

Alex Fernando de Almeida
Claudia Cristina Auler do Amaral Santos

FRUTOS AMAZÔNICOS:

BIOTECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE



Alex Fernando de Almeida
Claudia Cristina Auler do Amaral Santos
(Organizadores)

FRUTOS AMAZÔNICOS: BIOTECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE



Palmas- TO
2020

Universidade Federal do Tocantins

Reitor

Luis Eduardo Bovolato

Vice-reitora

Ana Lúcia de Medeiros

Pró-Reitor de Administração e Finanças (PROAD)

Jaasiel Nascimento Lima

Pró-Reitor de Assuntos Estudantis (PROEST)

Kherley Caxias Batista Barbosa

Pró-Reitora de Extensão, Cultura e Assuntos Comunitários (PROEX)

Maria Santana Ferreira Milhomem

Pró-Reitora de Gestão e Desenvolvimento de Pessoas (PROGEDEP)

Vânia Maria de Araújo Passos

Pró-Reitor de Graduação (PROGRAD)

Eduardo José Cezari

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESQ)

Raphael Sanzio Pimenta

Conselho Editorial EDUFT

Presidente

Francisco Gilson Rebouças Porto Junior

Membros por área:

Liliam Deisy Ghizoni

Eder Ahmad Charaf Eddine
(Ciências Biológicas e da Saúde)

João Nunes da Silva

Ana Roseli Paes dos Santos

Lidianne Salvatierra

Wilson Rogério dos Santos
(Interdisciplinar)

Alexandre Tadeu Rossini da Silva

Maxwell Diógenes Bandeira de Melo
(Engenharias, Ciências Exatas e da Terra)

Francisco Gilson Rebouças Porto Junior

Thays Assunção Reis

Vinicius Pinheiro Marques
(Ciências Sociais Aplicadas)

Marcos Alexandre de Melo Santiago

Tiago Groh de Mello Cesar

William Douglas Guilherme

Gustavo Cunha Araújo
(Ciências Humanas, Letras e Artes)

Diagramação e capa: Gráfica Movimento

Arte de capa: Gráfica Movimento

O padrão ortográfico e o sistema de citações e referências bibliográficas são prerrogativas de cada autor. Da mesma forma, o conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade de seu respectivo autor.



<http://www.abecbrasil.org.br>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

A447f

Almeida, Alex Fernando. (Org).

Frutos amazônicos: biotecnologia e sustentabilidade . / Alex Fernando de Almeida; Claudia Cristina Auler do Amaral Santos – Palmas, TO: EDUFT, 2020.

117 p. il. fots. ; 21 x 29,7 cm.

ISBN 978-65-89119-14-2

Inclui referências ao final.

1. Amazônia, frutos. 2. Biotecnologia. 3. Biotecnologia, aplicação. 4. Alimentos funcionais. 5. Potencial probiótico. 6. Frutos amazônicos, indústria cosmética. I. Claudia Cristina Auler do Amaral Santos . II. Título. III. Subtítulo.

CDD – 582

SÚMARIO

APRESENTAÇÃO.....	7
OBRA 1: POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE FRUTOS AMAZÔNICOS	8
CAPÍTULO 1: FRUTOS AMAZÔNICOS COMO FONTE DE APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS.....	9
<i>Fabrício Coutinho de Paula-Elias, Iarley Bruno Uchoa Sousa, Jonatas Pereira Passos, Carolina Bilia Chimello de Paula, Erika Carolina Vieira-Almeida, Jonas Contiero e Alex Fernando de Almeida</i>	
CAPÍTULO 2: ALIMENTOS FUNCIONAIS DESENVOLVIDOS A PARTIR DOS FRUTOS DA AMAZÔNIA.....	26
<i>Clarissa Damiani, Jéssyca Santos Silva, Katiúcia Alves Amorim, Pedro Henrique Silva Miranda e Annanda Carvalho dos Santos</i>	
CAPÍTULO 3: POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE MICRORGANISMOS AUTÓCTONES DE FRUTOS AMAZÔNICOS	38
<i>Roseane Veras de Souza, Jéssica Durães Sousa, Antônio Dheyson da Silva Oliveira, Débora dos Santos Rodrigues e Claudia Cristina Auler do Amaral Santos</i>	
CAPÍTULO 4: POTENCIAL DE FRUTOS AMAZÔNICOS PARA A PRODUÇÃO DE ENZIMAS MICROBIANAS	48
<i>Alanna Cristinne Martins Lima, Iara Leandro dos Santos, Lunara Thaís Alves de Bastos, Fabrício Coutinho de Paula-Elias e Alex Fernando de Almeida</i>	
CAPÍTULO 5: POTENCIAL PROBIÓTICO DE MICRORGANISMOS ISOLADOS DE FRUTOS AMAZÔNICOS	64
<i>Eskálath Morganna Silva Ferreira, Gabriela Fachine Brito, Geovanka Marcelle Aguiar Leão, Raul da Conceição Alves da Silva, Mirelle Ribeiro Araújo, Raphael Sanzio Pimenta e Juliana Fonseca Moreira da Silva</i>	
OBRA 2: USO SUSTENTÁVEL DOS FRUTOS AMAZÔNICOS	74
CAPÍTULO 6: DIVERSIDADE DE FRUTOS AMAZÔNICOS E SEU USO SUSTENTÁVEL ..	75
<i>Fernanda Munhoz dos Anjos Leal Zimmer, Fabriele de Sousa Ferraz e Claudia Cristina Auler do Amaral Santos</i>	
CAPÍTULO 7: DESAFIOS PARA UTILIZAÇÃO DE FRUTOS AMAZÔNICOS AZONAIS OBTIDOS POR EXTRATIVISMO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	88
<i>Caroline Roberta Freitas Pires, Hellen Christina de Almeida Kato, Diego Neves de Sousa e Viviane Ferreira dos Santos</i>	

**CAPÍTULO 8: TENDÊNCIAS PARA UTILIZAÇÃO DE FRUTOS AMAZÔNICOS
NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS 100**

*Camila Mariane da Silva Soares, Maria Olivia dos Santos Oliveira, Rômulo Alves Morais e
Glêndara Aparecida de Souza Martins*

**CAPÍTULO 9: UTILIZAÇÃO DE FRUTOS AMAZÔNICOS NA INDÚSTRIA
DE COSMÉTICOS E FÁRMACOS 112**

*Vinícius Gonçalves Lopes, Mayara Batista Valadares, João Carlos Vicente dos Santos,
Gabriela Eustáquio Lacerda e Guilherme Nobre L. do Nascimento*

APRESENTAÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) atua na formação e capacitação de profissionais nas áreas de segurança e controle de qualidade em alimentos, no desenvolvimento de novos produtos alimentícios e na biotecnologia aplicada à indústria de alimentos. Para tanto, o PPGCTA preocupa-se em priorizar o atendimento da demanda do mercado de trabalho do estado do Tocantins e demais estados da Amazônia Legal, bem como em contribuir para o desenvolvimento de novos processos tecnológicos visando processamento de matérias-primas do Cerrado e da Amazônia, ainda pouco conhecidas e exploradas industrialmente.

Na coletânea Frutos Amazônicos: Biotecnologia e Sustentabilidade procuramos explorar o potencial de frutos característicos da região Amazônica, que são obtidos geralmente por extrativismo, mas que apresentam potencial para a produção de produtos com alto valor agregado e para o desenvolvimento de novos produtos que tenham maior vida de prateleira. O desenvolvimento desses produtos, utilizando tecnologias adequadas, possibilita a sua disponibilização aos consumidores durante praticamente o ano todo, mesmo com a sazonalidade característica dos frutos amazônicos, o que leva renda e benefícios sociais às comunidades produtoras.

Esta coletânea está organizada em duas obras: Obra 1: Potencial biotecnológico de frutos amazônicos e Obra 2: Uso sustentável dos frutos amazônicos. A obra 1 é composta por cinco capítulos que abordam o potencial biotecnológico dos frutos e dos microrganismos isolados dessas matérias primas, com foco em aplicações diversas em alimentos. Ainda nesta obra, os autores discorrem sobre princípios ativos para o desenvolvimento de produtos funcionais, incluindo o potencial probiótico e enzimático dos microrganismos isolados dos frutos amazônicos. A obra 2 é composta por quatro capítulos que abordam o uso sustentável e os desafios de processamento dos frutos amazônicos. Os capítulos apresentam as tendências de uso dos frutos amazônicos na indústria de alimentos, além do uso dos frutos na indústria farmacêutica e cosmética.

A biotecnologia aplicada à indústria de alimentos promove novas formas de utilização dos frutos para gerar produtos inovadores, mas também auxilia na descoberta de novas moléculas bioativas, proteínas e microrganismos que habitam os microambientes constituintes dos frutos, possibilitando a aplicação destes no desenvolvimento de novos produtos. Ademais, a área biotecnológica tem ganhado grande visibilidade com o desenvolvimento de técnicas voltadas para o aproveitamento integral dos frutos, proporcionando inclusive, a utilização dos resíduos do processamento destes para geração de novos produtos.

A promoção da sustentabilidade no processamento de alimentos evita o desperdício de subprodutos, promove a criação de identidade própria e muitas vezes regional dos produtos processados, o que acaba por atrair maior atenção dos consumidores para o consumo de alimentos sustentáveis e saudáveis. Portanto, a biotecnologia e a sustentabilidade no processamento dos frutos abrangem a forma como eles podem ser explorados para gerar riquezas e preservar o bioma da Amazônia. Desse modo, esta é de fato, uma coletânea que reúne informações atuais e importantes sobre frutos da região amazônica que são poucos conhecidos e explorados industrialmente.

**OBRA 1:
POTENCIAL
BIOTECNOLÓGICO DE
FRUTOS AMAZÔNICOS**

CAPÍTULO 1

FRUTOS AMAZÔNICOS COMO FONTE DE APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS

*Fabício Coutinho de Paula-Elias**

Iarley Bruno Uchoa Sousa

Jonatas Pereira Passos

Carolina Bilia Chimello de Paula

Erika Carolina Vieira-Almeida

Jonas Contiero

Alex Fernando de Almeida

**Autor correspondente: Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Avenida NS 15, Quadra 109 Norte, Plano Diretor Norte, Bloco II, Sala 32B, Palmas, TO. E-mail: fabricio.coutinho@mail.uft.edu.br*

INTRODUÇÃO

As aplicações biotecnológicas dos frutos amazônicos transcendem a história ocidental e suas origens remontam à medicina tradicional de tribos pré-colombianas, com conhecimentos repassados através de gerações até a era contemporânea. Relatos científicos mais recentes têm divulgado a caracterização de compostos bioativos isolados desses frutos, os quais podem atuar contra o câncer e diabetes, auxiliam no controle da pressão arterial e podem ser utilizados no tratamento de doenças degenerativas, como o mal de Alzheimer (TODOROV; PIERI, 2017). Entretanto, antes de focarmos na aplicação biotecnológica dos frutos amazônicos, faz-se necessário explanarmos o contexto ecológico e socioeconômico, para que o leitor compreenda a importância desses frutos no cenário atual.

A floresta amazônica se estende pela América do Sul, em nove países (Brasil, Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa), com a maior parte de seu território (66%) situado no Brasil (SOUZA, 2010). Ao abordarmos os frutos amazônicos brasi-

leiros, podemos contextualizá-los em uma vertente ecológica, inerente ao bioma amazônico, ou mesmo estender-nos a um conceito político-econômico mais amplo, marcado pela transição da “Amazônia Brasileira” para a “Amazônia Legal”. Se contextualizarmos os frutos amazônicos nesse último conceito, passamos a nos referir a uma macrorregião que engloba todos os estados brasileiros pertencentes à Bacia Amazônica ou os que tangenciam trechos da Floresta Amazônica (Pará, Amazonas, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima), que corresponde a cerca de 61% do território brasileiro (SOUZA, 2010). Dessa forma, podemos ter uma ideia da importância ambiental e econômica dos frutos oriundos dessa região.

Desde a década de 1970, com a inauguração da Rodovia Transamazônica, uma ocupação acelerada da região vem resultando em um vertiginoso impacto no ecossistema amazônico, com crescente desmatamento, especulação de terras, atividades agropecuárias e extração madeireira. Tais políticas de exploração da Amazônia provocaram mudanças permanentes nas comunidades indígenas, nas populações ribeirinhas e nos trabalhadores da atividade extrativista (SOUZA, 2010). Nesse contexto, o presente capítulo considera importante a abordagem de aplicações biotecnológicas de frutos amazônicos, próprios deste bioma e vinculados à cultura local, na tentativa de evitar cultivos inseridos na região Amazônica, que estão mais próximos de “commodities” agrícolas.

Além disso, apresentamos a biotecnologia em um contexto de inovação sustentável, essa que vem revolucionando os mais diversos setores industriais, com a inovação tecnológica associada à responsabilidade social e ambiental, resultando em aumentos constantes e expressivos da produção e das aplicações de produtos obtidos a partir de fontes de energia renováveis.

A nova geração de bioprodutos não somente atribui sustentabilidade aos processos produtivos, mas também, compete em muitos setores com os produtos convencionais, em termos de propriedades tecnológicas e funcionais (DE PAULA *et al.*, 2018). Portanto, o presente capítulo tem a perspectiva de abordar, de maneira introdutória, o potencial biotecnológico dos frutos amazônicos para a produção de compostos bioativos, inserindo-os em um contexto mais amplo, em um processo de exploração sustentável, com o devido respeito às comunidades locais, na busca de desenvolvimento socioeconômico para as atividades extrativistas da Amazônia.

A BIOTECNOLOGIA COMO MECANISMO DE INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL

A biotecnologia, palavra tão presente nos tempos modernos, pode ser definida como qualquer técnica que utiliza organismos vivos ou suas substâncias derivadas, para a geração ou a modificação de um produto, que pode ser chamado de bioproduto ou biocomposto. Podemos utilizar a biotecnologia para o melhoramento vegetal e animal ou até mesmo para desenvolver microrganismos para usos específicos. Assim, podemos considerar como biotecnologia as técnicas simples como a produção de pães utilizando leveduras (fermento biológico), até a tecnologia do DNA recombinante, onde se manipula o material genético de seres vivos, na busca da expressão de características desejáveis (CHEKOL; GEBREYOHANNES, 2018).

Por décadas, a sociedade contemporânea tem visto a biotecnologia com um certo receio, como se, na mitologia grega, estivéssemos abrindo a caixa de Pandora, libertando males que não pudéssemos controlar. De fato, a biotecnologia pode ser usada tanto para o bem quanto para

o mal, como o exemplo das armas biológicas ou até mesmo de resultados inesperados provenientes da manipulação genética de organismos. Porém, aqui iremos associar a biotecnologia à outras áreas do conhecimento, como a sustentabilidade. O conceito de sustentabilidade vem sendo melhor repercutido desde a década de 1980, quando os produtos derivados do petróleo provocaram mudanças ambientais, e passaram a demandar mudanças sociais e econômicas para atender às necessidades da população atual, sem comprometer o bem estar de futuras gerações (SERNA-LOAIZA *et al.*, 2019).

A biotecnologia, em uma vertente sustentável, tem convergido esforços para a obtenção de variados produtos provenientes da biomassa. Nesse aspecto, muitos processos comuns em refinarias têm dado lugar à processos desenvolvidos em biorrefinarias, adaptados à síntese de biomoléculas, desde a produção de biocombustíveis, de enzimas, até produtos químicos naturais, área chamada de “química verde”. Entre esses bioprodutos estão os compostos bioativos, que possuem um alto valor agregado e variado potencial de aplicação na obtenção de medicamentos, de cosméticos, na produção de nutracêuticos e de tantos outros produtos voltados à saúde humana e animal (GUAADAoui *et al.*, 2014).

O que são compostos bioativos?

Os compostos bioativos podem ser definidos como substâncias que apresentam atividade biológica em tecidos vivos, com o intuito de gerar uma resposta benéfica à saúde. Portanto, esses compostos são, em sua maioria, aplicados à indústria farmacêutica e na suplementação alimentar (GUAADAoui *et al.*, 2014). Tais compostos são encontrados em muitas plantas e em certos alimentos, tais como frutos, vegetais, castanhas, óleos e cereais. Alguns autores têm especificado que os compostos bioativos não são nutrientes essenciais, mas que são extensivamente estudados devido ao seu potencial efeito sobre a saúde humana (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2002). Outros autores têm incluído, além dos compostos naturais, moléculas de origem sintética entre os compostos bioativos, uma vez que uma molécula sintética também pode ter ação biológica sobre os tecidos vivos, sendo exemplos os antibióticos sintéticos (BIESALSKI *et al.*, 2009).

Dessa forma, há diferentes classes de compostos bioativos, assim como diferentes fontes das quais são obtidos. Na maioria das vezes, o tipo de composto bioativo está intimamente atrelado à sua fonte de origem. No caso das plantas e seus frutos, geralmente os compostos bioativos se referem comumente a compostos fenólicos, um dos grupos mais estudados devido à sua bioatividade sobre o crescimento, reprodução e características sensoriais. Entre os compostos fenólicos, podemos citar os flavonoides derivados do estilbeno, da cumarina, das ligninas e dos taninos (SERNA-LOAIZA *et al.*, 2019). No que tange às propriedades biotecnológicas dos frutos amazônicos, um número crescente de pesquisas vem sendo desenvolvidas na busca de compostos bioativos desses frutos (TODOROV; PIERI, 2017).

As aplicações biotecnológicas de frutos amazônicos além dos compostos bioativos

Além das próprias moléculas bioativas presentes nos frutos amazônicos há uma gama de possíveis aplicações biotecnológicas relacionadas a estes. A microbiota autóctone desses frutos é importante não somente para a caracterização biológica dos frutos amazônicos, mas também

para a descoberta de novas linhagens microbianas com potencial biotecnológico, no isolamento de probióticos e na busca de metabólitos de interesse industrial. Esses frutos podem ser utilizados na produção de bebidas em processos fermentativos e seus resíduos lignocelulósicos podem ser utilizados na produção de biocombustíveis de segunda geração (DE PAULA *et al.*, 2018).

Entre os possíveis bioprodutos com alto valor agregado e aplicação biotecnológica, podemos citar as enzimas produzidas pelos microrganismos autóctones dos frutos amazônicos. O mercado enzimático tem gerado bilhões de dólares, e tem apresentado um crescimento contínuo e significativo nos últimos anos. Tal demanda por enzimas microbianas deve-se à variada e expansiva oferta de aplicações industriais. Alguns estudos projetam o crescimento global do mercado enzimático de US\$ 5 bilhões, em 2016, para US\$ 6,3 bilhões, em 2021 (DEWAN, 2017).

A biocatálise se traduz como um passo além da química sintética, resultando na produção acentuada de compostos estruturados, funcionais e biodegradáveis, através de processos altamente seletivos (DE PAULA *et al.*, 2018). As enzimas são catalisadores biológicos, ou seja, aceleram reações químicas com alta eficiência, pois são altamente seletivas. Além disso, elas podem ser utilizadas em condições brandas de reação, evitando a geração de compostos tóxicos, apresentando maior tolerância ambiental e fisiológica (ROY; PRASAD, 2017). Durante séculos os biocatalisadores enzimáticos vêm sendo utilizados na fabricação de alimentos e bebidas, tais como queijos, pães, vinhos e cervejas (KAPOOR; RAFIQ; SHARMA, 2017).

FRUTOS AMAZÔNICOS COM POTENCIAL DE APLICAÇÃO BIOTECNOLÓGICO

As frutas, de uma forma geral, são boas fontes de compostos bioativos, como os compostos fenólicos, as vitaminas, os carotenoides, além de apresentarem minerais, dando à essas matérias-primas um potencial caráter de quimio-preventivas. De fato, o modo mais tradicional de obtenção de compostos fenólicos está no consumo das frutas *in natura* ou na forma de sucos, vinhos e chás (SILVA *et al.*, 2007). Os frutos amazônicos ainda apresentam antioxidantes naturais que também despertam o interesse da indústria farmacêutica, cosmética e de alimentos, uma vez que podem servir de substitutos para os antioxidantes sintéticos, fornecendo proteção contra a degradação oxidativa dos radicais livres (PEREIRA, 2015).

Na Tabela 1.1. são apresentados alguns frutos amazônicos com potencial biotecnológico na obtenção de compostos bioativos. Os frutos citados a seguir são aqueles bastante conhecidos por sua aceitação no mercado ou pela cultura local, provenientes de atividades extrativistas. Tais descrições são apenas uma amostra do potencial biotecnológico dos frutos do ecossistema amazônico, que apresenta uma alta diversidade de espécies vegetais.

Abiú (Pouteria caimito)

O abiú (*P. caimito*) pertence à família das Sapotaceae, do gênero *Pouteria* e é uma fruta de clima tropical ou subtropical, sendo mais adaptada ao clima quente úmido. Por ter elevada concentração de nutrientes, suas características sensoriais são únicas, apresentando um sabor muito

apreciado pelos consumidores locais (DODADIO; SERVIDONE, 2002). Essa fruta tem importância social e econômica relevante com enorme potencial para a comercialização. Entretanto, por ser decorrente de atividade extrativista, prevalece a escassez de dados técnico-científicos, que acarreta na restrição do consumo dessa fruta, fazendo com que tenha pequena inserção junto aos mercados consumidores nacional e internacional (RIBEIRO; FERREIRA, 2008). A polpa do abiú apresenta compostos com atividade antioxidante e alta concentração de compostos fenólicos (VIRGOLIN *et al.*, 2017). Por outro lado, o óleo extraído de suas sementes é rico em ácidos graxos com potencial biotecnológico, como os ácidos graxos insaturados (43,1% de ácido oleico e 8,6% de ácido linolênico) e os ácidos graxos saturados (27,3% de ácido palmítico) (MELO FILHO *et al.*, 2018).

Tabela 1.1. Frutos amazônicos com potenciais aplicações em alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos.Q

Fruto	Compostos ativos	Autores
Abiú Pouteria caimito	Compostos fenólicos Compostos antioxidantes Ácidos graxos insaturados	Virgolin <i>et al.</i> , 2017 Melo Filho <i>et al.</i> , 2018
Açaí Euterpe oleracea	Flavonoides Compostos fenólicos Lignóides Antocianinas	Choi <i>et al.</i> , 1998
Bacupari Rheedia gardneriana	Atividade antimicrobiana Atividade antitumoral Atividade anti-inflamatória	Naldoni <i>et al.</i> , 2009 Cunha, 2014 Neves <i>et al.</i> , 2007
Bacuri Platonia insignis	Atividade antioxidante Compostos fenólicos Carotenoides	Sousa <i>et al.</i> , 2011
Cupuaçu Theobroma grandiflorum	Flavonoides	Yang <i>et al.</i> , 2003
Pupunha Bactris gasipaes	β -caroteno	Yuyama <i>et al.</i> , 2003
Guaraná Paullinia cupana	Atividade antioxidante Atividade antibacteriana Atividade antifúngica	Dalonso <i>et al.</i> , 2012 Basile <i>et al.</i> , 2005 Roncon <i>et al.</i> , 2011 Fukumasu <i>et al.</i> , 2011
Cacau Theobroma cacao	Propriedades antioxidantes Propriedades anti-hipertensivas	
Castanha-do-pará Bertholletia excelsa	Vitamina E Propriedades antioxidantes Aminoácidos essenciais Ácido graxo mono insaturado	Martins <i>et al.</i> , 2012 Silva <i>et al.</i> , 2010 Costa <i>et al.</i> , 2010

Fruto	Compostos ativos	Autores
Camu-camu Myrciaria dubia	Propriedades antibacterianas Propriedades anti-inflamatórias Propriedades antioxidantes Compostos fenólicos β -caroteno	Yazawa et al., 2011 Vidigal et al., 2011 Chirinos et al., 2010 Zanatta et al., 2005 Zanatta; Mercadante, 2007
Taperabá Spondias mombin	Fenóis Taninos Antraquinonas Flavonoides	Ayoka et al., 2006
Tucumã Astrocaryum aculeatum	Flavonoides β -caroteno Rutina	Da Costa; Costa, 2012 Sagrillo et al., 2015

Fonte: os autores

Bacupari (Rheedia gardneriana)

O Bacupari ou bacuripari (*R. gardneriana*) é uma planta de origem amazônica que se desenvolve também no Rio Grande do Sul (LORENZI, 2006; MARTINS *et al.*, 2011) e nesta região é conhecido como bacoparé. Pertence à família das Clusiaceae e é encontrado no estado silvestre em igapós e capoeiras, sendo uma família representada por 21 gêneros e 182 espécies (BARROSO *et al.*, 2002). Essa planta destaca-se por apresentar compostos com várias atividades biológicas, como propriedade anti-anafilática (NEVES *et al.*, 2007), propriedade anti-HIV (REUTRAKUL, 2007), atividade antimicrobiana (NALDONI *et al.*, 2009), antitumoral (CUNHA, 2014), anti-inflamatória, com efeito antiproliferativo em células de câncer humano, agente anticárie e antiplaca bacteriana (MURATA *et al.*, 2010), atividade leishmanicida (PEREIRA *et al.*, 2011) e esquistossomicida (CASTRO *et al.*, 2015). O emprego da biotecnologia tem sido utilizado como estratégia de adição de elicitores no meio de cultura, em cultivo de células *in vitro*, como o ácido salicílico e o ácido jasmônico, para aumentar a produção de metabólitos secundários de interesse econômico ou medicinal nos calos de bacupari (DIOS-LOPEZ *et al.*, 2011).

Bacuri (Platonia insignis)

O bacuri (*P. insignis*) pertence à família Gutiferacea, originário da Amazônia tem o tamanho aproximado de uma laranja, tem a polpa branca, acre e doce e aroma agradável (CAVALCANTE, 1996). Atualmente, nas regiões Norte e Meio-Norte do País, o bacurizeiro vem se destacando entre as fruteiras nativas pela sua nobreza e fineza, sendo disputado por coletores e consumidores. Ele pode ser consumido *in natura* e na forma de suco, sorvete, doce, geleia, néctares, recheio de chocolate e iogurte, e como aroma de bacuri (MUNIZ *et al.*, 2006). Algumas pesquisas ressaltam a atividade antioxidante dos compostos fenólicos e dos carotenoides, presentes em resíduos de polpas desses frutos (SOUSA *et al.*, 2011). Esses constituintes e seus efeitos benéficos à saúde despertam o interesse de estudos na comunidade científica. Entre as atividades biológicas atribuídas a esses compostos estão o fortalecimento do sistema imunológico e a diminuição de doenças degenerativas, diabetes, problemas cardiovasculares, processos inflamatórios, entre outros (GOMES, 2007; RODRIGUES-AMAYA, 2010).

Cupuaçu (Theobroma grandiflorum)

O cupuaçu (*T. grandiflorum*) é um dos mais importantes frutos tipicamente amazônicos, originário do Sul e do Sudeste da Amazônia, é apreciado por sua polpa ácida e de aroma intenso. A parte do fruto mais aproveitada, em termos comerciais, ainda é a polpa, usada *in natura*, na forma de suco, ou como matéria-prima para a fabricação de produtos derivados, como cremes, tortas, sorvetes, néctar, balas, geleias, licores etc. (YANG *et al.*, 2003). Entretanto, para o produtor rural, o valor de comercialização é baixo, se equiparado com o custo de produção, pois o congelamento para a conservação da polpa ainda é o método utilizado na região.

O cupuaçu vem conquistando o mercado de outras regiões do Brasil e despertando o interesse de países da Europa e da Ásia, sobretudo da Inglaterra, do Japão e da Suécia, além dos Estados Unidos e de países sul-americanos. O cupuaçu possui flavonoides como as teograndinas, que têm sido relacionadas à redução do estresse oxidativo em doenças crônicas (YANG *et al.*, 2003). Um estudo comparativo entre o cacau e o cupuaçu mostrou que eles apresentaram melhores resultados no perfil antioxidante e na redução de triglicerídeos em animais diabéticos, embora o cupuaçu tenha uma quantidade menor de compostos fenólicos e de ácido graxo palmítico, sugerindo a importância dos compostos bioativos contidos nesse produto. Além disso, a polpa de cupuaçu é rica em fibras que podem ser utilizadas para enriquecer outros produtos alimentícios (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Pupunha (Bactris gasipaes)

A pupunha (*B. gasipaes*) pertence à família das Arecáceas, oriunda da Amazônia e da América Central apresenta duas variedades: a chichagui ou pupunha brava, com frutos pequenos, e a variedade gasipaes ou pupunha domesticada, com frutos grandes. Essa última é a única palmeira domesticada nos Neotrópicos (CLEMENT, 1999). O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores mundiais de palmito, suprimindo 85% da demanda mundial. O cultivo da pupunha para a produção de palmito se expandiu no Brasil devido a várias vantagens em relação às outras espécies de palmeiras tradicionalmente usadas (CLEMENT *et al.*, 2017). A pupunha é considerada uma importante alternativa para a cultura alimentar, principalmente devido ao seu valor nutricional em termos de altos níveis de fibra, gordura, β -caroteno e oito aminoácidos essenciais, além de baixo teor de sódio e açúcar (YUYAMA *et al.*, 2003). O alto teor de amido e gordura significa que a fruta também possui alto valor energético (DA SILVA; CLEMENT, 2005).

Tucumã (Astrocaryum aculeatum)

O tucumã (*A. aculeatum*) é uma palmeira nativa das terras firmes da Amazônia, que ocorre no norte da Bolívia, na Amazônia colombiana, na Venezuela, na Guiana, no Suriname e, no Brasil está presente em toda a Amazônia ocidental até o oeste do Pará, no Mato Grosso e Roraima (KAHN, 2008). Em torno desse fruto desenvolveu-se um importante mercado na região central da Amazônia (SCHROTH *et al.*, 2004) que gerou emprego e renda para um contingente da população que vive na capital e em outros municípios. Sua polpa é muito apreciada localmente e aproveitada na composição de sorvete, pastas e inúmeros outros produtos (KAHN; MOUSSA, 1999).

O tucumã é uma fruta com características sensoriais e nutricionais atraentes, sendo succulenta, com baixo teor de ácido e açúcar, alto teor de β -caroteno e alto valor energético. Um estudo anterior (SAGRILLO *et al.*, 2015) mostrou que a polpa do tucumã é rica em compostos bioativos como os flavonoides (26,06 mg.100 g⁻¹), o β -caroteno (20,97 mg.100 g⁻¹) e a rutina (14,51 mg.100 g⁻¹). O tucumã também é usado para fins farmacológicos e cosméticos e as quantidades de β -caroteno, precursor da vitamina A, estão relacionadas ao potencial antioxidante da fruta (DA COSTA; COSTA, 2012).

