* Valorisation of pineapple wastes for food and therapeutic applications. **Trends in Food Science & Technology**, 2018, 82, 60-70. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.024>. Acesso em: 03 jul. 2023.

BANSOD; PARIKH; SARANGI. Pineapple peel waste valorization for extraction of bio-active compounds and protein: Microwave assisted method and Box Behnken design optimization. **Environmental Research** 221, 2023, 115237. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115237>. Acesso em: 19 dez. 2023.

BARRALES, F.M. *et al.* Recovery of phenolic compounds from citrus by-products using pressurized liquids — An application to orange peel. **Food And Bioproducts Processing**, v. 112, p. 9-21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.08.006>. Acesso em: 09 dez. 2022.

BARRETTO, L.C.O. *et al.* Characterization and extraction of volatile compounds from pineapple (*Ananas comosus* L. Merril) processing residues. **Food Science And Technology**, Campinas, v. 33, n. 4, p. 638-645, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013000400007>. Acesso em: 07 dez. 2022.

BENZING, D. H. *et al.* **Bromeliaceae**: profile of an adaptive radiation. New York: Cambridge University, 2000, 690p. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511565175>. Acesso em: 08 dez. 2022.

BERMÚDEZ-SOTO, M.J.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; GARCÍA-CONESA, M.T. Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to in vitro gastric and pancreatic digestion. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 865-874, 2007.

BESSADA, S. M. F.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. **Trends in Food Science and Technology**, v. 93, p. 53–68, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>. Acesso em: 03 dez. 2022.

BIERNACKA; ADAMSKA, FELISIAK. The Potential of Ginkgo biloba as a Source of Biologically Active Compounds—A Review of the Recent Literature and Patents. **Molecules** 2023, 28(10), 3993. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules28103993> Acesso em: 15 dez. 2023.

BLOCK, J.M.; BARRERA-ARELLANO, D. (Ed.). **Temas selectos en aceites y grasas**. São Paulo: Blucher, 2012. 2 v.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O., **Química do processamento de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1992. ISBN:85-85519-12-6.

BRADFORD, M. M. “A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding,” **Analytical Biochemistry**, vol. 72, no. 1-2, pp. 248–254, 1976. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3). Acesso em: 01 out. 2023.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**. Brasília, 23 set. 2005. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/anvisa/2005/rdc0269_22_09_2005.html. Acesso em: 29 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p. ISBN 978-85-334-2176-9. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: 22 jan. 2023.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**, v. 56, n. 11, p. 317-33, 1998. Disponível em: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/56/11/317/1901722?login=true>. Acesso em: 22 jan. 2023.

BRIGIDE, P.; CANNIATT-BRAZACA, S. G.; SILVA, O. “Nutritional characteristics of biofortified common beans,” **Food Science and Technology** (Campinas), vol. 34, no. 3, pp. 493–500, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6245>. Acesso em: 01 mar. 2023.

BRITO, T.B.N., *et al.* Antimicrobial, antioxidant, volatile and phenolic profiles of cabbage-stalk and pineapple-crown flour revealed by GC-MS and UPLC-MSE. **Food Chemistry**, 339 (2021), Article 127882. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127882>. Acesso em: 16 dez. 2022.

BRODKORB, A. *et al.* INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. **Nature Protocols**, v. 14, n. 4, p. 991–1014, 1 abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0119-1>. Acesso em: 29 jan. 2023.

CAMARGO, A.C. *et al.* Opinion on the Hurdles and Potential Health Benefits in Value-Added Use of Plant Food Processing By-Products as Sources of Phenolic Compounds. **Int. J. Mol. Sci.** 2018, 19, 3498. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms19113498>. Acesso em: 01 ago. 2023.

CAMPOS, D. A., *et al.* Impact of functional flours from pineapple by-products on human intestinal microbiota. **Journal Of Functional Foods**, v. 67, p.103-830, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103830>. Acesso em: 01 fev. 2023.

CARRASCO-CASTILLA, J. *et al.* Antioxidant and metal chelating activities of peptide fractions from phaseolin and bean protein hydrolysates. **Food Chemistry** 135 (2012) 1789–1795. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.016>. Acesso em: 27 mar. 2023.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. Campinas: UNICAMP, 2003.

CELMELI, T. *et al.* The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. **Agronomy** 2018, 8, 166. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8090166>.

CHÁVEZ-MENDOZA, C.; SÁNCHEZ, E. Bioactive compounds from mexican varieties of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for health. **Molecules**, v. 22 n. 8: p. 1360, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules22081360>. Acesso em: 17 dez. 2022.

CISNEROS-ZEVALLOS, L. The power of plants: how fruit and vegetables work as source of nutraceuticals and supplements. **Jornal Internacional de Ciências Alimentares e Nutrição**, 1–5 (2020). Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09637486.2020.1852194>. Acesso em: 01 fev. 2023.

COÊLHO, J. D. Feijão: produção e mercados. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n.197, dez. 2021. (Caderno Setorial Etene). Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1031/1/2021_CDS_197.pdf. Acesso em: 23 fev. 2023.

CRESTANI, M. *et al.* Das Américas para o Mundo - origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. **Ciência Rural**, v.40, n.6, jun, p.1473-1483. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000600040>. Acesso em: 06 dez. 2022.

DAMODARAN, S., PARKIN, K. L., FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. tradução Adriano Brandelli *et al.* 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DE LA FUENTE, M. *et al.* 2-DE-based proteomic analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **Journal of Proteomics**, 74:262-267, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2010.10.004>. Acesso em: 08 dez. 2022.

DE LA FUENTE, M. *et al.* In-depth characterization of the phaseolin protein diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on two-dimensional electrophoresis and mass spectrometry. **Food Technology and Biotechnology**, v 50, p. 315 – 325, July 2012. ISSN 13342606.

