

# BROMELINA EXTRAÍDA DO ABACAXI - UMA REVISÃO

## BROMELINE EXTRACTED FROM PINEAPPLE - A REVIEW

LÍGIA MOURA VIEIRA<sup>1</sup>, JENNIFER RODRIGUES MARTINS DA SILVA<sup>1</sup>, LUCAS NOJOSA OLIVEIRA<sup>2</sup>,  
ÁLVARO PAULO SILVA SOUZA<sup>3</sup>, MARIANA CRISTINA DE MORAIS<sup>3\*</sup>

1. Acadêmicas do curso de Farmácia da Faculdade Estácio de Sá de Goiás-FESGO. 2. Docente do curso de Biomedicina da Faculdade Estácio de Sá de Goiás-FESGO. 3. Docente do curso de Farmácia da Faculdade Estácio de Sá de Goiás-FESGO.

\* Avenida Goiás, 2151, Setor Central, Goiânia, Goiás, Brasil. CEP: 74063-010. [mariana.morais@estacio.br](mailto:mariana.morais@estacio.br)

Recebido em 06/08/2020. Aceito para publicação em 22/10/2020

### RESUMO

**Introdução:** O Brasil está entre os principais produtores de abacaxi (*Ananas comosus L.*) que é um autêntico espécime das regiões tropicais e subtropicais. O fruto é altamente consumido de diversas formas, porém boa parte dele se torna resíduo agrícola. Entretanto, a indústria já demonstrou que as partes não utilizadas do abacaxi são ótimas fontes de bromelina. A bromelina tem diversos usos, todos baseados em sua atividade enzimática, utilizados principalmente nas indústrias alimentícias e farmacêuticas. **Objetivo:** O objetivo dessa revisão é demonstrar aspectos enzimáticos da bromelina e sua utilização em diversos produtos, bem como enfatizar o reaproveitamento de rejeitos industriais. **Material e métodos:** Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, onde os dados foram levantados a partir da busca das seguintes palavras-chave: “Abacaxi” e “bromelina” sozinhas ou combinadas a partir do ano de 2000. **Resultados e discussões.** No cenário mundial, o abacaxi é a fruta tropical mais famosa graças ao seu atrativo sabor e refrescante equilíbrio entre a acidez e a doçura e a versatilidade tanto para o consumo *in natura* ou após o processamento. O fruto possui grande valor energético, devido à sua alta composição de açúcares, e valor nutritivo pela presença de sais minerais. Além disso, os resíduos do abacaxi gerados pela agricultura é uma das principais fontes de matéria prima para a extração de enzimas no Brasil, sendo a Bromelina com grande destaque nessa área. **Considerações Finais:** Apesar da Bromelina apresentar grande resultados devido a sua ação proteolítica, alguns ramos industriais, em especial o de alimentos tem utilizado outros tipos de enzimas em seus produtos, deixando de lado o grande potencial da Bromelina.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abacaxi; Bromelina; Atividade Enzimática; Aproveitamento dos alimentos

### ABSTRACT

**Introduction:** Brazil is among the main producers of pineapple (*Ananas comosus L.*) which is an authentic example of tropical and subtropical regions. The fruit is highly consumed in several ways, but much of it becomes agricultural waste. However, the industry has already shown that unused pineapple parts are great sources of bromelain. A bromelain has several uses, all based on its enzymatic activity, used mainly in the food and pharmaceutical industries. **Objective:** The objective

of this review is to demonstrate the enzymatic aspects of bromelain and its use in several products, as well as to emphasize the reuse of industrial waste. **Material and methods:** This is a bibliographic search, where data were collected from the search for the following keywords: “Pineapple” and “bromelain” alone or combined from the year 2000. **Results and execution.** On the world stage, pineapple is the most famous tropical fruit thanks to its attractive flavor and refreshing balance between acidity and sweetness and versatility for both fresh consumption and after processing. The fruit has great energy value, due to its high sugar composition, and nutritional value due to the presence of mineral salts. In addition, pineapple residues generated by agriculture and one of the main sources of raw material for the extraction of enzymes in Brazil, being a Bromelain with great prominence in this area. **Final Considerations:** Although Bromelain shows great results due to its proteolytic action, some industrial branches, especially food, have other types of enzymes in their products, leaving aside the great potential of Bromelain.

**KEYWORDS:** Pineapple; Bromelain; Enzymatic activity; Use of food

### 1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus L.*) é um autêntico espécime das regiões tropicais e subtropicais, nativo das regiões costeiras da América do Sul. É cultivado na Ásia, África e Américas do Norte, Central e do Sul. Destacam-se como principais produtores: a Tailândia, Filipinas, Brasil, China e Índia. Este fruto tropical altamente consumido em todo o mundo é muito utilizado como matéria prima para a fabricação de diversos produtos alimentícios como compotas, doces cristalizados, geleias, sorvetes, cremes, gelatinas, pudins e destacando-se a polpa de fruta congelada onde, nesse processo, são gerados resíduos que quando não aproveitados podem se tornar em fonte de poluição (FIGUEIRÊDO; QUEIROZ; NORONHA, 2003).

O abacaxi fruto é a parte comercializável da planta, porém, esta porção representa somente 23% do total da planta, enquanto que o restante, formado por caule, folha, casca, coroa e talos, é considerado resíduo

agrícola e não tem sido devidamente aproveitado, resultando em perdas econômicas (SOUZA et al., 2007).