Açaí (Euterpe oleracea)

O açaí (*E. oleracea*) pertence ao gênero *Euterpe* e possui cerca de 28 espécies presentes na América Central e do Sul, distribuídas por toda a bacia amazônica. Os três tipos mais frequentes são: *E. oleracea*, *E. precatória* e *Euterpe edulis* (CHOI *et al.*, 1998). No açaí foram descritas cerca de 90 substâncias, das quais aproximadamente 31% consistem em flavonoides, seguidas por compostos fenólicos (23%), lignoides (11%) e antocianinas (9%). Em modelos celulares, a polpa de *E. oleracea* mostrou atividade antioxidante no córtex cerebral, no hipocampo e no cerebelo de ratos tratados com o peróxido de hidrogênio oxidante (H₂O₂), sugerindo uma contribuição positiva contra o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas relacionadas à idade (SPADA *et al.*, 2009). Os extratos desta espécie foram capazes de inibir a produção de óxido nítrico e a expressão de iNOS da cultura celular (MATHEUS *et al.*, 2003, 2006). A indústria alimentícia também utiliza o açaí na composição de muitos subprodutos, como por exemplo: cápsulas de gelatina, pós para serem utilizados como “shakes”, sucos, polpas, sopas prontas e produtos fitoterápicos líquidos, como chás e infusões (COSTA *et al.*, 2013).

Guaraná (Paullinia cupana)

O guaraná (*P. cupana*) é uma planta nativa da bacia amazônica central e é amplamente utilizado no Brasil devido suas propriedades medicinais, e é também amplamente consumido em países europeus (OLIVEIRA *et al.*, 2002; RALDKOFER, 1895). Devido ao alto teor de metilxantinas e de taninos em suas sementes, o guaraná possui diversas características em aplicações farmacológicas, tais como: baixa toxicidade (MELLO *et al.*, 2010), atividade antioxidante (DALONSO; PETKOWICZ, 2012), atividade antibacteriana e antifúngica (BASILE *et al.*, 2005), antidepressivo, ansiolítico e efeitos anti-inflamatórios (RONCON *et al.*, 2011), quimio-profilático na carcinogênese e atividade anti-genotóxica (FUKUMASU *et al.*, 2011), inibição da agregação plaquetária (BYDLOWSKI; D'AMICO; CHAMONE, 1991), proteção contra agressões gástricas (CAMPOS *et al.*, 2003), baixo risco de obesidade, hipertensão e síndrome metabólica (KREWER *et al.*, 2011), além de efeitos antifadiga (CAMPOS *et al.*, 2011).

Cacau (Theobroma cacao)

O cacau (*T. cacao*) é oriundo da floresta tropical das encostas andinas orientais (BARTLEY, 2005) e seu fruto serve como base importante e estável de renda agrícola para milhões de agricultores na África, Ásia, Américas Central e do Sul. As sementes do cacau possuem grande importância econômica em diversos países, principalmente para a produção de amêndoas, que são usadas na indústria multibilionária de chocolates (MOTAMAYOR *et al.*, 2008). A autólise

do cacau pode ser utilizada como fonte natural de peptídeos e de aminoácidos com propriedades anti-hipertensivas, antioxidantes e inibidores da Enzima Conversora da Angiotensina (ECA).

Castanha-do-pará (Bertholletia excelsa)

A castanha-do-pará (*B. excelsa*) é uma planta da família Lecythidaceae, nativa da floresta tropical amazônica (FERREIRA *et al.*, 2011), é um produto extrativo de alto valor ecológico, social, econômico e nutritivo (SILVA *et al.*, 2010). A castanha-do-pará é considerada uma ótima fonte nutricional para a incrementação de alimentos e como ingrediente alternativo para determinados grupos de consumidores (YANG, 2009). Seus grãos possuem cerca de 60 a 70% de lipídios, 15 a 20% de proteínas, enxofre, vitamina E e propriedades antioxidantes (MARTINS *et al.*, 2012), além de aminoácidos essenciais (SILVA *et al.*, 2010). O conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados da castanha-do-pará é o maior entre todas as outras nozes conhecidas (COSTA *et al.*, 2010).

A castanha também é fonte de micronutrientes, especialmente o selênio, fitosterol, tocoferóis, esqualano e compostos fenólicos, que são associados a benefícios à saúde do consumidor. Além disso, ela pode ser testada no campo da biotecnologia para obter enzimas com potencial industrial (SOUZA; MENDES, 2004). O óleo obtido de processos de extração pode ser usado em alimentos ou em formulações cosméticas (FREITAS *et al.*, 2007). O extrato hidrossolúvel ou aquoso, também chamado de leite, é destinado ao uso culinário, especialmente para indivíduos intolerantes à lactose. A extrusão é outra técnica que pode ser utilizada para produzir alimentos como petiscos, ração animal etc. (BORBA *et al.*, 2005).

Taperabá (Spondias mombin)

O taperabá (*S. mombin*), também conhecido popularmente por cajá e acaíba, é uma espécie pertencente à família Anacardiaceae. É uma árvore nativa de florestas tropicais e da zona costeira do Brasil, podendo ocorrer em outras regiões da América, da África e Ásia (SOARES, 2005; DUVAL, 2006). Seus frutos são utilizados na produção de alimentos para a fabricação de geleias, sorvetes e sucos, e suas folhas são utilizadas na medicina popular para tratar doenças inflamatórias na boca e na garganta (LORENZI; MATOS, 2008). Na Amazônia a fruta é usada principalmente para produzir vinho vendido como “Vinho de Taperiba” (JOAS, 1982). A maioria dos efeitos observados do extrato de *S. mombin* pode ser atribuída aos compostos constituintes fenóis, taninos, antraquinonas e flavonoides presentes na planta (AYOKA *et al.*, 2006).

Camu-camu (Myrciaria dubia)

O camu-camu (*M. dubia*) é um arbusto nativo das regiões amazônicas. Seus componentes químicos têm propriedades antibacterianas, anti-inflamatórias e antioxidantes (YAZAWA *et al.*, 2011; VIDIGAL *et al.*, 2011). Os frutos de camu-camu são considerados a fonte natural mais rica em vitamina C no Brasil (VIDIGAL *et al.*, 2011). Seus compostos bioativos não são apenas responsáveis pela vitamina C, mas também por outros compostos, como os fenólicos e β -caroteno (CHIRINOS *et al.*, 2010; ZANATTA *et al.*, 2005; ZANATTA; MERCADANTE, 2007).

Além disso, os frutos apresentam boas fontes de potássio, ferro, cálcio, fósforo e vários tipos de aminoácidos, como serina, valina e leucina (ZAPATA; DUFOUR, 1993).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo apresentou informações sobre o potencial biotecnológico de frutos amazônicos que vêm sendo consumidos pelas comunidades locais da Amazônia Legal durante décadas, em sua grande parte, provenientes de atividades extrativistas. A variada gama de compostos bioativos, além da microbiota autóctone desses frutos, oferece múltiplas alternativas de desenvolvimento de produtos para as indústrias farmacêutica, cosmética nutracêutica e de alimentos.

Embora muitos dos frutos amazônicos não sejam difundidos nacional e internacionalmente, a divulgação do seu potencial biotecnológico pode agregar valor econômico a estes e, consequentemente, ao setor produtivo, proporcionando expansão do mercado consumidor, além das comunidades locais. Atualmente, a maioria desses frutos é processada manualmente, com baixo valor comercial e manejada por grupos locais, cuja situação social e econômica é geralmente precária.

Dessa forma, a implantação de tecnologias para o processamento e para o desenvolvimento de novos bioprodutos a partir de fontes inexploradas possibilita a produção de produtos inovadores, em um contexto mais amplo da biotecnologia e da química verde. Portanto, com o devido respeito à realidade sociocultural da região, a biotecnologia aplicada ao processamento dos frutos amazônicos pode trazer inovações e aumentar a renda da comunidade local de forma sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABO, K. A.; OGUNLEYE, V. O.; ASHIDI, J. S. Antimicrobial potential of *Spondias mombin*, *Croton zambesicus* and *Zygotritonia crocea*. **Phytotherapy Research**, v. 13, n. 6, p. 494-497, 1999.

AKTER, S.; OH, S.; EUN, J. B.; AHMED, M. Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*Myrciaria dubia*) fruit: A review. **Food Res Int. Local**, v. 44, p. 1728-1732, 2011.

AYOKA, A. O.; AKOMOLAFE, R. O.; IWALEWA, E. O.; AKANMU, M. A.; UKPONMWAN, O. E. Sedative, antiepileptic and antipsychotic effects of *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae) in mice and rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 103, n. 2, p. 166-175, set./2006.

BARROSO, G.M. **Sistemática de angiospermas no Brasil**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2002.

BART-PLANGE, A.; BARYEH, E. A. The physical properties of Category B cocoa beans. **Journal of Food Engineering** v. 60, p. 219-227, 2003.

BARTLEY; B.G.D. **The genetic diversity of cocoa and its utilization.** Wallingford, UK, CABI Publishing, 2005.

BASILE, A.; FERRARA, L.; PEZZO, M. D.; MELE, G.; SORBO, S. BASSI, P.; MONTESANO, D. Antibacterial and antioxidant activities of ethanol extract from *Paullinia cupana* Mart. **J Journal of Ethnopharmacology**, v. 102, n. 1, p. 32-36, 2005.

BIESALSKI, H. K.; DRAGSTED, L. O.; ELMADFA, I.; GROSSKLAUS, R.; MÜLLER, M.; SCHRENK, D.; WALTER, P.; WEBER, P. Bioactive compounds: safety and efficacy. **Nutrition**, v. 25, p. 1206–1211, 2009.

BYDŁOWSKI, S. P.; D'AMICO, E. A.; CHAMONE, D. A. An aqueous extract of guaraná (*Paullinia cupana*) decreases platelet thromboxane synthesis. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 24, p. 421-424, 1991.

CAMPOS, A. R.; BARROS, A. I.; SANTOS, F. A.; RAO, V. S. Guarana (*Paullinia cupana* Mart.) offers protection against gastric lesions induced by ethanol and indomethacin in rats. **Phytotherapy Research**, v. 17, p. 1199-1202, 2003.

CAMPOS, M. P. O.; RIECHELMANN, R.; MARTINS, L. C.; HASSAN, B J.; CASA, F. B. A.; GIGLIO, A. D. Guarana (*Paullinia cupana*) improves fatigue in breast cancer patients undergoing systemic chemotherapy. **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 17, p. 505-512, 2011.

CARABALLO, A.; CARABALLO, B.; RODRÍGUEZ-ACOSTA, A. Avaliação preliminar de plantas medicinais utilizadas como antimaláricos no sudeste da Amazônia venezuelana. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 37, n. 2, p. 186-188, março de 2004.

CASTRO, A.; MATTOS, A.; PEREIRA, N.; ANCHIETA, N.; SILVA, M.; DIAS, D.; SILVA, C.; BARROS, G.; SOUZA, R.; SANTOS, M. Potent schistosomicidal constituents from *Garcinia brasiliensis*. **Planta Medica**, v. 81, n. 09, p. 733-741, 2015.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia.** 6. ed. Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996.

CHEKOL, C.; GEBREYOHANNES, M. Application and current trends of biotechnology: a brief review. **Austin Journal of Biotechnology and Bioengineering**. v. 5, n. 1, 1088, 2018.

CHIN, Y. W.; CHAI, H. B.; KELLER, W. J.; KINGHORN, A. D. Lignans and other constituents of the fruits of *Euterpe oleraceae* (acai) with antioxidant and cytoprotective activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 7759-7764, 2008.

CHIRINOS, R.; GALARZA, J. BETALLELUZ-PALLARDEL, I.; PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry** v. 120, n. 4, p. 1019-1024, 2010.

CLEMENT, C.R. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. II. Crop biogeography at contact. **Economic Botany**, New York, v. 53, n. 2, p. 203-216, 1999.

COATES, N. J.; GILPIN, M. L.; GWYNN, M. N.; LEWIS, D. E.; MILNER, P. H.; SPEAR, S. R.; TYLER, J. W. SB-202742 a novel beta-lactamase inhibitor isolated from *Spondias mombin*. **Journal of Natural Products**, v. 57, n. 5, p. 654-657, 1994.

COELHO, L.P.; SERRA, M.F.; PIRES, A.L.A.; CORDEIRO, R.S.B.; SILVA, P.M.R.; SANTOS, M.H.; MARTINS, M.A. 7-Epiclusianone, a tetraprenylated benzophenone, relaxes airway smooth muscle through activation of the nitric oxide-cgmp pathway. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v. 327, n. 1, p. 206-214, 2008.

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2047-2053, 2011.

CORTHOUT, J.; PIETERS, L.; CLAEYS, M.; GEERTS, S.; VANDEN BERGHE, D.; VLIETINCK, A. Antibacterial and molluscicidal phenolic acids from *Spondias mombin*. **Planta Medica**, v. 60, p. 460-463, 1994.

COSTA, P. A.; BALLUSA, C. A.; TEIXEIRA-FILHO, J.; GODOY, H. T. Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 43, p. 1603-1606, 2010.

CUNHA, B.L.A.; FRANÇA, J.P.; MORAES, ANDREA A.F.S.; CHAVES, A.L.F.; GAIBA, S.; FONTANA, R.; SACRAMENTO, C.K.; FERREIRA, L.M.; FRANÇA, L.P. Evaluation of antimicrobial and antitumoral activity of *Garcinia mangostana* L. (Mangosteen) grown in Southeast Brazil. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 21-28, 2014.

DA COSTA, J. R.; LEEUWEN, J. VAN; COSTA, J. A. Tucumã de Amazonas *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. **Embrapa Amazônia Ocidental-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2012.

DALONSO, N.; PETKOWICZ, C. L. Guarana powder polysaccharides: characterisation and evaluation of the antioxidant activity of a pectic fraction. **Food Chemistry**, v. 134, n. 4, p. 1804-1812, 2012.

DE PAULA, F.C.; DE PAULA, C.B.C.; CONTIERO, J. Prospective biodegradable plastics from biomass conversion processes. In: **Biofuels - State of Development**. London: IntechOpen, 2018. 28p.

DEWAN, S.S. **Global Markets for enzymes in industrial applications**. BCC Research: Wellesly, MA, USA, 2017.

DIOS-LOPEZ, A.; MONTALVO-GONZÁLEZ, E.; ANDRADE-GONZÁLEZ, I.; ANDRADE-GONZÁLEZ, I.; GÓMEZ-LEYVA, J. F.; GÓMEZ-LEYVA, J. F. Inducción de antocianinas y compuestos fenólicos en cultivos celulares de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) in vitro. **Revista Chapingo, Serie Horticultura**, v.17, n. 2, p. 77-87, 2011.

DODADIO, L.C.; MORO, F.V.; SERVIDONE, A.A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Funep, 2002.

FDA WEBPAGE **Qualified claims about cardiovascular disease risk: Nuts & heart disease.** 2008. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov/wdms/qhc-sum.html#nuts>.

FUKUMASU, H.; LATORRE, A. O.; ZAIDAN-DAGLI, M. L. *Paullinia cupana* Mart. var. *sorbilis*, guarana, increases survival of Ehrlich ascites carcinoma (EAC) bearing mice by decreasing cyclin-D1 expression and inducing a G0/G1 cell cycle arrest in EAC cells. **Phytotherapy Research**, v. 25, p. 11-16, /2011.

GOMES, F.S. Carotenóides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer.: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 5, p. 537-548, out. 2007.

GOYA, L.; MARTÍN, M. A.; SARRIÁ, B.; RAMOS, S.; MATEOS, R.; BRAVO, L. Effect of cocoa and its flavonoids on biomarkers of inflammation: studies of cell culture, animals and human: a review. **Nutrients**, v. 8, n. 212, 2016.

GUAADAOU, A.; BENAICHA, S.; ELMAIDOU, N.; BELLAOU, M.; HAMAL, A. What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 3, 17–179, 2014.

HOSNI, K.; MSAÂDA, K.; TAÂRIT, M.B.; HAMMAMI, M.; MARZOUK, B. Bioactive components of three *Hypericum* species from Tunisia: a comparative study: A comparative study. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 1, p. 158-163, 2010.

KAHN, F. The genus *Astrocaryum* (Arecaceae). **Revista Peruana de Biología**, v. 15, n. 1, p. 031- 048, 2008.

KHAN, F.; MOUSSA, F. Uso y potencial económico de palmas, *Astrocaryum aculeatum* Meyer y *A. vulgare* Martius, en la Amazonía brasileña. In: RIOS, M.; PEDERSEN, H. B. (Ed.). **Uso y manejo de recursos vegetales**. Quito: Abya-Yala, 1997. p. 101-116.

KAPOOR, S.; RAFIQ, A.; SHARMA, S. Protein engineering and its applications in food industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 2321–2329, 2017.

KLUCZKOVSKI, A. M.; MARTINS, M.; MUNDIN, S. M.; SIMÕES, R. H.; NASCIMENTO, K. S.; MARINHO, H. A.; KLUCZKOVSKI JUNIOR, A. Properties of brazil nuts: A review. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 8, p. 642-648, 2015.

KREWER, C. C.; RIBEIRO, E. E.; RIBEIRO, E. A.; MORESCO, R. N.; ROCHA, M. I.; MONTAGNER, G. F.; MACHADO, M. M.; VIEGAS, K.; BRITO, E.; CRUZ, I. B. Habitual intake of guarana and metabolic morbidities: an epidemiological study of an elderly Amazonian population. **Phytotherapy Research**, v. 25, p. 1367-1374, 2011.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E.; HILPERT, K. F.; GRIEL, A. E.; ETHERTON, T. D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **American Journal of Medicine**, v. 113, p. 71–88, 2012.

MARTINS, M.; PACHECO, A. M.; LUCAS, A. C. S.; ANDRELLO, A. C.; APPOLONI, C. R.; XAVIER, J. J. M. Castanha do Brasil: determinação de elementos naturais e aflatoxina. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 157-164, março de 2012.

MARTÍN, M.; FERNÁNDEZ-MILLÁN, E.; RAMOS, S.; BRAVO, L.; GOYA, L. Cocoa flavonoid epicatechin protects pancreatic beta cell viability and function against oxidative stress. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 72, p. 447-456, 2014.

MARTINS, F. T.; SANTOS, M. H.; COELHO, C. P.; BARBOSA, L. C. A.; DIAS, G. C.; FRACCA, M. P.; NEVES, P. P.; STRINGHETA, P. C.; DORIGUETTO, A. C. A powder X-ray diffraction method for detection of polyprenylated benzophenones in plant extracts associated with HPLC for quantitative analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 54, n. 3, p. 451-457, 2011.

MELO FILHO, A. A.; DA COSTA, A.M.; MONTERO FERNANDEZ, I.; CARVALHO DOS SANTOS, R.; ALVES CHAGAS, E.; CARDOSO CHAGAS, P.; TAKAHASHI, J. A.; FERRAZ, V. P. Fatty acids, physical-chemical properties, minerals, total phenols and anti-acetylcholinesterase of abiu seed oil. **Chemical Engineering Transactions**, v. 64, n.1, p. 283-288, 2018.

MELLO, J. R. B.; MELLO, FERNANDA B.; LANGELOH, A. Toxicity study of a phytotherapeutic with *Anemopaegma mirandum*, *Cola nitida*, *Passiflora alata*, *Paullinia cupana*, *Ptychopetalum olacoides* and thiamin in rabbits. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 29, p. 1431-1435, 2010.

MORA-URPÍ, J.; WEBER, J.C.; CLEMENT, C.R.; **Peach palm, *Bactris gasipaes* Kunth**. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops n.20. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, 1997.

MUNIZ, M. B.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; DUARTE, M. E. M. Caracterização termofísica de polpas de bacuri. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 360-368, 2006.

MURATA, R. M.; BRANCO-DE-ALMEIDA, L. S.; FRANCO, E. M.; YATSUDA, R.; SANTOS, M. H.; ALENCAR, S. M.; KOO, H; ROSALEN, P. L. Inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm accumulation and development of dental caries in vivo by 7-epiclusianone and fluoride. **Biofouling**, v. 26, n. 7, p. 865-872, 2010.

NEVES, J.; COELHO, L.; CORDEIRO, R.; VELOSO, M.; SILVA, P. E; SANTOS, M.; MARTINS, M. Antianaphylactic properties of 7-epiclusianone, a tetraprenylated benzophenone isolated from *Garcinia brasiliensis*. **Planta Medica**, v. 73, n. 7, p. 644-649, 2007.

OLIVEIRA, T. B.; GENOVESE, M. I. Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 929-935, 2013.

PEREIRA, C.V.L. **Extratos bioativos de frutos amazônicos por química verde: extração por líquido pressurizado (PLE) e fluido supercrítico (SFE)**. 2015, 95 p. (Tese de doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal do Amazonas. 2015.

PEREIRA, I. O.; ASSIS, D. M.; JULIANO, M. A.; CUNHA, R. L.; BARBIERI, C. L.; SACRAMENTO, L. V. Natural products from *Garcinia brasiliensis* Leishmania protease inhibitors. **Journal of Medicinal Food**, v.6, p. 557-562, 2011.

PORTE, A.; REZENDE, C. M.; ANTUNES, O. A. C.; MAIA, L. H. Redução de aminoácidos em polpas de bacuri (*Platonia insignis* Mart), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) e murici (*Byrsonima crassifolia* L.) processado (aquecido e alcalinizado). **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 573-577, 2010.

REEVES, M. A.; HOFFMANN, P. R. The human selenoproteome: recent insights into functions and regulation. **Cellular and Molecular Life Sciences**. v. 66, p. 2457-2458, 2009.

REUTRAKUL, V.; ANANTACHOKE, N.; POHMAKOTR, M.; JAIPETCH, T.; SOPHASAN, S.; YOOSOOK, C.; KASISIT, J.; NAPASWAT, C.; SANTISUK, T.; TUCHINDA, P. Cytotoxic and anti-HIV-1 xanthenes from the resin and fruits of *Garcinia hanburyi*. **Planta Medica**, v. 73, p. 33-40, 2007.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 7, p. 726-740, 2010.

RONCON, C. M.; BIESDORF DE ALMEIDA, C.; KLEIN, T.; MELLO, J. C.; AUDI, E. A. Anxiolytic effects of a semipurified constituent of Guaraná seeds on rats in the elevated T-maze test. **Planta Medica**, v. 77, p. 231-241, 2011.

ROY, I.; PRASAD, S. Converting enzymes into tools of industrial importance. **Recent Patents on Biotechnology**, v. 12, p. 33–56, 2017.

SAGRILLO, M. R.; GARCIA, L. F. M.; SOUZAFILHO, O. C.; DUARTE, M. M. M. F.; RIBEIRO, E. E.; CADONÁ, F. C.; CRUZ, I. B. M. Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. **Food Chemistry**, v. 173, p. 741-748, 2015.

SERNA-LOAIZA, S.; MILTNER, A.; MILTNER, M.; FRIEDL, A. A review on the feedstocks for the sustainable production of bioactive compounds in biorefineries. **Sustainability**, v. 11, p. 6765, 2019.

SILVA, J.B.F.; CLEMENT, C.R. Wild pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth var. *chichagui*) in Southeastern Amazonia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 281-284, jun. 2005.

SOUSA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; SILVA, M.J.M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 554-559, jun. 2011.

SOUZA, N. S. **Boletim Científico ESMPU**, Brasília, a. 9 – n. 32/33, p. 199-235, 2010.

TODOROV, S. D.; PIERI, F. A. **Tropical fruits: from cultivation to consumption and health benefits, fruits from the amazon**. New York: Nova Publishers, 2017. 395p.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; CARVALHO, N. B.; MILAGRES, M. P.; GONÇALVES, A. C. A. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: açai (*Euterpe oleracea* Mart.), camu-camu (*Myrciaria dubia*), cajá (*Spondias lutea* L.) and umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1988-1996, 2011.

VIRGOLIN, L. B.; SEIXAS, F. R. F.; JANZANTTI, N. S. Composition, content of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n.10, p. 933-941, 2017.

YAMAGUCHI, K. K.; PEREIRA, L. F.; LAMARÃO, C. V.; LIMA, E. S.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. **Food Chemistry**, v. 179, p. 137-151, 2015.

YANG, H.; PROTIVA, P.; CUI, B.; M. A., C.; BGGETT, S.; HEQUET, V.; MORI, S.; WEINSTEIN, I. B.; KENNELLY, E. J. New Bioactive polyphenols from *Theobroma grandiflorum* ("Cupuaçu"). **Journal of Natural Products**, v. 66, p.1501-1504, 2003.

YAZAWA, K.; SUGA, K.; HONMA, A.; SHIROSAKI, M.; KOYAMA, T. Anti-inflammatory effects of seeds of the tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 57, n. 1, p. 104-107, 2011.

YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; YUYAMA, K.; CLEMENT, C. R.; MACEDO, S. H. M.; FÁVARO, D. I. T.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M. B. A.; PIMENTEL, S. A.; BADOLATO, E. S. G. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia, Brazil. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 54, n. 1, p. 49-56, 2003.

ZANATTA, C. F.; CUEVAS, E.; BOBBIO, F. O.; WINTERHALTER, P.; MERCADANTE, A. Z. Determination of anthocyanins from camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC-PDA, HPLC-MS, and NMR. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 9531-9535, 2005.

ZANATTA, C. F.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, v. 10, p. 1526-1532, 2007.

ZAPATA, S. M.; DUFOUR, J. P. Camu-camu *Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh: Chemical composition of fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, n. 3, p. 349-351, 1993.

CAPÍTULO 2

ALIMENTOS FUNCIONAIS DESENVOLVIDOS A PARTIR DOS FRUTOS DA AMAZÔNIA

*Clarissa Damiani**

Jéssyca Santos Silva

Katiúcia Alves Amorim

Pedro Henrique Silva Miranda

Annanda Carvalho dos Santos

**Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Alimentos, Rodovia Goiânia-Nova Veneza, Km 0 s/n Campus - Samambaia, Goiânia - GO, 74690-900. Email: damianiclarissa@hotmail.com*

INTRODUÇÃO

Na busca por uma vida mais longa e saudável a sociedade brasileira tem passado por mudanças expressivas nos hábitos alimentares, buscando alimentos nutritivos e de alta qualidade que possam proporcionar benefícios para a saúde (NEVES *et al.*, 2015; LOBO; VELASQUE, 2016). Dentre esses, encontram-se os alimentos funcionais, definidos como qualquer substância ou componente de um alimento que proporciona benefícios para a saúde, tanto no tratamento de doenças, como na prevenção (LOBO; VELASQUE, 2016).

Com isso, o consumo de frutas tropicais está aumentando devido ao crescente reconhecimento de seu valor nutricional e terapêutico. O Brasil possui grande variedade de espécies de frutas nativas e exóticas subexploradas (RUFINO *et al.*, 2010). Estima-se que a região norte da Amazônia tenha quase 220 espécies de plantas produtoras de frutas comestíveis, representando 44% da diversidade de frutas nativas no Brasil. Essas frutas são consideradas fonte potencial de micronutrientes, como minerais e vitaminas, além de fibras alimentares e compostos fenólicos, com uso potencial como alimentos funcionais ou nutracêuticos (NEVES *et al.*, 2015; RUFINO *et al.*, 2010).

Muitas dessas frutas tropicais são altamente perecíveis, o que limita o acesso a essas espécies (NEVES *et al.*, 2015). Um modo de estender a vida útil dos frutos é aplicar processos

tecnológicos e/ou criar produtos a partir dos mesmos. Sabe-se que no mercado existem diferentes produtos alimentícios produzidos a partir de frutas e vegetais, com reconhecido potencial funcional. Assim sendo, o presente capítulo tem como objetivo discutir informações sobre produtos funcionais desenvolvidos a partir de frutos nativos da Amazônia. Para atingir esse objetivo foi realizada uma revisão sistemática com ênfase em trabalhos publicados nos idiomas inglês e português, entre os anos de 2010 a 2020, utilizando bases de dados *Science Direct*, *Scielo*, *PubMed* e *Lilacs*, além de informações obtidas via internet em revistas e noticiários eletrônicos. Foram utilizados os seguintes descritores: alimento funcional, produtos funcionais, frutos da Amazônia e propriedades nutricionais.

ALIMENTOS FUNCIONAIS

O conceito de alimento funcional foi utilizado inicialmente no Japão em 1984 referindo-se aos produtos alimentícios de origem vegetal, animal ou industrializados, que além de serem consumidos como fontes de nutrientes proporcionam outros benefícios ao organismo. Estes benefícios vão além da sua função nutritiva básica, tendo apelo funcional e auxiliando no sistema fisiológico (ALUKO, 2012; GURPILHARES *et al.*, 2019). Os alimentos funcionais possuem objetivos múltiplos como: função nutritiva, podem melhorar as condições gerais do organismo (por exemplo pré e probióticos), atuam na redução do colesterol e auxiliam na prevenção de algumas doenças. Além disso, podem contribuir para estabelecer hábitos alimentares saudáveis e reduzir a obesidade e comorbidades relacionadas aos seres humanos (CONTRERAS-RODRIGUEZ *et al.*, 2020; GURPILHARES, 2019).

Existem duas classes de alimentos funcionais, a saber, os alimentos enriquecidos e os naturais. O primeiro grupo é de alimentos industrializados, os quais são adicionados de compostos bioativos, por meio de processos de fortificação durante o processamento. O enriquecimento pode ocorrer da forma tradicional ou ainda por meio de ração especial fornecida aos animais ou engenharia genética. Exemplos desses alimentos seriam as margarinas enriquecidas com ácidos graxos ômega-3 e fitosteróis, as farinhas fortificadas com ferro, o farelo de aveia com alto teor de beta-glucanas, os sucos de frutas fortificados com vitamina C e os produtos lácteos enriquecidos com pró ou prebióticos. A remoção, a substituição ou a redução de um componente deletério como, por exemplo, a gordura da carne, também são consideradas processos de desenvolvimento de produto funcional (ALUKO, 2012; SANCHO *et al.*, 2016).

O segundo grupo de alimentos são os naturais, contendo naturalmente compostos bioativos. Fazem parte dessa categoria a maioria das hortaliças e frutas, os grãos, os lácteos, as carnes e os peixes que contêm compostos bioativos e fornecem benefícios que vão além da função nutricional. Os compostos antioxidantes, presentes em frutas, os flavonoides da soja, as β -glucanas da aveia e os carotenoides de cenouras e de tomates são exemplos de alimentos funcionais naturais (SANCHO, 2016). Outros exemplos típicos, encontrados na literatura, são os ovos com maior teor de ácidos graxos, a soja, o peixe, o farelo de aveia, o farelo de cereais (trigo e arroz) e o chá verde (ALUKO, 2012; BIGLIARDI *et al.*, 2013). Esses alimentos são considerados funcionais por conterem compostos como fenólicos, terpenóides, ácidos graxos, oligossacarídeos e polissacarídeos, prebióticos e probióticos, sendo que a maioria desses compostos são encontrados em frutas e hortaliças.

