

Pós ricos em fibras oriundos de subprodutos de resíduos de frutos tropicais: um levantamento bibliográfico sobre seus compostos bioativos
Fiber-rich powders of tropical fruits by-products: a bibliographic review on their bioactive compounds
Polvos ricos en fibra de subproductos residuales de frutas tropicales: un estudio bibliográfico de sus compuestos bioactivos

Recebido: 16/07/2020 | Revisado: 30/07/2020 | Aceito: 04/08/2020 | Publicado: 13/08/2020

Lais Brito Cangussu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0590-0310>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: lai.sbc1@hotmail.com

Pâmella Fronza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0796-0018>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: pamellafronza@hotmail.com

Washington Moreira Cavalcanti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8179-3142>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: washington.cavalcanti@hotmail.com

Resumo

O Brasil é um país de grande atividade agrícola, resultando em elevada produção de resíduos agroindustriais. Estes resíduos, na maioria das vezes, não apresentam aplicação industrial, podendo transformar-se em fonte de poluição ambiental. Esse estudo tem como objetivo revisar os compostos bioativos presentes em resíduos de frutos tropicais e verificar seu potencial para aproveitamento na produção de Pós Ricos em Fibras (PRF). Utilizou-se como metodologia uma revisão bibliográfica qualitativa. Os compostos com efetivos efeitos benéficos à saúde revisados foram os compostos fenólicos, carotenóides, vitaminas (C, E e A) e alcalóides (trigonelina e cafeína). Os dados encontrados para os PRF apontam boas propriedades funcionais e alto teor de compostos antioxidantes e fibras dietéticas, permitindo que esses materiais sejam usados na elaboração de novos produtos. Além disso, verificamos que poucos são os estudos que abordam a bioacessibilidade de pós produzidos a partir de

resíduos de frutos tropicais, o que confirma a necessidade de mais estudos com essa temática. Ressaltamos que além dos benefícios a saúde, a produção de pós ricos em fibras é uma alternativa importante para reduzir impactos gerados ao ambiente pelo descarte incorreto de resíduos agroindustriais.

.Palavras-chave: Compostos fenólicos; Fibras dietéticas; Agroindústria; Carotenóides.

Abstract

Brazil is a country of great agricultural activity, resulting in high production of agro-industrial waste. In most cases, these residues not have industrial applications and can become a source of environmental pollution. This study aims to review the bioactive compounds present in tropical fruit residues and to verify their potential for use in the production of Fiber-Rich Powders (PRF). Qualitative bibliographic review was used as methodology. The compounds with effective beneficial health effects reviewed were phenolic compounds, carotenoids, vitamins (C, E and A) and alkaloids (trigonelline and caffeine). The data found for the PRF indicate good functional properties and high content of antioxidant compounds and dietary fibers. Thus, these materials to be used in the development of new products. In addition, we found that there are few studies about the bioaccessibility of powders produced from tropical fruit residues, which confirms the need for further studies on this topic. We emphasize that in addition to health benefits, the production of fiber-rich powders is an important alternative to reduce impacts on the environment due to the incorrect disposal of agro-industrial waste.

Keywords: Phenolic compounds; Dietary fibers; Agribusiness; Carotenoids.

Resumen

Brasil es un país de gran actividad agrícola, lo que resulta en una alta producción de residuos agroindustriales. Estos residuos, en la mayoría de los casos, no tienen aplicación industrial y pueden convertirse en una fuente de contaminación ambiental. Este estudio tiene como objetivo revisar los compuestos bioactivos presentes en los residuos de frutas tropicales y verificar su potencial de uso en la producción de polvos ricos en fibra (PRF). Se utilizó una revisión cualitativa de la literatura como metodología. Los compuestos con efectos beneficiosos para la salud efectivos revisados fueron compuestos fenólicos, carotenoides, vitaminas (C, E y A) y alcaloides (trigonelina y cafeína). Los datos encontrados para el PRF indican buenas propiedades funcionales y alto contenido de compuestos antioxidantes y fibras dietéticas, lo que permite que estos materiales se utilicen en el desarrollo de nuevos productos. Además, encontramos que hay pocos estudios que aborden la bioaccesibilidad de

los polvos producidos a partir de residuos de frutas tropicales, lo que confirma la necesidad de realizar más estudios sobre este tema. Hacemos hincapié en que, además de los beneficios para la salud, la producción de polvos ricos en fibra es una alternativa importante para reducir los impactos en el medio ambiente debido a la eliminación incorrecta de los residuos agroindustriales.

Palabras clave: Compuestos fenólicos; Fibras dietéticas; Agronegocios; Carotenoides.

1. Introdução

Os consumidores estão cada vez mais buscando alimentos saudáveis. Desta maneira, existe uma pressão nas indústrias em fabricar e comercializar produtos baseados em nutrientes ou alimentos que, além de serem saborosos, também forneçam benefícios à saúde (Ribeiro et al., 2014). Nesse contexto, as frutas tropicais vêm ganhando destaque uma vez que são importantes fontes de carboidratos, vitaminas, minerais e fibras (Feng et al., 2015), além de muitas delas serem consideradas um reservatório de substâncias bioativas, as quais são muito visadas devido às suas possíveis propriedades ditas promotoras da saúde como antioxidantes (Murillo et al., 2013). Além disso, o aumento do reconhecimento do valor nutricional e terapêutico dos frutos tropicais têm acarretado o crescimento do seu consumo nos mercados nacionais e internacionais.

O Brasil apresenta uma grande variedade de espécies de frutas exóticas e nativas, que são subexploradas e apresentam grande potencial para utilização agroindustrial, podendo ser uma possível fonte de renda para a população local (Silva et al., 2014). Todavia, apenas as polpas da maioria dos frutos são consumidas e utilizadas para elaboração de produtos, resultando, portanto, em liberação de resíduos (casca e semente) em números significativos. Nessa perspectiva, o aumento do desperdício de alimentos tem sido uma preocupação crescente na sociedade moderna.

Os esforços para reduzir esse desperdício têm sido alvo de muitos fóruns acadêmicos e não acadêmicos, sendo que a valorização dos resíduos agroalimentares é um passo importante para aliviar esse problema (Gonzales et al., 2015). Os resíduos resultantes do processo de beneficiamento de frutos constituem uma rica fonte de compostos bioativos, contendo maior atividade antioxidante do que a polpa. Assim, torna-se importante avaliar o potencial deste material na perspectiva de empregá-los em produtos alimentícios (Melo; Andrade, 2010). Existem diversos estudos da incorporação de fibras vegetais em produtos alimentícios por meio da produção de Pós Ricos em Fibras (PRF) (José et al., 2018; Song et al., 2013). Esses

pós apresentam boas qualidades funcionais como capacidade de retenção de água e óleo e alto teor de compostos antioxidantes e fibras dietéticas (Song et al., 2013; Resende et al., 2019; Leão et al., 2017).

Baseado nas informações apresentadas, este estudo tem como objetivo revisar as características e propriedades de compostos com propriedades promotoras da saúde que estão presentes em Pós ricos em Fibras oriundos de subprodutos de resíduos de frutos tropicais ainda subexplorados.

2. Metodologia

Este estudo utilizou como metodologia uma revisão bibliográfica qualitativa (Pereira et al., 2018), tendo como tema os compostos bioativos presentes em pós ricos em fibras a partir de frutos tropicais.

Os estudos publicados nos últimos 10 anos foram analisados com prioridade, sem desconsiderar os trabalhos relevantes de anos anteriores. As bases de dados utilizadas na revisão foram: Google Scholar, Science Direct e PubMed.

A busca foi realizada com o uso dos termos em inglês: fiber-rich powders, bioactive compounds e fruit by-products. Foram excluídos trabalhos de congressos e trabalhos de conclusão de curso.

3. Resultados e Discussão

3.1. Frutos Tropicais

Nas regiões tropicais existem mais de 3000 tipos de frutas produzidas anualmente (Strawn et al., 2011). De acordo com a FAO (2020), a produção de frutas tropicais no Brasil atingiu 602.651 de toneladas em 2018. Além disso, o Brasil contém uma das maiores diversidades de espécies frutíferas do mundo, sendo que as regiões Norte e Nordeste, em especial, produzem grande variedade de frutos com excelentes perspectivas para exploração econômica (IBRAF, 2017; Cordeiro et al., 2018).