DEBNATH, B.; SINGH, W. S.; MANNA, K. A phytopharmacological review on *Ananas comosus*. **Advances in Traditional Medicine** (2023) 23:291–298. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13596-021-00563-w>. Acesso em: 09 jan. 2024.

DEWI, Y.S.K.; SIMAMORA, C.J.K. Pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) Cv. queen peel herbal tea with a variety of drying temperatures: bioactive compounds, antioxidant activity and antimicrobial activity. **Food Research** 7 (4) : 344 - 351 (2023) Food Research 7 (4) : 344 - 351 (2023). Disponível em: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(4\).005](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(4).005). Acesso em: 09 jan. 2024.

DHAKAL, S. *et al.* Kinetic modeling of ascorbic acid degradation of pineapple juice subjected to combined pressure-thermal treatment. **Journal of Food Engineering**, v. 224, p. 62-70, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.016>. Acesso em: 20 dez. 2022.

- DIAS, P.G.I; SAJIWANIE, J.W.A; RATHNAYAKA, R.M.U.S.K. 2020. Chemical Composition, Physicochemical and Technological Properties of Selected Fruit Peels as a Potential Food Source. **International Journal of Fruit Science**, 20:sup2, S240-S251, DOI: 10.1080/15538362.2020.1717402
- DIFONZO, G. *et al.* Characterisation and classification of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) juice from pulp and peel. **Food Control**, v. 96, p. 260-270, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.015>. Acesso em: 05 dez. 2022.
- DORTA, E., LOBO, MG E GONZALEZ, M. Reutilization of Mango Byproducts: Study of the Effect of Extraction Solvent and Temperature on Their Antioxidant Properties. **Journal of Food Science**. Issue 1, v. 77: C80-C88, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02477.x>. Acesso em: 08 dez. 2022.
- EL-DEIR, S. G; AGUIAR, W. J; PINHEIRO, S. M. G. **Educação ambiental na gestão de resíduos sólidos**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 300 p.: il ISBN: 978-85-7946-233-7, 2016. Disponível em: https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/677/1/Educacao_Ambiental_2016.pdf. Acesso em: 22 jan. 2023.
- EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL. **A propagação do abacaxizeiro**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 59 p. (Coleção Plantar; 52). ISBN 85-7383-372-6.
- EMBRAPA. Plano estratégico para a cultura do abacaxi 2017-2021 / Editor técnico, Aristóteles Pires de Matos. –Cruz das Almas, BA: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2018. 30 p. il.; 21 cm. - ISSN 1809-4996. 225. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/187804/1/SerieDocumentos225-189-17-MarcioCanto-AINFO.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2023.
- ERKEL, A. *et al.* Utilização da farinha de casca de abacaxi em cookies: caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial entre crianças. **Revista UNIABEU**, Belford Roxo, v. 8, n.19 p. 272-288, 2015. Disponível em: https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RU/article/view/1835/pdf_246. Acesso em: 22 jan. 2023.
- ESCOBEDO-AVELLANEDA, Z. *et al.* Phytochemicals and antioxidant activity of juice, flavedo, albedo and comminuted orange. **Journal of Functional Foods**, v. 6, p. 470–481, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.11.013>. Acesso em: 02 abr. 2023.
- EVANGELHO, J.A. *et al.* Black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein hydrolysates: Physicochemical and functional Properties. **Food Chemistry** 214 (2017) 460–467. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.046>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- FAOSTAT. **Banco de dados FAOSTAT da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação**, 2021 Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/pt/>. Acesso em: 26 nov. 2022.
- FERREIRA, A. C. H. *et al.* Valor nutritivo das silagens de capim elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1380-1385, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000600004>. Acesso em: 02 out. 2022.

FERREIRA, E.A. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of pineapple fruit of different cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, São Paulo, v. 38, n. 3, e146. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/Vqd8crhvswnNgSsFLv5RwqLH/?lang=en>. Acesso em: 21 nov. 2022.

FLING, S. P.; GREGERSON, D. S. Peptide and protein molecular weight determination by electrophoresis using a high-molarity tris buffer system without urea. **Analytical Biochemistry**, v 155, p. 83-88, 1986.

FREITAS, L.S. **Desenvolvimento de procedimentos de extração do óleo de semente de uva e caracterização química dos compostos extraídos**. 2007. 227 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11279/000609456.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 nov. 2022.

GETACHEW, A.T., *et al.* Effect of Extraction Temperature on Pressurized Liquid Extraction of Bioactive Compounds from *Fucus vesiculosus*. **Mar. Drugs** 2022, 20, 263. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/md20040263>. Acesso em: 04 abr. 2023

GÓMEZ-GARCÍA, R.; VILAS-BOAS, A.A.; OLIVEIRA, A.; AMORIM, M.; TEIXEIRA, J.A.; PASTRANA, L.; PINTADO, M.M.; CAMPOS, D.A. Impact of Simulated Human Gastrointestinal Digestion on the Bioactive Fraction of Upcycled Pineapple By-Products. **Foods** 2022, 11, 126. <https://doi.org/10.3390/foods11010126>.

GONDIM, J. A. *et al.* Centesimal composition and minerals in peels of fruits. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827, Oct./Dec. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/kMcMJSY8RXPcF99CGD7PqWL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 nov. 2022.

GRANADO-LORENCIO, F. *et al.* Comparative in vitro bioaccessibility of carotenoids from relevant contributors to carotenoid intake. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 6387– 6394, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf070301t>. Acesso em: 02 dez. 2022.

HAMADOU, M. *et al.* Consumption of underutilised grain legumes and the prevention of type II diabetes and cardiometabolic diseases: Evidence from field investigation and physicochemical analyses. **Environmental Challenges** 9 (2022) 10062. Disponível em: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.envc.2022.100621>. Acesso em: 01 abr. 2023.

HAYAT, I. *et al.* Nutritional and Health Perspectives of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An Overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 5, p. 580–592, jan. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>. Acesso em: 18 out. 2022.