Trabalhos já realizados demonstram que os resíduos de frutas apresentam teores representativos de carboidratos, proteínas e enzimas proteolíticas, que possibilitam a sua utilização industrial como matéria-prima para a obtenção de bromelina, amido, fibras, álcool etílico e rações animais (BALDINI et al., 1995). Enzimas são moléculas biológicas complexas responsáveis por catalisar milhares de processos metabólicos nos seres vivos. Nesse conjunto, as proteases são responsáveis por quebrarem as ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas e representam um dos grupos de enzimas mais relevantes produzidas industrialmente. Estas representam 60% de todo o comércio mundial de enzimas, podendo ser utilizadas nos mais diversos ramos (SILVA, 2014).

A Bromelina é o nome genérico dado ao conjunto de enzimas proteolíticas encontradas nos vegetais da família *Bromeliaceae*, da qual o abacaxi é o mais conhecido. A bromelina tem diversos usos, todos baseados em sua atividade proteolítica, como nas indústrias alimentícias e farmacêuticas. Pode-se mencionar sua utilização no amaciamento de carnes, na clarificação de cervejas, na fabricação de queijos, no preparo de alimentos infantis e dietéticos, no pré-tratamento de soja, no tratamento do couro, na indústria têxtil, no tratamento da lã e da seda, no tratamento de distúrbios digestivos, feridas e inflamações, preparo de colágeno hidrolisado, entre outros. Muitas técnicas têm sido utilizadas para a recuperação e purificação de proteínas e enzimas de origem animal, vegetal ou microbiana. Técnicas mais antigas como a precipitação, extração com solventes e filtração geralmente tem alto poder de concentração e baixa purificação e técnicas mais modernas como a cromatografia de afinidade, troca iônica ou gel-filtração, eletroforese, extração em duas fases aquosas, extração com micela reversa, recuperam e purificam, com alto grau de seletividade (CÉSAR, 2005).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi realizado a partir do levantamento das produções científicas e documentos governamentais que tratam sobre o tema proposto. Foram priorizados os documentos e artigos a partir do ano de 2000, sem prejuízo da utilização de documentos e artigos clássicos sobre o tema publicados anteriormente a 2000. As palavras-chave utilizadas para a busca foram “Abacaxi” e “bromelina” sozinhas ou combinadas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ABACAXI

O abacaxizeiro (*Ananas comosus var. comosus*) é uma angiosperma, provavelmente originária das zonas Central e Sul do Brasil, o Nordeste da Argentina e o

Paraguai. Porém, estudos de distribuição do gênero *Ananas* indicam que o seu centro de origem é a região Amazônica, compreendida entre 10°C e 10°S de latitude e entre 55°L e 75°W de longitude, por nela ser encontrado o maior número de espécies consideradas conhecidas atualmente (SAMPAIO et al., 2011).

O Brasil é um dos maiores centros de diversidade genética de abacaxi no mundo, uma vez que, além de *Ananas comosus*, outras espécies do gênero *Ananas* e alguns gêneros próximos, como *Pseudananas* e *Bromelia*, possuem ocorrência endêmica em várias regiões brasileiras, apresentando ampla variabilidade genética, notadamente da região Amazônica (FERREIRA et al., 2010).

O fruto do abacaxizeiro é uma infrutescência relativamente comprida, composta de 50 a 150 frutos individuais chamados de frutinhos, originados a partir de flores completas (CUNHA et al., 1999). A infrutescência é formada por uma espiral, de baixo para cima (COPPENS D'ECKENBRUGGE; LEAL, 2003), sendo assim, os frutinhos da parte inferior têm idade fisiológica maior que os da região mediana e superior, o que pode contribuir para variações muito significativas na qualidade da polpa do fruto (REINHARDT et al., 2004).

O abacaxizeiro é uma planta monocotiledônea, herbácea e perene da família *Bromeliaceae*. As espécies pertencentes a esta família podem ser divididas em dois grupos distintos, de acordo com seus hábitos: as epífitas que crescem sobre outras plantas, e as terrestres, que crescem no solo às custas de suas próprias raízes (CUNHA et al., 1999). Os abacaxis são pertencentes ao segundo grupo, aos gêneros *Ananas* e *Pseudonanas* (PY et al., 1984).

O abacaxi é considerado um dos frutos tropicais mais importantes (RAMOS et al., 2010). No cenário mundial, é a fruta tropical mais famosa graças ao seu atrativo sabor e refrescante equilíbrio entre a acidez e a doçura e a sua versatilidade tanto para o consumo *in natura* ou após o processamento, na forma de: suco, suco concentrado, polpa, conserva, liofilizado, entre outros (BALDINI et al., 1995; REINHARDT, 2004). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de abacaxi com uma produção equivalente a 2.483.831 toneladas e área plantada de 63.204 ha em 2013. A Costa Rica é a maior produtora, seguido pelo terceiro lugar ocupado pelas Filipinas (FAO, 2013).

### Composição Química

A composição química do abacaxi varia muito de acordo com a época em que é produzido, do estágio de maturação e de fatores agrônômicos e ambientais. Na Tabela 1, são apresentados detalhes de sua composição química média (TACO, 2011).