A produção global de frutas tropicais aumentou mais de 5% ao ano na última década, sendo que muitas delas foram importadas para os países não-prósperos para assegurar a demanda durante todo o ano de produtos frescos. Esses frutos são bastante apreciados pelos consumidores, devido suas excelentes características sensoriais (Feng et al., 2015). Alguns

exemplos de frutos tropicais são: kiwi, manga, mamão, carambola, abacaxi, tangerina, umbu, seriguela, cajá, café, dentre outros. Essas frutas representam uma oportunidade para os agricultores locais terem acesso a mercados especiais, onde os consumidores enfatizam o caráter exótico e a presença de nutrientes capazes de prevenir doenças degenerativas (Silva et al., 2014).

Assim, é importante que estudos sejam realizados com frutos tropicais visando sua valorização, uma vez que possuem excelente potencial comercial devido suas características sensoriais desejáveis e por serem ricos em compostos bioativos. Além disso, são frutos ainda subexplorados.

3.2. Resíduos Agrícolas

Os subprodutos da maioria das frutas são compostos por cascas e sementes, que não são utilizados e comumente desperdiçados e descartados. Assim, a economia do processamento de frutas tropicais poderia ser melhorada pela utilização desses subprodutos, que contêm níveis elevados de várias substâncias que promovem a saúde. Desta forma, a utilização plena dessas frutas pode levar a indústria para um agronegócio de baixo desperdício, aumentando a lucratividade industrial, uma vez que a massa de subprodutos pode aproximar ou mesmo exceder a da polpa utilizada. Portanto, o uso de todo o tecido vegetal resultaria em uma economia aos produtores e um impacto benéfico sobre o meio ambiente.

Os resíduos sólidos agroalimentares são materiais atraentes, pois são abundantes e de baixo custo (Bonilla-Hermosa et al., 2014). Eles são altamente propensos à deterioração microbiana, limitando assim a sua exploração. Na sua maior parte, esses materiais são usados como alimento para animais, matérias-primas para combustão ou descartados, causando grandes problemas ambientais. Porém, esses resíduos podem ser melhores aproveitados, podendo citar algumas possíveis aplicações: matéria-prima para a produção de etanol (Bonilla-Hermosa et al., 2014), produção de carbonos ativados (Franca; Oliveira, 2009), ingredientes alimentares como antioxidantes, nutracêuticos e edulcorantes (Gonzales et al., 2015), produtos farmacêuticos, substrato em processos de fermentação (Murthy; Naidu; 2012), dessalinização de água salobra (Menezes et al., 2012), em agroquímicos, cosméticos, geo-medicina, nano-biosciência e em indústrias químicas (Kudanga et al., 2017), entre outros.

Essas aplicações promovem o desenvolvimento sustentável da economia do país, sendo relevante nas indústrias de alimentos, uma vez que os resíduos podem ser recuperados e muitas vezes transformados em produtos úteis de valor elevado (Delpino-Ruis et al., 2015).

Os pré-tratamentos com agentes físicos e biológicos, seguidos de extração ou recuperação (precipitação, membranas, tecnologias de cromatografia, extração de fluidos supercríticos), certamente fornecem antioxidantes naturais (carotenóides, compostos fenólicos, etc) de valor agregado, agentes antimicrobianos, vitaminas, enzimas, celulose, amido, lipídios, proteínas, pigmentos, fibras dietéticas, pectina e oligossacarídeos, que são de grande interesse para produtos farmacêuticos, cosméticos e indústrias de alimentos. Através de conversão biotecnológica é possível obter bio-produtos sofisticados, como aromas, produtos farmacêuticos e recuperação de carboidratos simples e complexos para serem utilizados como substrato em processos de fermentação (Murthy; Naidu, 2012).

Têm-se apresentado um aumento do isolamento de compostos bioativos de resíduos agroalimentares. Este aumento se deve a diversos motivos, sendo alguns deles o fato dos compostos bioativos resultarem em produtos de valor agregado, os resíduos agroalimentares serem uma fonte alternativa para a obtenção de antioxidantes naturais (que são considerados completamente seguros em comparação com os antioxidantes sintéticos) e suas fibras dietéticas (FD) apresentarem maior proporção de FD solúvel em relação às outras fontes alternativas. Além disso, são ricos em compostos fenólicos, surgindo o conceito de fibras dietéticas antioxidantes (FDAO) (Murthy; Naidu, 2012). A fração fenólica que permanece aderida às fibras é conhecida como não extraível. Já foi relatado que maiores quantidades de fenólicos são encontrados na fração não extraível em comparação com suas frações extraíveis (Gonzales et al., 2015). A exploração dessa fração, portanto, resulta em uma melhor valorização dos fluxos de resíduos.

3.3. Pós Ricos em Fibras (PRF)

Fibras dietéticas (FD) são polímeros de carboidratos não amidos e lignina que não são digeridos e absorvidos pelas enzimas digestivas humanas no intestino delgado, sendo responsável por inúmeros efeitos fisiológicos benéficos. O *Institute of Medicine* (IOM) complementou esta definição, incluindo substâncias que são fisiologicamente semelhantes às fibras, como a inulina, fruto-oligossacarídeos (FOS) e amidos resistentes, e ainda as fibras sintéticas e as de origem animal, como a quitosana e os glicosaminoglicanos.

Os benefícios à saúde mais comuns atribuídos às FD são: redução do colesterol no sangue, melhorias na função do intestino grosso, redução da resposta glicêmica, risco reduzido de doenças coronárias e redução de peso corporal (Leão et al., 2017).

Até os anos 1980, os componentes não digeríveis de alimentos vegetais eram considerados substâncias de descarte, mas desde então, crescente atenção tem sido dada aos efeitos fisiológicos benéficos desses componentes em seres humanos e animais. Desta forma, o estudo das fibras dietéticas de alimentos têm se tornado bastante relevante. Elas podem ser agrupadas em dois grupos de acordo com sua solubilidade em água: FD solúveis e FD insolúveis.

As FD solúveis (pectina, gomas, mucilagens, inulina, fruto-oligossacarídeos, beta-glucanas, psyllium e hemicelulose tipo A) são responsáveis por retardar o esvaziamento gástrico, reduzir a absorção de carboidratos e lipídeos, aumentar o volume e maciez das fezes, efeito bifidogênico e formação de substrato para fermentação bacteriana, produzindo gases como o hidrogênio, metano e dióxido de carbono e ácidos graxos de cadeia curta. Já as FD insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina) são responsáveis por aceleração do trânsito intestinal, redução de peso corporal, prevenção de constipação e aumento do volume e maciez das fezes (Cuppari, 2002).

Além dos efeitos benéficos para a saúde, as fibras são comumente usadas como aditivos alimentares, uma vez que apresentam propriedades físico-químicas favoráveis para elaboração de diversos produtos, como capacidade de retenção de água, capacidade de intumescimento, capacidade de retenção de óleo, aumento da viscosidade e capacidade de fermentabilidade. Nos últimos anos, tem surgido um grande interesse em encontrar novas fontes de fibra dietética para serem usadas como ingredientes em produtos alimentares. Subprodutos agrícolas e de processamento de alimentos são muito visados para este fim, uma vez que FD de subprodutos de alimentos são ricas em antioxidantes como polifenóis e carotenóides (Leão et al., 2017).

A indústria de alimentos vem buscando produzir novos produtos baseado nas exigências do consumidor, que por sua vez tem sido para produtos mais naturais e nutricionais como redução de gordura e alto teor de fibras (José et al., 2018). Neste contexto, vem o interesse em produzir alimentos que seguem esse requisito. Uma alternativa é a incorporação de Pós Ricos em Fibras em alimentos processados. De acordo com Larrauri (1999), as principais características dos PRF comercializados são: teor de fibra alimentar total superior a 50%, umidade inferior a 9%, baixo teor de lipídios, baixo valor calórico e sabor neutro. Vale ressaltar que, reduzir a gordura na dieta tornou-se uma preocupação de saúde pública. E embora ela seja um dos ingredientes mais importantes do ponto de vista sensorial, estudos têm apontado que as fibras alimentares podem atuar como seu substituto através da

ligação com água, fornecendo corpo, lubrificação e agradável sensação na boca (Ozboy-Ozbas et al., 2010).