HONAISSER, T. C. *et al.* Synergism and phenolic bioaccessibility during *in vitro* co-digestion of cooked cowpea with orange juice. **International Journal of Food Science and Technology**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16144>. Acesso em: 19 jan. 2023.

HONAISSER, T. C. **Comparação de perfil proteico de grãos de quatro cultivares de Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata*) e avaliação de sinergismo e bioacessibilidade fenólica durante codigestão in vitro com suco de laranja (*Citrus sinensis*)**. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. f. 96.

HOSSAIN, M.F. (2016). World pineapple production: An overview. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, 16(4), 11443–11456. DOI: 10.18697/ajfand.76.15620

IBGE, Produção Agrícola Municipal 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/0?indicador=10194&ano=2022>. Acesso em: 02 abr. 2023

IBRAFE- Instituto Brasileiro de Feijão e Pulses. **Dia mundial do Feijão!** 2023. Disponível em: <https://www.ibrafe.org/artigo/dia-mundial-do-feijao>. Acesso em: 29 mar. 2023.

INSTITUTO AGRONÔMICO. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Editor Adriano Tosoni da Eira Aguiar, *et al.* 7.^a Ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 452 p. (Boletim IAC, n.º 200) ISSN 0375-1538. Disponível em: https://www.sindical.com.br/images/boletins/boletim200_iac.pdf. Acesso em: 28 set. 2022.

JERÔNIMO, C.E.M. Gestão Agroindustrial: Pontos Críticos de Controle Ambiental no Beneficiamento de Frutas. **Revista de Administração de Roraima**, v. 12, p.70- 77, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/rarr.v2i2.1139>. Acesso em: 29 ago. 2022.

JITRAWADEE, M.; RUNGSINEE, S. Novel application of pineapple peel pectin extract film as active edible coating on quality of dried pineappl. **International Journal of Food Science and Technology**. V. 58, Issue 10, p. 5066 – 5076, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16605>. Acesso em: 02 fev. 2024.

JUNCAL-GUZMAN, D *et al.* *In vitro* gastrointestinal digestion and colonic fermentation of phenolic compounds in UV-C irradiated pineapple (*Ananas comosus*) snack-bars. **Lwt**, v. 138, p. 110636, 2021.

KAPOOR, A.; KAPOOR, S.; AGGARWAL, P. Rheological, microstructural and biochemical characterisation of fruit pomace jams. *Journal of Food Measurement and Characterization* (2023) 17:4267–4279. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-023-01947-z>. Acesso em: 09 dez. 2023.

KETNAWAA, S; CHAIWUT, P; RAWDKUEN, S. Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. **Food and bioproducts processing** 9 0 (2012) 385–391. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.006>. Acesso em: 02 nov. 2023.

KHAN, M. K.; ZILL-E-HUMA, D. O. A comprehensive review on flavanones, the major citrus polyphenols. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 33, p. 85-104, 2014. Disponível em: <https://hal.inrae.fr/hal-02640844/document>. Acesso em: 28 nov. 2022.

LANGAROUDI, S. S.; NOURI, L.; AZIZI, M. H. Influence of encapsulation with chitosan and tragacanth gum on physicochemical and overall impression of probiotic pineapple juice. **Journal of Food Measurement and Characterization** (2023) 17:1382–1392. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01712-8>. Acesso em: 02 fev. 2024.

- LAPARRA, J. M.; GLAHN, R. P.; MILLER, D. D. Bioaccessibility of phenols in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and iron (Fe) availability to Caco-2 cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 22, p. 10999–11005, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf802537t>. Acesso em: 02 dez. 2022.
- LEE, S. J. *et al.* Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 91, n. 1, p. 131-7, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881460400456X>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- LEONEL, S; LEONEL, M; SAMPAIO, A. C. Processamento de frutos de abacaxizeiro cv *smooth cayenne*: perfil de açúcares e ácidos dos sucos e composição nutricional da farinha de cascas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 433-439, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-274/13>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- LI, *et al.* Major Polyphenolics in Pineapple Peels and their Antioxidant Interactions, **International Journal of Food Properties**, 2014, 17:8, 1805-1817, Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.732168>. Acesso em: 02 fev. 2023.
- LI, F. *et al.* Antiproliferative activity of peels, pulps and seeds of 61 fruits. *Journal Of Functional Foods*, v. 5, n. 3, p. 1298-1309, 2013.
- LIMA, A. B. M. **Obtenção de farinha de abacaxi a partir da secagem dos resíduos agroindustriais da fruta para aplicação em formulações de cookies**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. 56 f. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38725/1/ObtencaodeFarinha_Lima_2019.pdf. Acesso em: 28 nov. 2022.
- LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; OLIVEIRA, D. C. Aproveitamento agroindustrial de resíduos provenientes do abacaxi 'pérola' minimamente processado. **HOLOS**, vol. 2, p. 122-136, 2017. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481554847009.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- LIMA, V. L. A. G. *et al.* Total phenolics and antioxidant activity of the aqueous extract of mung bean sprout (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 1, p. 53–57, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000100006>. Acesso em: 20 set. 2022.
- LINCOLN, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém. 4 ed. Porto Alegre: Artemed, 2009. 848p. ISBN 978-85-363-1614-7.
- LINDEMANN, I. S. *et al.* Rice and common bean blends: Effect of cooking on in vitro starch digestibility and phenolics profile. **Food Chemistry**, v. 340, 127908, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127908>. Acesso em: 02 fev. 2023.
- LOS, F. G. B. *et al.* Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p. 63–71, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.010>. Acesso em: 04 fev. 2023.

LOUSADA JR, J. E. *et al.* Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.70-76, 2006. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/225/220>. Acesso em: 22 nov. 2022.

LOUSADA JR, J.E. *et al.* Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p. 659-669, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200036>. Acesso em: 02 out. 2022.

LUNA-VITAL, D. A. *et al.* Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. **Food Research International**, v. 76, n. P1, p. 39–50, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.024>. Acesso em: 02 set. 2022.