O fruto possui grande valor energético, devido à sua alta composição de açúcares, e valor nutritivo pela presença de sais minerais (cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio, cobre e iodo) e de vitaminas (C, A, B1, B2 e Niacina). Excede a laranja em ferro, contém quatro

vezes mais cálcio do que o trigo integral. Seu consumo é recomendado para crianças, dada à importância desses minerais na formação do sangue e dos ossos (FRANCO; CHALOUB, 1992; FRANCO, 2001).

Já o suco e a polpa de abacaxi também são alimentos energéticos, pois, um copo do mesmo propicia cerca de 150 calorias ao organismo humano. O teor de açúcares varia em geral em torno de 12 a 15%, dos quais aproximadamente 66% são de sacarose e 34% de açúcares redutores. As cinzas, que representam 0,4-0,6% do peso total, são ricas em bases, principalmente em potássio, ao qual seguem o magnésio e cálcio, geralmente em partes iguais, e essas características permanecem em sua maioria nos resíduos triturados do abacaxi, o que os transformam em materiais de grande interesse, devido às suas características de alta riqueza nutricional. (CESAR, 2005).

### Processamento da fruta

O comércio mundial de abacaxi *in natura* atingiu 700 mil toneladas em 1999, e o comércio de abacaxi transformado em suco ou conserva são equivalentes a quatro milhões de toneladas de frutas frescas (AGRIANUAL, 2000).

**Tabela 1:** Composição química média do abacaxi, cru.

Componentes	Quantidade (por 100 g de parte comestível)
Umidade	86,30%
Energia	48 kcal
Proteína	0,90 g
Lipídeos	0,1 g
Colesterol	NA mg
Carboidratos	12,3 g
Fibra Alimentar	1 g
Cinzas	0,4 g
Cálcio	22 mg
Magnésio	18 mg

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, TACO, 2011.

O fruto presta-se tanto para consumo ao natural como para processamento industrial em suas mais diversas formas (pedaços em calda, suco, pedaços cristalizados, geleias, licor, vinho, vinagre e aguardente). No processamento do abacaxi, a industrialização da fruta costuma ser integrada. Isso significa que não existe uma indústria trabalhando com um ou dois produtos, mas procura-se tirar o máximo de rendimento da fruta em relação ao produto principal (fruta em calda) e aos produtos de caráter secundário (como é o caso do suco simples e do suco concentrado), e mesmo os subprodutos, como é o caso específico do suco da casca e resíduos fibrosos (TORREZAN, 2000).

A fruta em calda, que é o principal produto industrializado do abacaxi, ocupa, atualmente, a segunda posição em vendagem no mercado internacional, logo em seguida do pêssego em calda (GODOI, 2007).

O processamento tem início com a lavagem das frutas, que chegam do campo em grandes recipientes ou carretas, já desprovidas da coroa que pode ser utilizada para o replantio da fruta. A seguir, as frutas são

conduzidas por meio de transportadoras para uma seção superior onde a lavagem é completada. As frutas lavadas são conduzidas para um segundo pavimento, no qual, é feito um corte em uma das extremidades da fruta. Essa operação tem por finalidade principal eliminar as partes restantes da coroa e talo, a fim de facilitar o trabalho posterior da máquina ginaca. Essas partes eliminadas seguem, por meio de um transportador, para a linha de processamento de ração (CESAR, 2005).

Na etapa seguinte, ainda no segundo pavimento, as frutas são selecionadas por tamanho, seleção esta que é feita por meio de roscas sem fim, dispostas de tal forma que permitem a classificação das frutas em três tamanhos distintos: grande, médio e pequeno. As frutas de tamanho médio constituem aproximadamente 60 a 65% do total de abacaxis que entram na usina de processamento (CESAR, 2005).

O processo tem por finalidade dar um fluxo contínuo às fases posteriores, reduzindo assim a capacidade ociosa da ginaca, que é a máquina automatizada e de grande capacidade (80-120 frutas por minuto), que executa uma série de operações sucessivas: - corte das extremidades, descascamento da fruta e encaminhamento do cilindro à etapa seguinte do processamento. O equipamento também é dotado de um dispositivo raspador, que erradica a polpa da casca e das extremidades do fruto. A maior parte deste material erradicado (polpa erradicada) se destina à produção de “crush” (espécie de salada de frutas) e uma pequena parte à produção de suco (CESAR, 2005). As linhas completamente automatizadas de processamento de abacaxi encontram-se em várias fábricas espalhadas pelo mundo tais como Havaí, Formosa, Filipinas, Tailândia, Austrália, África do Sul e outros países. Essas linhas apresentam, atualmente, rendimentos próximos de 46% de partes sólidas da fruta para enlatamento (GODOI, 2007).

### Produtos e Subprodutos do Processamento

A indústria de alimentos sofre quando a questão é desprezo e finalidade de seus resíduos. Ainda mais quando estes resíduos são matérias-primas naturais de frutas, altamente rica em nutrientes. O Brasil, por ser um país de grande atividade agrícola, é um dos que mais produzem resíduos agroindustriais. A busca de alternativas para utilização da matéria gerada vem crescendo (CATANEO, 2008).