Compostos fenólicos possuem alta atividade antioxidante, evitando o envelhecimento, atuando na prevenção de uma ampla gama de doenças como câncer, diabetes, doenças cardíacas, doenças neuro degenerativas e cardiovasculares (MARK *et al.*, 2019). Fenólicos podem ser encontrados em frutas, vegetais, chá verde, café, vinho, brócolis, cenoura, tomate, uva, morango, framboesa e cacau (HENRIQUE *et al.*, 2018; MARK, 2019).

Terpenóides são misturas de hidrocarbonetos, principais constituintes da resina vegetal e dos óleos essenciais (SHARMA *et al.*, 2017). Eles podem ser encontrados em frutas e legumes verdes, tendo como principal representante os carotenoides, que são terpenos altamente pigmentados (amarelo, laranja e vermelho). Eles apresentam atividade antioxidante e propriedades anticancerígenas. Ensaios epidemiológicos *in vitro* e *in vivo* mostraram papel antiproliferativo contra vários tipos de câncer (HUANG *et al.*, 2012).

Os ômega 3 e 6 são ácidos graxos poli-insaturados que apresentam benefícios à saúde como efeito anti-inflamatório, sendo encontrados em peixes, óleos vegetais, semente de linhaça e nozes (ALHUSSEINY *et al.*, 2020). Consequentemente, esses ácidos graxos são utilizados na prevenção e no tratamento de uma vasta gama de doenças, incluindo doenças cardíacas, por meio da redução dos níveis de triglicerídeos e de colesterol sanguíneo, aumentando a fluidez sanguínea e reduzindo a pressão arterial. Além disso, podem ser usados na prevenção da artrite (LANGE, 2020).

Os oligossacarídeos e os polissacarídeos são carboidratos compostos por monossacarídeos e são conhecidos como fibra alimentar. Esses compostos são funcionais porque apresentam vários efeitos benéficos para a saúde como: anticâncer, antienvelhecimento e imunorregulatório. Além desses efeitos funcionais, também diminuem o açúcar no sangue e o conteúdo lipídico, sendo portanto, importantes no tratamento de distúrbios cardiovasculares e na diabetes (KAKAR *et al.*, 2020).

Os prebióticos e os probióticos agem como compostos que atuam na microbiota intestinal. Os probióticos mais comumente usados são as cepas de bactérias do ácido láctico, como os *Lactobacillus*, que atuam no equilíbrio microbiano intestinal e desempenham papel importante na proteção do organismo contra microrganismos nocivos, ajudando a fortalecer o sistema imunológico. Por outro lado, os prebióticos são carboidratos complexos, considerados fibras alimentares não digestíveis que podem aumentar seletivamente microrganismos ao atingirem o cólon, produzindo efeitos benéficos à microbiota intestinal (HENRIQUE, 2018; GURPILHARES, 2019).

Vários destes compostos funcionais podem ser encontrados em frutos da Amazônia Legal, os quais serão descritos no tópico a seguir.

COMPOSIÇÃO FUNCIONAL DE FRUTOS DA AMAZÔNIA

A região amazônica é conhecida por seu grande potencial biotecnológico, baseado principalmente em diferentes espécies de frutas com alto teor de compostos bioativos (CASTRO *et al.*, 2020). Consumidores de todo o mundo estão cada vez mais preocupados em desenvolver hábitos alimentares saudáveis, portanto, as frutas estão associadas a uma fonte primária de nutrientes e de compostos funcionais (TIBURSKI *et al.*, 2011).

Os frutos do açaí (*Euterpe oleracea*) são considerados fonte de antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos, além de fonte de fibras (COSTA *et al.*, 2013). O açaí possui propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antineoplásicas e imunoestimulantes (NERI-NUMA *et al.*, 2018; YAMAGUCHI *et al.*, 2016).

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), outro fruto muito apreciado, geralmente é consumido na forma de sucos, sorvetes, doces e geleias e pode ser usado como pasta, semelhante ao chocolate, conhecida internacionalmente como “cupulate” (VRIESMANN *et al.*, 2010). A polpa apresenta polifenóis antioxidantes, incluindo flavonas, flavonóis, catequinas e protoantocianidina (BARROS *et al.*, 2016; PUGLIESE *et al.*, 2013), além de ser fonte potencial de fibra alimentar (0,50% a 2,12%), principalmente de fibra solúvel e por conter quantidade considerável de amido e de pectina (PEREIRA *et al.*, 2018).

O camu-camu (*Myrciaria dubi*) é outro representante da biodiversidade amazônica, e vários estudos apontam sua característica funcional. Esse fruto se destaca devido à sua alta capacidade antioxidante e seu perfil fitoquímico, que contém níveis significativos de vitamina C e compostos fenólicos, como o ácido elágico e as antocianinas (CHIRINOS *et al.*, 2010; GONSALVES *et al.*, 2010).

A pupunha (*Bactris gasipaes*), pertencente à família Arecaceae, possui grande quantidade de fibra alimentar, de óleos, de carotenoides como o β -caroteno, o γ -caroteno, o licopeno, além de minerais, aminoácidos essenciais e baixo conteúdo de sódio e de açúcares (ESPINOSA *et al.*, 2014; ORDÓÑEZ-SANTOS *et al.*, 2015). Uma vez que a pupunha não apresenta as proteínas formadoras do glúten e os altos níveis de amido, pode ser matéria-prima interessante para o desenvolvimento de novos produtos para pacientes com doença celíaca (BEZERRA; SILVA, 2016).

O tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) apresenta características sensoriais e nutricionais atraentes, como o baixo teor de ácido e de açúcar, o alto teor de β -caroteno e alto valor energético (SILVA *et al.*, 2018). Um estudo realizado por Sagrillo *et al.* (2015) mostrou que a polpa do tucumã é rica em compostos bioativos como os flavonoides (26,06 mg/100g), o β -caroteno (20,97 mg/100g) e a rutina (14,51 mg/100g). Em pesquisa realizada por Matos *et al.* (2019) observou-se que os resíduos de tucumã são excelentes fontes de carotenoides, sendo o β -caroteno o principal carotenoide identificado, além de ser fonte potencial de provitamina A.

O murici (*Byrsonima crassifolia*) proporciona benefícios à saúde devido ao seu valor nutricional e pela presença de compostos bioativos (CASTRO *et al.*, 2016; HAMACEK *et al.*, 2014, SALDANHA *et al.*, 2016). Estudos mostram altos níveis de fibra alimentar, além de carotenoides como o β -caroteno e as vitaminas C e E (HAMACEK *et al.*, 2014). Pesquisas incluem outros compostos funcionais em frutos de murici como os ácidos cafeico, ferúlico e gálico, galato de metila, catequina e quercetina (MALTA *et al.*, 2013).

Tendo em vista o exposto até aqui, pode-se afirmar que muitos frutos da Amazônia Legal possuem compostos ricos em nutrientes, podendo ser utilizados para desenvolver novos produtos alimentícios, agregando assim, valor a esses frutos pouco conhecidos, além de disponibilizá-los para outras regiões do Brasil.

ALIMENTOS FUNCIONAIS DESENVOLVIDOS A PARTIR DOS FRUTOS DA AMAZÔNIA

O desenvolvimento de alimentos funcionais por parte das indústrias e universidades possui grande relevância devido à oportunidade para a inovação de produtos que atendam a demanda já existente. Para os consumidores, esses alimentos representam melhoria da qualidade de vida e redução do risco de desenvolvimento de doenças.

São apresentados, a seguir, estudos que avaliaram a composição de alimentos funcionais desenvolvidos com a adição de frutos da Amazônia. Essas pesquisas demonstraram que a inserção de frutos amazônicos no desenvolvimento de alimentos é capaz de contribuir com a presença de compostos considerados benéficos, com elevada aceitação sensorial pelos consumidores.

Biomassa de banana verde

O consumo de produtos de banana verde está crescendo devido aos seus benefícios nutricionais e fisiológicos para a saúde humana. A biomassa de banana verde trata-se de uma pasta espessa inodora e sem sabor que contém alto conteúdo de amido resistente e que apresenta propriedades similares às fibras alimentares, sendo caracterizada como alimento funcional (DINON *et al.*, 2014). Dentre os elementos funcionais que se encontram na composição da banana verde, muitos promovem a manutenção da saúde por atuarem nos processos bioquímicos e fisiológicos do organismo, tais como as vitaminas A, C e ácido fólico (B9), que atuam como antioxidantes (BRUNORO; ROSA, 2010; RANIERI; DELANI, 2014).

Buchamann, Peres e Simões (2019) aliaram os benefícios da biomassa aos benefícios dos frutos amazônicos e desenvolveram a biomassa funcional de banana verde com a adição de polpa de açaí e de cupuaçu. Os resultados da composição proximal do produto encontram-se dispostos na Tabela 2.1. Os autores afirmaram que a biomassa funcional de açaí e cupuaçu é uma opção saudável e saborosa, que pode ser utilizada em qualquer fase da vida, além de ser uma alternativa para o aproveitamento da banana verde, podendo gerar renda para os pequenos produtores.

Tabela 2.1. Composição proximal, em g/100g, de biomassas funcionais de açaí e cupuaçu.

Amostra	Umidade	Proteína	Lipídeos	Fibras	Cinzas	Carboidratos	VET*
Açaí	70,62	0,69	1,34	1,27	0,48	22,61	117,26
Cupuaçu	71,18	0,59	0,08	0,81	0,45	26,89	110,64

Fonte: os autores. *Valor energético total (Kcal/100g). Baseado no artigo de Buchamann, Peres e Simões (2019)

Kefir

O kefir é uma bebida láctea fermentada, cuja fermentação se realiza com grãos de kefir que possuem bactérias pertencentes aos gêneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus* e *Acetobacter*. Os principais produtos da fermentação da lactose do leite pelos microrganismos presentes nos grãos de Kefir são ácido acético, ácido lático, acetaldeído, diacetil, etanol e CO₂. O kefir é considerado um alimento probiótico natural e pode ser classificado como alimento funcional por apresentar nutrientes como vitaminas, minerais e microrganismos que proporcionam efeitos benéficos à saúde (MONTANUCI *et al.*, 2018).

Contim; Oliveira; Neto (2018) estudaram a qualidade nutricional e sensorial de kefir desenvolvido com adição de polpa de graviola. Na avaliação sensorial, de acordo com a escala empregada, o kefir elaborado com polpa de graviola foi classificado como ótimo, com nota média de 8,3, indicando potencial de comercialização. A polpa de graviola, contendo alto teor de umidade, adicionado ao kefir natural, aumentou seu conteúdo de água e, conseqüentemente, diluiu a concentração de todos os macronutrientes, como observado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Composição proximal de kefir, em g/100g, adicionado de polpa de graviola.

Amostra	Umidade	Proteína	Lipídeos	Cinzas	Carboidratos	VET**
Controle	86,50	3,04	3,50	0,63	6,33	69,00
KPG*	88,30	2,32	3,00	0,42	5,96	60,00

Fonte: os autores. *kefir com polpa de graviola. **Valor energético total (Kcal/100g). Baseado no trabalho de Contim; Oliveira; Neto (2018)

Constatou-se também que o kefir de graviola atendeu aos padrões estabelecidos no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados (BRASIL, 2007), no que se refere ao teor de proteínas (mínimo de 2,9%) e de matéria gorda (3,0 a 5,9%). Os demais parâmetros analisados e apresentados na Tabela 2 não estão contemplados na referida legislação.

Barras de Cereais

A associação entre barras de cereais e alimentos saudáveis é tendência no setor de alimentos, o que beneficia o mercado desses produtos. As barras de cereais são produzidas a partir da extrusão da massa de cereais, possuem sabor adocicado e agradável e são fontes de vitaminas, sais minerais, fibras, proteínas e carboidratos complexos (FARIAS *et al.*, 2018).

Prazeres *et al.* (2017) desenvolveram barras de cereais usando uma mistura que contém polpas de frutas da Amazônia (açaí, cupuaçu, murici e tapereba) em sua composição. Na Tabela 2.3 observa-se que os resultados da composição proximal das barras de cereais elaboradas com diferentes polpas de frutas da Amazônia foram muito semelhantes, apresentando teores consideráveis de proteínas, de lipídeos e de fibra alimentar.

Os autores concluíram que o uso de matérias-primas regionais da Amazônia possibilitou o preparo de barras de cereais diferentes das comercialmente disponíveis, com alta qualidade nutricional e sabor único, além de agregar valor a esses frutos, podendo ser alternativa para aumentar a visibilidade nos mercados doméstico e internacional.

Tabela 2.3. Composição proximal, em g/100g, de barras de cereis com adição de polpa de diferentes frutos amazônicos.

Amostra	Umidade	Proteína	Lipídeos	Fibras	Cinzas	Carboidratos	VET*
Açaí	7,48	4,72	10,08	5,87	0,97	76,75	4166,00
Cupuaçu	9,17	5,47	10,34	4,05	0,95	74,05	4112,50
Murici	7,38	5,53	11,22	4,40	0,95	74,90	4228,10
Tapereba	6,92	5,43	10,87	4,51	0,97	75,79	4227,40

Fonte: os autores. *Valor energético total (Kcal/100g). Baseado na pesquisa de Prazeres et al. (2017).

Pães

O pão é um dos alimentos mais consumidos no mundo e constitui a base da dieta da maioria da população brasileira. No entanto, não é considerado alimento rico do ponto de vista nutricional, uma vez que é constituído, basicamente, por carboidratos. Apesar disso, é um alimento que possui boa versatilidade de produção, podendo ser enriquecido com nutrientes, transformando-se em alimento funcional (MAIA *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2013).

Lima *et al.* (2020) desenvolveram pães com a adição da polpa de pupunha integral desidratada em substituição da farinha de trigo na mistura da massa, com objetivo de melhorar a composição química com a incorporação da provitamina A, por meio de carotenoides e das fibras presentes no fruto de pupunha. O pão preparado com 150g de polpa de pupunha desidratada integral apresentou o dobro de lipídios (1,07g/100g) quando comparado ao pão controle (0,50g/100g), além de 0,95g/100g de fibras, diferindo estatisticamente do pão controle (0,47g/100g) (Tabela 2.4.).

Tabela 2.4. Composição proximal, em g/100g, de pães com adição de polpa de pupunha desidratada.

Amostra	Umidade	Proteína	Lipídeos	Fibras	Cinzas	Carboidratos	VET**	CT***
Controle	20,73	13,6	0,50	0,47	2,76	62,44	308	-
PPP*	35,32	13,40	1,07	0,95	4,73	44,91	241	3,90

Fonte: os autores. *Pão com 150g de polpa de pupunha. **Valor energético total (Kcal/100g).

***Carotenoides Totais ($\mu\text{g/g}$). Baseado do artigo de Lima et al. (2020).

Os autores também avaliaram o teor de carotenoides totais, e encontraram na polpa de pupunha desidratada integral 71,53 $\mu\text{g/g}$. Já os pães elaborados com 150g de polpa de pupunha desidratada integral apresentaram teores de carotenoides totais de 3,90 $\mu\text{g/g}$. A identificação e a quantificação dos carotenoides têm sido realizadas em diversos frutos tropicais, devido a sua importância como compostos antioxidantes e fonte de provitamina A. Dessa forma, Lima *et al.* (2020) afirmaram que, além da fibra alimentar, a presença de carotenoides totais nos pães os credencia a serem utilizados como alimento funcional e saudável, portanto, com possibilidades de propiciar benefícios à saúde do consumidor.

Enfim, muitos pesquisadores em todo o país têm se dedicado a pesquisar frutos da Amazônia Legal, desenvolvendo novos produtos, contribuindo com sua agregação de valor e disponibilizando informações para serem comercializados futuramente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os frutos da região amazônica possuem importantes componentes considerados funcionais, como por exemplo: compostos fenólicos, carotenoides, ácidos graxos, vitamina C e fibra alimentar. A inserção de frutos amazônicos no desenvolvimento de alimentos contribui no incremento da sua funcionalidade, além de conferir sabor e aroma exóticos, com elevada aceitação sensorial por parte dos consumidores.

O desenvolvimento de alimentos funcionais com utilização de frutos da Amazônia Legal ainda deve ser muito explorado, desenvolvido e avaliado, com o objetivo de agregar valor à tais frutos e de enriquecer a qualidade funcional dos alimentos.

REFERÊNCIAS

ALHUSSEINY, S. M.; EL-BESHBISHI, S. N. Omega polyunsaturated fatty acids and parasitic infections: An overview. **Acta Tropica**, v. 207, p. 105466, 2020.

ALUKO, R. E. **Functional Foods and Nutraceuticals**. New York, NY: Springer New York, p. 203-250, 2012.

BARROS, H. R. M.; GARCÍA-VILLALBA, R.; TOMÁS-BARBERAN, F. A.; GENOVESE, M. I. Evaluation of the distribution and metabolism of polyphenols derived from cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) in mice gastrointestinal tract by UPLC-ESI-QTOF. **Journal of Functional Foods**, v. 22, p. 477-489, 2016.

BEZERRA, C. V.; SILVA, L. H. M. Pupunha (*Bactris gasipaes*): General and consumption aspects. **Traditional Foods**, ed. Springer, p. 399-405, 2016.

BIGLIARDI, B.; GALATI, F. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 118-129, 2013.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. instrução normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. **Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 24 out. 2007.

BRUNORO, N.M.C.; ROSA, C.O.B. **Alimentos funcionais** – componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 1 ed., 2010.

BUCHAMANN, G. A. A.; PERES, L. A.; SIMÕES, D. L. V. Avaliação físico-química e microbiológica de biomassa funcional de frutos amazônicos. **Brazilian Journal of Health Review**, v.2, n.4, p. 2974-2980, 2019.

CASTRO, D. R. G.; MAR, J. M.; DA SILVA, L. S.; DA SILVA, K. A.; SANCHES, E. A.; BEZERRA, J. De A.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N.; CAMPELO, P. H. Improvement of the bioavailability of Amazonian juices rich in bioactive compounds using glow plasma technique. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, p. 670 - 679 2020.

CASTRO, A. H. F.; BRAGA, K. D. Q.; SOUSA, F. M. D.; COIMBRA, M. C.; CHAGAS, R. C. R. Callus indução e produção de compostos fenólicos bioativos a partir de *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC. (Malpighiaceae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 143 – 151, 2016.

CHIRINOS, R.; GALARZA, J.; BETALLELUZ-PALLARDEL, I.; PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, v. 120 p. 1019–1024, 2010.

CONTIM, L. S. R.; OLIVEIRA, I. M. A.; NETO, J.C. Avaliação microbiológica, físico-química e aceitação sensorial do kefir com polpa de graviola. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.73, n.1, p.1-9, 2018.

COSTA, G. V.; GARCIA-DIAZ, D.F.; JIMENEZ, P.; SILVA, P.I. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. **Journal of Functional Foods**, v. 5, p. 539-549, 2013.

CONTRERAS-RODRIGUEZ, O.; MATA, F.; VERDEJO-ROMÁN, J.; RAMÍREZ-BERNABÉ, R.; MORENO, D.; VILAR-LOPEZ, R.; SORIANO-MAS, C.; VERDEJO-GARCÍA, A. Neural-based valuation of functional foods among lean and obese individuals. **Nutrition Research**, v. 130, p 108-120, 2020

DINON, S.; DEVITTE, S.; CANAN, C.; KALSCHNE, D. L.; COLLA, E. Mortadela tipo Bologna com reduzido teor de lipídios pela adição de biomassa de banana verde, pectina, carragena e farinha de linhaça. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.16, n.2, p. 229-246, 2014.

ESPINOSA, F. A.; MARTINEZ, J.; MARTINEZ-CORREA, H. A. Extraction of bioactive compounds from peach palm pulp (*Bactris gasipaes*) using supercritical CO₂. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 93, p. 2-6, 2014.

FARIAS, J. Q.; SOUSA, S.; TOMÉ, A. E. S.; SOUSA, C. F.; MATA, M. E. R. M. C.; ALMEIDA, R. D. Perfil de textura de barra de cereal mista com aproveitamento de subproduto de suco de frutas. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v.8, n.3, p.38-42, 2018.

GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58 p. 4666–4674, 2010.

GURPILHARES, D. DE B.; CINELLI, L. P.; SIMAS, N. K.; PESSOA, A.; SETTE, L. D. Marine prebiotics: Polysaccharides and oligosaccharides obtained by using microbial enzymes. **Food Chemistry**, v. 280, p. 175-186, 2019.

HENRIQUE, V. A.; NUNES, C. D. R.; AZEVEDO, F. T.; PEREIRA, S. M. DE F.; BARBOSA, J. B.; TALMA, S. V. Alimentos funcionais aspectos nutricionais na qualidade de vida. **Aracaju: Edifs**, 1. ed. 1, p. 57- 90.2018.

HAMACEK, F. R.; MARTINO, H. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Murici, fruto do Cerrado de Minas Gerais, Brasil: Características físico-físico-químicas, ocorrência e concentração de carotenóides e vitaminas. **Frutas**, v. 69 p. 459 – 472, 2014.

HUANG, M.; LU, J. J.; HUANG, M. Q.; BAO, J. L.; CHEN, X. P.; WANG, Y. T. Terpenoids: Natural products for cancer therapy. **Expert Opinion on Investigational Drugs**, v. 21, p 1801-1818. 2012.

KAKAR, M. U.; NAVEED, M.; SAEED, M.; ZHAO, S.; RASHEED, M.; FIRDOOS, S.; MANZOOR, R.; DENG, Y.; DAI, R. A review on structure, extraction, and biological activities of polysaccharides isolated from *Cyclocarya paliurus* (Batalin). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 156, p. 420–429, 2020.

LANGE, K. W. Omega-3 fatty acids and mental health. **Global Health Journal journal**, v. 13, n. 6, p. 1–13, 2020.

LIMA, D. G.; SILVA, R. F. FURTADO, M. T. Composição química e aspectos microbiológicos de pães enriquecidos com polpa integral de pupunha desidratada. **Revista Geintec**, v. 10, n.1, p.5352-5366, 2020.

LOBO, A. C. M.; VELASQUE, L. F. L. Revisão de literatura sobre os efeitos terapêuticos do açaí e sua importância na alimentação. **Biosaúde**, Londrina, v.18, n.2, p.97-106, 2016.

MAIA, J. D.; BARROS, M. O.; CUNHA, V. C. M.; SANTOS, G. R.; CONSTANT, P. B. L. Estudo da aceitabilidade do pão de forma enriquecido com farinha de resíduo da polpa de coco. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.17, n.1, p.1-9, 2015.

MALTA, L. G.; TESSARO, E. P.; EBERLIN, M.; PASTORE, G. M.; LIU, R. H. Avaliação de atividades antioxidantes e antiproliferativas e identificação de compostos fenólicos de frutas brasileiras exóticas. **Food Research International**, v. 53 pp. 417 – 425 2013.

MATOS, K. A. N.; LIMA, D. P.; BARBOSA, A. P. P.; MERCADANTE, A. Z.; CHISTÉ, R. C. Peels of tucumã (*Astrocaryum vulgare*) and peach palm (*Bactris gasipaes*) are by-products classified as very high carotenoid sources. **Food Chemistry**, v. 272, p. 216-221, 2019.

MARK, R.; LYU, X.; LEE, J. J. L.; PARRA-SALDÍVAR, R.; CHEN, W. N. Sustainable production of natural phenolics for functional food applications. **Journal of Functional Foods**, v. 57, p. 233-254, 2019.

MONTANUCI, F. D.; RUIZ, S. P.; PINZON, C. Produção de bebida láctea fermentada com kefir adicionada de chia. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.20, p.55-69, 2018.

NERI-NUMA, I. A.; SANCHO, R. A. S.; PEREIRA, A. P. A.; PASTORE, G. M. Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v.103, p. 345-360, 2018.

NEVES, L.C.; TOSIN, J.M.; BENEDETTE, R.M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. **Food chemistry**, v.174, p.188-196, 2015.

ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E.; PINZÓN-ZARATE, L. X.; GONZÁLEZ-SALCEDO, L.O. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) by-products with sunflower oil using response surface methodology. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 27, p. 560-566, 2015.

PEREIRA, B.S. et al. Análise físicoquímica e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v.8, n.2, 2013.

PEREIRA, S. A.; ALVES, H. P.; SOUSA, C. M. COSTA, G. L. S. Exploração sobre o conhecimento das espécies amazônicas-inajá (*Maximiliana maripa* Aublt) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart). **Revista Geintec**, v.2, p.110-122, 2013.

PEREIRA, A. L. F.; ABREU, V. K. G.; RODRIGUES, S. Cupuassu—*Theobroma grandiflorum*. In S. Rodrigues, E. O. de Silva, & E. S. de Brito (Eds.), **Exotic fruits**, v. 1, pp. 159–162, 2018.

PRAZERES, I. C.; DOMINGUES, A. F. N.; CAMPOS, A. P. R.; CARVALHO, A. V. Elaboration and characterization of snack bars made with ingredients from the Amazon. **Acta Amazônica**, v. 47, n. 2, p. 2017.

PUGLIESE, A. G.; TOMÁS-BARBERAN, F. A.; TRUCHADO, P.; GENOVESE, M. I. Flavonoids, proanthocyanidins, vitamin C, and antioxidant activity of *Theobroma grandiflorum* (cupuassu) pulp and seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 2720-2728, 2013.

RANIERI L.M.; DELANI T. C. O. Banana verde (*Musa* spp): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente. **Revista Uningá Review**, v. 20, n. 3, p. 43-49, 2014.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, n.4, p. 996-1002, 2010.

SALDANHA, A. A.; CARMO, L. F.; DO NASCIMENTO, S. B.; DE MATOS, N. A.; VELOSO, C. C.; CASTRO, A. H.; SOARES, A. C. Composição química e atividade anti-inflamatória das folhas de *Byrsonima verbascifolia*. **Journal of Natural Medicamentos**, v.70, p. 760 – 768, 2016.

SAGRILLO, M. R.; GARCIA, L. F. M; SOUZA FILHO, O.C.; DUARTE, M. M. M. F.; RIBEIRO, E. E.; CADONÁ, F. C.; CRUZ, I. B. M. Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. **Food Chemistry**, v. 173, p. 741-748, 2015.

SANCHO, R. A. S.; PASTORE, G. M. Alimentos funcionais: a revolução silenciosa na alimentação. **Revista Processos Químicos**, v. 10, n. 19, p. 13–24, 2016.

SHARMA, S. H.; THULASINGAM, S.; NAGARAJAN, S. Terpenoids as anti-colon cancer agents – A comprehensive review on its mechanistic perspectivesEuropean. **Journal of Pharmacology**, v. 795, p. 169-178, 2017.

SILVA, R. S.; SANTOS, C. L.; MAR, J. M.; KLUCZKOVSKI, A. M.; FIGUEIREDO, J. A.; BORGES, S. V. B.; BAKRY, A. M.; SANCHES, E. A.; CAMPELO, P. H. Physicochemical pro-

properties of tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) powders with different carbohydrate biopolymers. **LWT - Food Science and Technology**. v.94, p.79-86, 2018.

TIBURSKI, J. H.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**, v. 44, p. 2326–2331, 2011.

VRIESMANN, L. C.; SILVEIRA, J. L. M.; PETKOWICZ, C. L. D. O. Rheological behavior of a pectic fraction from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). **Carbohydrate Polymers**, v. 79, p. 312-317, 2010.

YAMAGUCHI, K. K. L.; PEREIRA, L. F. R.; LAMARÃO, C. V.; LIMA, E. S.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon açai: chemistry and biological activities: **A review Food Chemistry**, v. 179, p. 137-151, 2016.

CAPÍTULO 3

POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE MICRORGANISMOS AUTÓCTONES DE FRUTOS AMAZÔNICOS

Roseane Veras de Souza

Jéssica Durães Sousa

Antônio Dheyson da Silva Oliveira

Débora dos Santos Rodrigues

*Claudia Cristina Auler do Amaral Santos**

** Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Microbiologia de Alimentos, Quadra 109 Norte, Avenida NS-15, ALCNO-14, Plano Diretor Norte, CEP: 77001-090 Palmas-TO. E-mail: claudiauler@uft.edu.br*

INTRODUÇÃO

A biodiversidade brasileira é reconhecida como uma das mais representativas do mundo e desempenha um papel importante na sociedade e na saúde humana, fornecendo produtos básicos e serviços ecossistêmicos, o que confere competitividade diante de demandas ambientais e biotecnológicas. A Amazônia, por sua vez, possui inúmeras espécies nativas de plantas frutíferas com potencial econômico, tecnológico e nutricional, que têm despertado o interesse em muitos campos das áreas científicas e tecnológicas, além das indústrias de alimentos, farmacêutica, cosmética e de aromatizantes e essências (CUNHA JUNIOR *et al.*, 2020).

Muitas das frutas existentes nessa região são utilizadas pela população local e exploradas artesanalmente e/ou por indústrias regionais. Dentre a infinidade de frutas nativas da Amazônia, algumas vêm sendo estudadas quanto às suas propriedades sensoriais, físico-químicas e nutricionais, tais como a bacaba e o açaí (COSTA *et al.*, 2017), o buriti (CANDIDO; SILVA, 2015), o cupuaçu (PEREIRA; ABREU; RODRIGUES, 2018), a gabiroba, o murici, a guapeva (MALTA *et al.*, 2013), entre outras. Porém, quando se trata da bioprospecção microbiana e da viabilidade biotecnológica dos microrganismos autóctones desses frutos, poucos são os dados encontrados na literatura.

As plantas vivem em contato íntimo com muitos tipos diferentes de microrganismos. Os microrganismos podem ser encontrados nos frutos e nos vegetais como os epifíticos e os endofíticos. As bactérias e os fungos epifíticos são definidos como populações que podem sobreviver e se multiplicar na superfície das plantas. Já os denominados endofíticos são aqueles que habitam os tecidos internos das plantas, sem gerar efeitos negativos e representam uma extensa fonte de produtos naturais promissores, além de protegerem o hospedeiro (planta) contra predadores e patógenos. Ademais, aumentam resistência das plantas contra estresses bióticos e abióticos (SEBASTIANES; AZEVEDO; LACAVA, 2017).

Os procedimentos atuais de bioprospecção e biotecnologia permitem, a partir da biodiversidade, descobrir com eficiência substâncias para desenvolver novos bioprodutos, agregando valor às matérias-primas. Economicamente, a biodiversidade da floresta amazônica tem cada vez mais chamado a atenção do planeta e vem sendo considerada como um importante ativo bioindustrial (ASTOLFI FILHO; SILVA; BIGI, 2014).

O desenvolvimento biotecnológico de novos produtos de espécies originárias da Amazônia proporciona maior fortalecimento das políticas de defesa da biodiversidade, contribuindo para sua conservação, sustentabilidade e aproveitamento dessas espécies vegetais, não apenas pela população das regiões onde são encontradas, mas também por toda a população brasileira. Diante disso, o objetivo deste capítulo é o de fornecer informações sobre a bioprospecção dos microrganismos autóctones provenientes de frutos amazônicos, bem como apresentar seu potencial biotecnológico.