MAGDELDIN, S. *et al.* Basics and recent advances of two dimensional- polyacrylamide gel electrophoresis. **Clinical proteomics**, v. 11, n. 16, p. 1–10, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1559-0275-11-16>. Acesso em: 02 set. 2022.

MALA, T.; SADIQ, M. B.; ANAL, A. K. Comparative extraction of bromelain and bioactive peptides from pineapple byproducts by ultrasonic- and microwave-assisted extractions. **Journal of Food Process Engineering**. V. 44, Issue, 2021.

MALES, I., *et al.* Determination of Phenolic Content and DPPH Radical Scavenging Activity of Functional Fruit Juices Fortified with *Thymus serpyllum* L. and *Salvia officinalis* L. Extracts. **Croat. Chem. Acta** 2023, 96(1), 51–57. Disponível em: <https://doi.org/10.5562/cca4003>. Acesso em: 09 jan. 2024.

MALLMANN, L. P. **Estudo dos compostos fenólicos não explorados do araçá amarelo e vermelho por LC-DAD-ESI-MS/MS**. Porto Alegre: UFRGS. 142 p. Tese Mestrado. 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/195778>. Acesso em: 28 nov. 2022.

MARSOLAIS, F. *et al.* Proteomic analysis of common bean seed with storage protein deficiency reveals up-regulation of sulfur-rich proteins and starch and raffinose metabolic enzymes, and down-regulation of the secretory pathway. **Journal of Proteomics**, 73:1587-1600, 2010.

MARTÍ, N. *et al.* Vitamin C the role of citrus juices as functional food. **Natural Product Communications**, v. 4, p. 677–700, 2009. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1934578X0900400506>. Acesso em: 28 nov. 2022.

MARTINELLI, E. *et al.* Current perspectives in cell-based approaches towards the definition of the antioxidant activity in food. **Trends in Food Science & Technology** 116 (2021) 232–243. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.024>. Acesso em: 02 mar. 2023.

MARTINS, N.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C.F.R. *In vivo* antioxidant activity of phenolic compounds: Facts and gaps. **Trends in Food Science & Technology**, v. 48, p. 1-12, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.008>. Acesso em: 02 fev. 2023

MATOS, A. P.; SANCHES, N. F. Abacaxi: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2013. 196 p. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00053260.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

MATTA, V. M.; FREIRE JUNIOR, M. **Manual de processamento de polpa de frutas**. Fortaleza: Banco do nordeste do brasil; Rio de Janeiro: EMBRAPA- CTAA, 1995. 20 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/410324/1/FL0179.pdf>. Acesso em: 18 out. 2022.

MEENU, M., *et al.* New insights into chemical compositions and health-promoting effects of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Frontiers**, 4, 1019–1038, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fft2.246>. Acesso em: 18 dez. 2023

MELLENDEZ-MARTINEZ, A. J. *et al.* Study of the influence of carotenoid structure and individual carotenoids in the qualitative and quantitative attributes of orange juice color. **Food Research International**, v. 43, p. 1289–1296, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996910000906?via%3Dihub>. Acesso em: 18 out. 2022.

MESA, N. C. *et al.* Fruits as nutraceuticals: A review of the main fruits included in nutraceutical patents. **Food Research International** 170 (2023) 113013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113013>. Acesso em: 15 dez. 2023

MINEKUS, M. *et al.* A standardised static in vitro digestion method suitable for food-an international consensus. **Food and Function**, v. 5, n. 6, p. 1113–1124, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C3FO60702J>.

Ministério da Agricultura e Pecuária Secretaria de Política Agrícola. PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO Brasil 2022/23 a 2032/33 Projeções de Longo Prazo. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf/>.

MOJICA, L.; CHEN, K.; DE MEJÍA, E. G. Impact of Commercial Precooking of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) on the Generation of Peptides, After Pepsin-Pancreatin Hydrolysis, Capable to Inhibit Dipeptidyl Peptidase-IV. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 1, p. H188–H198, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12726>. Acesso em: 02 fev. 2023.

MOJICA, L.; LUNA-VITAL, D. A.; GONZÁLEZ DE MEJÍA, E. Characterization of peptides from common bean protein isolates and their potential to inhibit markers of type-2 diabetes, hypertension and oxidative stress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2401–2410, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8053>. Acesso em: 09 nov. 2022.

MOJICA, L.; DE MEJÍA, E. G. Optimization of enzymatic production of anti-diabetic peptides from black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins, their characterization and biological potential. **Food & Function**, v. 7, p. 713–727, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C5FO01204J>. Acesso em: 18 nov. 2022.

MORETTI, C.L. **Aproveitamento de resíduos do processamento mínimo de frutas e hortaliças**. In: Encontro Nacional de Processamento Mínimo, SP, 4. 2006. Disponível em:

<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/adubacao/livros/APROVEITAMENTO%20DE%20RESIDUOS%20DO%20PROCESSAMENTO%20MINIMO%20DE%20FRUTAS%20E%20HORTALICAS.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.

MOROSAN, E. *et al.* Evaluation of the Nutritional Quality of Different Soybean and Pea Varieties: Their Use in Balanced Diets for Different Pathologies. **Appl. Sci.** 2023, 13, 8724. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app13158724>. Acesso em: 19 dez. 2023

NAOZUKA, J.; OLIVEIRA, P. V. Cooking effects on iron and proteins content of beans (*Phaseolus Vulgaris* L.) by GF AAS and MALDI-TOF MS. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 23, No. 1, 156-162, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532012000100022>. Acesso em: 28 out. 2023.

NASRABADI, M. N.; DOOST, A. S.; MEZZENGA, R. Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. **Food Hydrocolloids** 118, 2021, 106789. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106789>. Acesso em: 09 out. 2023.

NATARAJAN, S. S. *et al.* Proteomic Analysis of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by Two-Dimensional Gel Electrophoresis and Mass Spectrometry. **Journal of Basic & Applied Sciences**, 9:424-437, 2013.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Tradução Ana Beatriz Gorini da Veiga, *et al.* 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1220 p. ISBN 978-85-8271-073-9.