O Brasil diferencia-se completamente dos grandes produtores e consumidores mundiais de abacaxi, pois quase toda sua produção é consumida na forma fresca, sendo a quantidade industrializada insignificante (BERTEVELLO, 2001). Portanto, uma das principais fontes de matéria prima para a extração de enzimas no Brasil, não seriam os subprodutos do processamento e sim os resíduos agrícolas, especialmente a sua haste (stem) que tem demonstrado bons resultados nos mais recentes estudos de extração e purificação (RABELO; TAMBOURGI; PESSOA, 2004) e nas aplicações

terapêuticas da Bromelina (MYNOTT; LADHAM; SCARMATO, 1999).

Para o aproveitamento destes resíduos, sem perdas de qualidade química, é necessário que se faça a colheita e se estabeleçam condições ideais de armazenamento com a temperatura e umidade relativa controladas, permitindo retardar o processo vital do produto, através da redução do seu metabolismo, sem, contudo, alterar a sua fisiologia (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Para condições de armazenamento e transporte, o ideal é que o abacaxi esteja em temperaturas inferiores a 10°C para que não ocorra o escurecimento enzimático. Porém, muitas vezes são preparados, armazenados e transportados em temperaturas inferiores a 10°C. Entretanto, existem poucos estudos publicados sobre a influência de baixas temperaturas na qualidade pós-colheita de frutos de abacaxi (BRITO et al, 2005).

### Microbiota dos Resíduos do Abacaxi

SILVA et al, 2017, realizaram uma pesquisa cuja matéria-prima (Abacaxi - *Ananás comosus*), foi obtida a partir do comércio de varejo da cidade de Cascavel-PR, sem nenhum tipo de higienização. A análise foi realizada imediatamente após a coleta. As amostras foram separadas em seis unidades de 25g cada em cubas plásticas estéreis em fluxo laminar, sendo 5 amostras da casca do abacaxi e 1 amostra da polpa do abacaxi,

Uma amostra foi utilizada sem nenhum tipo de higienização e sanitização, para servir como amostra padrão (amostra 1). A amostra 2 foi higienizada manualmente com água corrente e posterior preparo para diluição e análise microbiológica. Para sanitização foi preparada uma solução clorada de 200 ppm (10mL de hipoclorito de sódio em 1,0 L de água) e adicionada à cuba onde se colocou a amostra 3, previamente cortada e lavada em água corrente, até que ocorresse a imersão da mesma. Deixou-se agir por 20 minutos e posteriormente, foi realizada a análise microbiológica. Na sequência, a casca do abacaxi sem higienização (amostra 4) foi colocada em água fervente e deixada por aproximadamente 15 min e posteriormente procedeu-se à análise microbiológica. Após sanitização com uma solução clorada de 200 ppm de hipoclorito, a casca do abacaxi (amostra 5) foi colocada em água fervente e deixada por aproximadamente 15 min e posteriormente procedeu-se à análise microbiológica. Ainda, foi utilizada uma amostra da polpa (amostra 6) sem higienização e sanitização, que seguiu para análise microbiológica direta.

De acordo com a RDC nº 12, de janeiro de 2001, do Ministério da Saúde, os padrões microbiológicos sanitários para alimentos *in natura*, para o consumo direto, a máxima tolerância para as amostras indicativas é de  $5 \times 10^2$  NMP g-1 (Número mais provável) ou UFC  $10^2$  g-1 (Unidade Formadora de Colônias) de Coliformes Totais e a ausência de *Salmonella* sp em 25g (BRASIL 2001).

### BROMELINA

Bromelina é o nome genérico dado ao conjunto de enzimas proteolíticas encontradas nos vegetais da família *Bromeliaceae*, da qual o abacaxi é o mais conhecido. As enzimas proteolíticas encontradas nos talos recebem o nome de bromelina do talo e tem o número sistemático EC 3.4.22.4, e as encontradas no fruto são chamadas de bromelina do fruto ou ainda, bromelina e tem o número sistemático EC 3.4.22.5 (MURACHI, 1976).

A bromelina é uma glicoproteína, tendo um resíduo oligossacarídeo por molécula, que está covalentemente ligado à cadeia peptídica. A bromelina do talo é uma enzima sulfidrílica, e este grupamento é essencial para a sua atividade proteolítica. A bromelina do fruto é uma proteína ácida, e seu ponto isoelétrico foi determinado por focalização isoelétrica como pH 4,6 e mudanças conformacionais irreversíveis ocorrem em valores de pH maiores que 10,3 (MURACHI, 1976).

Segundo ROWAN et al. (1990), existem dois tipos distintos de bromelina do abacaxi, a do talo subterrâneo e a da fruta, que diferem basicamente na sequência de aminoácidos de sua composição, sendo imunologicamente diferentes, certamente produtos de genes distintos. A bromelina produzida e utilizada industrialmente é uma mistura das duas.

A bromelina do talo tem peso molecular de aproximadamente 28.000 daltons; é cerca de 1,5 vezes maior em tamanho quando comparada com a papaína. É uma glicoproteína que tem um oligossacarídeo por molécula o qual é covalentemente ligado à cadeia peptídica. A enzima possui um grupo sulfidril (SH) por molécula que é essencial para a sua atividade catalítica. O aminoácido terminal é um resíduo de valina. A enzima purificada obtida a partir de procedimentos de rotina mostrou 60 a 70% de atividade quando em testes com a hidrólise de caseína na ausência de ativadores da reação. A especificidade da enzima é considerada ampla, uma vez que hidrolisa vários substratos sintéticos (SOUZA et al, 2007).