BIOPROSPECÇÃO MICROBIANA

A Amazônia é conhecida por sua grande biodiversidade, ocupando lugar de destaque nas discussões globais em matéria ambiental. Uma das maneiras de se extrair valor econômico da biodiversidade é a bioprospecção, sendo definida como a busca sistemática por organismos, genes, enzimas, compostos, processos e partes provenientes de seres vivos em geral, que possam ter um potencial econômico e, eventualmente, levar ao desenvolvimento de um produto (SACCARO JÚNIOR, 2011).

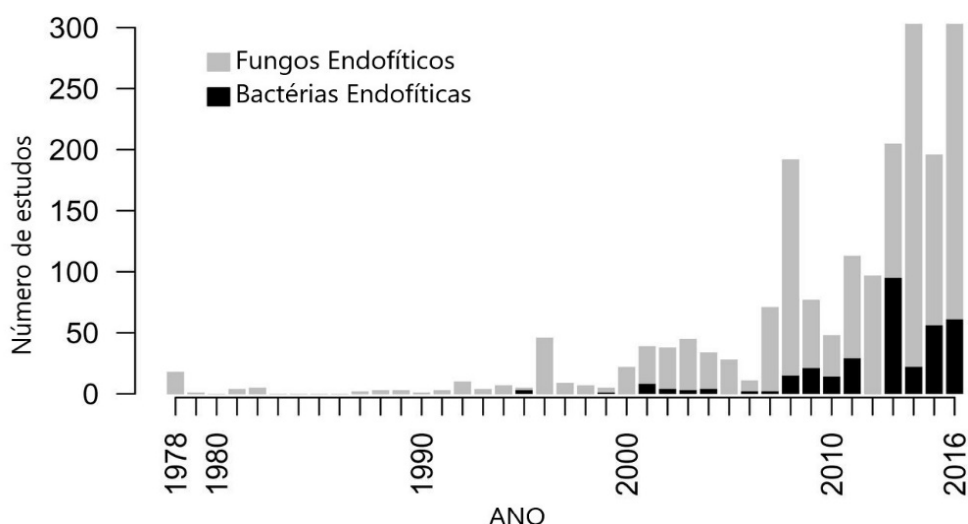
Os microrganismos epifíticos são definidos como seres de “vida livre” que habitam a superfície do vegetal, excluindo-se os patogênicos (fitopatógenos), colonizando a superfície da raiz (rizoplano), a superfície do caule (cauliplano) e a superfície da folha (filoplano). Como os microrganismos epifíticos são encontrados nas superfícies das plantas, eles permanecem expostos a condições adversas, como a radiação UV, a dessecação, a escassez de nutrientes, o vento, à grande diversidade de poluentes e muitos outros fatores bióticos e abióticos (THAPA *et al.*, 2017). É mencionado na literatura que uma exposição duradoura de folhas e microrganismos associados a essas e à poluentes do ar pode resultar no desenvolvimento de mecanismos de adaptação aos contaminantes e a condições ambientais específicas (WEI *et al.*, 2017). Assim, explorar microrganismos epifíticos vegetais torna-se relevante, como sua possível aplicação para a fitorremediação de poluentes no ar (WEYENS *et al.*, 2015; WEI *et al.*, 2017).

Os microrganismos epifíticos ainda são pouco utilizados como agentes de controle biológico, especialmente em comparação com as rizobactérias e com os endofíticos. No entanto, o biocontrole de doenças que afetam diversas culturas, por esses microrganismos, tem sido cada vez mais pesquisado (SÁNCHEZ-LÓPEZ *et al.*, 2018), sendo que a maioria dos estudos atuais sobre epifíticos está relacionado ao uso como agentes de controle biológico.

Os microrganismos endofíticos são fungos e bactérias que vivem no interior dos tecidos de hospedeiros vegetais, normalmente em uma relação simbiótica, onde o hospedeiro vegetal lhes garante um ambiente rico em nutrientes necessários à sua sobrevivência e, em contrapartida, os endofíticos produzem metabólitos primários e secundários, cujas funções biológicas no hospedeiro podem influenciar diretamente a planta para resistir à temperaturas extremas, secas, bem como à presença de organismos causadores de doenças (HARDOIM *et al.*, 2015; PINTO, 2019).

Nos diversos campos da ciência, vários foram os estudos que inspiraram um interesse crescente dos ecologistas microbianos (Figura 3.1), mas as respostas à muitas perguntas básicas sobre história natural, biogeografia, ecologia e evolução dos endofíticos permanecem ilusórias (HARRISON; GRIFFIN, 2020).

Figura 3.1. Número de estudos globais que caracterizam a biodiversidade de microrganismos endofíticos publicados a cada ano desde o final da década de 1970.



Fonte: Adaptado de Harrison; Griffin, 2020.

Os fungos endofíticos produzem uma grande variedade de metabólitos secundários, que desempenham um papel importante nos processos fisiológicos dos microrganismos. Metabólitos secundários produzidos por fungos endofíticos também são matéria-prima potencial para novos produtos naturais bioativos, representando uma fonte promissora para a bioprospecção de novas moléculas com potenciais aplicações na indústria (TALONTSI *et al.*, 2013; RÖNSBERG *et al.*, 2013; SOUZA; SANTOS, 2017).

De forma geral, os fungos endofíticos se destacam entre os microrganismos que foram prospectados em busca de produtos naturais com aplicações biotecnológicas. Em uma única planta, a diversidade varia entre as populações microbianas, mesmo considerando uma pequena diferença de localização e/ou tempo (LINDOW; BRANDL, 2003; BONATELLI, 2012).

No Brasil, algumas instituições de ensino e pesquisa possuem importantes coleções de culturas de microrganismos preservadas, provenientes de projetos de pesquisa realizados pelos estudantes de graduação e pós-graduação, os quais compartilham o objetivo de preservar microrganismos da biodiversidade amazônica. Segundo Pereira *et al.* (2017) a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) é mantenedora de uma coleção de microrganismos endofíticos que contém mais de 3500 isolados obtidos de vários hospedeiros tropicais, incluindo árvores frutíferas como *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum (cupuaçu), *Theobroma cacao* L. (cacao), *Bactris gasipaes* Kunth (pupunha), *Mauritia flexuosa*. Mart (buriti), *Paullinia cupana* (guaraná), *Euterpe oleracea*. Mart. (açai), *Solanum sessiliflorum* Dunal (cubiu), *Passiflora cincinnata* (maracujá do mato), *Eugenia stipitata* Vaughn (araçá boi) e *Annona muricata* L. (graviola). No entanto, a maioria dessas coleções não são registradas em organizações internacionais e são mantidas apenas devido ao interesse dos pesquisadores.

O Laboratório de Diversidade Microbiana da Amazônia do Instituto Leônidas & Maria Deane (ILMD), Fiocruz Amazônia é outro órgão responsável por importantes pesquisas em saúde. A coleção biológica desse laboratório abrange bactérias e fungos isolados de vários substratos da Amazônia, como solo, água, ar, frutas regionais e amostras de campo clínico e, segundo seu curador, a coleção contém cerca de 1455 microrganismos (PEREIRA *et al.*, 2017).

A microbiota associada às plantas da Amazônia é uma fonte economicamente promissora de compostos bioativos. Diversos estudos foram realizados com endofíticos de plantas nativas da Amazônia como, por exemplo, *Theobroma cacao* (HANADA *et al.*, 2010), *Mauritia flexuosa* (KOOLEN *et al.*, 2012), *Cladocolea micrantha* (GUIMARÃES *et al.*, 2013) e *Paullinia cupana* (BENTES; COSTA NETO, 2011; SILVA *et al.*, 2018). Os resultados destes trabalhos demonstram que os compostos produzidos pelos microrganismos endofíticos são biologicamente ativos e alguns deles são classificados como antibióticos, antioxidantes, agentes anticâncer, agentes antimicrobianos voláteis, compostos imunossupressores, agentes promotores de crescimento de plantas e de produção de enzimas, entre muitos outros de interesse biotecnológico (STROBEL, 2018).

POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DOS MICRORGANISMOS AUTÓCTONES DOS FRUTOS AMAZÔNICOS

A biotecnologia é baseada no conhecimento científico de diferentes disciplinas e áreas científicas, como Microbiologia, Bioquímica, Genética, Química, Engenharia e Ciência da Computação, para agentes biológicos, como microrganismos, células ou moléculas (enzimas, anticorpos, DNA, etc.) com objetivo de fornecer bens e garantir serviços (BUNDERS *et al.*, 1996; ALMEIDA; AMARAL; LOBÃO, 2011).

O grande desafio para o uso racional da biodiversidade brasileira, incluindo-se a microbiota dos frutos amazônicos é, sem dúvida, como transformar um enorme patrimônio genético natural em riqueza biotecnológica. As metas devem incluir comunidades associadas à hospedeiros específicos, como plantas e animais, alguns exclusivos do Brasil, bem como ambientes terrestres e aquáticos (PYLRO *et al.*, 2014).

Os frutos das árvores nativas da Amazônia têm características peculiares e são reconhecidos por seus aspectos nutricionais e terapêuticos. No entanto, pouco se sabe sobre seus aspectos tecnológicos e potenciais aplicações biotecnológicas. Entretanto, sabe-se que muitas dessas frutas contêm compostos bioativos de interesse industrial, como carotenoides e constituintes fenólicos, e alto teor de ácidos graxos em algumas espécies (SILVA; FONSECA, 2016).

A demanda crescente das indústrias por novos compostos bioativos enfatiza a importância da prospecção de novos recursos biológicos. A partir da biodiversidade amazônica, diferentes tipos de bioprodutos poderão ser desenvolvidos e atingir o mercado, de diferentes áreas, como:

Indústrias farmacêutica e de cosméticos (antibióticos contra patógenos multirresistentes)

A indústria farmacêutica possui grande potencial para que sejam desenvolvidos produtos com altíssimo valor agregado, como antibióticos, anti-neoplásicos, substâncias neuroativas, vermífugas, hipotensoras e fitoterápicos, bem como a indústria de cosméticos e perfumes, em que o valor agregado é menor, porém possuem maior facilidade para desenvolvimento (ASTOLFI FILHO, SILVA; BIGI, 2014). Os antibióticos são definidos como produtos naturais orgânicos de baixo peso molecular que são ativos em baixa concentração contra microrganismos patogênicos, sendo produzidos por microrganismos. São o maior grupo em termos de importância econômica entre os produtos obtidos por fermentação. Nesse sentido, os fungos endofíticos são um importante reservatório de compostos terapeuticamente ativos e devem ser extensivamente estudados e continuamente bioprospectados (PADHI *et al.*, 2013).

Indústrias Enzimáticas

Sabe-se que as enzimas microbianas desempenham um papel crucial como catalisadores metabólicos. Devido à própria natureza da relação endofítico-hospedeiro, esses microrganismos têm mecanismos enzimáticos adequados à degradação de biomassa vegetal (CORRÊA *et al.*, 2014). Constituídos em sua maioria por ascomycetos, são capazes de produzir ligninases, peroxidases, lipases, amilases, proteases, pectinases, xilanases, celulases dentre diversas outras enzimas extracelulares (KHAN *et al.*, 2017). As enzimas microbianas são de grande importância no desenvolvimento de bioprocessos industriais, e suas aplicações atuais estão focadas em muitos mercados diferentes, incluindo papel e celulose, couro, detergentes e têxteis, produtos farmacêuticos, químicos, alimentos e bebidas, biocombustíveis, ração animal e cuidados pessoais. Chan *et al.* (2018) relatam que os fungos possuem vantagens sobre outros microrganismos devido à sua capacidade de assimilar uma variedade de substratos no processo de produção de enzimas e também de excretá-las da célula, sem a necessidade de operações caras de *downstream*.

Agentes de controle biológico de fitopatógenos

O controle biológico de fitopatógenos envolve o uso de microrganismos que reduzem a atividade ou a sobrevivência de agentes causadores de doenças nas plantas. Os fungos endofíticos têm sido estudados no que diz respeito à capacidade de atuar como inibidores de outros microrganismos, para a aplicação como agentes de biocontrole e como alternativa ao controle

químico. Vários estudos já foram realizados a fim de se comprovar as propriedades de biocontrole de fungos endofíticos isolados de cacau (*T. cacao* L.) e de cupuaçu (*T. grandiflorum*), contra por exemplo, *Phytophthora palmivora*, o agente causal da doença da podridão-preta do cacau, que é um dos patógenos mais importantes nas áreas produtoras de cacau em todo o mundo. Esses estudos confirmam a capacidade de biocontrole de fitopatógenos pelos microrganismos endofíticos (HANADA *et al.*, 2010; OWNLEY *et al.*, 2010; SOUZA; SANTOS, 2017). Ademais, uma possível aplicação de bactérias endofíticas para a biorremediação também já foi discutida (STEPNIEWSKA *et al.*, 2013).

Pigmentos microbianos

O uso de cores sintéticas nos alimentos é altamente inseguro e perigoso para a saúde, pois esses compostos podem possuir propriedades cancerígenas. Portanto, é socialmente benéfico e biologicamente responsável a substituição desses corantes sintéticos por pigmentos naturais. As várias vantagens de produzir pigmentos a partir de microrganismos incluem independência das condições climáticas, crescimento fácil e rápido, cores de diferentes tonalidades e crescimento em substratos baratos (RAJASEKARAN; CHANDRASEKARAN; MUTHUSELVAM, 2008). Nesse sentido, a biodiversidade amazônica oferece grande potencial para a descoberta de substâncias com novas características aromáticas e de cor, além de grande probabilidade de aplicação industrial em vários setores, em especial, os de alimentação e de cosméticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O interesse pela Amazônia é crescente na atualidade em todos os seus aspectos, e a grande biodiversidade tem favorecido inúmeras descobertas biotecnológicas para as mais variadas áreas de pesquisas, entretanto, a bioprospecção microbiana dos frutos nativos da região tem sido pouco explorada. Os microrganismos constituintes da microbiota natural dos frutos amazônicos que possuem uma maior quantidade de estudos, porém escassos em relação à outras áreas, são os fungos filamentosos, devido sua alta capacidade de adaptação e seus melhores rendimentos de produtos bioativos, como as enzimas.

O potencial dos frutos amazônicos como fonte para bioprospecção microbiana destaca-se principalmente pela possibilidade de obtenção de novos bioprodutos de grande interesse industrial, com oportunidades reais para o desenvolvimento econômico e social de comunidades locais e empresas brasileiras, seja pela produção de enzimas, produtos alimentícios, fármacos ou outros. Além da agregação de valor aos produtos industriais, o aumento de estudos voltados aos frutos nativos favorece o aspecto científico e a grande valorização tecnológica da biodiversidade amazônica.

Os dados descritos neste capítulo apresentaram apenas uma pequena mostra do potencial da biodiversidade de plantas existentes na Amazônia, exatamente devido ao baixo número de estudos sobre a microbiota de seus frutos. De toda forma, essa grande diversidade, ainda inexplorada, coloca o país em uma posição estratégica em relação à extração e à produção de produtos biotecnológicos e naturais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H., AMARAL, M. H., LOBÃO, P. Drugs obtained by biotechnology processing. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 47, n. 2, 2011.
- ASTOLFI FILHO, S.; SILVA, C. G. N. da; BIGI, M. F. M. A. Bioprospecção e biotecnologia. **Parcerias Estratégicas**, v. 19, n. 38, p. 45-80, 2015.
- BENTES, J. L. S., COSTA NETO, P. Q. Variabilidade genética de *Colletotrichum guaranicola* usando marcadores AFLP. **Acta amazônica**, v. 41, n. 2, p. 251-256, 2011.
- BONATELLI, M. L. **Bactérias endofíticas e epifíticas cultivadas e não cultivadas do guaranazeiro e o controle da antracnose**. 2012. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. 2012.
- LINDOW; BRANDL, BUNDERS, J.F.G.; HAVERKORT, B.; HIEMSTRA, W. **Biotechnology: Building on Farmer's knowledge**. London and Basingstoke: Macmillan Education, Ltd, 1996. 240 p.
- CANDIDO, T.; SILVA, M.; AGOSTINI-COSTA, T. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, 2015.
- CORRÊA, R. C. G. et al. Endophytic fungi: expanding the arsenal of industrial enzyme producers. **Journal of industrial microbiology & biotechnology**, v. 41, n. 10, p. 1467-1478, 2014.
- COSTA, W. A.; M. S. O.; SILVA, M. P.; CUNHA, V. M. B.; PINTO, R. H. H.; BEZERRA, F. W. F.; CARVALHO JUNIOR, R. N. Açai (*Euterpe oleracea*) and Bacaba (*Oenocarpus bacaba*) as functional food. In: **Superfood and Functional Food-An Overview of Their Processing and Utilization**. IntechOpen, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/65881>.
- GUIMARÃES, A.; SIANI, A. C.; BEZERRA, J. L.; SOUZA, A. Q. L.; SARQUIS, M. I. M. Endophytic mycobiota characterization of the amazonian mistletoe *Cladocolea micrantha* hosted in cashew tree, **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, n. 4, 2013, p. 917-921.
- HANADA, R. E.; POMELLA, A. W.; COSTA, H. S.; BEZERRA, J. L.; LOGUERCIO, L. L.; PEREIRA, J. O. Endophytic fungal diversity in *Theobroma cacao* (cacao) and *T. grandiflorum* (cupuaçu) trees and their potential for growth promotion and biocontrol of black-pod disease. **Fungal Biology**, v. 114, n. 11-12, p. 901-910, 2010.
- HARDOIM, P. R.; VAN OVERBEEK, L. S.; BERG, G.; PIRTTILÄ, A. M.; COMPANY, S.; CAMPISANO, A.; DÖRING, M.; SESSITSCH, A. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. **Microbiology and Molecular Biology Review**, v. 79, n. 3, p. 293-320, 2015.
- HARRISON, J. G.; GRIFFIN, E. A. The diversity and distribution of endophytes across biomes, plant phylogeny and host tissues: how far have we come and where do we go from here? **Environmental Microbiology**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14968>. Acesso em 04 mai. 2020.

CUNHA JUNIOR, R M.; DOMINGUES, P. B. A.; AMBRÓSIO, R. O.; MARTINS, C. A. F.; SILVA, J. G. B. P. C. P.; PIERI, F. A. Brazilian amazon plants: an overview of chemical composition and biological activity. In: **Natural Resources Management and Biological Sciences**. IntechOpen, 2020. Disponível em: <https://www.intechopen.com/online-first/brazilian-amazon-plants-an-overview-of-chemical-composition-and-biological-activity>. Acesso em: 20 abr. 2020.

KHAN, A. L.; KUMAR, A.; SINGH, R.; DEO, K. Pandey Endophytic microbes: a resource for producing extracellular enzymes. In: **Endophytes: Crop Productivity and Protection**. Springer, Cham, 2017. p. 95-110. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-66544-3_5. Acesso em 24 abr. 2020.

KOOLEN, H. H. F.; SOARES, E. R.; SILVA, F. M. A.; ALMEIDA, R. A.; SOUZA, A. D. L.; MEDEIROS, L. S.; RODRIGUES FILHO, E.; SOUZA, A. Q. L. An antimicrobial alkaloid and other metabolites produced by *Penicillium* sp. An endophytic fungus isolated from *Mauritia flexuosa* L. **Química Nova**, v. 35, n. 4, p. 771-774, 2012.

MALTA, L. G.; TESSARO, E. P.; EBERLIN, M.; PASTORE, G. M.; LIU, R. H. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 53, n. 1, p. 417-425, 2013.

MÜLLER, C. A.; OBERMEIER, M. M.; BERG, G. Bioprospecting plant-associated microorganisms. **Journal of Biotechnology**, v. 235, p. 171-180, 2016.

OWNLEY, B.H.; GWINN, K.D.; VEGA, F.E. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. **BioControl**, v. 55, p. 113–128, 2010.

PADHI, L., MOHANTA, Y. K., PANDA, S. K. Endophytic fungi with great promises: a review. **Journal of Advanced Pharmacy Education & Research**, v. 3, 2013. Disponível em: <https://japer.in/storage/models/article/JOHVeyXHQVxLIqnbfflOFjPUEpXrvVfVbPWyiuo2RthbaPsc6wIx4YPEHISi/endophytic-fungi-with-great-promises-a-review.pdf>.

PEREIRA, A. L. F.; ABREU, V. K. G.; RODRIGUES, S. Cupuassu—*Theobroma grandiflorum*. In: **Exotic Fruits**. Academic Press, 2018. p. 159-162. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00021-6>. Acesso em 04 mai. 2020.

PEREIRA, J.O., SOUZA, A.Q.L., SOUZA, A.D.L., CASTRO FRANÇA, S., OLIVEIRA, L.A. Overview on Biodiversity, Chemistry, and Biotechnological Potential of Microorganisms from the Brazilian Amazon. In: **Diversity and Benefits of Microorganisms from the Tropics**. 2017. Disponível em: DOI:10.1007/978-3-319-55804-2_5. Acesso em 04 mai. 2020.

PINTO, R. A. F. O. **Bioprospecção e caracterização de fungos endofíticos produtores de compostos bioativos isolados de *Dalbergia ecastaphyllum* L. Taub.** 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2019.

PYLRO, V. S.; ROESCH, L. F.; ORTEGA, J. M.; AMARAL, A. M.; TÓTOLA, M. R.; HIRSCH, P. R.; ROSADO, A. S.; GÓES-NETO, A.; COSTA DA SILVA, A. L.; ROSA, C. A.; MORAIS, D. K.; ANDREOTE, F. D.; DUARTE, G. F.; MELO, I. S.; SELDIN, L.; LAMBAIS, M. R.; HUNGRIA, M.; PEIXOTO, R. S.; KRUGER, R. H.; TSAI, S. M.; AZEVEDO, V. Brazilian

microbiome project: revealing the unexplored microbial diversity- challenges and prospects. **Microbial ecology**, v. 67, n. 2, p. 237-241, 2014.

RAJASEKARAN, R.; CHANDRASEKARAN, R.; MUTHUSELVAM, M. Microbial biotechnology Rapid Advances in an area of Massive impact. **Life Sciences Industries News**, 2008.

SACCARO JUNIOR, N. L. A regulamentação de acesso a recursos genéticos e repartição de benefícios: disputas dentro e fora do Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 14, n. 1, p. 229-244, 2011.

SÁNCHEZ-LÓPEZ, A. S.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. C. A.; SOLÍS-DOMÍNGUEZ, F. A.; CARRILLO-GONZÁLEZ, R.; ROSAS-SAITO, G. H. Leaf epiphytic bacteria of plants colonizing mine residues: possible exploitation for remediation of air pollutants. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 3028, 2018.

SEBASTIANES, F.L.S., AZEVEDO, J.L., LACAVA, P.T. **Diversity and Benefits of Microorganisms from the Tropics**. Disponível em DOI 10.1007/978-3-319-55804 -2_3. Acesso em 05 mai. 2020.

SILVA, C. A. A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. **Food science and biotechnology**, v. 25, n. 5, p. 1225-1232, 2016.

SILVA, F. A.; LIOTTI, R. G.; BOLETI, A. P. A.; REIS, E. M.; PASSOS, M. B. S.; SANTOS, E. L.; SAMPAIO, O. M.; JANUÁRIO, A. H.; BRANCO, C. L. B.; SILVA, G. F.; MENDONÇA, E. A. F.; SOARES, M. A. Diversity of cultivable fungal endophytes in *Paullinia cupana* (Mart.) Ducke and bioactivity of their secondary metabolites. **PLoS One**, v. 13, n. 4, 2018.

SOUZA, B. S.; SANTOS, T. T. Endophytic fungi in economically important plants: ecological aspects, diversity and potential biotechnological applications. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.4, n.2, pp.113-126, 2017.

SHCHERBAKOV, A.V.; BRAGINA, A. V.; KUZMINA, E. Y.; BERG, C.; MUNTYAN, A. N.; MAKAROVA, N. M.; MALFANOVA, N. V.; CARDINALE, M.; BERG, G.; CHEBOTAR, V. K.; TIKHONOVICH, I. A. Endophytic bacteria of *Sphagnum mosses* as promising objects of agricultural. **Microbiology**, v. 82, p. 306–315, 2013.

STROBEL, G. The emergence of endophytic microbes and their biological promise. **Journal of Fungi**, v. 4, n. 2, p. 57, 2018.

TALONTSI, F.M.; DITTRICH, B.; SCHÜFFLER, A.; SUN, H.; LAATSCH, H. Epicoccolides: antimicrobial and antifungal polyketides from an endophytic fungus *Epicoccum* sp. associated with *Theobroma cacao*. **European Journal of Organic Chemistry**, v. 2013, n. 15, p. 3174–3180, 2013.

THAPA, S.; PRASANNA, R.; RANJAN, K.; VELMOUROUGANE, K.; RAMAKRISHNAN, B. Nutrients and host attributes modulate the abundance and functional traits of phyllosphere microbiome in rice. **Microbiology Research**, v. 204, p. 55–64, 2017.

WEI, X., LYU, S., YU, Y., WANG, Z., LIU, H., PAN, D., et al. Phylloremediation of air pollutants: exploiting the potential of plant leaves and leaf-associated microbes. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1318, 2017.

WEYENS, N., THIJS, S., POPEK, R., WITTERS, N., PRZYBYSZ, A., ESPENSHADE, J., et al. The role of plant-microbe interactions and their exploitation for phytoremediation of air pollutants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, p. 25576–25604, 2015.

CAPÍTULO 4

POTENCIAL DE FRUTOS AMAZÔNICOS PARA A PRODUÇÃO DE ENZIMAS MICROBIANAS

Alanna Cristinne Martins Lima

Iara Leandro dos Santos

Lunara Thaís Alves de Bastos

Fabricao Coutinho de Paula-Elias

*Alex Fernando de Almeida**

**Autor correspondente: Universidade Federal do Tocantins, Rua Badejos, Chácaras 69/72, Zona Rural, Gurupi, TO.
E-mail: alexfernando@uft.edu.br*

INTRODUÇÃO

As enzimas são biocatalisadoras altamente utilizadas em catálise em escala industrial devido às suas diversas vantagens, que variam desde a operação em condições mais brandas de reação até a excepcional seletividade do produto e menor toxicidade ambiental e fisiológica. A utilização dessas enzimas traduz-se em custos operacionais reduzidos quando empregadas como biocatalisadoras nos mais variados processos (CHAPMAN *et al.*, 2018). Essas moléculas proteicas são capazes de aumentar a velocidade de reação e não serem consumidas durante o processo de conversão do substrato em produtos. Para tanto, para que o aproveitamento das reações enzimáticas ocorra eficientemente, é necessário considerar alguns aspectos importantes como o pH do meio reacional, a temperatura da reação, a concentração do substrato e a presença de inibidores. Tais condições atuam diretamente na velocidade da reação e na formação do complexo enzima-substrato (LEITE *et al.*, 2020).

Com o aumento da exigência por processos industriais sustentáveis que incluam os princípios da química verde, a tecnologia enzimática é uma alternativa muito atrativa que pode

ser aplicada em diversos ramos industriais. A crescente utilização das enzimas na indústria de alimentos para o aumento e para o aperfeiçoamento da produção, aliada às suas vantagens sobre catalisadores convencionais, determina um fator decisivo para o rápido crescimento deste nicho de mercado. As aplicações enzimáticas na indústria de alimentos são diversas, como o que ocorre com a produção de prebióticos, de bebidas lácteas, de síntese de aromas, de formação de sabores em alimentos industrializados, de fermentação de pães, de produção de emulsificantes, de hidrólise de gorduras etc. (RAVEENDRAN *et al.*, 2018). Estudos de mercado mostram que o setor de enzimas utilizadas na indústria de alimentos, em 2019, foi aproximadamente de 1,94 bilhões de dólares, e espera-se que chegue aos 3,056 bilhões de dólares até 2026, com um crescimento estimado em 5,6% ao ano (MARKERTS RESEARCH REPORT, 2019).

O Brasil importa grande partes das enzimas utilizadas, entretanto, o país tem um potencial gigantesco para ser autossuficiente pelo fato de apresentar a maior biodiversidade do mundo, com abundância em matéria-prima que poderia ser utilizada como fonte de inúmeras pesquisas para a produção de enzimas, e até mesmo como substrato de baixo custo para as fermentações (DABAJA *et al.*, 2019). Neste capítulo, será apresentado o potencial enzimático de microrganismos isolados de frutos da região amazônica, as principais enzimas estudadas e seu potencial de aplicação nos setores industriais.

MICROORGANISMOS PRODUTORES DE ENZIMAS

Os frutos representam um importante *micro-habitat* para uma grande variedade de microrganismos devido à alta concentração de açúcares, ao baixo pH e à intensa visitação de insetos vetores. Os microrganismos, como os fungos filamentosos, as leveduras e as bactérias podem se associar aos frutos de forma mutualística, recebendo nutrientes e proteção do hospedeiro, enquanto que os frutos tornam mais competitivos em ambientes estressados e tem sua resistência à patógenos aumentada pela ativação do seu sistema de defesa e pela produção de metabólitos microbianos, capazes de inibir o desenvolvimento de patógenos (SILVA *et al.*, 2005; ROMANO, 2009). A descoberta de novas linhagens com potencial enzimático, oriundas de frutos amazônicos, ainda permanece pouco estudado. Por outro lado, os estudos desenvolvidos nesta área revelam um grande reservatório de linhagens promissoras para diversas áreas do conhecimento.

Isolamento e seleção de microrganismos autóctones de frutos amazônicos

Isolamento de microrganismos autóctones de frutos

O isolamento de microrganismos autóctones de frutos, ou seja, de microrganismos endofíticos, envolve cuidados especiais para que sejam excluídos os microrganismos que vivem na superfície do hospedeiro (microrganismos epifíticos). Cuidados com a coleta, armazenamento e transporte dos frutos devem ser tomados e planejados antes de realizar o trabalho no laboratório, ambiente esse que também deve estar preparado para receber os frutos, que devem ser devidamente armazenados e processados o mais rápido possível para evitar sua deterioração e as contaminações cruzadas.

O tratamento da superfície dos frutos para a eliminação dos microrganismos epifíticos requer a lavagem com etanol 70%, seguido de tratamento com hipoclorito de sódio e, novamente,

tratamento com etanol ou água esterilizada. O tempo de exposição dos frutos para cada tratamento e a concentração do hipoclorito de sódio pode variar de acordo com a textura do material a ser utilizado (BATISTA *et al.*, 2018). Testes preliminares são de extrema importância para determinar as condições experimentais e garantir o máximo de cuidado para que os microrganismos isolados sejam aqueles de interesse para o estudo.