OLIVEIRA, A. C., *et al.* Pouteria spp. fruits: Health benefits of bioactive compounds and their potential for the food industry. **Food Research International** 173 (2023) 113310. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113310>. Acesso em: 15 dez. 2023.

OLIVEIRA, A. P. *et al.* Protein and Metalloprotein Distribution in Different Varieties of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Effects of Cooking. **International Journal of Food Science**. 2017. ISSN 23567015. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/5957178>. Acesso em: 21 set. 2022.

OLIVEIRA, A. S. **Elaboração de farinha de polpa, casca e cilindro central de abacaxi cv. pérola para produção de bolo**. f186. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2016.

OLIVEIRA, L. C. C. *et al.* Food waste in Brazil: narrative literature review. **Human And Social Development Review**, Niterói, v. 3, n. 1, p. 1-9, 03 jun. 2022. Disponível em: <http://www.hsdr.periodikos.com.br/article/10.51995/2675-8245.v3i1e10015/pdf/hsdr-3-1-e10015.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

OLIVEIRA, M. S. G. *et al.* M. Extração do óleo essencial do abacaxi como proposta de experimentação para alunos com deficiência visual. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.14, n.3, 2019. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID641/v14_n3_a2019.pdf. Acesso em: 18 out. 2022.

ORTEGA, N. *et al.* Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in vitro digestion model. **Food Chemistry**, v. 124, p. 65-71, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.105>. Acesso em 08/02/2024.

OTLES, S.; OZGOZ, S. Health effects of dietary fiber. **Acta Sci Pol Technol Aliment**, v.13 n.2, p.191-202, 2014. Disponível em: http://www.food.actapol.net/volume13/issue2/8_2_2014.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

PAGARE, S. *et al.* Secondary Metabolites of Plants and their Role: Overview. **Current Trends in Biotechnology and Pharmacy**, Vol. 9 (3) 294-305, 2015, ISSN 0973-8916 (Print), 2230-7303 (Online). Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Manila-Bhatia/publication/325510295_Secondary_Metabolites_of_Plants_and_their_Role_Overview/links/5b1180484585150a0a60304d/Secondary-Metabolites-of-Plants-and-their-Role-Overview.pdf#page=104. Acesso em: 07 mar. 2023.

PARREIRA, J. R. *et al.* Differential proteomics reveals the hallmarks of seed development in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Proteomics**, v. 143, p. 188–198, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.03.002>. Acesso em: 02 fev. 2023

PAZ-ARTEAGA *et al.* Bioprocessing of pineapple waste for sustainable production of bioactive compounds using solid-state fermentation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 85 (2023b) 103313. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103313>. Acesso em: 14 dez. 2023.

PAZ-ARTEAGA, S.L. *et al.* Dual Emerging Applications of Solid-State Fermentation (SSF) with *Aspergillus niger* and Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE) for the Obtention of Antimicrobial Polyphenols from Pineapple Waste. **Fermentation** 2023a, 9, 706. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fermentation9080706>. Acesso em: 15 dez. 2023.

PEREIRA, Z. C., *et al.* Passion fruit (*Passiflora spp.*) pulp: A review on bioactive properties, health benefits and technological potential. **Food Research International** 166 (2023) 112626. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112626>. Acesso em: 17 dez. 2023.

PHAM, L. B. *et al.* Complexation between flaxseed protein isolate and phenolic compounds: Effects on interfacial, emulsifying and antioxidant properties of emulsions. **Food Hydrocolloids**, 94, 2019, pp. 20-29. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.007>. Acesso em: 05 set. 2023.

PHUNG *et al.* Changes in the Chemical compositions and biological properties of kombucha beverages made from black teas and pineapple peels and cores. **Scientific Reports**. V. 13, Issue 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34954-7>. Acesso em: 14 dez. 2023.

PINTADO *et al.* Integral Valorization of Pineapple (*Ananas comosus* L.) By-Products through a Green Chemistry Approach towards Added Value Ingredients. **Foods** 2020, 9, 60. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9010060>. Acesso em: 02 fev. 2023.

PINTO, D. *et al.* Predicting the effects of in-vitro digestion in the bioactivity and bioaccessibility of antioxidant compounds extracted from chestnut shells by supercritical fluid extraction – A metabolomic approach. **Food Chemistry** 435 (2024) 137581. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137581>. Acesso em: 15 jan. 2024.

PIRES, C. V. *et al.* Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 26(1): 179-187, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000100029>. Acesso em: 02 nov. 2022.

POLAKI, S., *et al.* High resolution-liquid chromatograph mass spectrometer characterization of bioactive compounds in pineapple wastes: Valorization of antioxidant and enzymatic activity. **Journal of Applied Biology & Biotechnology** Vol. 12(1), pp. 248-257, 2024. Disponível em: <http://www.jabonline.in/>. Acesso em: 09 jan. 2024.

RAMALHO *et al.* Características das cultivares de abacaxizeiros cultivadas no Estado de Rondônia. **Comunicado Técnico**, p.349. EMBRAPA. ISSN 010493-9458, 2009, Porto Velho, RO.

RE, R. *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231– 1237, 1999.

REDE BRASILEIRA DE PESQUISA EM SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. **2º Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil**, 2022. Disponível em: <https://pesquisassan.net.br/2o-inquerito-nacional-sobre-inseguranca-alimentar-no-contexto-da-pandemia-da-covid-19-no-brasil/>. Acesso em: 16 fev. 2023.

REIS JUNIOR, W. J. **Utilização de farinha da casca do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.) para desenvolvimento de hambúrguer bovino com teor reduzido de gordura.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2017. 67 p. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/2568/2/2017%20-%20Walter%20Jos%20dos%20Reis%20Junior.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

RIBEIRO, N. D. *et al.* Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.10, p.1393-1399, out. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001000004>. Acesso em: 02 set. 2022.