A bromelina extraída do suco do abacaxi possui maior atividade proteolítica do que a extraída do talo, aproximadamente metade da proteína presente na fruta é encontrada na principal protease, a bromelina. A bromelina do fruto é uma proteína ácida e seu ponto isoelétrico foi determinado por focalização isoelétrica como pH 4,6, com mudanças conformacionais irreversíveis em valores de pH maiores que 10,3 (MURACHI, 1976).

De acordo com MURACHI (1976), a bromelina da fruta tem peso molecular de 31.000 daltons, possui menor concentração de lisina, arginina e histidina e o aminoácido terminal é um resíduo de alanina. Alguns estudos revelaram que a enzima não está presente nos primeiros estádios de maturação da fruta, entretanto, seu nível aumenta rapidamente, mantendo-se elevado até o amadurecimento, quando decresce ligeiramente.

A matéria prima mais empregada para obtenção de bromelina são os talos maduros de abacaxizeiros,

utilizando-os após a colheita das frutas, no entanto, podem ser utilizadas também folhas, suco, cascas e resíduos. A bromelina aparece em maior concentração na porção inferior dos talos de plantas maduras. A porção central do talo contém mais proteases do que a porção mais externa (BALDINI et al, 1995).

Apesar da diminuição da atividade proteolítica durante a maturação, o abacaxi é o único fruto que possui concentrações relativamente altas de proteases no estado maduro. No mamão e no figo, tanto a papaína quanto a ficina, somente são encontradas em altos níveis quando o fruto está verde; com o completo amadurecimento, a concentração de proteases praticamente desaparece. Para obtenção da bromelina, podem ser utilizadas diferentes partes do abacaxi: folhas, talos, polpa da fruta, cascas e resíduos industriais do processamento do fruto. O fruto e o talo apresentam o mesmo teor de proteína total, porém o talo apresenta cerca de 60% menor quantidade de enzimas proteolíticas (CÉSAR et al, 1999).

A bromelina tem tido ampla aplicação na indústria de alimentos, mas elas podem ser utilizadas também em indicações clínicas, tais como: agentes antitumorais, modulação imune, limpeza de feridas, aumento do efeito de antibióticos, ação anti-inflamatória, ação mucolítica, auxílio na digestão, aplicações em doenças cardiovasculares e circulatórias, em procedimentos cirúrgicos e ferimentos da musculatura esquelética (CABRAL, 2001; AICHELE et al., 2013).

Na indústria de alimentos, a bromelina pode ser utilizada no amaciamento de carnes vermelhas, na produção de pães e biscoitos a partir de farinhas de trigo de alto teor de proteínas, na produção de ovos desidratados, na preparação de leite de soja e isolados proteicos, na cervejaria para hidrolisar certos complexos proteínas-tanino, formados durante a fermentação, que se presentes na cerveja, tornam-se insolúveis e formam turvações quando gelada (FREIMAN; SABAA, 1999).

### Consumo de Bromelina

Atualmente a indústria alimentícia não se apresenta como um mercado atrativo para utilização da bromelina, pois vem sendo largamente utilizada a papaína no amaciamento de carnes e a grande barreira seria romper o cartel de indústrias produtoras da enzima. Também existe a barreira de a África do Sul produzir e exportar papaína a preços sem concorrência a princípio. A indústria de cervejas, nas quais a bromelina também poderia ser utilizada como clarificante, aboliu a utilização da mesma, alegando esta enzima produzir resíduos de difícil retirada dos tanques de armazenagem do produto. A concentração principal da utilização da bromelina está na indústria farmacêutica, uma das indústrias que mais investe em tecnologias e novos produtos nos últimos tempos (GODOI, 2007).

A bromelina foi reconhecida como agente medicinal em 1957 e, desde então, mais de 200 documentos integraram a literatura medicinal. Tem sido utilizada pelos seus efeitos em todas as condições inflamatórias e

em vários outros problemas como angina, indigestão e problemas respiratórios. É uma endopeptidase que não necessita de sistema precursor para desempenhar suas atividades farmacológica e terapêutica. Além disso, o *Ananás comosus* contém os cátions divalentes dos oligoelementos magnésio, manganês, zinco, ferro e cálcio, que atuam como cofatores nas funções das referidas enzimas (GODOI, 2007).

A ação da bromelina inclui: inibição da agregação plaquetária, atividade fibrinolítica, ação anti-inflamatória, ação antitumoral, modulação de citocinas e imunidade, propriedade debridante de pele, aumento da absorção de outras drogas, propriedades mucolíticas, facilitador da digestão, acelerador da cicatrização, melhora da circulação e sistema cardiovascular. Bromelina é bem absorvida por via oral e a evidência disponível indica que sua atividade terapêutica aumenta com as doses mais altas. Apesar de todos os seus mecanismos de ação ainda não estarem totalmente esclarecidos, foi demonstrado que é um seguro e efetivo suplemento. A bromelina parece ter tanto ação direta quanto indireta, envolvendo outros sistemas enzimáticos, ao exercer seus efeitos antiinflamatórios. (MATTOS, 2005)

### Pesquisa de mercado para o uso da bromelina

O Brasil se destaca no cenário mundial como grande produtor e exportador de produtos agrícolas destacando-se a fruticultura. As frutas de maiores destaques são laranja, banana, uva, mamão e o abacaxi, que completam as cinco frutas de maior produção de 2010, representando 70% de toda produção do setor frutícola, todas com crescimento em receita acima de 10% (CESAR, 2005).