O método para isolar os microrganismos autóctones dos frutos é a etapa-chave do trabalho a ser realizada e os objetivos devem ser claros e bem estabelecidos para o pesquisador. Para testes qualitativos, o isolamento pode ser realizado por meio da distribuição de fragmentos do material sobre a superfície do meio de cultura e por meio da incubação das amostras em condições adequadas por período suficiente para o crescimento microbiano (SANTOS *et al.*, 2017). Para testes quantitativos, as amostras podem ser trituradas em equipamento tipo *stomaker*. Por meio de suspensões aquosas ou em solução salina, nas suas devidas diluições seriadas, as amostras são inoculadas em meio de culturas apropriados (SILVA *et al.*, 2005).

O isolamento propriamente dito é realizado pelas técnicas de plaqueamento em superfície ou por plaqueamento em profundidade. O plaqueamento em superfície permite a contagem e o isolamento dos microrganismos que cresceram na superfície do meio de cultura. O inóculo é dispensado sobre o meio de cultura e espalhado com o auxílio de uma alça de Drigalsky. No plaqueamento em profundidade, a amostra é inoculada nas placas de Petri vazias, e o meio de cultura adequado é vertido sobre a amostra, homogeneizado e deixado em repouso para a solidificação do mesmo. As placas são incubadas em temperatura adequada e, após o período adequado, realiza-se a contagem das colônias que se desenvolveram nos cultivos. Os microrganismos crescerão dentro e na superfície do meio de cultura, formando colônias isoladas. Os resultados serão expressos em Unidades Formadoras de Colônias (UFC). O número ideal para a contagem de colônias nas placas escolhidas é entre 30 a 300 colônias. Nas amostras muito diluídas não haverá crescimento microbiano, ao mesmo tempo em que, nas placas com diluições menores haverá um excesso de crescimento microbiano, não podendo ser utilizadas para a contagem das colônias e emissão dos resultados.

Os meios de cultivo utilizados para o isolamento de microrganismos autóctones de frutos amazônicos devem atender às exigências nutricionais dos microrganismos em questão. Para o isolamento de fungos filamentosos, os meios de cultura geralmente são ricos em carboidratos e possuem pH ácidos. Os meios mais utilizados para esta finalidade são Agar Batata Dextrose (Potato Dextrose Agar) e Agar Sabouraud, entre outros. Os antibióticos são adicionados ao meio para evitar o crescimento das bactérias. Para o isolamento de bactérias, os meios são ricos em proteínas, sais minerais e pH levemente alcalinos. Os meios mais utilizados para essa finalidade são Ágar Nutriente, Ágar Luria-Bertani (LB), entre outros. Os fungicidas são adicionados ao meio para inibir o crescimento de fungos filamentosos e de leveduras. Além disso, meios de cultura seletivos podem ser utilizados para o isolamento de microrganismos com características metabólicas específicas para o objetivo do trabalho. O tempo de incubação deve permitir a emergência de microrganismos de crescimento lento. Por outro lado, os microrganismos de crescimento rápido poderão mascarar os resultados havendo coalescência das colônias.

Seleção de microrganismos produtores de enzimas

Os métodos para a seleção de microrganismos produtores de enzimas são classificados em qualitativos e quantitativos. Os métodos qualitativos são utilizados nas etapas iniciais do isolamento de microrganismos e auxiliam na classificação e na seleção dos potenciais produtores de enzimas. O resultado do método qualitativo é dado pelo índice enzimático, a partir da relação entre o diâmetro do crescimento das colônias e o diâmetro do halo formado ao redor da colônia indicando a degradação de um substrato indutor para a produção da enzima.

Para essa metodologia, utiliza-se um meio de cultura com nutrientes que garantam o crescimento microbiano e uma fonte de carbono indutora para a enzima de interesse. A formação de um halo de degradação do substrato pela enzima é realizada por meio de reagentes indicadores, por exemplo: o vermelho Congo para a revelação de enzimas celulases e xilanases; o Iodo para a revelação de pectinases e amilases; o cloreto de trifeniltetrazólio para a revelação de invertases; e a rodamina B para a revelação de lipases. A produção de proteases pode ser observada pela formação de halo translúcido ao redor da colônia devido à hidrólise da gelatina. Já para a produção de lipases, uma outra metodologia utilizada é a da observação de halos opacos ao redor da colônia devido à precipitação de cristais de cálcio.

Os métodos quantitativos utilizam substrato puro em meio tamponado com pH e temperatura adequados. A quantificação da enzima é dada por meio de curva de calibração utilizando o produto da reação, e os resultados são expressos em unidades de enzimas que liberam 1 mol de produto por minuto por mililitro.

Potencial enzimático de microrganismos isolados de frutos da Amazônia

Os frutos da região amazônica são importantes reservatórios de microrganismos que podem apresentar potencial para a produção de enzimas de grande importância para as indústrias de alimentos, de biocombustíveis e farmacêuticas. Entretanto, na literatura nacional e internacional, observa-se uma carência de informações sobre a comunidade microbiana desses frutos e seu potencial biotecnológico para a produção de enzimas. Na Tabela 4.1. são apresentados os frutos utilizados para o isolamento de microrganismos e as enzimas obtidas das linhagens isoladas.

Tabela 4.1. Linhagens microbianas isoladas de frutos da Amazônia, enzimas e aplicação em processos industriais.

Fruto	Microrganismo	Enzima	Aplicação	Autor
Tucumã	<i>Aspergillus niger</i>	Lipase	Hidrólise Síntese de ésteres Resolução racêmica	Romano, 2009
Castanha-do-brasil	<i>Aspergillus flavus</i>			
	<i>Aspergillus flavus</i>			
	<i>Aspergillus</i> sp.			
Bacuri	<i>Kluyveromyces wickerhamii</i>	Pectinases Poligalacturonases	Processamento de frutos	Silva <i>et al.</i> , 2005
	<i>Pichia guilliermondii</i>			
Mangaba	<i>Kluyveromyces wickerhamii</i>			
	<i>Kluyveromyces marxianus</i>			
	<i>Stephanoascus smithiae</i>			
	<i>Pichia angusta</i>			
	<i>Stephanoascus smithiae</i>			
	<i>Stephanoascus smithiae</i>			
Pseudo-lulo	<i>Candida pseudoglaebosa</i>			
	<i>Pichia anomala</i>			
	<i>Debaryomyces hansenii</i>			

Fonte: os autores.

Utilização de resíduos de frutos amazônicos para a produção de enzimas

A região amazônica concentra uma grande variedade de espécies frutíferas. O processamento dos frutos gera resíduos que necessitam de gerenciamento para evitar prejuízos ao meio ambiente, e o emprego de tecnologias para a reutilização dos resíduos são importantes ferramentas para a transformação e agregação de valores, reduzindo seu acúmulo na natureza (BENTES, 2017; VÁSQUEZ *et al.*, 2019).

Os resíduos agroindustriais são divididos em dois tipos: agrícola e industrial. Os resíduos agrícolas gerados no processo produtivo, como caule, folhas, raízes e sementes são utilizados para a alimentação animal e fertilização de solos. Os resíduos industriais, provenientes do processamento industrial dos frutos, são ricos em minerais, fibras, vitaminas e compostos bioativos (SADH *et al.*, 2018). Tais compostos são importantes fontes de nutrientes para aplicações em processos biotecnológicos, como o desenvolvimento de meios de cultura para o crescimento microbiano e para a produção de enzimas. Após o processo fermentativo pode-se obter a enzima produzida pelo microrganismo e liberada no meio, e uma biomassa vegetal enriquecida por vitaminas, ácidos graxos e aminoácidos essenciais.

Produção de enzimas a partir de frutos amazônicos

Os resíduos agroindustriais de frutos amazônicos são excelentes matéria-primas para a produção de enzimas, pois possuem, em sua composição, uma abundante variedade de nutrientes que possibilitam o crescimento microbiano e a secreção de enzimas para o meio extracelular. Os resíduos agroindustriais são utilizados como meio de produção para vários metabólitos devido à sua composição ser rica em carboidratos, em proteínas e em lipídios, dependendo da origem do resíduo, como podemos ver na Tabela 4.2.

O sistema de produção de enzimas utilizando os resíduos agroindustriais pode ser classificado como cultivo submerso ou cultivo em estado sólido. O cultivo em estado sólido é definido como o processo de fermentação que é realizado na ausência ou na quase ausência de água livre (DORIYA *et al.*, 2016). O cultivo submerso é realizado com o excesso de água em que os nutrientes estão dissolvidos no meio. Os processos de cultivo em estado sólido e de cultivo submerso têm sido amplamente utilizados para a produção de enzimas por diferentes tipos de microrganismos.

Tabela 4.2. Resíduos agroindustriais de frutos amazônicos usados para a produção de enzimas microbianas.

Fruto	Resíduo	Enzima	Microrganismo	Sistema de cultivo	Autor
Açaí	Caroço	Celulase Hemicelulase	<i>Aspergillus niger</i>	CES	Farinas <i>et al.</i> , 2009
Açaí	Caroço	Carboximetilcelulase Xilanase	<i>Aspergillus niger</i>	CES	Santos, 2010
Maracujá	Casca	Invertase Amilase Celulase Pectinase Protease	<i>Aspergillus niger</i>	CES	Rocha, 2010
Pupunha	Casca	Lacase	<i>Pleurotus ostreatus</i>	CES	Santos, 2016
Tucumã	Casca				
Cupuaçu	Casca				
Mandioca	Casca				
Açaí	Semente				

Fonte: os autores. Legenda: CES cultivo em estado sólido

Os resíduos de frutos da região amazônica como os do açaí, do maracujá, da pupunha, do tucumã e do cupuaçu são fontes de carboidratos para a produção de enzimas de interesse para a produção de biocombustíveis, devido ao alto teor de celulose que pode ser convertida em açúcares fermentescíveis (ROCHA, 2010; SANTOS, 2010). Uma das principais barreiras para o desenvolvimento de processos de conversão da biomassa em biocombustíveis pela rota enzimática é o alto custo das enzimas. Portanto, é de grande interesse o estudo de alternativas que possam reduzir tal custo. O uso de resíduos agroindustriais como substrato em cultivo em

estado sólido é uma tecnologia já bastante estabelecida para a produção de enzimas e possui, como vantagem, menor custo de operação (FARINAS *et al.*, 2009).

APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DE ENZIMAS MICROBIANAS

As enzimas microbianas, além das indústrias de alimentos, têm grande aplicação em várias indústrias e em produtos como: couro, detergentes, têxteis, papel e celulose. Os processos mediados por enzimas microbianas têm muitos recursos característicos, como menor tempo de processo, menor entrada de energia e com boa relação custo-benefício. Devido à esses recursos, os processos enzimáticos estão rapidamente ganhando interesse na indústria de alimentos. Além disso, as outras vantagens das enzimas microbianas no processamento de alimentos incluem processos alimentares mais fáceis, utilização eficiente do material básico e qualidade constante do produto, além da sustentabilidade aprimorada (SINGH; KUMAR; MITTAL, 2016; AHLAWAT; KUMAWAT; BABELE, 2018). Recentemente, as tendências de sustentabilidade, de demanda de bens de consumo, de necessidade de redução de custos, de esgotamento de recursos naturais, de segurança ambiental e de saúde estão se tornando as principais razões para o avanço de enzimas, conforme podemos ver na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Aplicações comerciais de enzimas microbianas.

Indústria	Aplicações	Enzima	Fonte
Panificação	Moagem, cozimento	Amilase	Fungos, Malte
		Protease	Fungos
	Condicionamento da massa	Xilanase	Fungos
	Estabilidade da massa, condicionamento	Lipase	Fungos
	Fortalecimento da massa	Glicose oxidase	Fungos
Cervejeira	Moagem	Amilase	Malte, bactéria
	Prova de frio	Protease	Fungos, bactéria
	Remoção de oxigênio	Glicose oxidase	Fungos
	Remoção de pectina	Pectinase	Fungos
Chocolate, Cacau	Xarope	Amilase	Fungos, bactérias
Café	Fermentação do café	Pectinase	Fungos
	Concentrados de café	Pectinase	Fungos
		Hemicelulase	
Confeitarias	Doces, <i>fondants</i>	Invertase	Leveduras
	Recuperação de açúcar	Amilase	Fungos, bactérias

Indústria	Aplicações	Enzima	Fonte	
Laticínio	Produção de queijo	Renina	Fungos	
		Aminopeptidase	Bactérias	
		Catalase	Fungos	
		Esterilização com peróxido	Catalase	Bactéria
		Prevenção de oxidação	Protease	Fungos
		Hidrólise de proteínas	Protease	Fungos, bactérias
		Estabilização de leite, evaporação	Protease	Fungos, bactérias
		Concentrados de leite integral	Lactase	Levedura
		Sorvetes, sobremesas congeladas	Lactase	Levedura
		Concentrados de soro de leite	Lactase	Levedura
	Remoção de lactose	Lactase	Bactérias	
Frutas e sucos de frutas	Clarificação, filtração, concentração	Pectinase	Fungos	
	Remoção de amido de pectinas	Amilase	Fungos	
Farmacêutica, Clínica	Digestão	Amilase	Fungos	
		Lipase	Fungos	
		Protease	Fungos	
		Celulase	Fungos	
Ração animal	Hidrólise, digestão	Fitase	Fungos	
		Xilanase	Fungos, bactérias	
		β -glicanase	Fungos	

Fonte: os autores.

Lipases microbianas

As lipases microbianas (triacilglicerol acil hidrolase, E.C. 3.1.1.3) possuem grande importância industrial devido às suas propriedades catalíticas em ambiente aquoso para a hidrólise de triacilgliceróis em ácidos graxos livres e em solventes orgânicos na síntese de compostos contendo ácidos graxos. A aplicação de lipase, de acordo com sua propriedade bioquímica, é utilizada em setores/produtos como os de alimento, farmacêutico, cosmético, detergente, couro, têxtil, biocombustíveis e na síntese química (AVHAD; MARCHETTI, 2019; KAUR *et al.*, 2016; MOUAD *et al.*, 2016).

Na indústria de alimentos, as lipases atuam em vários ésteres que produzem ácidos e álcoois. Os ácidos graxos liberados da hidrólise de lipídios durante o processamento de alimentos são utilizados para intensificar sabores e gerar aromas em carnes, sucos de frutas, bebidas alcoólicas, cereais, entre outros (SAE-LEAW *et al.*, 2018). Na panificação, as lipases inseridas na formulação têm a função de intensificar o sabor pela liberação de ácidos graxos, além de

contribuírem com o aumento no volume do pão, na firmeza do miolo e no prazo de validade dos produtos assados (GUERRAND; 2017).

Na indústria farmacêutica, as lipases são utilizadas na produção de diversos medicamentos, como os anti-hipertensivos, os vasodilatadores e os antidepressivos. Até mesmo a perda de cabelo pode ser tratada com essa enzima (HASAN *et al.*, 2006; SANGEETHA, 2011). No setor de biocombustíveis, a lipase atua como catalisadora na transesterificação de ácidos graxos na presença de um álcool para a produção de biodiesel. Essas reações têm a vantagem de ocorrer na ausência de solvente orgânico. Outra vantagem de usar enzimas para a produção de biodiesel está relacionada ao uso da enzima imobilizada em suporte sólido, possibilitando a sua recuperação e posterior reutilização no processo de produção (YANG *et al.*, 2016). No processamento de couro, a lipase alcalina pode melhorar a qualidade do produto e reduzir riscos ambientais eliminando processos químicos danosos ao meio ambiente (ABOL-FOTOUH *et al.*, 2016).

Invertases microbianas

As invertases microbianas (1,2- β -D-fructofuranosidase fructohidrolase, E.C. 3.2.1.26) são utilizadas para a hidrólise de açúcares como a sacarose, liberando glicose e frutose, denominada de açúcar invertido. O xarope de açúcar invertido é utilizado na fabricação de balas e na indústria de panificação e nas confeitarias. O açúcar invertido também é utilizado na fabricação de sorvetes devido ao seu poder anticongelante, que evita a recristalização, proporcionando uma textura mais cremosa e um sabor mais suave (LINCOLN; MORE; 2017). Na indústria farmacêutica, invertases são empregadas na formulação de medicamentos, de xaropes para a tosse, de comprimidos digestivos, de alimentos infantis e nutracêuticos (LINCOLN; MORE; 2017). A invertase também pode ser utilizada na fabricação de biocombustíveis (NADEEM *et al.*, 2009; TALEKAR *et al.*, 2010) e como biossensor para a detecção rápida de sacarose em aplicações comerciais (SHANKAR *et al.*, 2014).

Em altas concentrações de sacarose, as invertases apresentam atividade de transfrutossilacção para a produção de frutooligossacarídeo. Os frutooligossacarídeos da sacarose são considerados adoçantes alternativos com propriedades funcionais, também chamados de fibras solúveis, com várias características desejáveis, como baixas calorias, não carcinogênese e segurança para os diabéticos. Os frutooligossacarídeos também são conhecidos como prebióticos, pois estimulam o crescimento de organismos probióticos. As invertases microbianas podem catalisar a síntese de frutooligossacarídeos de cadeia curta, como 1-kestose, nistose e frutofuranosil nistose, em que uma a três frações frutossil estão ligadas à sacarose por diferentes ligações glicosídicas, dependendo da fonte da enzima (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Pectinases microbianas

As pectinases são uma classe de enzimas que realizam a quebra da pectina, um polissacarídeo encontrado nas paredes das células das plantas, e que são classificadas como: Pectina Esterase (E.C. 3.1.1.11) que hidrolisa a pectina liberando unidade de ácido galacturônico; Poligacturonase (Endopoligacturonase, E.C. 3.2.1.15 e Exopoligacturonase, E.C. 3.2.1.67) que hidrolisam o ácido poligacturônico liberando oligogalacturonatos e monogalacturonatos; e Pectina liase, que se divide em Poligalacturonato liase e Oligogalacturonato liase. Essas enzimas ainda

se dividem entre endo e exo pectina liase, e seus produtos são galacturonatos insaturados. As pectinases são utilizadas no processamento de frutas e vegetais, na extração de óleo vegetal, na reciclagem de papéis, na indústria têxtil, em vinhos e bebidas e em processamento de chá e de café (GARG *et al.*, 2016).

Na indústria de alimentos, a maior aplicação das pectinases consiste na clarificação de sucos de frutas e de vinhos. O tratamento de sucos de frutas com enzimas aumenta seu rendimento, seu prazo de validade e sua estabilidade no armazenamento. No processo de vinificação, as enzimas influenciam nas características tecnológicas e sensoriais do vinho, maximizando seu rendimento, facilitando a filtração e intensificando sua cor e seu sabor (MERÍN *et al.*, 2015; JIMÉNEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2017; PATIDAR *et al.*, 2018).

No preparo de geleias, a pectina esterase reduz o uso de açúcar, realizando a conversão de pectinas de alta metoxilação em pectinas de baixa metoxilação, além de aumentar a propriedade de gelificação em associação com o cálcio (KUBRA *et al.*, 2018). Na fermentação do café, a enzima é utilizada com o objetivo de remover o revestimento mucilaginoso dos grãos. O tratamento com a enzima também acelera a fermentação de chás (SHET *et al.*, 2018). As pectinases podem ser usadas na produção de oligossacarídeos pécticos, que possuem efeitos prebióticos com benefícios à saúde (MÍGUEZ *et al.*, 2016). Na extração de óleo essencial, as pectinases melhoram a qualidade do óleo extraído comparado aos métodos tradicionais com relação ao índice de peróxido e de intensidade de cor (MEHANNI *et al.*; 2017). As pectinases, combinadas com outras enzimas, são muito utilizadas na indústria de papel como agente de branqueamento biológico. O uso de enzimas é ecológico e bastante eficaz para melhorar a qualidade do papel, sendo uma ótima opção para substituir branqueadores químicos convencionais (KAUR *et al.*, 2010; NATHAN *et al.*, 2017).

Lactases microbianas

As lactases (β -galactosidase, E.C. 3.2.1.23) são enzimas que hidrolisam as ligações β -D-glicosídicas da lactose, um dissacarídeo presente no leite, liberando monômeros de α -D-glicose e β -D-galactose. Essa enzima também tem como função transferir grupos galactosil para se conectar à galactose, promovendo a formação de galactooligossacarídeos, que atuam como prebióticos para o desenvolvimento de alimentos funcionais.

As lactases ganharam destaque na indústria de laticínios devido ao aumento da intolerância à lactose na população. A disponibilidade de preparações comerciais de lactase favorece o desenvolvimento de diferentes abordagens tecnológicas para a fabricação de produtos com baixo teor de lactose (ou zero lactose). As lactases são usadas na produção de sorvetes e de leites condensados e aromatizados (TSUCHIYA *et al.*, 2017).

Quando adicionada ao leite ou ao soro de leite líquido e deixada por cerca de um dia a 5 °C, aproximadamente 50% da lactose é hidrolisada, resultando em um produto mais doce que não cristaliza se condensado ou congelado. Esse método permite que o soro de leite desperdiçado substitua parte (ou todo) do leite em pó desnatado usado nas receitas tradicionais de sorvete. Além disso, melhora a cremosidade do produto. Quantidades menores de lactase podem ser adicionadas ao leite esterilizado de longa duração para produzir um produto com redução de lactose relativamente barato. Portanto, o uso de lactase não atingiu todo o seu potencial devido

aos custos da enzima e, quando usadas em baixas temperaturas, podem diminuir sua eficiência catalítica.

Proteases microbianas

As proteases microbianas (também chamadas de peptidases ou proteinases) são uma classe de enzimas que catalisa a hidrólise de proteínas em polipéptidos menores ou aminoácidos livres. Elas são classificadas em endopeptidases ou exopeptidases dependendo do mecanismo de clivagem das proteínas. As proteases também são classificadas de acordo com o tipo de aminoácido presente no seu sítio ativo: serino-protease, cisteíno-protease, aspartato-protease, treonina-protease, metalo-protease. Outras proteases são muito conhecidas e aplicadas na indústria: papaína, bromelina e queratinases. As proteases constituem um dos grupos mais importantes de enzimas industriais. A grande variedade de proteases, com sua especificidade de ação e de aplicação, tem sido muito explorada nas indústrias de detergentes, de alimentos, de produtos farmacêuticos e nos curtumes.

No processamento de alimentos, as proteases atuam como amaciante de carne, coalhada de leite, desengorduramento, clarificação de bebidas, texturização e desproteínização. Na indústria de queijos, são utilizadas para a coagulação do leite, além de reduzir as propriedades alergênicas dos produtos lácteos (LEMES *et al.*, 2016). As proteases também são usadas na produção de hidrolisados de proteínas para a incorporação em alimentos infantis, apresentando maior digestibilidade e menor alergenicidade (FLEISCHER *et al.*, 2016). Na indústria de detergentes, as proteases são utilizadas devido à sua excelente estabilidade, por aumentarem a eficiência da remoção de materiais proteicos e de manchas dos tecidos (KUDDUS; AMTEKE, 2009).

As queratinases são uma classe de enzimas proteolíticas com aplicações no processamento de aves (fabricação de suplementos de proteína e ração animal), nos cosméticos, em produtos farmacêuticos, na produção de biocombustível, na biorremediação, nos biofertilizantes, no tratamento de águas residuais, etc. (QUEIROGA *et al.*, 2012; BHANGE *et al.*, 2016). As queratinases microbianas são uma ferramenta promissora para melhorar a maleabilidade dos couros e para prepará-los para o processo de curtimento, além de serem ecológicas e econômicas (KALAIKUMARI *et al.*, 2019).

Amilases microbianas

As amilases são enzimas que hidrolisam carboidratos, principalmente o amido, para produzir açúcares simples. Elas são classificadas como α -amilases e amiloglicosidases. Entre as amilases, a α -amilase é considerada a mais versátil, com aplicações industriais que vão desde os processos de conversão de amido até a produção de ciclodextrinas na indústria farmacêutica (ADRIO; DEMAIN, 2014). A aplicação das amilases nas indústrias alimentícia e cervejeira é fundamental para a sacarificação de amido. Na panificação, a adição de α -amilases diminui a viscosidade da massa e aumenta a taxa de fermentação, o que produz uma textura aprimorada, melhora a cor da crosta da massa e o sabor do pão. Além disso, aumenta o prazo de validade dos produtos e atua como agente anti-*staling* (VAN DER MAAREL *et al.*; 2002). Na produção de biocombustíveis, a α -amilase é usada para a sacarificação do amido juntamente com as enzimas amiloglicosidases, liberando açúcares fermentescíveis para a produção de bioetanol.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os frutos amazônicos são amplamente divulgados na literatura sobre os seus benefícios na saúde, com a presença de compostos bioativos e com funções de importâncias nas áreas farmacêuticas e nos cosméticos. Além disso, os frutos amazônicos também são importantes reservatórios de microrganismos que, devido ao ambiente restrito ao fruto, podem conter inúmeras espécies desconhecidas para a aplicação em processos biotecnológicos. O isolamento desses microrganismos, além de promover melhor conhecimento da biodiversidade da microbiota nesse ecossistema, também proporciona um penoso, mas gratificante trabalho para encontrar novas espécies produtoras de enzimas com características e propriedades de grande interesse para aplicações industriais.

O levantamento bibliográfico sobre utilização biotecnológica de microrganismos autóctones de frutos amazônicos revela a carência de informações sobre os microrganismos e o potencial de produção de enzimas microbianas e suas características bioquímicas. Dessa forma, este capítulo desperta a atenção para a exploração dos frutos da Amazônia de forma a agregar informações para melhor preservar este ecossistema que vai muito além da importância ambiental para o planeta.

REFERÊNCIAS

- ABOL FOTOUH, D. M.; BAYOUMI, R. A.; HASSAN, M. A. Production of *Geobacillus thermoleovorans* DA2 thermoalkaliphalic lipase and application in the leather industry. **Enzyme Research**, v. 2016, 2016.
- ADRIO, J. L.; DEMAIN, A. L. Microbial enzymes: tools for biotechnological processes. **Biomolecules**, v. 4, n. 1, p. 117-139, 2014.
- AHLAWAT, S.; KUMAWAT, M.; BABELE, P. K. Microbial enzymes in food technology. IN: KUDDUS, M. (Editor). **Enzymes in food technology: improvements and innovations**. Springer Nature Singapore Pte Ltd., Singapore, 2018, pp. 1 – 18.
- AVHAD, M. R.; MARCHETTI, J. M. Uses of enzymes for biodiesel production. **In: Advanced bioprocessing for alternative fuels, bio-based chemicals and bioproducts**. Woodhead Publishing, 2019. p. 135-152.
- BATISTA, B. D.; LACAVAL, P. T.; FERRARI, A.; TEIXEIRA-SILVA, N. S.; BONATELLI, M. L.; TSUI, S.; MONDIN, M.; KITAJIMA, E. W.; PEREIRA, J. O.; AZEVEDO, J. L.; QUECINE, M. C. Screening of tropically derived, multi-trait plant growth-promoting rhizobacteria and evaluation of corn and soybean colonization ability. **Microbiological Research**, v. 206, p. 33-42, 2018.
- BHANGE, K.; CHATURVEDI, V.; BHATT, R. Simultaneous production of stable keratinolytic protease in detergent, amylase and biosurfactant by *Bacillus subtilis* PF1 using agro-industrial residues. **Biotechnology Reports**, v. 10, p. 94-104, 2016.

BENTES, V. L. I. **Preparação e caracterização de compósitos a base de fosfatos de ferro suportados em carvões ativados de resíduos de caroços de açaí e do endocarpo de tucumã para aplicação ambiental.** 2017. 137 f. (Dissertação de Mestrado em Química). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

CHAPMAN, J.; ISMAIL, A. E.; DINU, C. Z. Industrial Applications of Enzymes: Recent Advances, Techniques, and Outlooks. **Catalysts**, v. 8, n. 238, 2018.

DABAJA, M. Z., VARANO, A., SILVEIRA, G., IKEGAKI, M., PEREIRA, E. B. Avaliação da atividade enzimática de fungo endofítico isolado de *Annona crassiflora* (marolo) com interesse biotecnológico. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 1, 2019.

DORIYA, K.; JOSE, N.; GOWDA, M.; KUMAR, D. S. Solid-state fermentation vs submerged fermentation for the production of L-asparaginase. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 78, p. 115-135, 2016.

FARINAS, C. S.; DOS SANTOS, R. R. M.; NETO, V. B.; PESSOA, J. D. C. **Aproveitamento do caroço do açaí como substrato para a produção de enzimas por fermentação em estado sólido.** Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, p. 15, São Carlos, 2009.

FLEISCHER, D. M.; VENTER, C.; VANDENPLAS, Y. Hydrolyzed formula for every infant? In: **Protein in Neonatal and Infant Nutrition: Recent Updates.** Karger Publishers, 2016. p. 51-65.

GARG, G.; SINGH, A.; KAUR, A.; SINGH, R.; KAUR, J.; MAHAJAN, R. Microbial pectinases: an ecofriendly tool of nature for industries. **3 Biotech**, v. 6, n. 47, 2016.

GUERRAND, D. Lipases industrial applications: focus on food and agroindustries. **OCL**, v. 24, n. 4, 2017.

HASAN, F., SHAH, AA E HAMEED, A. Industrial applications of microbial lipases. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 39, n. 2, p. 235-251, 2006.

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, C.; LOZANO-SÁNCHEZ, J.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. Alternatives to conventional heat treatments in fruit juice processing. Part 1: Techniques and applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 3, p. 501-523, 2017.

KALAIKUMARI, S. S.; VENNILA, T.; MONIKA, V.; CHANDRARAJ, K.; GUNASEKARAN, P.; RAJENDHRAN, J. Bioutilization of poultry feathers for keratinase production and its application in the leather industry. **Cleaner Production Newspaper**, v. 208, p. 44-53, 2019.

KAUR, G.; SINGH, A.; SHARMA, R.; SHARMA, V.; VERMA, S.; SHARMA, P.K. Cloning, expression, purification and characterization of *Bacillus licheniformis* lipase, isolated from thermal springs in Himachal Pradesh, India. **3 Biotech**, v. 6, n. 1, p. 49, 2016.

KAUR, A.; MAHAJAN, R.; SINGH, A.; GARG, G.; SHARMA, J. Application of cellulase-free xylan-pectinolytic enzymes from the same bacterial isolate in the bleaching of kraft pulp. **Bio-resource Technology**, v. 101, n. 23, p. 9150-9155, 2010.

KUBRA, K. T.; ALI, S.; WALAIT, M.; SUNDUS, H. Potential applications of pectinases in food, agricultural and environmental sectors. **Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences**, v.6, p. 23-34, 2018.

KUDDUS, M.; RAMTEKE, P.W. Cold active extracellular alkaline protease of an alkaliphilic *Stenotrophomonas maltophilia*: production of enzymes and their industrial applications. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 55, n. 11, p. 1294-1301, 2009.