RICKE, S. C. Potential of fructooligosaccharide prebiotics in alternative and nonconventional poultry production systems. **Poult Sci.** v.94 n.6, p. 1411-8, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pev049>. Acesso em: 18 set. 2022.

RODRIGO, M. J. *et al.* Carotenoid bioaccessibility in pulp and fresh juice from carotenoid rich sweet oranges and mandarins. **Food Functional**, v. 6, p. 1950–1959, 2015. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/FO/C5FO00258C>. Acesso em: 20 set. 2022.

RODRIGUES, D. B. *et al.* Trust your gut: Bioavailability and bioaccessibility of dietary compounds. **Current Research in Food Science**, v.5 p. 228-233, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.002>. Acesso em: 01 fev. 2023.

RODRIGUES, J. H. *et al.* Contribuição do aproveitamento integral dos alimentos para saúde e meio ambiente. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12 n. 7, p.314-327, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0029>. Acesso em: 02 out. 2022.

RODRIGUEZ, L.A.P., *et al.* Exotic fruits patents trends: An overview based on technological prospection with a focus on Amazonian. **Heliyon** 9 (2023) e22060. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22060>. Acesso em: 15 dez. 2023.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Harvest Plus Handbook for Carotenoid Analysis**. Monografia Técnica, Instituto Internacional de Pesquisa em Política Alimentar (IFPRI) e Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Washington DC e Cali, 2004. Disponível em: <https://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/125148/filename/125149.pdf>. Acesso em: 28 out. 2022.

RORIZ, R. F. C. **Aproveitamento dos resíduos alimentícios obtidos das centrais de abastecimento do estado de goiás s/a para alimentação humana**. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

ROSSI, B. R. *et al.* Comparison of Grain Proteome Profiles of Four Brazilian Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars. **J. Agric. Food Chem.** 2017, 65, 7588–7597. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03220>. Acesso em: 09 out. 2022.

ROVARIS Â. A., *et al.* Chemical characterization of liquid residues from aqueous enzymatic extraction of soybean oil. **LWT - Food Sci Technol** 51:51–58, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.001>. Acesso em: 02 out. 2022.

SANTOS, D. I. *et al.* Pineapple (*Ananas comosus* L.) By-Products Valorization: Novel Bio Ingredients for Functional Foods. **Molecules** 2021, 26, 3216. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules26113216>. Acesso em: 05 out. 2022.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi- 'Pérola'. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 376-380, agosto 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000200020>. Acesso em: 02 set. 2022.

SATHE, S.K. Dry bean protein functionality. **Crit Rev Biotechnol** 2002; 22: 175-23. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07388550290789487>. Acesso em: 28 jan. 2024.

SEGOVIA, F. J.; CORRAL-PÉREZ, J. J.; ALMAJANO, M. P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products** 85 (2016) 213–220. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.005>. Acesso em: 05 dez. 2022.

SELVANATHAN; MASNGUT. Optimization of process factor and characterization of vinegar-like beverage production via spontaneous fermentation from pineapple peel waste. **LWT** 182 (2023) 114818. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114818>. Acesso em: 02 dez. 2023.

SHAHIDI, F.; DISSANAYAKA, C. S. Phenolic-protein interactions: insight from in-silico analyses – a review. **Food Prod Process e Nutr**, v. 5, n.2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00121-0>. Acesso em: 02 nov. 2023.

SHI, L; ARNTFIELD, S.D; NICKERSON, M. Changes in levels of phytic acid, lectins and oxalates during soaking and cooking of Canadian pulses. **Food Research International**, 107 (2018), pp. 660-668. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.056>. Acesso em: 03 out. 2022.

SILA, A.; BOUGATEF, A. Antioxidant peptides from marine by-products: Isolation, identification and application in food systems. A review. **Journal of Functional Foods** 21

(2016) 10–26. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.007>. Acesso em: 05 dez. 2022.

SILVA, F. V. *et al.* Design of automatic control system for the precipitation of bromelain from the extract of pineapple wastes. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 30, n.4, p.1033-1040, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400031>. Acesso em: 28 jan. 2023.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2013. 63 p., ISSN 1678-9644; 287.

SINGH, T.A., SARANGI, P.K., SINGH, N.J. Tenderisation of meats by bromelain enzyme extracted from pineapple wastes. *Internat J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 2018 7(9), 3256-3264. Disponível em: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.709.404>. Acesso em: 02 out. 2022.

SINGLA, M.; SIT, N. Isolation of papain from ripe papaya peel using aqueous two-phase extraction. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 17, p. 1685–1692, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01741-3>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics With Phosphomolybdic. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, n. 3, p. 144– 158, 1965.

SLAŤEK, G.; *et al.* The Extraction Process, Separation, and Identification of Curcuminoids from Turmeric *Curcuma longa*. **Foods** 2023, 12, 4000. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12214000>. Acesso em: 17 dez. 2023.

SOLIS-NAVARRETE; BUCIO-MENDOZA; STEZANO-PÉREZ. Innovations in agri-food biotechnology: Megatrends in tropical Mexican fruits. **World Patent Information** 74 (2023) 102207. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2023.102207>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SOMBIÉ, P. A. E. D.; *et al.* Antioxidant and phytochemical studies of 31 cowpeas (*Vigna unguiculata* (Walp L)) genotypes from Burkina. **Foods** 2018; 7(9): 1-9.

SOUSA, R. *et al.* Protein digestion of different protein sources using the INFOGEST static digestion model. **Food Research International** 130 (2020) 1089. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108996>. Acesso em: 28 nov. 2022.

SOUZA, F. V. D. *et al.* **Manual de gestão do banco ativo de germoplasma de abacaxi**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021, p. 57, ISSN 1809-4996, 250.

SUN, W. *et al.* Solid-state fermentation alters the fate of red kidney bean protein during buccal and gastrointestinal digestion: Relationship with cotyledon cell wall integrity. **Food Chemistry**. v. 410, 2023, 135370. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135370>. Acesso em: 05 dez. 2022.