Vários estudos apontam os efeitos e as características de pós ricos em fibras. Pla et al. (2010) avaliaram PRF obtidos a partir de resíduos de marmelo e concluíram que esses novos ingredientes apresentam propriedades funcionais e fisiológicas úteis e podem ser utilizados como fibra dietética antioxidante. Song et al. (2013) encontraram que PRF de farelo de trigo apresentam potencial para a indústria de macarrão aumentar a quantidade de fibra alimentar do produto.

Randhawa et al. (2015) encontraram que PRF de subprodutos de acelga, cardo e feijão possuem boas qualidades funcionais e alto teor de antioxidantes e fibras solúveis e insolúveis. Leão et al. (2017) concluíram que as propriedades tecnológicas e físico-químicas de PRF de subprodutos de pequi indicam que eles podem ser utilizados como uma boa fonte de FDAO.

Algumas propriedades tecnológicas importantes para aplicação de pós em produtos alimentícios são Índice de Absorção de Água (IAA), Índice de Solubilidade em Água (ISA), Índice de Absorção de Óleo (IAO) e Volume de Intumescimento (VI). Essas propriedades são influenciadas por diversos fatores, como granulometria dos pós, porosidade, hidrofobicidade, condição de extração, pH, relação FD insolúvel/FD solúvel, força iônica, temperatura, fonte de vegetal e estresse sobre fibras (Chantaro et al., 2008; López-Vargas et al., 2013). Além disso, a composição de carboidratos presentes na matriz de um alimento tem grande interferência nas suas propriedades tecnológicas.

O IAA tem relação direta com o conteúdo de FD solúvel presente, uma vez que fibras celulósicas apresentam IAA menor do que fibras solúveis (Viuda-Martos et al., 2012). Em geral, os carboidratos favorecem uma maior retenção de água na matriz do alimento devido à formação de um número maior de ligações de hidrogênio (Chaplin, 2003). O processo de secagem, também, pode alterar as propriedades tecnológicas de hidratação devido a modificações no arranjo estrutural dos polissacarídeos da parede celular dos vegetais (Garau et al., 2007).

Além dos benefícios tecnológicos das fibras vegetais, diversos estudos confirmam que elas evitam doenças como distúrbios gastrointestinais, úlcera duodenal, constipação, hemorróidas, diabetes tipo II, obesidade, doenças cardiovasculares e pedra nos rins (Vitaglione et al., 2008; Afaghi et al., 2015; Sorensen et al., 2014). Além disso, o processamento de pós de resíduos de vegetais promove a redução do conteúdo de água livre e, portanto, impede que reações químicas e microbiológicas ocorram, aumentando a vida útil e a segurança desse produto como ingrediente alimentício.

Ademais, a desidratação concentra o conteúdo de compostos bioativos e fibras alimentares do produto final (Leão et al., 2017). Existem diversos estudos da incorporação de fibras vegetais em produtos alimentícios: biscoitos enriquecidos com PRF de alcachofra (José et al., 2018), PRF de maçã e damasco em biscoitos com baixo teor de gordura (Ozboy-Ozbas et al., 2010); pó de farelo de trigo em macarrão (Song et al., 2013), entre outros.

Os PRF são uma excelente alternativa para o aproveitamento de resíduos de frutos tropicais, sendo uma forma de melhorar nutricionalmente diversos produtos alimentícios industriais e reduzir o desperdício alimentar e os prejuízos ambientais.

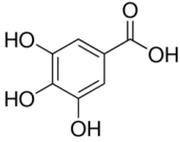
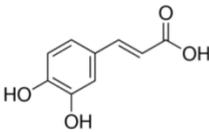
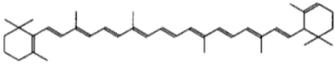
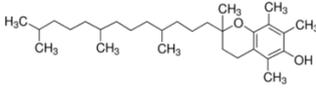
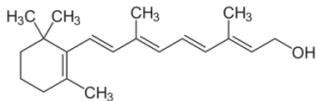
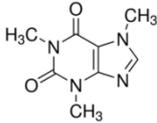
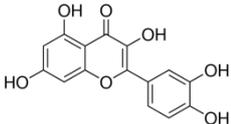
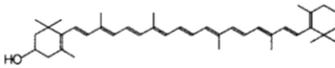
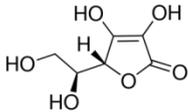
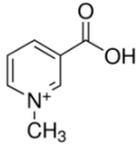
3.4. Compostos bioativos

Os compostos bioativos são compostos com benefícios à saúde e geralmente são encontrados em plantas, bactérias e fungos. Eles são principalmente metabólitos secundários e podem ser amplamente categorizados em compostos fenólicos, alcalóides, pigmentos e fatores de crescimento (Kudanga et al., 2017). O teor de fitoquímicos em vegetais é amplamente influenciado por diversos fatores, dentre eles, variedade, fatores genéticos, estágio de maturação e condições climáticas (Melo et al., 2008).

As aplicações industriais dos compostos bioativos estão aumentando, sendo empregados para a produção de alimentos funcionais (nutracêuticos), em agroquímicos, cosméticos, e em indústrias químicas (Kudanga et al., 2017). A ingestão frequente de frutas e vegetais tem sido associada com a diminuição dos riscos de doenças crônicas degenerativas, como acidente vascular cerebral, diabetes mellitus, artrite, Parkinson, Alzheimer e câncer. Este efeito protetor tem sido atribuído à presença de compostos como vitaminas, minerais, compostos fenólicos e carotenóides (Giampieri et al., 2017; Cândido et al., 2015).

O Quadro 1 mostra um resumo dos principais compostos bioativos presentes em resíduos de frutos tropicais citados pela literatura.

Quadro 1 – Compostos bioativos revisados neste estudo com exemplos.

Compostos Fenólicos	Carotenóides	Vitaminas	Alcalóides
<p>Ácidos fenólicos:</p> <p>a. Ácidos benzóicos:</p> <p>Ácido gálico</p>  <p>b. Ácidos cinâmicos:</p> <p>Ácido caféico</p> 	<p>Carotenos:</p> <p>α-caroteno</p> 	<p>Lipossolúveis:</p> <p>α-tocoferol</p>  <p>Retinol</p> 	<p>Cafeína:</p> 
<p>Flavonóides:</p> <p>Quercetina</p> 	<p>Xantofilas:</p> <p>β-criptoxantina</p> 	<p>Hidrossolúveis:</p> <p>Vitamina C</p> 	<p>Trigonelina</p> 

Fonte: Sigma-Aldrich (2020).

Compostos promotores da saúde revisados foram os compostos fenólicos, carotenóides, vitaminas e alcalóides. No Quadro 1 é possível observar que dentro de cada uma dessas classes existem subclassificações de acordo com a estrutura dos compostos.

3.4.1. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são um grande grupo de fitoquímicos, existentes em plantas como metabólitos secundários. Na dieta humana (principalmente através da ingestão de frutas e vegetais), a maioria deles pertence a ácidos fenólicos, flavonóides e taninos (Tian et al.,

2017). Eles apresentam em sua estrutura um anel aromático com uma ou mais hidroxilas (Melo et al., 2008).

Entre os diferentes tipos de compostos fenólicos, os ácidos fenólicos simples e os flavonóides são os mais abundantes na natureza, sendo encontrados nas frutas tropicais (Pagnussalt et al., 2016). Esses compostos estão presentes em grandes quantidades em espécies de frutos nativos e exóticos, aumentando assim o interesse da indústria de alimentos nesses frutos (Silva et al., 2014). Na Figura 1 está representando a classificação dos diversos compostos fenólicos encontrados na natureza.

Figura 1 – Classificação dos compostos fenólicos.



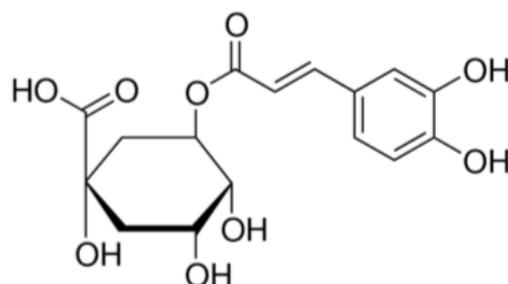
Fonte: Os autores (2020).

Na Figura 1 é possível observar que os compostos fenólicos podem ser divididos em extraíveis e não extraíveis, sendo que dentro dos extraíveis estão os flavonóides, taninos e ácidos fenólicos e nos não-extraíveis estão os taninos condensados e hidrolisáveis.