LEITE, O, C.; SANTOS, C, J.; SILVA, N, G, D. Determinação de pH ideal para aumento de produtividade no processo de biotransformação de esteroides. **Brazilian Journal of Natural Sciences**, v. 3, n. 1, p. 215-215, 2020.

LEMES, A.C.; PAVÓN, Y.; LAZZARONI, S.; ROZYCKI, S.; BRANDELLI, A.; KALIL, S.J. A new milk coagulation enzyme produced by *Bacillus* sp. P45 applied to the development of cream cheese. **LWT-Food Science and Technology**, v. 66, p. 217-224, 2016.

LINCOLN, L.; MORE, S.S. Bacterial investments: occurrence, production, biochemical characterization and meaning of transfruct. **Journal of Basic Microbiology**, v. 57, n. 10, p. 803-813, 2017.

MARKERTS RESEARCH REPORT. Food Enzymes Market., 2019. Disponível em: <<https://www.researchandmarkets.com/reports/4894548/global-food-enzymes-market-2020-2024>> Acesso em: 21 de abril de 2020.

MEHANNI, A. H. S.; EL-REFFAEI, W. H. M.; MELO, A.; CASAL, S.; FERREIRA, I. M.P.L.V.O. Enzymatic extraction of oil from *Balanites Aegyptiaca* (Desert Date) kernel and comparison with solvent extracted oil. **Journal of Food Biochemistry**, v. 41, n. 2, 2017.

MERÍN, M. G.; MARTÍN, M. C.; RANTSIOU, K.; COCOLIN, L.; DE AMBROSINI, V. I. M. Characterization of pectinase activity for enology from yeasts occurring in Argentine Bonarda grape. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 3, p. 815-823, 2015.

MÍGUEZ, B.; GÓMEZ, B.; GULLÓN, P.; GULLÓN, B.; ALONSO, J. L. Pectic oligosaccharides and other emerging prebiotics. **Probiotics Prebiotics Human Nutrition Health**, p. 301-330, 2016.

MOUAD, A.M.; TAUPIN, D.; LEHR, L.; YVERGNAUX, F.; PORTO, A.L.M. Aminolysis of derivatives of linoleic and salicylic acid with *Candida antarctica* lipase B: Solvent-free process to obtain amphiphilic amides for cosmetic application. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 126, p. 64-68, 2016.

NADEEM, H.; RASHID, M. H., RIAZ, M.; ASMA, B.; JAVED, M. R.; PERVEEN, R. Invertase from hyper producer strain of *Aspergillus niger*: physiochemical properties, thermodynamics and active site residues heat of ionization. **Protein and Peptide Letters**, v. 16, n. 9, p. 1098-1105, 2009.

NASCIMENTO, G. C.; BATISTA, R. D.; SANTOS, C. C. A. A.; SILVA, E. M.; PAULA, F. C.; MENDES, D. B.; OLIVEIRA, D. P.; ALMEIDA, A. F. α -Fructofuranosidase and α -D-Fructosyltransferase from new *Aspergillus carbonarius* PC-4 strain isolated from canned peach

syrup: effect of carbon and nitrogen sources on enzyme production. **The Scientific World Journal**, 2019.

NATHAN, V.K.; RANI, M.E.; RATHINASAMY, G.; DHIRAVIAM, K.N. Low molecular weight xylanase from *Trichoderma viride* VKF3 for bleaching newspaper pulp. **BioResources**, v. 12, n. 3, p. 5264-5278, 2017.

PATIDAR, M. K.; NIGHOJKAR, S.; KUMAR, A.; NIGHOJKAR, A. Pectinolytic enzymes-solid state fermentation, assay methods and applications in fruit juice industries: a review. **3 Biotech**, v. 8, n. 4, p. 199, 2018.

QUEIROGA, A.C.; PINTADO, M.E.; MALCATA, F.X. Potential use of *Bacillus* species associated with wool for biodegradation of keratinous materials. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 70, p. 60-65, 2012.

RAVEENDRAN, S., PARAMESWARAN, B., BEEVI UMMALYMA, S., BRAHAM, A., KURUVILLA MATHEW, A., MADHAVAN, A., PANDEY, A. Applications of microbial enzymes in food industry. **Food Technology and Biotechnology**, v. 56, n. 1, p. 16-30, 2018.

ROCHA, C. P. **Otimização da Produção de Enzimas por *Aspergillus niger* em Fermentação em Estado Sólido**. 2010, 136 f. (Dissertação de Mestrado Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

ROMANO, I. P. **Triagem de fungos da Amazônia como potenciais fornecedores de lipases para aplicação em biocatálise**. 2009, 80 f. (Dissertação de Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais). Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, AM.

SADH, P. K.; DUHAN, S.; DUHAN, J. S. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 5, n. 1, 2018.

SAE-LEAW, T.; BENJAKUL, S. Sea bass liver lipase (*Lates calcarifer*): Features and use for degreasing fish skin. **Food Chemistry**, v. 240, p. 9-15 2018.

SANGEETHA, R.; ARULPANDI, I.; GEETHA, A. Bacterial lipases as potential industrial biocatalysts: an overview. **Research Microbiology**, v. 6, n. 1, p. 1-24, 2011.

SHANKAR, T.; THANGAMATHI, P.; RAMA, R.; SIVAKUMAR, T. Characterization of invertase from *Saccharomyces cerevisiae* MK obtained from toddy sample. **Journal Bioprocessing and Chemical Engineering**, v. 1, n. 2, p. 1-6, 2014.

SANTOS, L. C. R. M. **Resíduos produzidos nas feiras abertas da cidade de Manaus como substrato para o cultivo e produção de lacase por *Pleurotus ostreatus***: Universidade do Estado do Amazonas, 2016. 51 f. (Dissertação de Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia). Universidade do Estado Amazonas, 2016.

SANTOS, R. R. M. **Aproveitamento do caroço do açaí como substrato para a produção de enzimas por fermentação em sólido estado**. 2010, 83 f. (Dissertação de Mestrado em Biotecnologia). Universidade Federal de São Carlos, 2010.

SHET, A. R.; DESAI, S. V.; ACHAPPA, S. Pectinolytic enzymes: classification, production, purification and applications. **Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences**, v. 4, p. 337-48, 2018.

SILVA, E. G.; BORGES, M. F.; MEDINA, C.; PICCOLI, R. H.; SCHWAN, R. F. Pectinolytic enzymes secreted by yeasts from tropical fruits. **FEMS Yeast Research**, v. 5, p. 859–865, 2005.

SINGH, R.; KUMAR, M.; MITTAL, A. Praveen Kumar Mehta. Microbial enzymes: industrial progress in 21st century. **3 Biotech**, v. 6, p. 174, 2016.

TALEKAR, S.; GHODAKE, V.; KATE, A.; SAMANT, N.; KUMAR, C.; GADAGKAR, S. Preparation and characterization of cross-linked enzyme aggregates of *Saccharomyces cerevisiae* invertase. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, p. 4760-4765, 2010.

TSUCHIYA, A. C.; SILVA, A. G. M.; BRANDT, D.; KALSCHNE, D. L.; DRUNKLER, D. A.; COLLA, E. Lactose-reduced ice cream enriched with whey powder. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 749-758, 2017.

VAN DER MAAREL, M.J.; VAN DER VEEN, B.; UITDEHAAG, J.C.; LEEMHUIS, H.; DIJKHUIZEN, L. Properties and applications of starch converting enzymes of the α -amylase family. **Biotechnology Journal**, v. 94, n. 2, p. 137-155, 2002.

VÁSQUEZ, Z. S., NETO, D. P.C.; PEREIRA, G. V.; VANDENBERGHE, L. P.; OLIVEIRA, P. Z.; TIBURCIO, P. B.; ROGEZ, H. L.; NETO, A. G.; SOCCOL, C. R. Biotechnological approaches for cocoa waste management: a review: A review. **Waste Management**, v. 90, p. 72-83, 2019.

YANG, W.; HE, Y.; XU, L.; ZHANG, H.; YAN, Y. A new solvent-stable extracellular lipase from *Burkholderia ubonensis* SL-4: identification, characterization and application in the production of biodiesel. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 126, p. 76-89, 2016.

CAPÍTULO 5

POTENCIAL PROBIÓTICO DE MICRORGANISMOS ISOLADOS DE FRUTOS AMAZÔNICOS

Eskálath Morganna Silva Ferreira

Gabriela Fachine Brito

Geovanka Marcelle Aguiar Leão

Raul da Conceição Alves da Silva

Mirelle Ribeiro Araújo

Raphael Sanzio Pimenta

*Juliana Fonseca Moreira da Silva**

**Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de microbiologia Geral e Aplicada, Quadra 109 Norte, Avenida NS-15, ALCNO-14, Plano Diretor Norte, CEP: 77001-090 Palmas-TO. E-mail: julianafmsilva@mail.uft.edu.br*

INTRODUÇÃO

Os frutos endêmicos da Amazônia apresentam importantes princípios ativos benéficos para a saúde humana, tais como ômega-3, vitaminas e carotenoides, compostos que são pouco estudados e explorados comercialmente. No que tange à ecologia microbiana autóctone desses frutos, poucos estudos foram realizados até o momento. No entanto, as informações relacionadas à microbiota dos frutos podem constituir uma importante ferramenta para o desenvolvimento de novos processos biotecnológicos (SILVA *et al.*, 2015; CHANG *et al.*, 2018).

O aumento do interesse e da demanda por alimentos mais saudáveis pelos consumidores tem impulsionado pesquisadores ao desenvolvimento de novos produtos que possuam benefícios funcionais. Por esse motivo, indústrias de alimentos têm visado melhorar e desenvolver novas linhas de produtos que forneçam benefícios particulares para a saúde dos consumidores. Entre os alimentos funcionais, os probióticos ganham destaque, pois são confirmados cientificamente os múltiplos benefícios que esses microrganismos promovem ao organismo humano (SANTOS *et al.*, 2019).

Estudos clínicos confirmam o efeito positivo dos microrganismos probióticos no tratamento de doenças gastrointestinais, nas alergias, contra a obesidade, na síndrome de resistência à insulina, no diabetes tipo 2 e contra doença hepática gordurosa não alcoólica. Além disso, podem contribuir no aumento da imunidade, serem benéficos devido ao uso profilático contra diferentes tipos de cânceres e diminuir efeitos colaterais associados (MARKOWIAK; ŚLIŻEWSKA, 2017). Sanz *et al.* (2010) afirmam que as bactérias do ácido láctico produzem boas quantidades de IL-10 (citocina, que desempenha um papel central no controle da inflamação e no estabelecimento da tolerância imunológica da mucosa intestinal). Ademais, essas bactérias produzem substâncias antimicrobianas (bacteriocinas), que ajudam a reduzir a presença de lipopolissacarídeos e peptidoglicanos no lúmen intestinal, que podem ser prejudiciais aos seres humanos. Kumar *et al.* (2012) reportaram a ação dos probióticos na redução dos níveis de colesterol em pacientes, sendo um efeito benéfico para combater as doenças metabólicas.

Carvalho *et al.* (2017) afirmam que o mercado de alimentos precisa se adaptar aos novos conceitos alimentares, no sentido de priorizar as funções fisiológicas de cada indivíduo como uma maneira de assegurar tanto o bem-estar quanto a saúde, assim como minimizar o risco de desenvolvimento de doenças ao longo da vida. Neste contexto, Melo *et al.* (2016) destacam, dentro da classificação de alimentos funcionais, os alimentos probióticos.

Dentre os microrganismos comumente utilizados comercialmente como probióticos, as bactérias que pertencem aos gêneros *Lactobacillus* - com destaque para as seguintes espécies: *L. acidophilus*, *L. casei* e *L. paracasei*, e outros gêneros como *Enterococcus* e *Bacillus* também são utilizados, assim como algumas leveduras (COOK *et al.*, 2012; SAAD *et al.*, 2011). Particularmente, entre o grupo de bactérias, as bactérias ácido lácticas (BAL) constituem um grupo diverso importante para a produção de alimentos, tais como bebidas fermentadas, queijos, legumes e vegetais em conservas, iogurtes e bebidas lácteas (WANG *et al.*, 2016).

A presença dessas bactérias ocorre naturalmente em alimentos, como em frutos presentes na região amazônica, sendo isolados da casca, da polpa e das sementes destes. Como exemplo podemos citar os frutos pupunha, bacupari, tucumã, uxi, entre outros como fontes de BAL (BOURDICHON *et al.*, 2012; BERISTAIN-BAUZA *et al.*, 2016).

Neste contexto, o presente capítulo tem por finalidade demonstrar a necessidade do conhecimento e do potencial da diversidade da microbiota presente em frutos amazônicos, assim como, corroborar para a demonstração da possibilidade de obtenção de microrganismos com potencial probiótico ainda inexplorados e que são importantes para a aplicação industrial e para o desenvolvimento de produtos com propriedades funcionais agregadas.

FRUTOS AMAZÔNICOS E POTENCIAL PARA OBTENÇÃO DE MICRORGANISMOS

O Brasil é rico em uma diversidade frutífera, sendo considerado um dos maiores produtores agrícolas do mundo (VEGA *et al.*, 2019). O bioma Amazônia apresenta uma grande diversidade vegetal, que concentra cerca de 44% das 500 espécies de frutos nativos do país (NEVES *et al.*, 2012). Os microrganismos podem ser obtidos frequentemente a partir de frutos e através de sua fermentação espontânea, forma naturalmente mais fácil de se obter microrganismos probióticos (PARAMITHIOTIS, 2017). Para sua sobrevivência, os microrganismos necessitam de

açúcares fermentáveis, como a glicose, a frutose e a sacarose, que são encontradas facilmente em frutos. A sucessão microbiana, durante o processo fermentativo espontâneo, promove uma série de reações bioquímicas complexas que podem liberar açúcares, como a glicose e a frutose e gerar a produção de ácidos orgânicos, álcoois, aldeídos e ésteres aromáticos. A identificação da biodiversidade microbiana encontrada em frutos pode ser realizada por métodos clássicos dependentes de cultivos em laboratório ou através do uso de técnicas moleculares (SILVA *et al.*, 2015; CHANG *et al.*, 2018). As BAL são comumente encontradas durante o processo fermentativo espontâneo de frutos e podem possuir um potencial probiótico para o desenvolvimento de culturas *starter*, com possíveis aplicações no desenvolvimento de novos produtos (SILVA *et al.*, 2015; CHANG *et al.*, 2018).

Alimentos fermentados são comuns em todo o mundo e são obtidos através do metabolismo de leveduras e bactérias, representadas principalmente pelo grupo de BAL, que fermentam os componentes químicos das matérias-primas e podem ocasionar o desenvolvimento de novos produtos (PARAMITHIOTIS, 2017). Desta forma, a importância de se obter microrganismos fermentativos com o intuito de utilizá-los no desenvolvimento de produtos alimentícios, que visam potencializar a qualidade e a funcionalidade, pode ocorrer devido à diversas atividades benéficas atribuídas aos microrganismos, como a atividade probiótica e a inibição de outros microrganismos patogênicos de origem alimentar, através de diferentes mecanismos, como a produção de agentes antimicrobianos, de ácidos orgânicos ou de competição por espaço e nutriente (GARZÓN *et al.*, 2017).

A identificação de microrganismos de fontes naturais como os frutos tem sido considerada um meio importante para a obtenção de cepas úteis e geneticamente estáveis. Garzón *et al.* (2017) realizaram a identificação de bactérias produtoras de substâncias bioativas e avaliaram seu uso para o controle e prevenção da contaminação de alimentos. As bactérias encontradas pertenciam ao grupo de BAL, foram isoladas de frutos da Amazônia equatoriana, e identificadas como *Lactobacillus plantarum* e *Weissella confusa*.

Serra *et al.* (2019) realizaram a identificação da comunidade microbiana do fruto do cacau amazônico (*Theobroma cacao* L.) brasileiro. Os autores encontraram seis bactérias do ácido láctico, sendo elas: *Lactococcus lactis*, *Fructobacillus pseudoficulneus*, *Weissella confusa*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus reuteri* e *Lactobacillus murinus*. Essa descoberta demonstrou a importância de identificar a população microbiana residente em frutos amazônicos e aponta novas perspectivas para explorar esses microrganismos em aplicações biotecnológicas.

Tenea *et al.* (2017) também obtiveram resultados semelhantes ao isolar bactérias do ácido láctico do fruto de jurubeba proveniente da floresta amazônica, demonstrando a riqueza probiótica que se pode encontrar nesses frutos. Sánchez *et al.* (2019) isolaram e identificaram 37 espécies de BAL, incluindo *Lactobacillus plantarum*, *Weissella cibaria*, *Lactobacillus brevis* e *Weissella confusa* de frutos da Amazônia peruana (caju, carambola, pupunha, jenipapo, buriti, buritirana, camu-camu, patauí, maracujá, maracujá doce, umari, araçá e cubiu). A caracterização fenotípica mostrou que a maioria dos isolados eram bacilos homofermentativos, capazes de fermentar glicose, maltose, celobiose e frutose e crescer em uma ampla faixa de temperaturas e pH.

Vários autores citam o *Lactobacillus plantarum* como a cepa encontrada com maior frequência entre os microrganismos isolados de frutos da Amazônia e com grande tendência para

aplicação biotecnológica devido ao seu potencial probiótico (BARACHE *et al.*, 2020; TENEA *et al.*, 2017; GARZÓN *et al.*, 2017; SÁNCHEZ *et al.*, 2019; NAZ, 2018).

De modo geral, os frutos oriundos da amazônia são descritos pela sua importância nutricional e demonstram uma riqueza microbiana. Em 2020, Ramos e colaboradores estudaram o fruto do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) e analisaram a microbiota durante a fermentação espontânea das suas sementes e encontraram leveduras, como *Hanseniaspora* e *Pichia*, além das bactérias *Lactobacillus* e *Acetobacter*. Eles associaram a concentração de polpa presente nas sementes de cupuaçu com a diversidade de bactérias e leveduras encontrada, ou seja, uma maior concentração de polpa promoveu maior tempo de fermentação, conseqüentemente, aumento na diversidade microbiana e maior produção de ácidos orgânicos.

Desta forma, diversos estudos indicam a existência de uma diversidade de microrganismos que pode ser isolada de frutos amazônicos e que pode ser capaz de apresentar uma ampla gama de aplicações biotecnológicas, podendo também ser utilizada em diversos setores industriais, como pela indústria alimentícia. Destaca-se ainda, a possibilidade de obtenção de novas cepas probióticas que possuam potencial para serem incorporadas na elaboração de novos produtos alimentícios, capazes de apresentar atividades funcionais eficazes.

Probióticos

Os probióticos são definidos como microrganismos vivos que, quando administrados regularmente e em quantidades adequadas, fornecem benefícios à saúde de quem os consome (FAO/OMS, 2006), incluindo aumento da imunidade (KAJI *et al.*, 2018), redução da população de bactérias patogênicas intestinais (WEHKAMP *et al.*, 2004), melhoria da função intestinal (BOGSAN *et al.*, 2014), melhoria no tratamento de alergias alimentares e redução do colesterol sérico (WANG *et al.*, 2012; KANG *et al.*, 2017). Além de apresentarem funções anti-inflamatórias (VAGHEF-MEHRABANY *et al.*, 2014), antioxidantes e antidiabéticas (EJTAHED *et al.*, 2012; DAS *et al.*, 2015) e servirem para prevenção e tratamento de alergias, alívio da constipação (SAAD *et al.*, 2011), entre outros.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Gerência Geral de Alimentos, disponibiliza uma lista de linhagens probióticas autorizadas para o uso em suplementos alimentares, sendo as seguintes espécies de bactérias autorizadas: *Lactobacillus casei shirota*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus casei*, da variedade *rhamnosus*, *Lactobacillus casei*, da variedade *defensis*, *Lactococcus lactis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium animalis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* e *Enterococcus faecium* (ANVISA, 2008). Recentemente, esta lista foi atualizada com a inclusão de outras novas espécies, como *Bacillus coagulans*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus reuteri* e *Lactobacillus helveticus* (ANVISA, 2017).

O gênero *Lactobacillus* é amplamente utilizado como probiótico em alimentos fermentados. Recentes estudos demonstraram que o comportamento de probióticos é de considerável interesse para serem utilizados na preservação de alimentos e na manutenção da saúde humana. As características antagonistas desse grupo contra os patógenos de origem alimentar têm sido estudadas, principalmente no grupo de BAL, mostrando que estas podem ser prováveis alternativas para os antibióticos (WAN *et al.*, 2018).

Os principais microrganismos probióticos são as bactérias, sendo os gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* os mais utilizados, principalmente nas indústrias alimentícias. O gênero *Lactobacillus* é amplamente utilizado em alimentos fermentados e é de considerável interesse na preservação de alimentos e na manutenção da saúde humana (WAN *et al.*, 2018). As bifidobactérias costumam colonizar preferencialmente o colón, enquanto os lactobacilos colonizam preferencialmente a porção terminal do íleo. Contudo, nem todas as espécies pertencentes a esses gêneros são necessariamente probióticas (SAAD *et al.*, 2011).

Para ser considerado probiótico, um microrganismo precisa atender a critérios rigorosos de avaliação, como: sobrevivência no organismo do hospedeiro em temperatura corporal de 37°C, com as alterações de pH ao passar pelo trato gastrointestinal, com a exposição ao suco gástrico, à enzimas, à tensão de oxigênio e aos sais biliares e pancreáticos. Além disso, existe a competição com a microbiota nativa, exigindo maior adaptação do microrganismo. Somado a esses fatores, é importante que o probiótico seja tolerante também aos metabólitos secundários produzidos por microrganismos da microbiota autóctone do hospedeiro (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Os principais mecanismos de adaptação e modo de ação dos probióticos são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Principais mecanismos de adaptação e modo de ação de microrganismos probióticos.

Mecanismos de adaptação	Modo de ação de microrganismos probióticos
Produção de substâncias antagonistas	Produção de alguns ácidos orgânicos, peróxido de hidrogênio e bacteriocinas que são inibidores tanto de bactérias Gram-positivas quanto de Gram-negativas (NEAL-MCKINNEY <i>et al.</i> , 2012).
Bloqueio de sítios de adesão	Probióticos e bactérias patogênicas estão em constante competição. Os probióticos inibem a adesão desses patógenos, aderindo previamente às superfícies epiteliais do intestino, bloqueando assim os sítios de adesão de patógenos (OHLAND; MACNAUGHTON, 2010).
Competição por nutrientes	Estudo <i>in vivo</i> demonstrou que os probióticos inibem o crescimento de outros patógenos através da competição pelo consumo de nutrientes disponíveis (REIFF; KELLY, 2010).
Estímulo da imunidade	A imunidade específica e não específica pode ser um possível mecanismo dos probióticos para proteger o hospedeiro contra doenças intestinais. Este mecanismo ainda não está bem elucidado, porém acredita-se que os componentes específicos da parede celular ou as camadas celulares podem atuar como adjuvantes e aumentar a resposta imune humoral (GIORGETTI <i>et al.</i> , 2015).
Degradação de receptores de toxinas	A degradação de receptores de toxinas sobre a mucosa intestinal foi demonstrada por <i>Saccharomyces boulardii</i> , fator que demonstrou proteção do hospedeiro contra doença intestinal causada por <i>Clostridium difficile</i> (POTHOULAKIS, 2009).

Fonte: os autores.

A colonização dos microrganismos probióticos pode variar conforme a porção do intestino, sendo o cólon a região do trato gastrointestinal mais densamente colonizada por eles. Entretanto, a prevalência dos probióticos pode variar bastante entre indivíduos, podendo ocorrer mudanças significativas dependendo da idade, da dieta e do estado de saúde do hospedeiro (JAGER *et al.*, 2013).

Alguns fatores também podem afetar a sobrevivência de microrganismos probióticos em produtos alimentícios, como por exemplo, a concentração do inóculo, a cepa utilizada, a acidez do meio, a interação com bactérias presentes no alimento, a presença de conservantes, o nível de oxigênio dissolvido, a disponibilidade de nutrientes e de fatores de crescimento, o tempo de incubação e a temperatura de armazenamento do produto processado (PANDEY *et al.*, 2008). Esses fatores limitantes podem levar à diminuição da sobrevivência dos microrganismos que, por sua vez, devem permanecer viáveis em níveis satisfatórios e ainda resistirem às condições de processamento do produto, para que este seja comercializado como probiótico (STANTON *et al.*, 2005).

Assim, a busca por novos microrganismos probióticos, sobretudo pelas BAL, gera grande interesse econômico devido à ampla possibilidade de uso de tais microrganismos, tanto para o benefício da saúde, quanto para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (VANDENPLAS *et al.*, 2015).

BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS E SUA IMPORTÂNCIA PARA A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

A maioria dos probióticos comercialmente disponíveis para o consumo humano em produtos alimentícios são BAL, que podem ser obtidas da fermentação de lácteos, de legumes e de frutas. As bactérias lácticas têm desempenhado diversos papéis importantes em aplicações alimentares, principalmente para a preservação de alimentos, a fim de melhorar a sua qualidade (DELGADO *et al.*, 2015; MONTET *et al.*, 2014; VIJAYA-KUMAR *et al.*, 2015; HAYEK; IBRAHIM, 2013). Esse grupo de bactérias é caracterizado como cocos ou bastonetes Gram-positivos, anaeróbios, não moveis, não esporulados, catalase negativo, produtores de ácido lático como o principal produto metabólico da fermentação (DELGADO *et al.*, 2015; MONTET *et al.*, 2014; VIJAYA-KUMARENDRA *et al.*, 2015; HAYEK; IBRAHIM, 2013).

Dentre esse grupo de bactérias, existe uma predominância constituída por quatro gêneros: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* e *Streptococcus*. No entanto, revisões taxonômicas propuseram vários novos gêneros relacionados aos grupos remanescentes, como: *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Globicatella*, *Lactococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* e *Weissella* (KHALID, 2011).

As BAL são capazes de produzir uma diversidade de produtos alimentícios fermentados como iogurtes, queijos, chucrute, pães, presuntos, azeitonas, picles, molho de soja, entre outros, em decorrência de suas atividades metabólicas. Isso significa que as BAL possuem um desenvolvimento adequado quanto à utilização de açúcares disponíveis na fermentação, produzindo ácidos orgânicos ou outros metabólitos importantes no desenvolvimento de alimentos (BOURDICHON *et al.*, 2012; BERISTAIN-BAUZA *et al.*, 2016).

Por tratar-se de um agrupamento de gêneros, estudos revelam que a fermentação proporcionada pelas BAL não é realizada por uma única estirpe, mas por uma mistura complexa desses microrganismos (SAUER *et al.*, 2017; PETERSEN *et al.*, 2017; SONG *et al.*, 2017). A fermentação gera efeito benéfico na qualidade do produto, dependendo não apenas das características metabólicas das BAL, mas também da atividade enzimática dos substratos utilizados (GÄNZLE, 2014). Estudos verificaram que a fermentação realizada por BAL tem o potencial

de melhorar as características tecnológicas, nutricionais, funcionais e sensoriais de alimentos (RIZZELLO *et al.*, 2016). Em particular, esses microrganismos podem enriquecer farinhas, melhorando as propriedades sensoriais e nutricionais de alimentos panificáveis. Além disso, a fermentação aumenta o conteúdo de compostos bioativos e a captação de minerais, diminuindo o nível de fatores antinutricionais e os valores da resposta glicêmica (GOBBETTI *et al.*, 2014).

Os produtos metabólicos do grupo BAL, como os ácidos, o peróxido de hidrogênio e as bacteriocinas também possuem a importância de inibir o crescimento de outras bactérias e fungos possivelmente patogênicos (GRUPTA; SRIVASTAVA, 2014). A nisina, por exemplo, é um conservante antimicrobiano, produzido por *Lactococcus lactis*, comumente utilizado para impedir o crescimento de patógenos específicos e deterioração causada por bactérias (SILVA *et al.*, 2018).

A indústria demanda uma enorme diversidade de espécies e de linhagens de microrganismos para diferentes funcionalidades, como: perfis de produção de aromas e propriedades de texturização, alterações de pH ou mudança de ingredientes e diversos outros processos (SAUER *et al.*, 2017; PETERSEN *et al.*, 2017; SONG *et al.*, 2017). As análises *in vitro* constataram que as bactérias do ácido láctico podem produzir efeitos antioxidantes e quelar íons ferrosos, além de degradar nitrito, sendo essas atividades de grande interesse industrial (KUDA *et al.*, 2016; KIM *et al.*, 2017).

A singularidade dos microrganismos probióticos fornece vários benefícios à saúde como grande estratégia para melhorar perfis bioativos de vegetais, o que converge com a conscientização sobre saúde e dieta por parte dos consumidores. Ademais, há notório aumento da demanda de variados produtos fermentados em todo o mundo (VIJAYA *et al.*, 2015; ERKMEN; BOZOGLU, 2016; FUJITA *et al.*, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso sustentável da biodiversidade de locais ainda poucos explorados, como a Amazônia, é fonte potencial para a descoberta de novos microrganismos que possuam propriedades específicas, sobretudo para aplicação na indústria alimentícia. O isolamento de novas cepas com potencial probiótico pode favorecer o desenvolvimento de novos produtos com alegações funcionais, assim como, auxiliar o aperfeiçoamento de produtos já presentes no mercado. Desta forma, os frutos amazônicos demonstram uma rica microbiota, importante para a obtenção de novos microrganismos com grande possibilidade de aplicações industriais.

REFERÊNCIAS

AGYIRIFO, D. S.; WAMALWA, M.; OTWE, E. P.; GALYUON, I.; RUNO, S.; TAKRAMA, J.; NGERANWA, J. Metagenomics analysis of cocoa bean fermentation microbiome identifying species diversity and putative functional capabilities. **Heliyon**, v. 5, 2019.

ANANDHARAJ, M.; SIVASANKARI, B.; SANTHANAKARUPPU, R.; MANIMARAN, M.; RANI, R.P.; SIVAKUMAR, S. Determining probiotic potential of cholesterol reducing *Lacto-*

bacillus and *Weissella* strains isolated from Gherkin (fermented cucumber) and south Indian fermented koozh. **Research in Microbiology**, v. 166, n. 428. 2015.

BARACHE, N.; LADJOUZI, R.; BELGUESMIA, Y.; BENDALI, F.; DRIDER, D. Abundance of *Lactobacillus plantarum* Strains with Beneficial Attributes in Blackberries (*Rubus* sp.), Fresh Figs (*Ficus carica*), and Prickly Pears (*Opuntia ficus-indica*) Grown and Harvested in Algeria. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12602-020-09632-z>.

CAMPOS-VEGA, R.; OOMAH, B. D.; VERGARA-CASTANEDA, H. A. Food wastes and by-products: nutraceutical and health potential. **John Wiley & Sons**, 480 p. 2019.

CARVALHO, F. L. O.; UYEDA, M.; BUONOMI, H. C.; GONZAGA, M. F. N. Probióticos e prebióticos: benefícios acerca da literatura, **Revista de Saúde UniAGES**, v. 1, n. 1, p. 33 -57, 2016.