TACO (**Tabela brasileira de composição de alimentos**). 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p. Disponível em: https://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=1. Acesso em: 12 dez. 2022.

TAKAYANAGI, K. *et al.* Mechanism of visceral fat reduction in Tsumura Suzuki obese, diabetes (TSOD) mice orally administered beta-cryptoxanthin from Satsuma mandarin

oranges (*Citrus unshiu* Marc). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 12342–12351, 2011. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf202821u>. Acesso em: 05 out. 2022.

TAKEOKA, G. R. *et al.* Characterization of Black Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Anthocyanins. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://pubs.acs.org/sharingguidelines>. Acesso em: 22 nov. 2022.

TORRES, E. A. F. S. *et al.* Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Cienc. Tecnolol. Aliment.**, v. 20, n. 2, p. 145-150, maio/ago. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/Vh7hsZFBHqNnFkgwTvjtvtbv/?lang=pt>. Acesso em: 01 mar. 2023.

TRÊS, M. **Obtenção de nanofibras de celulose provenientes da casca de abacaxi (*Ananas Comosus*) e sua aplicação em filmes biodegradáveis**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Porto Alegre, 2022, 64f.

TSUDA, T. *et al.* Antioxidative Pigments Isolated from the Seeds of *Phaseolus vulgaris* L. **Food Chem.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://pubs.acs.org/sharingguidelines>. Acesso em: 09 dez. 2022.

TURAZI, C. M. V., *et al.* Analysis of collaboration networks for scientific and technological research on passion Fruit. **Ciência Rural**, v.54, n.1, 2024. ISSN 1678-4596. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220443>. Acesso em: 1 fev. 2024.

UCKIAH, A.; GOBURDHUN, D.; RUGGOO, A. Vitamin C content during processing and storage of pineapple. **Nutrition & Food Science**. v. 39. p. 398-412. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/00346650910976275>. Acesso em: 19 dez. 2022.

VOET, D.; VOET, J.; GI PRATT, C. W. **Fundamentos de bioquímica: a vida em nível molecular**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed. 2008. ISBN 978-0-471-21495-3

WAUGHON, T. G. M. **Caracterização e processamento do resíduo fibroso gerado na industrialização do suco de abacaxi**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Pará, Belém, 2006. f 66.

YAHYA, N. A. *et al.* Statistical optimization and characterization of acoustically extracted *ananas comosus* peel powder with enhanced antioxidant capacity. **Jurnal Teknologi, [S. l.]**, v. 82, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11113/jt.v82.14486>. Acesso em: 03 dez. 2022.

YAMAGUCHI, M. Role of carotenoid β -cryptoxanthin in bone homeostasis. **Journal of Biomedical Science**, v. 19, p. 1-13, 2012. Disponível em: <https://jbiomedsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/1423-0127-19-36>. Acesso em: 21 dez. 2022.

YANG, Q. Q. *et al.* Polyphenols in Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Chemistry, Analysis, and Factors Affecting Composition. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food**. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12391>. Acesso em: 09 dez. 2022.

YOKOYAMA, L. P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. **Aspectos socioeconômicos da cultura**. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. (Coord.) Ricardo Silva Araujo *et. al.* Piracicaba: POTAFOS, 1996, 786 p.

ZAKARIA, S.M., *et al.* Extraction of phenolic compounds from *Chlorella* sp. microalgae using pressurized hot water: kinetics study. **Biomass Conv. Bioref.** 12, 2081–2089 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01027-y>. Acesso em: 05 out. 2023.

ZHAO, C.; LIU, Y.; LAI, S. *et al.* J. Effects of domestic cooking process on the chemical and biological properties of dietary phytochemicals. **Trends Food Sci Technol** 2019; 85: 55-66. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.01.004>. Acesso em: 03 dez. 2022.

ZHAO, L. *et al.* Physicochemical properties, structural characteristics, and in vitro digestion of brown rice–pea protein isolate blend treated by microbial transglutaminase. **Food Hydrocolloids**, v 141, 2023, 108673, ISSN 0268-005X, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108673>. Acesso em: 05 dez. 2023.

ZIMMERMANN, M. J. O.; TEIXEIRA, M. G. Origem e evolução. *In*: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 57-70.

**ANEXO 1 – CERTIFICADO DE PRÊMIO DE TERCEIRA MELHOR
APRESENTAÇÃO ORAL NA SACTA XII**



ANEXO 2 – CERTIFICADO DE MENÇÃO HONROSA NA SACTA XII

Certificado

Certificamos que

A XII Semana Acadêmica de Ciência e Tecnologia de Alimentos, por meio da Comissão Científica, tem enorme satisfação em atribuir **Menção Honrosa** ao trabalho **Atividade antioxidante e capacidade redutora de fenólicos de grãos de feijão comum in natura (Phaseolus vulgaris L.) submetidos ao molho e cozimento** apresentado por **Maria Deyonara Lima Silva**, pelo mérito de ter sido um dos 06 finalistas da Mostra Científica.



Professora Dra. Silvani Verruck
Presidente da XII Semana Acadêmica de Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

ANEXO 3 – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO ORAL NA SACTA XII

Certificado

Certificamos que o trabalho **Atividade antioxidante e capacidade redutora de fenólicos de grãos de feijão comum in natura (*Phaseolus vulgaris* L.) e submetidos ao molho e cozimento** foi apresentado na modalidade comunicação oral durante a Semana Acadêmica de Ciência e Tecnologia de Alimentos, realizado nos dias 24 a 27 de outubro de 2023, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Autores: **Maria Deyonara Lima da Silva, Joana de Almeida Zanetti, e Isabela Maia Toaldo Fedrigo**



Professora Dra. Silvani Verruck

PRESIDENTE DA XII SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



ANEXO 4 – CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO 8º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR: SISTEMAS ALIMENTARES E ALIMENTOS SEGUROS



**ANEXO 5 – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO E PUBLICAÇÃO DE TRABALHO
NOS ANAIS DO 8º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR: SISTEMAS
ALIMENTARES E ALIMENTOS SEGUROS**



8º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR
SISTEMAS ALIMENTARES E ALIMENTOS SEGUROS

CERTIFICADO

Atestamos que o trabalho "EFEITO DA TEMPERATURA E DE DIFERENTES SOLVENTES NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DA CASCA DE ABACAXI (ANANAS COMOSUS)" de autoria **Maria Deyonara Lima Da Silva, Joana De Almeida Zanetti, Isabela Maia Toaldo Fedrigo** foi aprovado e publicado nos anais do 8º Simpósio de Segurança Alimentar: Sistemas Alimentares e Alimentos Seguros ocorrido do dia 03 ao dia 05 de outubro de 2023 com ISBN: 978-65-5465-068-7.