Conforme mostrado no Quadro 1, os ácidos fenólicos são divididos em ácidos benzoicos e ácidos cinâmicos. Os ácidos benzoicos são os ácidos fenólicos mais simples presentes na natureza, apresentando sete átomos de carbono. Pertencem aos ácidos benzóicos: ácido salicílico, ácido gentísico, ácido *p*-hidroxibenzoico, ácido protocatequínico, ácido vanílico, ácido gálico e ácido sirínico. Já os ácidos cinâmicos apresentam nove átomos de carbono, sendo sete os mais comumente encontrados na natureza (ácido cinâmico, ácido *o*-cumárico, ácido *m*-cumárico, ácido *p*-cumárico, ácido caféico, ácido ferúlico e ácido sinápico). Os ácidos caféico, ferúlico e *p*-cumárico associados a um álcool-ácido cíclico, denominado ácido quínico, origina os ácidos clorogênicos (Soares, 2002).

É possível dizer que os ácidos clorogênicos são um conjunto de cinco grupos principais de compostos fenólicos e seus isômeros formados. Estes grupos são: ácidos cafeoilquínicos (Figura 2), ácidos dicafeoilquínicos, ácidos feruloilquínicos, ácidos *p*-cumaroilquínicos e os ácidos cafeoilferuloilquínicos (Monteiro; Trugo, 2005).

Figura 2 - Estrutura química do ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico).



Fonte: Sigma-Aldrich (2020).

Os flavonóides são os polifenóis mais abundantes presentes nos vegetais, contendo mais de 4.000 compostos. Eles são caracterizados por um esqueleto de 15 carbonos, organizado como C6-C3-C6, com diferentes substituições que compõem as diferentes subclasses (flavonóis, flavonas, flavanas, flavanonas, antocianidinas e isoflavonas), sendo a quercetina o principal flavonóide presente na dieta humana (Quadro1). Os flavonóides são tipicamente encontrados na planta ligados à açúcares, sendo chamados de glicosídeos, que são mais estáveis do que os flavonóides livres, mas têm biodisponibilidade relativamente pobre quando ingeridos, muitas vezes exigindo hidrólise ao aglicona. A quebra de oligômeros pode ocorrer no ácido estomacal, embora a hidrólise de monômeros e a absorção de suas agliconas pareçam ocorrer em maior grau no intestino delgado (Birt & Jeffery, 2013).

Já os taninos apresentam uma composição química variada, sendo, muitas vezes, pouco conhecida. Esses compostos se ligam a proteínas e fibras, tornando-se resistente a digestão. Eles são divididos em taninos condensados (proantocianidinas) e taninos hidrolisáveis (Figura 1), sendo classificados como conjugados ou não extraíveis (FNE) (Delpino-Ruis et al., 2015).

A fração FNE dispõe de compostos fenólicos que são vinculados ou aprisionados na matriz da planta e, conseqüentemente, permanecem no resíduo após a extração com solventes aquoso-orgânicos (White et al., 2010). Eles são proantocianidinas de alto peso molecular e fenólicos associados com fibra dietética que não são levados em conta em muitos estudos químicos e biológicos. FNE não são bioacessíveis no intestino delgado e passam através do trato gastrointestinal como substratos insolúveis atingindo o cólon, onde eles são utilizados pela ação da microbiota bacteriana (Saura-Calixto, 2012).

Os taninos condensados, designados proantocianidinas (PA), são polímeros de flavan-3-ol e flavan-3,4-dióis, que podem ser oxidados para produzir antocianidinas. A determinação das proantocianidinas não extraíveis (NEPA) requer um tratamento de hidrólise para liberar o

PA de baixo peso molecular dos complexos poliméricos de PA e carboidrato-proteína-PA (Teixeira et al., 2019; Zurita et al., 2012).

Por outro lado, os taninos hidrolisáveis são compostos de galotaninos e elagitaninos, que após a hidrólise produzem ácido gálico e ácido elágico. Os quais são mais facilmente hidrolisados por ácidos e bases, e em alguns casos por hidrólise enzimática (Teixeira et al., 2019). De acordo com Albishi et al. (2013), as frações FNEs apresentam maiores quantidades de compostos fenólicos que as frações fenólicas extraíveis (FEs).

Além da contribuição para as propriedades sensoriais dos alimentos, os compostos fenólicos também exibem uma ampla gama de funções biológicas e fisiológicas, como atividades anti-alergênicas, antiinflamatórias, antimicrobianas e antioxidantes, que são benéficas para a saúde humana (Tian et al., 2017). O seu efeito antioxidante é devido sua natureza química, que os proporcionam atuar como agentes redutores, interrompendo a cadeia da reação de oxidação através da doação de elétrons ou de hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis (reduz os radicais livres e produz o radical fenoxila), ou complexando com metais, componentes iniciadores da oxidação lipídica (Melo et al., 2008).

A capacidade antioxidante é influenciada pelo número de hidroxilas presentes, pela sua orientação no espaço e pelas posições de glicosilação destas moléculas. A forte atividade antioxidante está associada positivamente com a proteção contra o estresse oxidativo no organismo, uma das mais importantes ameaças de doenças crônicas degenerativas e câncer (Delpino-Ruis et al., 2015).

Assim, percebemos que a classe dos fenólicos é composta por uma grande variedade de compostos. Cada fruto apresenta composições e quantificações diferentes de fenólicos, tornando importante que estudos da quantificação desses compostos sejam realizados.

3.4.2. Carotenóides

No Brasil o clima tropical favorece a ocorrência de uma grande variedade de frutos ricos em carotenóides. Os carotenóides são corantes naturais dos alimentos, que possuem atividades biológicas (Sentanin; Amaya, 2007). Tendo em conta a sua estrutura química, eles podem ser divididos em dois grupos, conforme ilustra o Quadro 1: carotenóides de hidrocarbonetos, geralmente denominados carotenos; e carotenóides oxigenados, vulgarmente conhecidos como xantofilas. As xantofilas são mais complexas em termos de número de

compostos e variações estruturais, e podem ser encontradas em sua forma livre (como são encontrados os carotenos) ou em uma forma esterificada (Murillo et al., 2013). A composição de carotenóides nos alimentos é conhecida por variar qualitativa e quantitativamente, tornando a sua identificação uma tarefa desafiadora (Azevedo-Meleiro; Rodriguez-Amaya, 2004). Dentro dos carotenos estão luteína, β -caroteno, α -caroteno e licopeno e dentro das xantofilas estão β -criptoxantina e zeaxantina.

Os carotenóides são descritos como possuidores de várias propriedades funcionais importantes. Além da atividade pró-vitáminica A de alguns carotenóides, outros efeitos benéficos à saúde humana têm sido atribuídos a estes compostos, pró-vitáminicos ou não, tais como: aumento da resposta imune, inibição da proliferação celular e redução do risco de doenças degenerativas como câncer, degeneração macular, catarata e doenças cardiovasculares (Sentanin; Amaya, 2007; Murillo et al., 2013).

Os efeitos benéficos em animais e humanos dos carotenóides, particularmente do β -caroteno e do licopeno, são atribuídos ao seu papel na proteção contra processos oxidativos, atuando como eliminadores de oxigênio molecular simples e de radicais peroxil. Eles podem interagir, também, sinergicamente com outros antioxidantes (Carvalho et al., 2015). Essas propriedades funcionais tornam os carotenóides ideais para o uso na indústria alimentar, bem como promovem o consumo dos alimentos naturais que os contêm (Murillo et al., 2013).

Os carotenóides são de grande interesse para a indústria de alimentos, pois além dos efeitos benéficos à saúde, eles também podem ser utilizados como corantes. Sua quantificação em frutos tropicais também é importante para promover a valorização desses frutos.

3.4.3. Vitaminas

A importância nutricional das frutas para a humanidade é inquestionável, especialmente devido aos seus conteúdos de vitaminas (Honorato et al., 2015), sendo que as frutas tropicais são ricas nesses compostos (Rocha et al., 2011). Algumas vitaminas exercem propriedades antioxidantes, as quais apresentam ação protetora contra a evolução de processos degenerativos que conduzem às doenças e ao envelhecimento precoce (Barcia et al., 2010). As vitaminas são classificadas em lipossolúveis e hidrossolúveis, conforme mostra o Quadro 1.