Nos dias de hoje a produção de frutas destina-se a atender à demanda por frutas frescas, no entanto, existe uma tendência mundial para o mercado de produtos transformados, como conservas, sucos, geléias e doces. Em países em desenvolvimento, como o Brasil, as perdas pós-colheita de frutas frescas são estimadas na ordem de 20 a 50% (SANTOS,2011).

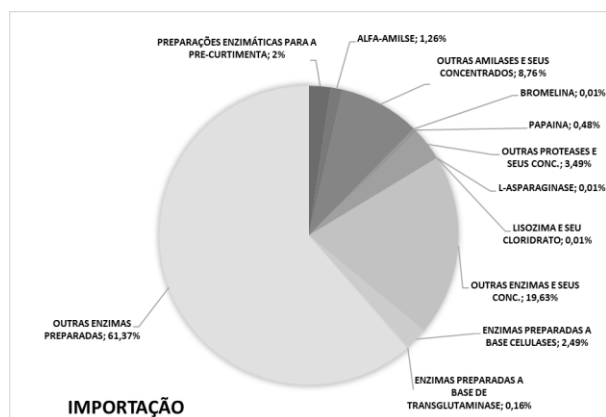
Um dos principais entraves ao desenvolvimento da indústria de processamento mínimo de frutas e hortaliças em diversas partes do mundo está associado à significativa quantidade de resíduos orgânicos que são gerados pela atividade. A busca de alternativas para utilização da matéria orgânica gerada vem crescendo dentro de vários centros de pesquisa (CATANEO, 2008).

No Brasil, cerca de 90% de subprodutos como cascas e sementes de frutas viram toneladas de dejetos. Como o volume de dejetos está aumentando a cada dia, agregar valor a estes subprodutos é de interesse ambiental, econômico, científico e tecnológico. Assim um aproveitamento racional e eficiente dos rejeitos, poderá dar resultados satisfatórios solucionando os problemas de acúmulos dos resíduos e gerando produtos de valores agregados (CAMPOS, 2004).

Os resíduos da industrialização do abacaxi, constituídos pelos talos, coroas e cascas, correspondem de 30% a 40% do peso total da matéria-prima. Estudos revelam que estes resíduos podem ser aproveitados para a produção de álcool etílico, ácidos cítrico, málico e ascórbico, bromelina e ração para animais. (EMBRAPA, 2005).

Já no mercado de enzimas, a América Latina representa 3,4% da demanda mundial de enzimas, sendo o Brasil o país mais expressivo desta região, respondendo por 60% do consumo de enzimas na região. Em termos mundiais, dados de 2005 mostram que o Brasil representa 3,7% do mercado internacional com uma movimentação em tona de US\$ 147 milhões. Mesmo assim, ainda somos um país que importa uma quantidade expressiva de enzimas, 86%, frente a 14% de exportação, revelando um atraso tecnológico e estratégia em termos de produção de biocatalisadores (MONTEIRO; SILVA; 2009).

Dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior do Brasil mostram que só no ano de 2008 o Brasil importou cerca de 7,2 mil toneladas de enzimas industriais, perfazendo um total de US\$ 72,5 milhões, frente a um volume aproximado de 4,5 mil toneladas (US\$ 30,5 milhões) de enzimas industriais exportadas. As porcentagens das principais enzimas de aplicação industriais importadas e exportadas estão apresentadas na Figura 1 (MONTEIRO; SILVA; 2009).



**Figura 1:** Distribuição das enzimas industriais importadas no ano de 2008 pelo Brasil. **Fonte:** adaptado de Monteiro; Silva, 2009.

Para a utilização de bromelina, a indústria alimentícia não se apresenta como um mercado atrativo já que vem sendo largamente utilizada a papaína no amaciamento de carnes. Nas indústrias de cervejas, onde a bromelina pode ser usada como clarificante, aboliu-se a utilização da mesma, alegando que esta enzima produz resíduos de difícil retirada dos tanques de armazenagem do produto. Sendo assim, a concentração principal da bromelina está na indústria farmacêutica brasileira (CESAR, 2005). A Bromelina tem sido muito bem documentada pelos seus efeitos em todas as condições inflamatórias, além de ter sua eficácia provada em vários outros problemas de saúde tais como: angina, indigestão e problemas respiratórios.

O Brasil importa a bromelina, pois a metodologia utilizada para a sua extração e purificação, é propriedade industrial estrangeira. Só de bromelina, por exemplo, o país importou no período de janeiro a novembro de 2013 um total 1.212 Kg (1 g de bromelina ≈ R\$25,00). Além disso, o país apresenta um uso ainda reduzido de enzimas em processos industriais quando comparado com outros países. Assim, a inserção e consolidação do Brasil como produtor de tecnologia enzimática e enzimas faz-se necessário (MONTEIRO; SILVA, 2009).