CHANG, L. S.; KARIM, R.; MOHAMMED, A. S.; GHAZAI, H. M. Characterization of enzyme-liquefied soursop (*Annona muricata* L.) puree. **LWT - Food Science and Technology**, v. 94, p. 40–49, 2018.

DELGADO, S.; LEITE, A. M. O.; RUAS-MADIEDO, P. MAYO, B. Probiotic and technological properties of *Lactobacillus* spp. strains from the human stomach in the search for potential candidates against gastric microbial dysbiosis. **Frontiers in Microbiology**, v. 5, 2015.

EMBRAPA. Notícias: Amazônia é berço de frutas nativas de alto potencial comercial. Mercado de Cultivares e Sementes. 2016.

ERKMEN, O.; BOZOGLU, T. F. Spoilage of Vegetables and Fruits. In: **Food Microbiology: Principles into Practice**. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 337 p., 2016.

FUJITA, A.; SARKAR, D.; GENOVESEA, M. I.; SHETTY, K. Improving anti-hyperglycemic and anti-hypertensive properties of camu camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) using lactic acid bacterial fermentation. **Process Biochemistry**, v. 59, p. 133-140. 2017.

GARZÓN, K.; ORTEGA, C.; TENEA, G. N. Characterization of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from native fruits of ecuadorian amazon. **Polish Journal of Microbiology**, v. 66, n 4, p.473–481, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 de abril, 2018.

KUMAR, M.; NAGPAL, R.; KUMAR, R.; HEMALATHA, R.; VERMA, V.; KUMAR, A., CHAKRABORTY, C., SINGH, B., MAROTTA, F., JAIN, S., YADAV, H. Cholesterol-lowering probiotics as potential biotherapeutics for metabolic diseases. **Experimental diabetes research**, p.1-14, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2012/902917>.

MARKOWIAK, P.; ŚLIŻEWSKA, K. Effects of probiotics, prebiotics, and symbiotics on human health. **Nutrients**, v.9, p. 1-30, 2017.

MELO, T.; RIBEIRO-ALVES, M.; LAVINAS, F.; RODRIGUES, I. Levantamento e caracterização dos produtos probióticos disponíveis no mercado varejista da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Rede das Ciências em saúde**. v. 10, n. 1, p. 1-13, 2016.

MONTET, D.; RAY, R. C.; ZAKHIA-ROZIS, N. Lactic acid fermentation of vegetables and fruits. In: **Microorganisms and Fermentation of Traditional Foods**. Ed. Montet D & Ray RC; CRC Press, Taylor & Francis, FL, USA, 108 p., 2014.

NAZ, H. Isolation, identification and encapsulation of probiotics from grapes/spinach and biological screening of their secondary metabolites. **Centre for Biotechnology and Microbiology University of Peshawar**. Doctoral thesis, Publisher: university of Peshawar, Peshawar. 2018.

NEVES, L. C.; CAMPOS, A. J.; BENEDETTE, R. M.; TOSIN, J. M.; CHAGAS, E. A. Characterization of the antioxidant capacity of natives fruits from the Brazilian Amazon region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v, 34, n. 4, p. 1165-1173, 2012.

PARAMITHIOTIS, S. (Ed.). (2017). Lactic acid fermentation of fruits and vegetables. In: **Food Science & Technology**. Boca Raton, CRC Press, Cap 1. Pag. 312, 2017.

RAMOS, S.; SALAZAR, M.; NASCIMENTO, L.; CARAZZOLLE, M.; PEREIRA, G.; DELFORNO, T.; NASCIMENTO, M.; DE ALELUIA, T.; CELEGHINI, R.; EFRAIM, P. Influence of pulp on the microbial diversity during cupuassu fermentations. **International Journal of Food Microbiology**, v. 318, 2020.

SÁNCHEZ, J.; VEGAS, C.; ZAVALETA, A. I.; ESTEVE-ZARZOSO, B. Predominance of *Lactobacillus plantarum* strains in peruvian Amazonian fruits. **Polish Journal of Microbiology**, v. 68, n 1, p.127–137, 2019.

SANTOS, P. S.; DE ALMEIDA, E. B.; LACERDA, L. G.; DO NASCIMENTO, L. C. G.; PEREIRA, M. C. S. Potencial bioterapêutico dos probióticos. **CEREUS**. v.12, n. 1, p. 2-15, 2019.

SANZ, Y.; SANTACRUZ, A.; GAUFFIN, P. Session 8: Probiotics in the defence and metabolic balance of the organism. Gut microbiota in obesity and metabolic disorders. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 69, p. 434-41, 2010.

SERRA, J. L.; MOURA, F. G. PEREIRA, G. V. DE M.; SOCCOL, C. R.; ROGEZ, H.; DARNETA, S. Determination of the microbial community in Amazonian cocoa bean fermentation by Illumina-based metagenomic sequencing. **LWT- Food Science and Technology**, v. 106, p. 229-239, 2019.

SILVA, J. F. M.; PELUCIO, J M.; PRADO, G.; MADEIRA, J. E. G. C.; OLIVEIRA, M. S.; MORAIS, P. B.; ROSA, C. A.; PIMENTA, R. S.; NICOLI, J. R. Use of probiotics to control aflatoxin production in peanut grains. **The Scientific World Journal**, v. 2015, p. 1-8, 2015.

SINGHAL, N., SINGH, N. S., MOHANTY, S., SINGH, P., VIRDI, J. S. Evaluation of probiotic characteristics of lactic acid bacteria isolated from two commercial preparations available in Indian market. **Indian Journal of Microbiology**, v. 59, p.112–115, 2018.

TENEA, G. N.; GARZÓN, K.; BARRIGAS, A.; ORTEGA, C. Antimicrobial peptides of *Lactobacillus plantarum* UTNCys3.4 isolated from native fruits of Ecuadorian Amazonia inhibit the growth of foodborne pathogens. **SciForum. International Conference on Multidisciplinary Sciences, 2nd edition. Workshop on Natural Products and Agro-Industrial Processes in Amazon**, Ecuador, 2016.

VIJAYA-KUMAR, B., VIJAYENDRA, S. V. N., REDDY, O. V. S. Trends in dairy and non-dairy probiotic products - a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 10, p. 6112-6124, 2015.

WANG, M.; GAO, Z.; YONGGUANG ZHANG, Y.; PAN, L. Lactic acid bacteria as mucosal delivery vehicles: a realistic therapeutic option. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.13, p. 5691-701, 2016.

**OBRA 2:
USO SUSTENTÁVEL
DOS FRUTOS AMAZÔNICOS**

CAPÍTULO 6

DIVERSIDADE DE FRUTOS AMAZÔNICOS E SEU USO SUSTENTÁVEL

Fernanda Munhoz dos Anjos Leal Zimmer

Fabriele de Sousa Ferraz

*Claudia Cristina Auler do Amaral Santos**

**Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Microbiologia de Alimentos, Quadra 109 Norte, Avenida NS-15, ALCNO-14, Plano Diretor Norte, CEP: 77001-090 Palmas-TO. E-mail: claudiauler@uft.edu.br*

INTRODUÇÃO

O conceito de biodiversidade é definido como o conjunto de todas as espécies de seres vivos existentes em determinada região ou época. A biodiversidade da Amazônia brasileira é um dos recursos mais valiosos, tanto para região, como também para o país e o mundo, e demonstra um alto potencial para o desenvolvimento de novas tecnologias e bioprodutos. No entanto, faz-se necessário o uso sustentável desta biodiversidade, pois esse patrimônio é uma reserva de valor pelos seus possíveis usos, além dos benefícios econômicos e sociais que pode trazer. Alguns exemplos da demanda por biodiversidade e bioprodutos estão nas indústrias fitoterápica e farmacêutica, de cosméticos (dermocosméticos), de enzimas, além da indústria de alimentos e bebidas.

Na região amazônica de domínio brasileiro, estima-se que cerca de 70% das espécies existentes ainda não foram identificadas. Entretanto, o conhecimento e o uso das espécies vegetais da região para diferentes fins constituem uma prática antiga por parte das suas populações tradicionais. Recentemente, novos projetos e alguns empreendimentos pioneiros têm sido capazes de combinar um esforço de pesquisa científica, sobretudo na área biotecnológica, com as suas diversas possibilidades de aplicações para o desenvolvimento e o aproveitamento industrial de uma série de bioprodutos de modo sustentável.

Entre os produtos com maior potencialidade econômica, destacam-se os frutos nativos da região amazônica, os óleos vegetais, os óleos essenciais, os corantes naturais, fitomedicamentos, resinas e fibras. Portanto, um dos mercados que tem apresentado grande potencial de expansão está relacionado com a fruticultura, especialmente com o cultivo e exploração extrativista de frutos regionais como o açaí, tucumã, pupunha, bacupari e buriti. Deste modo, este capítulo apresentará dados sobre cada um dos frutos mencionados, destacando a biodiversidade dos frutos amazônicos, suas características, produção e seu uso sustentável.

AÇAÍ

Euterpe oleraceae Martius é uma palmeira distribuída por toda região Amazônica, que carrega frutos de cor roxa escura, agrupados em cachos. É uma espécie regional das matas de várzea que se destaca pelo seu valor econômico e alimentar, tanto para as populações ribeirinhas, quanto para as urbanas. O suco de seus frutos, conhecidos como açaí, é viscoso e tipicamente preparado pela maceração dos frutos e adição de água enquanto a polpa é extraída. O suco de açaí é uma das bebidas mais consumidas na região amazônica e seu consumo apresenta diversos benefícios para a saúde, devido à alta concentração de compostos bioativos, como, por exemplo, os polifenóis. Nos últimos anos, seu consumo ultrapassou as fronteiras da Amazônia, sendo comercializado em diversos estados e cidades brasileiras, nas mais diferentes formas, como: sorvetes, picolés, bebida e alimento energéticos, acompanhado de outras frutas e cereais, geleias, entre outros.

O açaí (Figura 6.1) faz parte da base alimentar da maioria da população da região Amazônica. No mercado interno brasileiro houve um crescente aumento na demanda pela polpa e derivados do açaí a partir da década de 1990. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, em 2019, a rota do açaí chegou a quase todos os continentes no mercado internacional. Em 2018, os Estados Unidos se mostraram na liderança entre os 10 principais compradores de açaí, sendo o país responsável por quase 40% do consumo total. Logo atrás vem o Japão, Austrália e por fim, o mercado europeu com Alemanha, Bélgica, França, Holanda e Portugal (CONAB, 2019).

Figura 6.1. Frutos de açaí.



Fonte: Vieira *et al.* (2018).

O estado do Pará é o maior produtor de açaí do Brasil, responsável pela produção de 60% da fruta (CONAB, 2019). O cultivo comercial para a produção de açaí é uma agroexploração e sua importância é devido a capacidade de absorção de mão de obra pouco qualificada, contribuindo para a subsistência de famílias ribeirinhas extrativistas e geração de empregos diretos e indiretos (EMBRAPA, 2018).

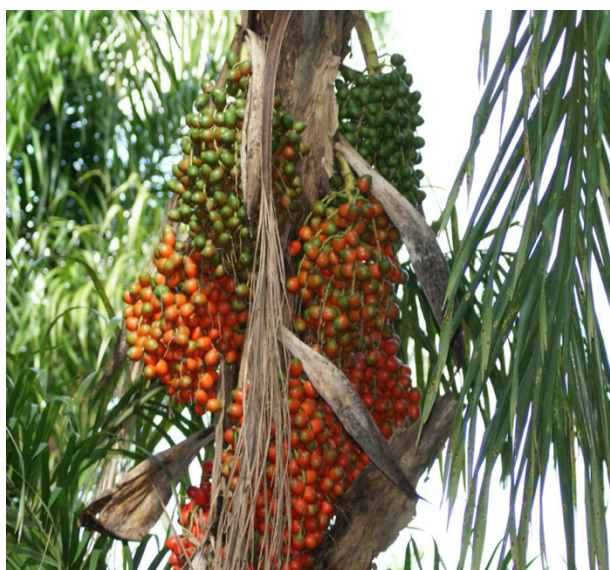
O aumento na demanda e consequentemente na produção de açaí tem levado à diversos desafios quanto a produção sustentável do fruto. A primeira consequência do aumento na agroexploração do açaí é a modificação do ecossistema nas regiões produtoras. Foi demonstrado que regiões de ilhas produtoras de açaí apresentam significativas erosões devido a produção em si, mas também pela abertura de canais para que pequenas embarcações adentrem nos furos, rios e igarapés, a fim de escoar a produção. Outros riscos ambientais incluem: mudanças na configuração da paisagem com sua homogeneização e extinção de outras espécies, e eliminação de espécies que protegem as margens das áreas de várzea (TAGORE, 2017). Estima-se que cerca de 219 mil hectares de várzea tenham se transformado em áreas homogêneas de açaí nos últimos anos (IBGE, 2018).

Como alternativa sustentável ao aumento da demanda do fruto, alguns autores sugerem a ampliação do plantio, não somente no Pará ou na Amazônia, mas também em outros estados brasileiros, particularmente naqueles situados na Mata Atlântica, e próximos de centros consumidores. Além disso, não é descartada a possibilidade do cultivo do açaizeiro em outras regiões tropicais do mundo, em razão de sua valorização econômica. Outra possibilidade, é o cultivo e processamento do açaí orgânico que constitui uma alternativa ambientalmente e socialmente positiva em relação ao produto tradicional. Os principais objetivos deste modelo de cultivo são o armazenamento e germinação das sementes, além da semeadura e obtenção das mudas de modo sustentável. Ademais, os produtores orgânicos além de defenderem uma agricultura que não esgote os recursos naturais, ou seja, sustentável, advogam uma sustentabilidade multidimensional. Incluem-se aí, questões de âmbito social, econômico, ambiental, cultural, ético e político.

Em relação ao processamento industrial, um dos principais desafios a serem superados é a agregação de valor aos outros componentes do fruto, visto que a maior parte das agroindústrias que processam açaí tem como principal produto a polpa. Entretanto, sabe-se que sua totalidade pode ser aproveitada para diferentes usos. Por exemplo, a raiz pode ser utilizada como produto medicinal, a estipe e as folhas podem ser utilizados na construção rural e o palmito, assim como os frutos, serve como alimento. O caroço corresponde a 73% do fruto (TEIXEIRA *et al.*, 2005), e para se alcançar um aproveitamento integral do fruto foi demonstrado que o uso das cinzas de caroço de açaí é viável para a produção de concreto, resultando em uma maior trabalhabilidade e menor espessura carbonatada, gerando um concreto mais durável e menos propenso a carbonatação (DO NASCIMENTO *et al.*, 2018).

PUPUNHA

A pupunheira (*Bactris gasipaes Kunth*) (Figura 6.2) é uma espécie versátil. Esta palmeira é utilizada para produção de palmito quando jovem e para a produção de frutos para consumo humano e animal quando adulta. Além disso, seu estipe pode ser destinado à confecção de móveis, artefatos, pequenos objetos e instrumentos de percussão (CARVALHO *et al.*, 2013).

Figura 6.2. Pupunheira.

Fonte: Borges (2016).

Na Amazônia brasileira, a pupunheira é cultivada quase exclusivamente para obtenção do fruto, principalmente por agricultores de baixa renda. Os frutos podem ter formato ovóide a cônico, quando maduros podem possuir cor vermelha, laranja ou amarela, e apresentarem cor da casca verde quando imaturos. A pupunha possui um mesocarpo que varia de amiláceo a oleoso, com um endocarpo envolvendo uma amêndoa fibrosa e oleosa. O principal uso dos frutos se dá na forma in natura, pois estes apresentam elevado valor nutritivo e energético, sendo ricos em lipídeos, fibras, amido e carotenóides totais (CARVALHO *et al.*, 2009; CARVALHO *et al.*, 2013).

A ampla variabilidade genética de pupunheira está refletida nos diferentes tamanhos dos frutos, cores, sabores e constituintes nutricionais. Nesse sentido, a expansão do cultivo das espécies de menor valor econômico, como a própria pupunha, pode aumentar a diversidade na agricultura e melhorar sua sustentabilidade. Uma estratégia para o desenvolvimento dessa diversidade de frutos é o melhoramento genético da espécie para obter variedades com características de fruto conforme as preferências dos consumidores.

Para aumentar o consumo do fruto da pupunheira, de forma sustentável, é fundamental criar variedades de qualidade que chamem a atenção do consumidor. O programa de melhoramento genético da pupunheira, que vem sendo desenvolvido desde 2009 e inclui a EMBRAPA e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), tem dois objetivos paralelos: frutos mais oleosos e frutos mais secos. A criação das variedades começa com a seleção de matrizes e, se recomendável, com o controle das plantas que possam fornecer pólen. Desse modo, as etapas deste processo incluem a instalação de ensaios comparativos das descendências das matrizes, avaliação dos frutos de cada palmeira, e estabelecimento do padrão de qualidade correspondendo à nova variedade (VAN LEEUWEN, 2009).

Outra forma de agregar valor ao fruto de forma sustentável é sua utilização em outros produtos como farinha de pupunha e sua aplicação na panificação, em cremes, molhos, bolos, panquecas, bolachas, macarrão, entre outros. Além disso, a polpa do fruto fornece um óleo com potencial econômico e também é muito frequente na preparação de bebidas fermentadas, des-

tacando-se dentre estas a chicha e a caiçuma, muito consumidas por comunidades indígenas na Amazônia. O óleo extraído da pupunha apresenta grande quantidade de ácidos graxos insaturados, e boa retenção dos compostos bioativos esteróis e fenólicos quando aquecido, desse modo, sendo interessante tanto do ponto de vista nutricional como industrial (COSTA-SINGH, 2015).

TUCUMÃ

O Tucumã apresenta duas variedades em destaque, o tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) e o tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum* Meyer). Ambas são palmeiras pertencentes à família Arecaceae, conhecidas popularmente como tucumanzeiro, com ampla distribuição na América do Sul (SANTOS *et al.*, 2015). No Brasil, o tucumã é encontrado nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Rondônia (FERREIRA *et al.*, 2010; CARNEIRO *et al.*, 2017).

As espécies de tucumã (Figura 6.3) apresentam diferenças que podem ser avaliadas por algumas características da planta, estas palmeiras podem ser unicaule ou multicaule, formando touceiros com 2 a 20 estipes, altura média entre 10 e 15 m, diâmetro de 15 a 33 cm, ao longo do tronco possuem espinhos, e a cor das polpas e os diâmetros dos frutos são semelhantes entre as espécies (VASCONCELOS, 2010; SILVA, 2018).

Figura 6.3. Tucumanzeiro.



Fonte: Nascimento; Oliveira (2011).

O tucumã é um fruto oleaginoso com uma única semente (amêndoa), de cor alaranjado, normalmente elipsoide, quando maduro apresenta de 3 a 5 cm de comprimento e possui odor característico (CUNHA JUNIOR *et al.*, 2020). Os frutos são utilizados na alimentação humana e animal. A polpa é bastante apreciada e consumida *in natura* pela população ou na forma de recheio para sanduiches e tapioca, além de cremes, sorvetes, farinha, suco e licor (CARNEIRO *et al.*, 2017).

As formas de comercialização do tucumã consistem basicamente na venda dos frutos inteiros ou venda da polpa na forma de lâminas, direcionada à um mercado local como feiras livres e pontos estratégicos nas ruas das cidades próximas às regiões de ocorrência, o que pos-

sibilita que seja encontrado durante o ano todo (COSTA *et al.*, 2011). Apesar de possuir grande potencial, a maior parte dos frutos comercializados é oriunda de exploração extrativista, fato este que é propiciado pela ocorrência natural do tucumã em áreas degradadas, pelos poucos estudos realizados para contribuir com sua domesticação e em decorrência do longo período de germinação de suas sementes, que pode chegar a 2 anos (SILVA, 2016).

De acordo com Yuyama *et al.* (2008) o tucumã é descrito como um fruto não suculento, com baixo teor de açúcar, mas com elevado conteúdo lipídico. Seu alto teor de óleos contribui consideravelmente para seu elevado valor energético (MILLER *et al.*, 2013). A proporção lipídica é uma peculiaridade entre os frutos, esses óleos apresentam sua composição predominantemente em ácidos graxos mono e poli-insaturados, especialmente os ácidos oleico, linoleico e linolênico, além da presença de ácidos graxos saturados, como os ácidos palmítico e esteárico (SILVA, 2018).

Outra propriedade nutricional do tucumã está relacionada à sua alta concentração de carotenoides, os quais são responsáveis pela atividade de pró-vitamina A, atuando como importante antioxidante (COSTA *et al.*, 2016). A polpa pegajosa e fibrosa apresenta também alto teor de vitamina B (tianina) e de vitamina C, quando comparada com frutos cítricos (CUNHA JUNIOR *et al.*, 2020).

O tucumã tem sido usado desde a época dos Ameríndios até os dias de hoje pelos povos amazônicos, com aproveitamento praticamente integral, apresentando uso variado. O endocarpo é largamente utilizado no artesanato e na indústria de biojóias e a semente serve de complemento alimentar para animais domésticos, além de se extrair dela o óleo que pode ser aproveitado como biodiesel e como insumo para a indústria cosmética e alimentícia (DIONET; FERRAZ, 2014). O estipe serve à construção civil e para confecção de arcos. Das folhas, além do emprego na manufatura de cestos, chapéus, abanadores e esteiras, é extraído o “tucum” fibra de alta qualidade, com a qual são confeccionadas redes para dormir, sacos, bolsas e redes de pesca (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

BURITI

O buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.f.) (Figura 6.4) é uma palmeira pertencente à família Arecaceae, muito comum em ambientes inundados sazonalmente, e amplamente distribuída por toda a região norte da América do Sul, principalmente na região Amazônica (FERREIRA *et al.*, 2018). No Brasil, ocorre em diversos estados como Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Tocantins, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo (FLORA DO BRASIL, 2017).

Figura 6.4. Buritizeiro.



Cacho de buriti (a); buritizal (b).

Fonte: (a) Beto Viana/ISPN; (b) Peter Caton/ISPN.

A palmeira de buriti possui estipe solitário e ereto, com diâmetro variando de 30 a 60 cm e as árvores adultas podem atingir até 35 m de altura. Suas raízes chegam a atingir 1 m de profundidade, e horizontalmente atinge uma amplitude de 40 m. Além disso, apresenta raízes aéreas o que possibilita trocas gasosas durante alagamentos (RIBEIRO *et al.*, 2010). Sua coroa apresenta folhas em leque e a longevidade do buritizeiro pode chegar a 85 anos (SILVA *et al.*, 2010).

O buritizeiro pode ser macho ou fêmea, do primeiro brotam cachos com flores alaranjadas, mas não produzem frutos. As fêmeas também produzem cachos com flores alaranjadas, que se desenvolvem para a produção de frutos (SOUZA; VIANA, 2018). O fruto do buriti é sazonal, sua frutificação ocorre predominantemente nos meses de dezembro a junho na maioria das regiões de ocorrência (CATTANI, 2016).

Os frutos são de cor castanho-avermelhada, com formato elíptico oval, e medem cerca de 4 a 5 cm de comprimento, o epicarpo é formado por uma casca fina escamosa triangular, já o mesocarpo é polposo, amarelo ou alaranjado, carnoso e oleoso (SAMPAIO; CARRAZZA, 2012). A composição física do buriti consiste em 40% de caroço, 30% de casca da polpa, 20% de envoltório celulósico e 10 % de polpa (MANHÃES, 2007).

A polpa de buriti apresenta predominância dos minerais K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, Se, Cr, I e pode ser considerada um alimento funcional (FERREIRA *et al.*, 2028). Possui também quantidades consideráveis de carotenoides, polifenóis e ácido ascórbico. Os carotenoides além de serem corantes naturais, têm efeitos benéficos à saúde humana como a atividade de pró-vitamina A (SANDRI *et al.*, 2017). O óleo é rico em ácidos graxos monoinsaturados, principalmente ácido oleico, cujos teores são superiores aos observados no azeite de oliva e soja (MARTINS *et al.*, 2016). O buriti, apresenta ainda, grandes quantidades de aminoácidos sulfurados importantes para bebês prematuros e triptofano precursor de niacina, sendo também rico em fibras (MANHÃES, 2007).

O buriti, de acordo com Cattani (2016), é uma planta extremamente versátil, servindo como alimento para animais e humanos, combustível, construção, cordoaria, para fins medicinal, ornamental e para saboaria, entre outros. O fruto geralmente é consumido *in natura* ou transformado em outros produtos como, geleias, néctares, biscoitos da farinha e iogurtes com a adição de seu doce ou polpa. Com sua polpa fresca, ainda pode ser preparada uma bebida muito apreciada,

conhecida como “vinho de buriti” (SANTOS *et al.*, 2011; CELESTINO, 2013; GARCIA, *et al.*, 2015).

Apesar do valor nutricional da polpa e da elevada quantidade de óleo de buriti, o principal produto comercializado no Brasil é a fibra. Essas fibras são oriundas das folhas jovens ainda fechadas, são bastante resistentes e utilizadas principalmente na confecção de redes e cordas, e as fibras menos resistentes são empregadas na confecção de várias peças artesanais (FERREIA *et al.*, 2018). Portanto, pode-se afirmar que o buriti possui múltiplas aplicações em todos os seus locais de ocorrência.

BACUPARI

O bacupari (*Garcinia brasiliensis* Mart) (Figura 6.5) é uma espécie nativa da Floresta Amazônica, cultivada em todo o território brasileiro, sendo conhecida popularmente como bacuri, bacupari, porocó e bacuripari. Os frutos são arredondados e indeiscentes, e sua polpa é adocicada e limitada. Ao chegar ao amadurecimento com a casca na cor laranja, o bacupari deve ser colhido e armazenado a 10 °C. Os frutos são consumidos principalmente *in natura* (ROCHA, 2015; PINTO, 2013; CORREIA *et al.* 2013).

Figura 6.5. Bacuparizeiro.



Bacuparizeiro (a); flores (b); (c) frutos.

Fonte: Figueiredo (2013).

Embora seja considerada uma árvore não domesticada, o uso do bacuparizeiro é recomendado para o reflorestamento em áreas degradadas. A comercialização dos frutos ainda é feita pelas populações locais e regionais, constituindo um potencial ainda a ser explorado no mercado nacional e internacional (MARQUES, 2014). Por outro lado, esta espécie apresenta variada composição química com atividades biológicas distintas, e vem ganhando bastante destaque devido ao seu potencial medicinal. Investigações farmacológicas mostraram atividades anti-nafílica, antimicrobiana, antiparasitária e antioxidante (SANTA-CECÍLIA *et al.*, 2013).

POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO À SUSTENTABILIDADE

O Brasil é um dos poucos países do mundo que possui um conjunto de políticas públicas para o desenvolvimento rural com o objetivo da redução das desigualdades, inclusão socioeconômica dos agricultores familiares e a segurança alimentar da população (BIANCHINI, 2015). Dentre estes programas, destaca-se o PRONAF, criado em 1995, como uma linha de crédito rural que atinge hoje o cenário rural brasileiro, em toda a sua diversidade.

O PRONAF Floresta e o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) – Biodiversidade têm visado atender os agricultores familiares beneficiários destes programas através da implantação de projetos de sistemas agroflorestais sustentáveis. Estes programas financiam projetos que envolvam a exploração extrativista ecologicamente sustentável, plano de manejo florestal, regularização e recuperação de áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente, além de uso alternativo do solo, que destina recursos, especificamente, para a manutenção e recuperação da biodiversidade da Amazônia, com adoção de boas práticas de manejo (TAGORE *et al.*, 2018).

Desse modo, as políticas públicas de financiamento aos produtores rurais têm auxiliado no incentivo às boas práticas sustentáveis em toda a extensão da cadeia produtiva dos frutos amazônicos. Apesar de reconhecida importância social e econômica, cabe destacar que estes programas ainda apresentam limitações. Nesse sentido, o uso sustentável da biodiversidade da Amazônia precisa ser cada vez mais estimulado e expandido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biodiversidade da Amazônia é refletida pela variedade de frutos disponíveis em sua floresta. Neste contexto, é importante ressaltar o uso sustentável destas espécies para que os recursos da floresta sejam preservados. Algumas espécies como o açaí e a pupunha são mais conhecidas e amplamente comercializadas, enquanto o potencial de outras como o tucumã, buriti e bacupari ainda não é totalmente explorado. O interesse nestas espécies vem aumentando, tanto para seu uso na indústria alimentícia, como também em outras áreas, como a medicinal, de cosméticos e até da construção civil.

REFERÊNCIAS

BIANCHINI, V. Vinte anos do PRONAF, 1995 - 2015: avanços e desafios/Valter Bianchini. — Brasília, DF: SAF/MDA, 2015. 113 p.

BORGES, C. V. **Avaliações biométricas de caracteres agronômicos em progênies de pupunheira (*Bactris gasipaes Kunth*)**. 2016, 91 p. (Tese de Doutorado em Agronomia Tropical). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2016.

CARNEIRO, A. B. A.; PINTO, E. J. S.; RIBEIRO, I. F.; MAGALHÃES, M. R. G.; MONTEIRO NETO, M. A. B. Efeito da *Astrocaryum aculeatum* (Tucumã) na toxicidade da Doxorubicina: modelo experimental in vivo.: modelo experimental in vivo. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 30, n. 3, p. 233-239, maio 2017.

CARVALHO, A. V.; BECKMAN, J. C.; MACIEL, R. A.; NETO, J. T. F. Características físicas e químicas de frutos de pupunheira no estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 35, n. 3, p. 763-768, 2013.

CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M.; SILVA, P. A.; ASCHERI, J. L. R. Produção de snacks de terceira geração por extrusão de misturas de farinhas de pupunha e mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 277-284, 2009.

CATTANI, I. M. **Fibra de Buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.): registro em comunidade local (Barreirinhas-Ma, Brasil), caracterização físico-química e estudo com impregnação com resinas**. 2016. 213 f. (Dissertação de Mestrado em Ciência Têxtil e Moda). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2016.

CELESTINO, C. M. S. Desenvolvimento e avaliação da vida de prateleira de geleia de buriti. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2013.

CONAB. Açaí - Análise Mensal. 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-a-cai>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

CORREIA, M. C. R.; LIMA, H. A. DE; SILVA, R. C. P. DA. Caracterização dos frutos, sementes e plântulas de espécies de Clusiaceae das restingas do Rio de Janeiro. **Rodriguésia Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 1, p. 61-73, 2013.

COSTA, B. E. T.; SANTOS, O. V.; CORRÊA, N. C. F.; FRANÇA, L. F. Comparative study on the quality of oil extracted from two tucumã varieties using supercritical carbon dioxide. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 322-328, 2016.

COSTA-SINGH, T. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoa de frutos amazônicos**. 2015, 158 p. (Tese de Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, SP, 2015.