Dentre as vitaminas hidrossolúveis, encontra-se a vitamina C, também conhecida como ácido ascórbico (AA). Ela é uma vitamina hidrossolúvel muito encontrada em frutas (Rocha et al., 2011). Além da importância nutricional, as frutas apresentam elevada

capacidade antioxidante, que está relacionada com a quantidade de vitamina C presente, dentre outros compostos (Silva et al., 2014). A atividade antioxidante da vitamina C envolve a transferência de um elétron ao radical livre e a consequente formação do radical livre ascorbato (Rosa et al., 2007). A ingestão de vitamina C é essencial, uma vez que a deficiência de ácido ascórbico no organismo pode ocasionar diversas doenças e nosso organismo é incapaz de sintetizá-la (Araujo; Barbosa, 2015).

Na natureza esse composto está presente na forma reduzida (ácido L-ascórbico) ou oxidada (ácido dehidroascórbico), porém a forma oxidada está menos difundida nas substâncias naturais. O ácido dehidroascórbico e o ácido ascórbico possuem atividade vitamínica idêntica, pois o ácido dehidroascórbico é facilmente reduzido no organismo e novamente retido como ácido ascórbico nos tecidos intracelulares. O processo de oxidação do ácido ascórbico (perda de dois elétrons, levando a formação do ácido L-dehidroascórbico) é reversível, permitindo que uma de suas substâncias possa sempre ser transformada na outra. Essa capacidade de transformação funciona como um sistema oxidoreductor capaz de transportar hidrogênio nos processos de respiração, no nível celular (Tavares et al., 2000; Barcia et al., 2010; Rosa et al., 2007).

Assim, o AA participa de vários processos bioquímicos e na prevenção de doenças crônicas (Gouvêa et al., 2017). A Literatura aponta ação antioxidante e estimulante do sistema imunológico (Oliveira et al., 2013) e mais recentemente ação contra a doença de Alzheimer (Zeraik et al., 2016). Em relação ao processamento de alimentos, o ácido ascórbico e seus sais neutros e outros derivados são os principais antioxidantes utilizados em frutas, vegetais e sucos com o objetivo de prevenir o escurecimento e outras reações oxidativas (Oliveira et al., 2013). Outro efeito positivo da vitamina C é sua possibilidade de interação com a vitamina E ocasionando sinergismo antioxidante entre elas. A vitamina C regenera a vitamina E, antes que o radical vitamina E ataque lipídios para induzir oxidação lipídica (Omena et al., 2012).

Em relação às vitaminas lipossolúveis, podemos citar as vitaminas E e A. Elas são absorvidas nos seres humanos juntamente com os lipídeos da dieta. O termo “vitamina E” é utilizado para descrever uma família de oito compostos estruturalmente relacionados, abrangendo α , β , γ e Δ -tocoferol, sendo que o α -tocoferol é a forma química que possui a maior atividade biológica. Todas as formas de vitamina E são igualmente absorvidas pelo intestino, porém o α -tocoferol é predominante no sangue e tecidos. As outras formas de tocoferóis, apesar de serem absorvidas, não podem ser convertidas na forma bioativa e são fracamente reconhecidas no fígado pela proteína transportadora de α -tocoferol (Grilo et al., 2013).

A principal função do α -tocoferol é proteger os lipídeos poliinsaturados da membrana celular contra o ataque dos radicais livres. Ele é um eficiente removedor de radicais peroxil, sendo, portanto, capaz de interromper a cadeia de reações de propagação envolvendo esse radical livre. A ingestão inadequada de vitamina E tem sido relacionada ao desenvolvimento de doenças degenerativas, como o câncer, a arteriosclerose e outras patologias cardíacas. Já a vitamina A foi a primeira vitamina lipossolúvel a ser reconhecida, sendo que ela compreende o retinol e todos os carotenóides que têm atividade biológica de pro-vitamina A (Ramalho, 2010). Nos alimentos de origem animal (fígado, leite, ovos, óleo de peixe), ela é encontrada na forma de retinol e nos alimentos de origem vegetal (frutas amarelados e/ou verde-escuros) na forma de carotenóides. Ambos dependem da ingestão de gorduras e da ação dos sais biliares e esterases pancreáticas para absorção intestinal (Júnior; Lemos, 2010).

A vitamina A é reconhecidamente relacionado às funções visuais, à integridade epitelial e ao funcionamento do sistema imunológico. Estudos indicam que deficiência de vitaminas se configura como problema de saúde pública nas regiões Nordeste, Norte e algumas áreas do Sudeste do Brasil (Queiroz et al., 2013). Portanto, é essencial a quantificação de vitaminas nos frutos dessas regiões como forma de incentivar o consumo dos mesmos.

3.4.4. Alcalóides

Conforme descreve a Tabela 1, entre os alcalóides que vem se destacando por seus benefícios estão a trigonelina e a cafeína. A trigonelina, N-metil betaína, é amplamente distribuído em plantas terrestres e invertebrados marinhos (Frag et al., 2015). Betaínas são compostos de amônio quaternário originário de amino e aminoácidos através de vias biossintéticas específicas (Servillo et al., 2011). A trigonelina é obtida na forma de cristais incolores, mono-higroscópicos (p.f. 130 °C) quando cristalizada a partir do etanol aquoso. Também pode ser obtida como a forma anidra quando se decompõe em fusão com temperatura de aproximadamente 218 °C. É muito solúvel em água, mas moderadamente solúvel em solventes orgânicos, tais como clorofórmio ou diclorometano (Macrae, 1987).

Estudos anteriores relatam várias atividades biológicas para esse composto, incluindo ação contra a cárie dentária, atividade anti-invasiva contra as células cancerosas (Ashihara, 2015) e efeito antidiabético (Yoshinari et al., 2009). Ela age afetando a regeneração de células β , secreção de insulina, atividades de enzimas relacionadas ao metabolismo da glicose e melhora o estresse oxidativo no diabetes tipo 2 (Amaro et al., 2014). Matsui et al. (2007)

relataram uma maior concentração de trigonelina em algumas espécies vegetais: trevo (*Trigolium carnatum*, 10,1 mg.g⁻¹ de massa fresca), café (*C. arabica*, 9,1 mg.g⁻¹ de massa fresca) e alfafa (*Medicago sativa*, 2,1 mg.g⁻¹ de massa fresca). Considerando os efeitos benéficos da trigonelina e que ela está amplamente distribuída nas plantas terrestres, é relevante que ela seja analisada nos frutos e em seus resíduos.

Por outro lado, a cafeína, 1,3,7-trimetil-xantina, é um alcalóide da purina farmacologicamente ativo, pertencente ao grupo das xantinas. Suas principais fontes alimentares são café, mate e guaraná, sendo um dos mais poderosos estimulantes da natureza. Este alcalóide é removido a partir dos grãos de café pelo processo de descafeinação, utilizado em escala industrial, para utilização em aplicações farmacêuticas e alimentares (Monteiro; Trugo, 2005; Campos-Vega et al., 2015; Franca; Oliveira, 2009).

Devido às propriedades fisiológicas e farmacológicas, a cafeína é o componente do café mais conhecido, sendo de grande interesse para os setores farmacêuticos, de cosméticos e de alimentos. A indústria de cosméticos usa a cafeína como ingrediente ativo em cremes, devido às respectivas propriedades antioxidantes, lipolíticas, proteção contra os raios UV e efeitos termogênicos. A cafeína presente em cosméticos também aumenta a circulação sanguínea na pele e estimula o crescimento do cabelo pela inibição da atividade da α -redutase (Toschi et al., 2014). Dos diversos efeitos atribuídos à cafeína, alguns já apresentam comprovação científica, como a diminuição do sono, estimulante do músculo cardíaco e do sistema nervoso central, sendo, portanto, responsável por aumentar a agilidade, pois ocorre aumento da circulação sanguínea e respiração. Outros possíveis benefícios da cafeína incluem melhora do humor, redução dos sintomas associados à doença de Parkinson e tremores (Monteiro; Trugo, 2005; Esquivel; Jiménez, 2012). O'keefe et al. (2013) relataram que o consumo de café pode reduzir o risco de diabetes tipo 2 e hipertensão, bem como de outras condições associadas com o risco cardiovascular e proteção potencial contra doenças neurodegenerativas devido a presença de cafeína.

O Quadro 2 resume alguns exemplos do conteúdo de fibras e bioativos presentes em pós de subprodutos de frutos tropicais.

Quadro 2 - Conteúdo de fibras, potencial antioxidante e compostos bioativos de pós de subprodutos de frutos tropicais.