A bromelina pode ser encontrada no Brasil em formato de cápsulas em farmácias de manipulação. A maior parte vem disposta em potes de 60 cápsulas, a 700 mg de concentração. Em média, encontra-se o valor de R\$ 10,65 por miligrama, preço sem adição de lucros, isto é, 100 gramas por R\$ 165 (CESAR, 2005). Já segundo Ketnawa et al., (2012), a bromelina comercial altamente purificada não é barata, podendo o custo chegar a até US\$ 2.400 por quilo existe hoje uma grande procura pela enzima e uma ampla variedade de aplicações de bromelina.

A taxa de mortalidade por PCM entre os anos de 1988 a 2006 foi maior do que malária e sífilis (COUTINHO, 2011).

A PCM está distribuída por toda América Latina, e o Brasil apresenta o maior número de casos, com estimativa que ocorra entre 3 a 5 mil novos casos por ano, com média de casos de 9.4/100.000 habitantes/ano (revisado em MARTINEZ, 2017). Diversos surtos de PCM foram registrados. No estado de Rondônia, região amazônica, os números de casos novos chegaram a 40 casos/100.000 habitantes/ano (VIEIRA et al., 2014). No oeste do estado do Paraná, em 18 meses dos anos de 2008 e 2009 foram registrados 102 novos casos, dos quais foram registrados 15 óbitos (LOTH et al., 2011). Recentemente, no estado do Rio de Janeiro uma alta taxa de incidência, de 8.25/milhão de habitantes foi observada (DO VALLE et al., 2017). Além disso, a PCM corresponde quase 50% das internações por micoses sistêmicas, com custo médio por paciente de US\$ 351 dólares (COUTINHO, 2011).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bromelina é um importante componente biológico encontrado no abacaxi com aplicações industriais relevantes. Neste trabalho demonstramos alguns aspectos importantes da composição do abacaxi e da estrutura da bromelina e sua aplicação biotecnológica. Além disso, evidenciamos a importância do uso completo dos alimentos, na utilização dos rejeitos industriais da casca do abacaxi para a extração da bromelina.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado na Faculdade Estácio de

Sá de Goiás, apoiado pela coordenação de Pesquisa e Extensão. Este trabalho é parte do Programa Pesquisa Produtividade da FESGO. LNO e MCM são bolsistas Produtividade da FESGO.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] AGRICULTURAL: **Anuário Da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultório e Comércio, 2000, 521 p.
- [2] AICHELE, K.; BUBEL, M.; DEUBEL, G.; POHLEMANN, T.; OBERINGER, M. Bromelain down-regulates myofibroblast differentiation in an in vitro wound healing assay. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*. Berlin, v. 386, n. 10, p. 853-863, 2013.
- [3] BALDINI, V.L.; IADEROSA, M.; FERREIRA, E.A.; SALES, A. M.; DRAETTA, I.S.; BARTOLOMÉ, A. P.; RUPEREZ, P.; FUSTER, C. Pineapple fruit morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. *Food Chemistry*, v. 53, p. 75-79, 1995.
- [4] BERTEVELLO, L.C., Estudo do processo de recuperação e separação da bromelina utilizando sistema de duas fases aquosas em micro-coluna de extração. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, 2001.
- [5] BRASIL. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – **RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova o Regulamento sobre padrões microbiológicos para alimentos e seus anexos I e II. DO da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n.7 p. 45-53, de 10 de janeiro de 2001. Seção 1.
- [6] BRITO C. A. K.; et al. CARACTERÍSTICAS DA ATIVIDADE DA PEROXIDASE DE ABACAXIS ((L.) Merrill) DA CULTIVAR IAC GOMO-DE-MEL E DO CLONE IAC-1 Ananas comosus L. 2005. 249 p. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas.
- [7] CABRAL, H. **Isolamento e caracterização bioquímica de uma cisteína peptidase de Frutos de Bromelia fastuosa (Gravatá)**. 2001. 126 f. Dissertação. (Mestrado em Biofísica Molecular). Programa de Pós Graduação em Biofísica Molecular, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP, 2001.
- [8] CAMPOS. Ana R.N et al. Enriquecimento nutricional dos resíduos do abacaxi (Ananás comosus L. Mer). Disponível em: <<http://biblioteca.univap.br/dados/INIC/cd2/epg/ENGE NHARIAS%20paginados/EPG00000643-ok.pdf>> Acesso em: 26 maio 2018.
- [9] CATANEO. C B, et al. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 29, n. 1, p. 93-102. 2008.
- [10] CÉSAR, A. C. W. **Análise de Viabilidade Econômica de um Processo de Extração e Purificação da Bromelina do Abacaxi**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Química, Unicamp, Campinas, 2005.
- [11] CÉSAR, A.C.W., SILVA, R. e LUCARINI, A.C. Recuperação das Enzimas Proteolíticas Presentes nas Casca e Talo do Abacaxi. *RIC*, 01, 47-54, São Carlos, 1999.
- [12] CHITARRA, A .B.; CHITARRA, M. I. F. Pós-colheita de frutos e hortaliças, fisiologia e manuseio. Lavras: *ESAF/FAEPE*, 230p, 1990.
- [13] COPPENS D'EECKENBRUGGE, G. C.; LEAL, F. Morphology, anatomy and taxonomy. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K.G. (Ed.) The pineapple: botany, production and uses. New York: *CAB International*, p.13-32, 2003.
- [14] CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. S. O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Brasília: *Embrapa Comunicação para Transferência de tecnologia*, p. 480, 1999.
- [15] EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** –2005. Disponível em: <[http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas\\_e\\_respostas-abacaxi.php](http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-abacaxi.php)> Acesso 26 maio 2018.
- [16] FAO - **Food and Agriculture organization of the United Nations** – FAOSTAT. Agricultural statistics database. Rome: World Agricultural Information Centre, 2013. Disponível em <<http://http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>> Acesso em: 20 mar. 2018.
- [17] FERREIRA, F. R.; FÁVERO, A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, F. V. D. Abacaxi do cerrado. In: VIEIRA, R.F et al., (Ed.). Frutas nativas da região Centro- Oeste do Brasil. Brasília: *Embrapa Informação Tecnológica*, p.31-45, 2010.
- [18] FIGUEIREDO, RML, QUEIROZ, AJM, NORONHA, MAS. Armazenamento de Abacaxi Minimamente Processado. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. Campina Grande, n. 1, p.95-103, 2003.
- [19] FRANCO, G. Tabela de composição química dos alimentos. 9.ed. São Paulo: *Atheneu*, p. 230, 2001.
- [20] FRANCO, G.; CHALOUB, S. R. Dietas e receitas: valores calóricos e propriedades gerais dos alimentos. 3.ed. São Paulo: *Atheneu*, p. 395. 1992.
- [21] FREIMAN, L. O.; SABAA, A. U. O. Determinação de proteína total e escore de aminoácidos de bromelinas extraídas dos resíduos do abacaxizeiro (Ananas comosus). (L.) Merril. *Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas*. v.19, n.2, p.170-173, 1999.
- [22] GODOI, P. H., **Estudo Da Atividade Enzimática Da Bromelina Pura Em Solução Em Diferentes Temperaturas E Ph**. Campinas, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas.
- [23] MATTOS, P.E.O., **Validação Clínica Da Suplementação De Bromelina Para Atletas**, Projeto