Jaqueline Garda Buffon
Presidente do 8º SSA

ANEXO 6 – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO DE PÔSTER NO VIII SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO DAS PÓS-GRADUAÇÕES DO CCB

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Pró-Reitoria de Extensão

Certificado

Certificamos que Maria Deyonara Lima da Silva
CPF 035.780.102-43
atuou como Apresentador de Pôster do(a) VIII Simpósio de Integração das Pós-Graduações do CCB
realizado no período de 16/11/2022 a 18/11/2022
Carga horária: 1 hora
Esta atividade está amparada pelo Projeto de Extensão intitulado: VIII Simpósio de Integração das Pós-Graduações do CCB

TÓPICOS ABORDADOS

Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e do Desenvolvimento; **SCIENTIA**
Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas;
Programa de Pós-Graduação em Bioquímica;
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biociências;
Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas;
Programa de Pós-Graduação em Ecologia;
Programa de Pós-Graduação em Farmacologia;
Mestrado Profissional em Farmacologia;
Programa de Pós-Graduação em Neurociências;
Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais;
Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

Coordenador: Geison de Souza Izidio
Protocolo: 202212277

Este certificado dispensa assinatura
UFSC - PROEX
Campus Reitor João David Ferreira Lima
Florianópolis - Santa Catarina - Brasil
CNPJ: 83.899.526/0001-82

A autenticidade do documento pode ser verificada no site: <http://autenticidade.ufsc.br>, informando a chave: CERT-6695-4772-1358-4181

ANEXO 7 – PÔSTER APRESENTADO NO VIII SIMPÓSIO INTEGRADO DAS PÓS-GRADUAÇÕES DO CCB- UFSC



PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO ABACAXI (ANANAS COMOSUS) NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

SILVA, Maria Deyonara Lima; ZANETTI, Joana de Almeida; ARISI, Ana Carolina Maisonnave, FEDRIGO, Isabela Maia Toaldo*
{Universidade Federal de Santa Catarina, deyonara09@gmail.com, isabela.toaldo@ufsc.br*

INTRODUÇÃO

Durante o processamento do abacaxi são gerados cerca de 60% de resíduos. Todavia, a qualidade nutricional dessa fruta, incluindo a casca, é evidente, constituindo uma excelente fonte de polifenóis e de fibra alimentar (CAMPOS et al., 2020a; GÓMEZ-GARCÍA et al., 2022; POLANÍA et al., 2022; SANTOS et al., 2021). Além disso, há um ganho econômico relacionado ao valor agregado do abacaxi.

OBJETIVOS

Este trabalho apresenta uma prospecção tecnológica acerca da utilização de subprodutos do abacaxi, para o desenvolvimento de produtos alimentícios com alto valor nutricional.

METODOLOGIA

Realizou-se um estudo prospectivo tecnológico utilizando a base de dados Espacenet, sobre o aproveitamento do abacaxi com ênfase na casca, para o desenvolvimento de produtos alimentícios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

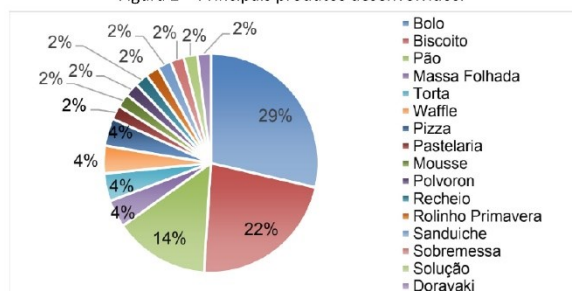
Das 49 patentes, 90% eram de origem chinesa. Patentes brasileiras não foram observadas. A partir de 2014, cresceu significativamente o número de publicações de patentes de produtos do abacaxi (Figura 1). Observou-se que os principais produtos elaborados são bolos, biscoitos e pães (Figura 2).

Figura 1 - Relação da quantidade de patentes publicadas por ano.



FORNTE: OS AUTORES (2022)

Figura 2 – Principais produtos desenvolvidos.



FORNTE: OS AUTORES (2022)

CONCLUSÃO

Conclui-se que existe um vasto campo para pesquisa e desenvolvimento de alimentos a partir dos resíduos do abacaxi, que são ricos em fibras alimentares e compostos bioativos, em particular a casca.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, D. A. et al. **Integral valorization of pineapple (Ananas comosus L.) By-products through a green chemistry approach towards Added Value Ingredients.** Foods, v. 9, n. 1, 2020a.
- GÓMEZ-GARCÍA, R. et al. **Impact of Simulated Human Gastrointestinal Digestion on the Bioactive Fraction of Upcycled Pineapple By-Products.** Foods, v. 11, n. 1, 1 jan. 2022.
- POLANÍA, A. M. et al. **Valorization of pineapple waste as novel source of nutraceuticals and biofunctional compounds.** Biomass Conversion and Biorefinery. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2022.
- SANTOS, D. I. et al. **Pineapple (Ananas comosus L.) by-products valorization: Novel bio ingredients for functional foods.** Molecules, v. 26, n. 11, 1 jun. 2021.