Pós de subprodutos	Fibra dietética Total	Potencial antioxidante	Compostos bioativos	Fonte
Pequi	39,79 – 43,32%	44,43 - 48,02 g/g DPPH 3027,31-3216,27 $\mu\text{mol F}_2\text{SO}_4/\text{g}$ 986,94 – 1154,42 $\mu\text{M TE/g}$	Carotenóides, Compostos fenólicos, Taninos condensados	Leão et al. (2017)
Buriti	50,33 – 88,91%	nd - 1915,2 g/g DPPH nd – 205,8 $\mu\text{mol F}_2\text{SO}_4/\text{g}$	Carotenóides, Compostos fenólicos, Taninos condensados	Resende et al. (2019)
Kiwi	25,85 – 29,61 %	47,88 to 413,84 $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g}$	Vitamina C, flavonóides, carotenóides, compostos fenólicos	Soquetta et al. (2016)
Café	67,7 – 92,6%	80,6 – 202,2 mg ácido clorogênico eq./g	Compostos fenólicos, Cafeína, Trigonelina	Iriondo-DeHond et al. (2019)
Seriguela	12,82%	57,99 mg ácido ascórbico/100 g	Vitamina C, carotenóides, compostos fenólicos	Albuquerque et al. (2016)

Fonte: Os autores (2020).

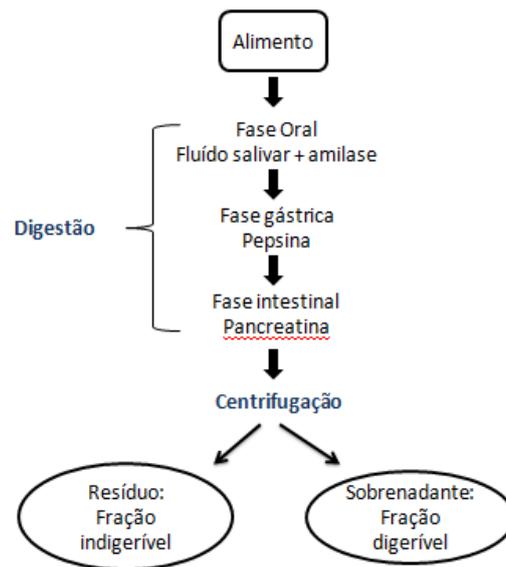
Verifica-se por meio dos exemplos apresentados no Quadro 2 que várias são as matrizes que podem ser transformadas em pós e o quanto estes são interessantes por fornecer fibras dietéticas e compostos bioativos. Como discorrido anteriormente, esses compostos podem trazer benefícios ao serem consumidos de forma diversificada em uma dieta. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a estabilidade desses compostos ao passarem pela digestão gastrointestinal, conteúdo abordado na seção a seguir.

3.5. Bioacessibilidade de compostos bioativos

O primeiro passo para determinar os possíveis efeitos de um composto é avaliar sua estabilidade durante a digestão gastrointestinal, uma vez que qualquer composto só pode ser considerado potencialmente eficaz para a saúde humana se permanecer bioacessível após todas as fases envolvidas na digestão gastrointestinal (Pellegrini et al., 2018). Ou seja, a bioacessibilidade se refere à fração de um composto que é liberado de uma matriz alimentar complexa no trato gastrointestinal e que se tornará potencialmente disponível para absorção intestinal e para promover ações biológicas. Sabe-se que nem toda a quantidade de fitoquímicos bioativos é capaz de ser absorvida pelo trato gastrointestinal (Rodríguez-Roque et al., 2013). Desta forma, é essencial que a bioacessibilidade dos compostos bioativos em alimentos seja analisada para mensurar seu verdadeiro potencial.

Métodos *in vitro* que simulam o processo de digestão são comumente utilizados para estudar a bioacessibilidade a partir de fontes alimentares (Wang et al., 2017). Esses métodos apresentam algumas vantagens em relação aos métodos *in vivo*: são mais rápidos, econômicos, seguros e não possuem restrições éticas (Jara-Palacios et al., 2018). O resíduo após a realização da bioacessibilidade tem sido relatado como uma alternativa à análise de fibras dietéticas. Neste momento, há evidências científicas suficientes de que as FDs representam apenas parte dos substratos que escapam à ação de enzimas digestivas no intestino delgado. Estudos mostram que a fração indigestível (FI) contém outros compostos além dos determinados nas fibras (Saura-Calixto et al., 2000; Molino et al., 2018), propondo então, uma alternativa adequada à FD na análise de alimentos (Figura 3).

Figura 3 - Representação da obtenção da fração indigerível de alimentos.



Fonte: Saura-Calixto et al. (2000); Molino et al. (2018).

A fração indigestível (FI) de alimentos é definida como a parte dos alimentos vegetais que não é digerida e nem absorvida no intestino delgado, atingindo o cólon onde é um substrato para a microflora fermentativa. Desta forma, compreendem não apenas as fibras dietéticas, mas também outros compostos de resistência comprovada à ação de enzimas digestivas, como proteína, polifenóis, amido e outros (Saura-Calixto et al., 2000). Desta forma, os valores da FI seriam mais precisos do ponto de vista nutricional e comercial. Saura-calixto et al. (2000) encontraram valores de FI superiores aos valores de FD, o que ocorreu devido à presença de outros constituintes diferentes dos polissacáridos não-amiláceos e lignina. Segundo eles, na FI contém amido e proteína resistentes, taninos condensados, lignina, minerais, açúcares neutros e ácidos urônicos não amiláceos, entre outros. Assim, a quantificação dessa fração pode ser uma alternativa mais precisa para determinação de fibras dietéticas. Dentre os poucos estudos de bioacessibilidade em frutos tropicais está o estudo de Dutra et al. (2017). Eles estudaram a bioacessibilidade de flavonóides em seriguela (12,5%), mangaba (24,95%) e umbu-cajá (20%).

Em síntese, percebemos que as informações relacionadas às fibras dietéticas, compostos bioativos e sua biodisponibilidade nos produtos a partir de resíduos de frutos, ainda necessitam de melhor elucidação. Em especial, no que diz respeito, a bioacessibilidade de bioativos e a fração indigerível, pois ainda são áreas pouco estudadas nesses produtos, apesar da importância que significam para a ciência. Ressaltamos que todos os benefícios

citados nesse estudo, são melhores aproveitados associando ao consumo frequente de água e à prática de exercícios físicos.

4. Considerações Finais

Os pós ricos em fibras oriundos de subprodutos de resíduos de frutos tropicais, podem ser amplamente utilizados, todavia, seu potencial ainda é pouco explorado. Essa revisão nos mostra que estes resíduos apresentam uma gama de compostos bioativos, o que contribui para maior valorização desses materiais, que atualmente, não dispõem de valor econômico. Além disso, foi possível conhecer com mais profundidade as características, composições e benefícios à saúde de cada classe de bioativos presentes. Essas informações permitem que novas pesquisas as usem como ferramentas para desenvolvimento de novos produtos. Assim, a produção de pós ricos em fibras a partir de resíduos de frutos tropicais é uma alternativa importante para o aproveitamento desses, contribuindo para novos produtos com características melhoradas, além de minimizar impactos gerados ao ambiente por seu descarte inadequado.

Para trabalhos futuros, sugerimos que a bioacessibilidade dos compostos bioativos seja determinada nos frutos tropicais para melhor elucidar seu potencial. Também sugerimos que a fração indigerível seja caracterizada para conhecer melhor a composição das fibras dietéticas.

Referências

Afaghi, A., Kordi, A., & Sabzmakan, L. (2015). *Effect of fibre and low glycemic load diet on blood glucose profile and cardiovascular risk factors in diabetes and poorly controlled diabetic subjects*. Glucose intake and utilization in pre-diabetes and diabetes. Part I, 133–145, London, UK: Academic press.

Albishi, T., John, J. A., Al-Khalifa, A. S., & Shahidi, F. (2013). Phenolic content and antioxidant activities of selected potato varieties and their processing by-products. *Journal Functional Foods*, 5, 590-600.

Amaro, C. A. B., Gonzalez-Cortazar, M., Herrera-Ruiz, M.; Roman-Ramos, R., Aguillar-Santamaria, L., Tortoriello, J., & Jimenez-Ferrer, E. (2014). Hypoglycemic and hypotensive

activity of a root extract *ossimilazaristolochiifolia*, standardized on N-trans-feruloyl-tyramine. *Molecules*, 19, 11366-11384.