- de Pesquisa, Instituto de Farmacologia e Biologia Molecular, UNIFESP, São Paulo, 2005.
- [24] MYNOTT, T.L., LADHAM, S.A., SCARMATO, P., Bromelain, from pineapple steams, proteolytically blocks activation of extracellular regulated kinase – 2 in T cells, *The Journal of Immunology*, p.2568 a 2575. 1999.
- [25] MONTEIRO, V. N.; SILVA, R. N.; Aplicações Industriais da Biotecnologia Enzimática. *Revista Processos Químicos. Revista científica da Faculdade de Tecnologia SENAI* Roberto Mange. Goiânia, v.3, n.5, ano 3, jan/jun 2009.
- [26] MURACHI, T. Bromelain enzymes. In: LORAND, L. *Methods in Enzymology*, v.XLV, p.475-85, New York, *Academic Press*, 1976.
- [27] PY, C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISSON, C. L' ananás, as culture, ses produits. Paris: Éditions G. –P. Maisonneuve & Larose. *Agence de coopération culturelle et technique* , p. 562, 1984.
- [28] RABELO, A.P.B, TAMBOURGI, E.B., PESSOA JR, A., Bromelain partitioning in two-phase aqueous systems containing PEO-PPO-PEO block copolymers, *Journal of Chromatography B*, 807, 61-68, 2004.
- [29] RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. R.; CARVALHO, A. J. C. Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro Imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 692-699, 2010.
- [30] REINHARDT, D. H. Abacaxi: produção, pós-colheita e mercado. Fortaleza: *Instituto Frutal*, p. 139, 2004.
- [31] REINHARDT, D. H.; MEDINA, V. M.; CALDAS, R. C.; CUNHA, G. A. P.; ESTEVAM, R. F. H. Gradientes de qualidade em abacaxi 'pérola' em função do tamanho e do estágio de maturação do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 544-546, 2004.
- [32] ROWAN, A.D.; BUTTLE, D.J. and BARRETT, A.J. The cysteine proteinases of the pineapple plant. *Biochemical Journal*, v.266, n.3, p.869-75, 1990.
- [33] SAMPAIO, A.C.; FUMIS, T. F.; LEONEL, S. Crescimento vegetativo e características dos frutos de cinco cultivares de abacaxi na região de Bauru-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 816-822, 2011.
- [34] SANTOS, Cristina Xavier dos. **Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais.** p.18. Dissertação( Mestrado em Engenharia de Alimentos) Itapetinga, BA: UESB. 2011.
- [35] SILVA, A. R. G., **Estudos Termodinâmicos Em Sistemas De Duas Fases Aquosas Para A Purificação De Bromelina De Resíduos Agroindustriais.** Campinas, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas.
- [36] SILVA, S. Z., et al. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA CASCA DO ABACAXI (Ananás comosus) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE HIGIENIZAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE SUCO E CHÁ. *Higiene Alimentar*. Vol. 31, nº 268/269, maio/junho de 2017.
- [37] SOUZA, G. R.; et al. Obtenção de Bromelina e caracterização da atividade proteolítica visando a sua utilização na produção de suplemento dietético para fenilcetonúricos. 18 p. 2007.
- [38] TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- BookEditora, 2011.