Araújo, N. G., & Barbosa, F. F. (2015). Bebida láctea com leite caprino e soro caprino é alternativa para aproveitamento da polpa de umbu. *Revista Institucional Laticínios Cândido Tostes*, 70, 85-92.

Ashihara, H. (2015). Plant biochemistry trigonelline biosynthesis in *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. In: PREEDY, V. R. *Coffe in health and disease prevention*. Elsevier.

Azevedo-Meleiro, C. H., & Rodriguez-Amaya, D. B. (2004). Confirmation of the identify of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 385-396.

Barcia, M. T., Jacques, A. C., Pertuzatti, P. B., & Zambiasi, R. C. (2010). Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. *Ciências Agrárias*, 31, 381-390.

Birt, D. F., & Jeffery, E. (2013). Flavonoids. *Advances in Nutrition*, 4, 576-577.

Bonilla-Hermosa, V. A., Duarte, W. F., & Schwan, R. F. (2014). Utilization of coffee by-products obtained from semi-washed process for production of value-added compounds. *Bioresource Technology*, 166, 142–150.

Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., Vergara-Castañeda, H.A., & Oomah, B.Dx. (2015). Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 45, 24-36.

Cândido, T. L. N., Silva, M. R., & Agostini-Costa, T. S. (2015). Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. *Food Chemistry*, 177, 313-319.

Carvalho, J. M., Maia, G. A., Fonseca, A. V. V., Sousa, P. H. M., & Rodrigues, S. (2015). Effect of processing on physicochemical composition, bioactive compounds and enzymatic

activity of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) tropical juice. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 1182-1187.

Chantaro, P., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1987-1994.

Chaplin, M. F. (2003). Fibre and water binding. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 223-227.

Cordeiro, B. M. P. C., Santos, N. D. L., Ferreira, M. R. A., Araujo, L. C. C., Junior, A. R. C., & Santos, A. D. C. (2018). Hexane extract from *Spondias tuberosa* (Anacardiaceae) leaves has antioxidant activity and is an anti-*Candida* agent by causing mitochondrial and lysosomal damages. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18 (1).

Cuppari, L. (2002). *Nutrição clínica no adulto – Guia de medicina ambulatorial e hospitalar* (UNIFESP/Escola Paulista de Medicina). 1 ed. São Paulo: Manole.

Delpino-Ruis, A., Eras, J., Vilaró, F., Cubero, M. A., Balcells, M., & Canela-Garayoa, R. (2015). Characterisation of phenolic compounds in processed fibres from the juice industry. *Food Chemistry*, 172, 575-584.

Dutra, R. L. T., Dantas, A. M., Marques, D. de A., Batista, J. D. F., Meireles, B. R. L. de A., de Magalhães Cordeiro, Â. M. T., & Borges, G. da S. C. (2017). Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 100, 650–657.

Esquivel, P., & Jiménez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee byproducts. *Food Research International*, 46, 488-495.

FAO. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Acesso em 13 julho 2020, em <http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609#ancor>

Farag, M. A., Porzel, A., & Wessjohann, L. A. (2015). Unraveling the active hypoglycemic agent trigonelline in *Balanites aegyptiaca* date fruit using metabolite finger printing by NMR. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 115, 383-387.

Feng, K., Hu, W., Jiang, A., Xu, Y., Sarengaowa Li, X., & Bai, X. (2015). Growth Potential of *Listeria Monocytogenes* and *Staphylococcus Aureus* on Fresh-Cut Tropical Fruits. *Journal of food science*, 80, M2548-M2454.

Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2009). Coffee Processing Solid Wastes: Current Uses and Future Perspectives. In: Ashworth, G, S., Azevedo, P. *Agricultural Wastes (Agricultural issues and Policies Series)*. 155-189.

Garau, M. C., Simal, S., Rossello, C., & Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. *Food Chemistry*, 104, 1014–1024.

Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparri, A. M., Afrin, S., Cianciosi, D., Reborado-Rodriguez, P., Varela-Lopez, A., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2017). The healthy effects of strawberry bioactive compounds on molecular pathways related to chronic diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1398, 62-71.

González, G. B., Raes, K., Vanhoutte, H., Coelus, S., Smagghe, G., & Camp, J. V. (2015). Liquid chromatography-mass spectrometry coupled with multi variate analysis for the characterization and discrimination of extractable and nonextractable polyphenols and glucosinolates from red cabbage and Brussels sprout waste streams. *Journal of Chromatography A*, 1402, 60-70.

Gouvêa, R. F., Ribeiro, L. O., Souza, E. F., Penha, E. M., Matta, V. M., & Freitas, S. P. (2017). Effect of enzymatic treatment on the rheological behavior and vitamin C content of *Spondias tuberosa* (umbu) pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 2176-2180.

Grilo, E. C., Costa, P. N., Lima, M. S. R., Ribeiro, P. P. C., Beserra, A. F. L., & Dimenstein, R. (2013). Determinação de vitamina E na castanha de caju e sua relação com a recomendação nutricional em humanos. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 72 (1), 41-46.

Honorato, A. C., Dias, C. B. R., Souza, E. B., Carvalho, I. R. B., & Sousa, K. S. M. (2015). Parâmetros físico-químicos de polpas de fruta produzidas na cidade de Petrolina-PE. *Revista Verde*, 10, 01-05.

IBRAF. (2017). *Brazilian Institute of Fruits. Brazilian fruits in demand*. Recuperado de http://www.ibraf.org.br/imprensa/0901_FrutasBrasileirasAscensao.asp

Jara-Palacios, M. J., Gonçalves, S., Hernanz, D., Heredia, F. J., & Romano, A. (2018). Effects of in vitro gastrointestinal digestion on phenolic compounds and antioxidant activity of different white winemaking byproducts extracts. *Food Research International*, 109, 433-439

José, F. J. S., Collado-Fernández, M., & López, R. (2018). Sensory evaluation of biscuits enriched with artichoke fiber-rich powders (*Cynaras colymus* L.). *Food Science & Nutrition*, 6, 160–167.

Júnior, H. P. L., & Lemos, A. L. A. (2010). Vitamina A. *Diagn Tratamento*, 15 (3), 122-124.

Kinsella, J. E. Functional properties of proteins in foods. *Critical Reviews in Foods Science and Nutritional*, 1(3), 219-280, 1976.

Kudanga, T.; Nema, B., & Roes-Hill, M. (2017). Laccase catalysis for the synthesis of bioactive compounds. *App Microbiol Biotechnol*, 101, 13-33.

Larrauri, J. A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fiber powders from fruit by-products. *Food Science & Technology*, (10), 3-8.

Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M.A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*, 225, 146-153.

López-Vargas, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2013). Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary

fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Food Research International*, 51, 756–763.

Macrae, R. (1987). Nitrogenous componentes. In: Clarke, R. J., & Macrae, R. *Coffee Technology*. 2, London.

Melo, E. A., & Andrade, R. A. M. S. (2010). Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. *Alimentos e Nutrição*, 21 (3), 453-457.

Melo, E. A., Maciel, M. I. S., Lima, V. L. A. G., & Araújo, C. R. (2008). Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. *Alimentos e Nutrição*, 19 (1), 67-72.

Menezes, J. S., Campos, V. O., & Costa, T. A. C. (2012). Desenvolvimento de dispositivo caseiro para dessalinização de água salobra a partir de sementes de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). *Química nova*, 35, 379-385.

Molino, S., Fernández-Miyakawa, M., & Giovando, S. (2018). Study of antioxidant capacity and metabolization of quebracho and chestnut tannins through *in vitro* gastrointestinal digestion-fermentation. *Journal of Functional Foods*, 49, 188-195.

Monteiro, M. C., & Trugo, L. C. (2005). Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. *Química Nova*, 28 (4), 637-641.

Murillo, E., Giuffrida, D., Menchaca, D.; Dugo, P., Torre, G., Meléndez-Martinez, A. J. & Mondello, L. (2013). Native carotenoids composition of some tropical fruits. *Food Chemistry*, 140, 825-836.

Murthy, P. S., & Naidu, M. (2012). Sustainable management of coffee industry by products and value addition – a review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45-58.

O'keefe, J. H., Bhatti, S. K., Patil, H. R., Dinicolantonio, J. J., Lucan, S. C., Lavie, C. J. J. (2013). Effects of Habitual Coffee Consumption on Cardiometabolic Disease, Cardiovascular Health, and All-Cause Mortality. *American College of Cardiology*, 62, 1043-1051.

Oliveira, C. F. P., Souza, S. M. A., Martinez, E. A., Guanais, A. L. S. R., Silva, C. M. R. (2013). Estudio Del proceso de deshidratación osmótica de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). *Semina: Ciências Agrárias*, 34 (2), 729-740.

Omena, C. M. B., Valentim, I. B., Guedes, G. S., Rabelo, L. A., Mano, C. M., Bechara, E. J. H., Sawaya, A. C. H. F., Trevisan, M. T. S., Costa, J. G., Ferreira, R. C. S., Sant'ana, A. E. G. & Goulart, M. O. F. (2012). Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activitie of ethanol extractas of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. *Food Research International*, 49, 334-344.

Ozboy-Ozbas, O., Seker, I. T., & Gokbulut, I. (2010). Effects of Resistant Starch, Apricot Kernel Flour, and Fiber-rich Fruit Powders on Low-fat Cookie Quality. *Food Science Biotechnol.*, 19, 979-986.

Pagnussatt, F. A., Lima, V. R., Dora, C. L., Costa, J. A. V., Putaux, K., & Badiale-Furlong, E. (2016). Assessment of the encapsulation effect of phenolic compounds from *Spirulina* sp. *LEB-18* on their antifusarium activities. *Food Chemistry*, 211, 616-623.

Pellegrini, M., Lucas-Gonzalez, R., Sayas-Barberá, E., Fernández-Lopez, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2018). Bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant capacity of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Plant Foods Hum Nutr*, 73, 47-53.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM.

Pla, M. F. E., Uribe, M., Fissore, E. N., Gerschenson, L. N., & Rojas, A. M. (2010). Influence of the isolation procedure on the characteristics of fiber-rich products obtained from quince wastes. *Journal of Food Engineering*, 96, 239-248.

Queiroz, D., Paiva, A. A., Pedraza, D. F., Cunha, M. A. L., Esteves, G. H., Luna, J. G., & Diniz, A. S. (2013). Deficiência de vitamina A e fatores associados em crianças de áreas urbanas. *Revista de Saúde pública*, 47 (2), 248-256.

- Ramalho, A. (2010). *Vitamina A*. São Paulo: ILSI Brasil-International Life Sciences Institute do Brasil. Funções plenamente reconhecidas de nutrientes, 4.
- Randhawa, M. A., Khan, A. A., Javed, M. S., & Sajid, M. W. (2015). Handbook of fertility nutrition, diet, lifestyle and reproductive health. *Chapter18 – green leafy vegetables: a health promoting source*. (pp. 205–220). London, UK: Academic press.
- Resende, L. M., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2019). Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chemistry*, 270, 53-60.
- Ribeiro, G. P., Andrade, A. P. C., Daniels, J., & Seibel, N. F. (2014). Development of soy based beverages with papaya and mango pulps. *Acta Scientiarum Technology*, 32 (2), 341-347.
- Rocha, S. C. S., Souza, J. C., Alsina, O. L. S., & Medeiros, M. F. D. (2011). Drying of tropical fruit pulps: spouted bed process optimization as a function of pulp composition. *Drying Technology*, 29, 1587-1599.
- Rodríguez-Roque, M. J., Rojas-Grau, M. A., Elez-Martínez, P., & Martín-Belloso, O. (2013). Changes in vitamin C, phenolic, and carotenoid profiles throughout in vitro gastrointestinal digestion of a blended fruit juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 1859–1867.
- Rosa, J. S., Godoy, R. L. O., Neto, J. O., Campos, R. S., Matta, V. M., Freire, C. A., Silva, A. L., & Souza, R. S. (2007). Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27 (4), 837-846.
- Saura-Calixto, F., García-Alonso, A., Coñi, I., & Bravo, L. (2000). In vitro determination of the indigestible fraction in foods: an alternative to dietary fiber analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3342-3347.

Saura-Calixto, F. (2012). Concept and health-related properties of nonextractable polyphenols: the missing dietary polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 11195-11200.

Sentanin, M. A., & Amaya, D. B. R. (2007). Teores de carotenóides em mamão e pêsego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 13-19.

Servillo, L., Giovane, A., Balestrieri, M. L., Cautela, D., & Castaldom, D. (2011). Proline derivates in fruits of bergamot (*Citrus bergamia* Rissoet Poit): Presence of n-methyl-l-proline and 4-hydroxy-l-proline betaine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 274-281.

Sigma-Aldrich. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

Silva, L. M. R., Figueiredo, E. A. T., Ricardo, N. M. P. S., Vieira, I. G. P., Figueiredo, R. W., Brasil, I. M., & Gomes, C. L. (2014). Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 143, 398-404.

Soares, S. E. (2002). Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*, 15.

Song, X., Zhu, W., Pei, Y., Ai, Z., & Chen, J. (2013). Effects of wheat bran with different colors on the qualities of dry noodles. *Journal of Cereal Science*, 58, 400-407.

Sorensen, M. D.; Hsi, R. S.; Chi, T.; Shara, N.; Wactawski-Wend, J.; Kahn, J. A. & Stoller, M. L. (2014). Dietary intake of fibre, fruit and vegetables decreases the risk of incident kidney stones in women: A women's health initiative report. *The Journal of Urology*, 192, 1694-1699.

Strawn, L. K.; Scheneider, K. R. & Danyluk, M. D. (2011). Microbial safety of tropical fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 132-145.

Tavares, J. T. Q.; Silva, C. L.; Carvalho, L. A.; Silva, M. A.; Santos, C. M. G. (2000). Estabilidade do ácidoascórbico em suco de laranja submetido a diferentes tratamentos. *Magistra*, Cruz das Almas, 12 (1/2).

Teixeira, L.; Pinto, C. F. D.; Kessler, A. M. & Trevizan, L. (2019). Effect of partial substitution of rice with sorghum and inclusion of hydrolysable tannins on digestibility and postprandial glycemia in adult dogs. *Plos Ones*, 14 (5).

Tian, Y.; Liimatainen, J.; Alanne, A.; Lindstedt, A.; Liu, P.; Sinkkonen, J.; Kallio, H. & Yang, B. (2017). Phenolic compounds extract by acidic aqueous ethanol from berries and leaves of different berry plants. *Food Chemistry*, 220, 226-287.

Toschi, T. G.; Cardenia, V.; Bonaga, G.; Mandrioli, M.; Rodriguez estrada, M. T. (2014). Coffee Silverskin: Characterization, Possibles Uses, and Safety Aspects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 10836-10844.

Vitaglione, P., Napolitano, A., & Fogliano, V. (2008). Cereal dietary fibre: A natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 451–463.

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Martín-Sánchez, A., Sánchez-Zapata, E.; Fernández-López, J.; Sendra, E., Sayas-Barberá, E., Navarro, C. & Pérez-Álvarez, J. A. (2012). Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punicagranatum* L.) bagasses powder co-product. *Journal of Food Engineering*, 110, 220-224.

Zeraik, M. L.; Queiroz, E. F.; Marcourt, L.; Ciclet, O.; Castro-Gamboa, I.; Silva, D. H. S.; Guendet, M.; Bolzani, V. S. & Wolfender, J. (2016). Antioxidants, quinine reductase inducers and acetylcholinesterase inhibitors from *Spondias tuberosa* fruits. *Journal of Functional Foods*, 21, 396-405.

Zurita, J., Díaz-Rubio, M. E., & Saura-Calixto, F. (2012). Improved procedure to determinate non-extractable polymeric proanthocyanidins in plant foods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(2), 936-939.

Wang, S., Amigo-Benavent, M., Mateos, R.; Bravo, L., & Sarriá, B. (2017). Effects of in vitro digestion and storage on the phenolic content and antioxidant capacity of a red grape pomace. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68 (2), 188-200.

White, B. L., Howard, L. R., & Prior, R. L. (2010). Release of bound procyanidins from cranberry pomace by alkaline hydrolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 7572-7579.

Yoshinari, O., Sato, H., & Igarashi, K. (2009). Anti-diabetic effects of pumpkin and its components, trigonelline and nicotinic acid, on Goto-Kakizaki rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 73, 1033-1041.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Lais Brito Cangussu – 50%

Pâmella Fronza – 30%

Washington Moreira Cavalcanti – 20%