CUNHA JUNIOR, R. M.; DOMINGUES, P. B. A.; AMBRÓSIO, R. O.; MARTINS, C. A. F.; SILVA, J. G. B. P. C. P.; PIERI, F. A. Brazilian amazon plants: an overview of chemical composition and biological activity.: an overview of chemical composition and biological activity. **Natural Resources Management and Biological Sciences**, 2020.

DIDONET, A. A.; FERRAZ, I. D. K. O comércio de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey - Arecaceae) nas feiras de Manaus (Amazonas, Brasil). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 353-362, jun. 2014.

DO NASCIMENTO, K. F. S.; OLIVEIRA, T. M. DA C.; Aproveitamento das cinzas de caroço de açaí na produção de concreto sustentável analisando sua durabilidade. In: Congresso Técnico

Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018, 2018, Maceió, AL. **Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018**, ISSN 2358117-4, Ano 5, v. 1.

FERREIRA, M.G. R.; COSTA, C. J.; PINHEIRO, C.U. B.; SOUZA, E. R. B.; CARVALHO, C. O. Grupos de Uso e as Espécies Prioritárias: *Mauritia flexuosa* L.f. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial – Plantas para o Futuro – Região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. (Série Biodiversidade; 51) p. 193-204. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

FERREIRA, S. A. N.; CASTRO, A. F.; GENTIL, D. F. O. Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função do pré-tratamento das sementes e da condição de semeadura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1189-1195, 21 jan. 2011.

FIGUEIREDO, S. A. **Avaliação in vitro e in vivo do potencial fotoprotetor e/ou fotoquimioprotetor do extrato etanólico do epicarpo de *Garcinia brasiliensis* (EEEGb)**. 2013. 101 p. (Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 2013.

FLORA DO BRASIL. Arecaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/flordobrasil/FB15723>> . Acesso em: 22 abr. 2020.

GARCIA, L. G. C.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Néctar de buriti (*Mauritia flexuosa*): a bebida funcional do cerrado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 263-269, 2015.

HOMMA, A. K. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? In: Homma, A. K. O. (Ed.). Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação. Brasília, DF: **Embrapa**, 2014.

IBGE. PANORAMA AGRÍCOLA DO PARÁ - AÇAI – 2018. 2018. Disponível em <<http://www.sedap.pa.gov.br/content/aça%C3%AD>>. Acesso em: 05 maio 2020.

MANHÃES, L. R. T. **Caracterização da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*, Mart.) com vista sua utilização como alimento funcional**. 2007. 78 f. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ 2007.

MARQUES, H. P. **Influência da glutamina na produção de metabólitos especiais em calos de *Garcinia brasiliensis* Mart. (Clusiaceae)**. 2014. 45f. (Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal de Alfenas, MG, Alfenas, 2014.

MARTINS, R.C.; AGOSTINI-COSTA, T.S.; SANTELLI, P.; FILGUEIRAS, T.S. *Mauritia flexuosa* (buriti). In: VIEIRA, R.F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, 2016.

MILLER, W. M. P.; CRUZ, F. G. G.; CHAGAS, E. O.; SILVA, A. F.; ASSANTE, R. T. Farinha do resíduo de tucumã (*Astrocaryum vulgare Mart.*) na alimentação de poedeiras. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 11, n. 1, p. 105-114, 2013.

NASCIMENTO, W. M. O.; OLIVEIRA, M. S. P. **Produção de mudas de tucumanzeiro-do-pará (*Astrocaryum vulgare Mart.*) por perfílios**. 1ª. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68487/1/COM230.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2020.

OLIVEIRA, S. F.; NETO, J. P. M.; SILVA, K. E. R. Uma revisão sobre a morfoanatomia e as propriedades farmacológicas das espécies *Astrocaryum aculeatum Meyer* e *Astrocaryum vulgare Mart.* **Scientia Amazonia**, v. 7, n. 3, p. 18-28, 2018.

PINTO, P. M. **Pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu, nativos da Região Amazônica, cultivados no Estado de São Paulo**. 2013. 145 f. (Tese de Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2013.

RIBEIRO, A. H. **O buriti (*Mauritia flexuosa L.f*) na terra indígena Araçá, Roraima: usos tradicionais, manejo e potencial produtivo**. 2010. 90 f. Dissertação de Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, 2010.

ROCHA, A. P. **Tecnologia de sementes e mudas de *Garcinia gardneriana* (PLANCH. & TRIANA) ZAPPI**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), 2015. 134 f. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2015.

SAMPAIO, M. B.; CARRAZZA, L. R. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto de da folha do buriti (*Mauritia flexuosa*)**. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), Brasília, DF, 2012. Manual tecnológico n°4.

SANDRI, D. O.; XISTO, A. L. R. P.; RODRIGUES, E. C.; MORAIS, E. C.; BARROS, W. M. Antioxidant activity and physicochemical characteristics of buriti pulp (*Mauritia flexuosa*) collected in the city of diamantino – mts¹. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 3, p. 1-7, 7 ago. 2017.

SANTA-CECÍLIA, F.V. I.; ABREU, F.A.; DA SILVA, M.A.; DE CASTRO, E. M. I. V.; DOS SANTOS, M.H.I. Estudo farmacobotânico das folhas de *Garcinia brasiliensis Mart.* (Clusiaceae). **Revista brasileira de plantas medicinais**, v.15, n.3, p. 397-404, 2013.

SANTOS, C. A.; RIBEIRO, R. C.; SILVA, E. V. C.; SILVA, N. S.; SILVA, B. A.; SILVA, G. F.; BARROS, B. C. V. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa L.f*) com e sem adição de aveia (*Avena sativa L.*). **RBTA**, V.5, n.1, 2011.

SANTOS, M.; MAMEDE, R.; RUFINO, M.; BRITO, E.; ALVES, R. Amazonian native palm fruits as sources of antioxidant bioactive compounds. **Antioxidants**, v. 4, n. 3, p. 591-602, 7 set. 2015.

SILVA, A. F. **Farelo do resíduo de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em substituição ao milho na alimentação de poedeiras comerciais**. 2018. 50 f. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2018.

SILVA, D. B.; MARTINS, R. C.; AGOSTINI- COSTA, T. S. Buriti. Série Frutas Nativas 2010. Edição comemorativa dos 40 anos da SBF. **Jaboticabal**: Funep 2010. 52p; 21 cm (Série Frutas Nativas, 3).

SILVA, M. B. **Caracterização físico-química e secagem de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum Meyer*): avaliação da preservação de suas propriedades funcionais**. 2016. 84 f. (Tese de Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2016.

SOUZA, N. F. S.; VIANA, D. S. F. Aspectos ecológicos e potencial econômico do buriti (*Mauritia flexuosa*). **Agrarian Academy**, v.5, n.9; p.535-549, 2018.

TAGORE, M. P. B. **O aumento da demanda do açaí e as alterações sociais, ambientais e econômicas: o caso das várzeas de Abaetetuba**, Pará. 2017. f 156. (Dissertação de Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia). Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2017.

TAGORE, M. P. B; CANTO, O.; SOBRINHO, M. V. Políticas públicas e riscos ambientais em áreas de várzea na Amazônia: o caso do PRONAF para produção do açaí. **Desenvolvimento & Meio Ambiente**, v. 45, p. 194-214, 2018.

TEIXEIRA, D. F. F.; SIQUEIRA, B. S.; CATTANIO, J. H. Importância da Aninga (*Montrichardia linifera*) na retenção de sedimentos na baía do Guajará, PA. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 16, n. 2, p. 6-19, 2014. Disponível em: <<https://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/4357/3006>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

VAN LEEUWEN, J. O melhoramento participativo de espécies agroflorestais: uma proposta para a pupunheira (*Bactris gasipaes*) para a produção de fruto. In: Porro, R. (ed.), **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 805-825, 2009.

VASCONCELOS, B. E. C. **Avaliação das características físicas, químicas e nutricionais dos óleos do tucumã (*Astrocaryum aculeatum e Astrocaryum vulgare*) obtidos com CO₂ pressurizado**. 2010. 113 f. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2010.

VIEIRA, A. H.; RAMALHO, A. R.; NETO, C. R.; CARARO, D. C.; COSTA, J. N. M.; JÚNIOR, J. R. V.; WADT, P. G. S.; SOUZA, V. F. **Cultivo do Açaizeiro (*Euterpe oleracea Martius*) no Noroeste do Brasil**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2018.

YUYAMA, L. K. O.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H. A. Processing and shelf-life evaluation of dehydrated and pulverized tucuman (*Astrocaryum aculeatum Meyer*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 408-412, 2008.

CAPÍTULO 7

DESAFIOS PARA UTILIZAÇÃO DE FRUTOS AMAZÔNICOS SAZONAIS OBTIDOS POR EXTRATIVISMO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

*Caroline Roberta Freitas Pires**

Hellen Christina de Almeida Kato

Diego Neves de Sousa

Viviane Ferreira dos Santos

**Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Tecnologia de Alimentos, 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitschek, Palmas – TO, carolinerfpres@uft.edu.br.*

INTRODUÇÃO

A ocupação da Amazônia brasileira foi motivada pela atividade do extrativismo desde meados do século XIX. Com as transformações advindas da sociedade, sobretudo pautadas pela modernização da agricultura, na década de 1970, o Estado apoiou nesta região o início da exploração das florestas para uso agrícola e pecuário. Isto foi desencadeado também pela demanda dos grandes empreendimentos que foram sendo construídos na região (COSTA, 2012).

As críticas em torno do sistema ambiental mundial vêm se agravando nos últimos anos e a Amazônia torna-se referência em diversidade sociocultural e ambiental. Neste contexto, os atores que atuam com pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) precisam repensar estrategicamente o uso da biodiversidade regional, ao agregar valor aos produtos extrativistas e valorizando o conhecimento tradicional dos povos da floresta (PORRO; SHIRAISHI NETO, 2013).

Neste contexto, este capítulo do livro tem como objetivo identificar e analisar os desafios em termos socioeconômicos, tecnológicos e de pesquisa e inovação para a utilização de frutos amazônicos sazonais e obtidos por extrativismo na indústria de alimentos.

DESAFIOS SOCIOECONÔMICOS

Os extrativistas compõem a categoria da agricultura familiar que envolve uma enorme diversidade de públicos que têm na família (nuclear ou ampliada) a base estruturante de suas formas de produção e organização do trabalho (SCHNEIDER, 2014). Eles compõem populações carentes em termos de acesso às políticas públicas, os quais estão inseridos em unidades de conservação ambiental localizadas em municípios com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o que contribui ainda mais para sua exclusão nos processos de desenvolvimento rural (SOUSA, 2019).

Sousa (2019) aborda a temática sobre como melhorar a produtividade dos extrativistas, sugerindo que este público tenha acesso a recursos tecnológicos subsidiados por políticas públicas. Esta é também a linha de pensamento de Navarro (2001), ao propor que as famílias rurais possam se modernizar como forma de buscar novas alternativas de racionalidade produtiva. Mas, de certa forma, é preciso que sejam atendidas, *a priori*, as demandas básicas dos extrativistas, para que em um segundo momento possam adotar tecnologias em suas práticas, por meio do subsídio de políticas públicas e de forma sustentável (SOUSA, 2019).

Essas questões são paradigmas antagônicos do desenvolvimento, para o qual tem-se uma ideia voltada para a modernização e crescimento econômico e, conseqüentemente, modos de produção agrícola e extrativista menos dependentes e pautados no uso sustentável dos recursos, e de políticas públicas que reconheçam as necessidades da localidade (ACSELRAD, 2001).

É importante assinalar que os produtos do extrativismo estão passando por uma ressignificação, em que suas organizações coletivas estão buscando promover novos atributos de qualidade, associados aos valores socioculturais que os caracterizam (SOUSA, 2019). O reconhecimento dos valores sociais se desdobra em formas diferenciadas de manejo dos recursos territoriais, o que vai ao encontro dos princípios orientadores da sustentabilidade ambiental (GRISA; SCHNEIDER, 2014).

Cruz; Menasche (2014) consideram que, ao serem reconhecidos os diferentes modos de vida rural, abre-se também a oportunidade para que os alimentos tradicionais sejam valorizados pelas características e qualidades que lhes são próprios, o que ocasionaria em sua preservação cultural e, conseqüentemente, sua inserção no mercado formal. Não obstante, um dos principais problemas que acometem os extrativistas é a dificuldade de inserir seus produtos tradicionais nos mercados formais devido à falta de controle sanitário (CRUZ; MENASCHE, 2014; SOUSA *et al.*, 2019). A questão que entra em cena é como criar sistemas de garantia de qualidade adequados à este contexto.

Na região Amazônica brasileira, por exemplo, um dos desafios de sua economia é alterar a base produtiva, incorporando novos produtos em sua ainda fragilizada matriz de produção baseada nos setores da mineração, exploração madeireira e extrativismo de produtos florestais (ENRÍQUEZ *et al.*, 2009). Apesar de ser uma região dotada de abundantes recursos naturais, estes ainda não são suficientes para garantir o crescimento econômico, e tampouco a promoção do desenvolvimento sustentável. Isto significa que os processos econômicos baseados em produtos do extrativismo têm prosperado uma herança negativa na Amazônia, como ocorreu nos ciclos das drogas do sertão, da borracha, da madeira e dos minérios (COSTA; MASCARENHAS, 2018).

De modo geral, existe significativa variabilidade de produtos extrativistas explorados nos estados amazônicos, cada qual com sua importância econômica e peculiaridades na cultura alimentar regional, que se diferem de acordo com a realidade de cada estado. No Pará, se destaca o açaí, a pupunha, a castanha-do-Pará, a borracha e o tucumã; no Amazonas se destacam a piaçava, o tucumã, a castanha-do-Pará e o açaí; no Maranhão o babaçu, o açaí e a pupunha; no Acre a borracha e a castanha-do-Pará e no estado do Tocantins o babaçu (SILVA *et al.*, 2016).

A importância de produtos florestais não madeireiros (PFNM) também vem se destacando-se como potencial no mercado da região. Esses produtos não são de madeira, mas são extraídos de florestas naturais ou nativas. Com isso, se estabelece o equilíbrio entre a segurança alimentar da população local, a geração de trabalho e renda, além do uso racional dos bens naturais (COSTA; MASCARENHAS, 2018).

No entanto, é preciso salientar que, apesar da atividade extrativista ser inerente à formação sociocultural da região amazônica, ao longo do tempo está deixando de ser a principal (ou única) atividade econômica, sendo realizada concomitantemente com a agricultura e a pecuária (WITKOSKI, 2007). Portanto, os produtos de origem extrativista devem prover uma economia florestal sustentável e que consiga inserir a população local nas cadeias de valor dos frutos amazônicos. Assim, é considerado estratégico que as comunidades tradicionais sejam totalmente envolvidas no processo, e que o manejo seja adequado à realidade, pois a maioria dos produtos tem uma utilização doméstica, comercial e representativa em relação aos aspectos sociais, culturais e religiosos da região (SILVA *et al.*, 2016).

DESAFIOS TECNOLÓGICOS

O extrativismo vegetal é definido como um conjunto de atividades compreendidas desde a coleta das espécies até o manejo destas pelos pequenos produtores (DIEGUES, 2002). No entanto, a ausência de dados estatísticos referentes à origem, produção e comercialização de alguns produtos provenientes do extrativismo alocam muitas espécies no grupo dos “produtos invisíveis”, comprometendo o conhecimento sobre seus sistemas produtivos (SILVA *et al.*, 2019).

Neste contexto, produtos provenientes da floresta amazônica como o uxi (*Endopleura uchi* Huber), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e outros já domesticados, entre os quais cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e jambu (*Spilanthes oleracea* L.) estão elencados na categoria dos “produtos invisíveis” (MENEZES *et al.*, 2002).

Fatores associados aos ciclos da natureza que repercutem na dificuldade de padronização da produção e falta de regularidade na oferta, dificuldade de transporte e armazenamento da produção, baixa incorporação de avanços tecnológicos e de inovação, além de dificuldade e/ou ausência de internalização nos mercados são apontados como os principais gargalos para a inserção de produtos provenientes do extrativismo na indústria de alimentos (DINIZ *et al.*, 2017).

Silva *et al.* (2019) pontuaram que há alguns anos as famílias dos extrativistas eram numerosas e hoje apresentam um valor médio de 2,5 pessoas por núcleo familiar, o que repercute na redução da mão de obra disponível para o processo de coleta, tornando esta etapa um dos principais gargalos para o desenvolvimento de tecnologias acessíveis e inovadoras para o setor. A exemplo, Cortez (2011) e Meneguetti; Souza (2019) relatam uma redução no número de coletores de castanha-do-brasil, sendo este decréscimo justificado pela maior valorização em outras atividades, acesso difícil aos locais de coleta, baixo preço pago pelo produto e ausência de apoio das instituições governamentais.

Fatores relacionados às condições ambientais (ciclos da natureza) interferem diretamente na oferta dos frutos para a indústria de alimentos, visto que variáveis como padronização e regularidade não serão atendidas. No caso do açaí, o período de safra deste fruto é bem definido de julho a dezembro e o de entressafra de janeiro a junho. A produção na entressafra é diminuída em virtude do aumento do volume de chuva, repercutindo no aumento da acidez dos frutos, reduzindo sua qualidade (ARAÚJO, 2017). Além dos fatores ambientais, as longas distâncias entre os produtores e os consumidores, aliadas à alta perecibilidade do açaí também dificultam a sua comercialização pelos extrativistas. O bacuri também apresenta frutificação sazonal e a queda dos frutos ocorre, em sua maior parte, de janeiro a março, com uma grande variação quanto ao tamanho, forma e sabor (MEDINA; FERREIRA, 2004).

Em linhas gerais, os principais fatores que justificaram a redução nos valores absolutos dos produtos vegetais extrativos em diversas localidades das Regiões Norte, Nordeste e Sudeste estavam associados à escassez de mão de obra extrativista e também às condições climáticas desfavoráveis, com referência a ausência de chuvas (IBGE, 2016). Além disso, a dificuldade de transporte e armazenamento da produção pelas comunidades extrativistas também é apontada como um forte empecilho para a inserção na indústria. Silva *et al.* (2013) expõem que no estado do Pará, o transporte da castanha-do-brasil é realizado com canoa, em animais, ou carroças que se direcionam até as suas propriedades. Homma (2014) cita que a coleta do cupuaçu é efetuada pelos extrativistas 2 a 3 vezes por semana sendo transportado nas costas dos coletores. Já o transporte do açaí é realizado pelos trabalhadores em suas costas ou por carrinho de mão (ARAÚJO, 2017). Danos mecânicos nos frutos podem ocorrer durante a colheita e transporte, sendo um agravante na redução do tempo de vida útil e da qualidade dos vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Cabe destacar a experiência exitosa da Associação de coletores de castanha-do-brasil do Projeto de Assentamento Juruena, que atende as “Boas Práticas de Coleta de Castanha-do-brasil”, descrito como um conjunto de cuidados que devem ser seguidos da coleta até a fase de ensacamento, sendo incluídos cuidados sobre como evitar que o ouriço permaneça por muito tempo no chão, separação das castanhas chochas, mofadas ou machucadas daquelas em boas condições e secagem do produto antes do armazenamento (MARTELLO, 2018).

Os extrativistas também são incapazes de formar os estoques e não conseguem manter o produto viável para ser comercializado até o final da safra, momento este de maior valorização comercial, culminando assim, na venda de sua produção antes do final da safra, ficando sujeitos ao baixo poder de negociação e acatando os baixos valores determinados pelo mercado (MARTELLO, 2018).

Para a manutenção da qualidade dos frutos durante a estocagem, faz-se necessária a redução da atividade respiratória, que é alcançada pela diminuição da temperatura e utilização de atmosfera modificada. Aliada à esses fatores, destaca-se a utilização de tratamentos químicos e irradiação (CHITARRA; CHITARRA, 2005) que consistem em estratégias de alto custo, quando considerada a realidade dos extrativistas.

A baixa incorporação de avanços tecnológicos e de inovação impactam diretamente o acesso à indústria, seja através da introdução de novas tecnologias que facilitem o trabalho e a coleta dos frutos, e também pelo investimento em formas alternativas para armazenamento dos frutos, de forma a manter a sua qualidade até a sua comercialização, contribuindo positivamente para a manutenção da qualidade do produto. Silva *et al.* (2019) relatam que o facão e os cestos de cipó continuam sendo os principais acessórios na coleta da castanha-do-brasil. Os autores também acrescentam que a única modificação tecnológica que ocorreu nas comunidades e nos castanhais foi a introdução do motor rabeta, que facilita o transporte, diminui o tempo gasto para chegar aos castanhais e também não exige que os extrativistas fiquem acampados nos castanhais no período de colheita (SILVA *et al.*, 2019).

Já para a coleta do açaí, a forma mais utilizada é escalando o estipe ou “peconha” com a utilização de um anel de fibra que envolve os pés, sendo a remoção do cacho realizada manualmente. Há também a utilização de um instrumento denominado de “traz cacho” que contém uma haste de alumínio com uma lâmina na extremidade superior, com um recipiente para depositar o cacho e uma roldana para permitir que o mesmo seja movimentado para o chão sem provocar a injúria dos frutos (ARAÚJO, 2017).

Homma (2014) afirma que para obter a polpa do bacuri os extrativistas partem a casca com um porrete e as sementes são separadas com tesouras por não possuir um equipamento específico para extração da polpa desta fruta. Neste mesmo contexto, Sousa (2018) relatou que uma das limitações para o desenvolvimento efetivo do extrativismo na região Amazônica está relacionada ao “atraso tecnológico” existente. Para tanto, apresenta que este desenvolvimento será alcançado a partir da agregação de valor à produção extrativista, visando obter a melhor performance econômica alcançada pelo aumento da produtividade do trabalho de extração (tecnologia de extração), melhorias na qualidade do produto (tecnologia de armazenamento) e formas cooperativas de beneficiamento e comercialização.

Outra barreira para a inserção dos frutos amazônicos obtidos pelo extrativismo na indústria consiste na dificuldade e/ou ausência de internalização nos mercados. Menciona-se a importância do fortalecimento das organizações coletivas, em que os extrativistas estão filiados e que podem propiciar assistência técnica para a produção e comercialização da produção extrativa. A exemplo, pode-se citar a Cooperativa Agropecuária dos Produtores Familiares Irituinses (D'IRITUIA) que se destaca no uso potencial do tucumã em escala comercial na forma de polpas e também na comercialização da matéria-prima para indústria, atendendo a três níveis de segmento de mercado (Institucional - Programa Nacional de Alimentação Escolar; Cooperativo - Restaurantes e agroindústrias; e consumidor final – Feira municipal) (SILVA, 2019).

Outro exemplo bem sucedido é a Cooperativa Agroextrativista de Veneja do Marajó (COPAVEM) que beneficia 43 famílias participantes e a totalidade de sua renda é obtida com a venda do fruto do açaí para batedores e agroindústrias, além de produzir barras de fruta (açaí com castanha do Pará) e geleia de açaí. A COPAVEM adota o uso das boas práticas de colheita e foi certificada pela *fair trade* por cumprir requisitos sociais e ambientais (ARAÚJO, 2017).

De acordo com Almeida (2014) a internalização dos extrativistas nos mercados exige um aprimoramento para que todos atendam, entre outras, às normas higiênico-sanitárias estabelecidas no processamento dos produtos, que vão além do consumo *in natura*, de maneira a agregar valor ao produto e manter a sua competitividade. Para o fortalecimento desta inserção dos extrativistas nos mercados, faz-se necessário o apoio das esferas governamentais com a criação de iniciativas que possam fomentar programas, tais como: o Programa Alimento Seguro (PAS), que teve como objetivo promover a capacitação das cadeias produtivas de açaí dos municípios do Nordeste Paraense, Baixo Tocantins e Marajó, quanto às boas práticas em toda a cadeia produtiva, da coleta do fruto à comercialização.

Tais programas aliados à iniciativas de inovação social e transferência de tecnologia que abrangem a coleta, armazenamento, transporte e conservação destes frutos poderão reduzir as perdas causadas pela ainda incipiente tecnificação dos processos para aproveitamento dos frutos amazônicos sazonais, desde que tenham a preocupação em associar o conhecimento empírico das comunidades e envolvê-las no desenvolvimento de processos visando a efetiva adoção.

DESAFIOS DE PESQUISA E INOVAÇÃO

A relação do homem e os frutos da natureza remonta a origem de nossa espécie humana e construiu-se baseada não apenas na necessidade alimentar, como também estes frutos passaram a ser consumidos por propriedades organolépticas ou terapêuticas específicas. Em tribos amazônicas, o uso de frutos com as mais diversas finalidades é descrito ao longo dos séculos, sendo este conhecimento acerca das espécies vegetais e seus usos considerado um ativo da floresta, tão importante quanto sua própria fauna e flora (DI STASI, HIRUMA-LIMA, 2002; ILHA *et al.*, 2008).

É importante que este ativo seja valorizado e gere riqueza para a comunidade, tal qual o próprio produto vegetal. No entanto, a dificuldade na avaliação e precificação das atividades extrativistas, além da exploração inadequada dos recursos e suas comunidades produtoras em sistemas de troca ou escambo, ainda fazem da comercialização formal de PFNM um grande desafio. A obtenção destes produtos não equaliza de maneira justa os interesses econômicos dos coletores, produtores e exportadores, fazendo com que a cadeia produtiva como um todo não seja reflexo do crescimento ou retração dos mercados e deixando o coletor/produtor a mercê dos preços de venda determinados por atravessadores, omitindo para os extratores as informações devidas sobre o mercado (PAES-DE-SOUZA *et al.*, 2011).

Diniz; Diniz (2018) estabelecem que possibilidades concretas do aproveitamento econômico dos frutos amazônicos perpassam pelas fragilidades do ambiente de exploração deste tipo de recurso. Por ora, existe enorme acesso à recursos da biodiversidade e, por outro lado, uma ainda incipiente base de pesquisa, desenvolvimento e inovação ligada à esta exploração, além de formação de capital humano em condições desfavoráveis ao avanço do conhecimento acerca do aproveitamento tecnológico e da bioprospecção, constituindo desafios reais ao aproveitamento destes frutos. Existe, portanto, descompasso entre a dotação de recursos naturais na Amazônia e sua capacidade de promoção do desenvolvimento científico e tecnológico, apoiado em sua abundante biodiversidade.

Frutos amazônicos, principalmente açaí, piquiá, camu-camu, cupuaçu e bacuri têm atraído a atenção da indústria de alimentos e cosmética, não apenas pelo sabor e características sensoriais, mas também pelas substâncias bioativas de sua composição: vitaminas, minerais, enzimas, antioxidantes, pigmentos, resinas e fibras que quando ingeridos e/ou usados em preparações estão relacionados à efeitos benéficos à saúde (BERTO *et al.*, 2015; LAMARÃO *et al.*, 2020). Essa riqueza de compostos, aliada aos séculos de conhecimento tradicional acerca do uso e aproveitamento destes frutos com as mais diversas finalidades, constituem possibilidades interessantes de exploração, especialmente nos setores agroalimentar, farmacêutico e de cosméticos.

Polpas de frutas nativas, óleos vegetais, óleos essenciais, pigmentos e compostos bioativos apresentam-se como motores de processos de inovação para o contexto amazônico, desde que as bases da exploração sejam sustentáveis, com o respeito aos povos da floresta, valorização do produtor/coletor com distribuição justa da renda gerada pela atividade, o uso racional dos recursos e o uso da biotecnologia a favor do desenvolvimento de processos agroindustriais enxutos e ecologicamente equilibrados.

Quando se trata da indústria biotecnológica, principalmente no ambiente amazônico, é importante ressaltar que as atividades para exploração dos frutos sazonais devem incorporar intensa pesquisa, inovação, informação e conhecimento. Essa integração só será possível através de intrínseca relação entre os centros de pesquisa, universidades (sejam públicas ou privadas) e as empresas, provendo o encontro da pesquisa básica e sua aplicabilidade industrial (INOMATA, 2016).

A Figura 7.1 resume algumas oportunidades e gargalos a serem resolvidos ao longo da cadeia de exploração dos frutos da Amazônia, lembrando que, segundo Bernstein; Singh (2006) a inovação pode ter origem através de “*technology push*”, quando a academia ou centro de pesquisa propõe iniciativas inovadoras a partir de seus achados de pesquisa, mas também do “*market pull*”, quando o mercado demanda a implementação de determinada inovação. Assim, iniciativas de PD&I devem sempre surgir de um profundo conhecimento da cadeia trabalhada, visando sempre a geração de ideias inovadoras e sustentáveis em vistas a sua adoção.

Figura 7.1. Desafios e oportunidades de inovação para as cadeias de frutos sazonais amazônicos.



Fonte: Adaptado de Paes-De-Souza *et al.* (2011) e Miguel (2009).

Um exemplo de intervenção da pesquisa na cadeia destes frutos é o processo de domesticação das espécies. As iniciativas do mercado, aumentando a demanda, apoiam a transição de produtos tipicamente extrativos para o cultivo ou manejo produtivo, em uma tentativa de suprir a demanda “*market pull*”. Essas transições em sistemas produtivos podem visar, por exemplo, a melhora na regularidade da oferta, na qual os ciclos sazonais passam a ser superados. Um clássico exemplo de transição de fruto do extrativismo para produção sistematizada apoiada em pesquisa foi o avanço da pimenta-do-reino como produto típico amazônico (DINIZ *et al.*, 2017).

Nem sempre este avanço nos métodos produtivos e no nível de inovação aplicada à cadeia significa melhor distribuição da renda entre os partícipes do processo ou garantia que o valor agregado ao produto seja distribuído à jusante da cadeia (DINIZ; DINIZ, 2018). Dessa forma, é importante reconhecer o papel essencial da universidade e centros de pesquisa como balizador da inovação, não apenas no modo de obtenção e exploração de produtos e subprodutos dos frutos amazônicos, mas também como centro de discussão, negociação e criação de modelos de negócio sustentáveis e economicamente vantajosos para todos os elos da cadeia envolvidos na exploração destes frutos.

Todo este cenário deve orientar a busca pela solução de desafios relacionados à exploração comercial de frutos sazonais amazônicos de forma sustentável e rentável para os extrativistas, que deve levar em conta os artefatos tecnológicos para melhoria da agregação de valor, sem abrir mão do desenvolvimento das comunidades coletoras/extratoras, visando, inclusive, a promoção de cadeias curtas de comercialização, eliminando a influência do atravessador, seja através do fortalecimento de organizações coletivas ou promoção de novas rotas de comercialização. Cita-se, por exemplo, o uso de novas tecnologias da informação e comunicação para aproximar produtor e consumidor final ou redes de distribuição para que o valor agregado à cadeia possa ser absorvido pela economia local.

Um caso de sucesso na organização produtiva e comercialização de frutos sazonais amazônicos é a Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA). Derivada de uma cooperativa de produtores de hortaliças, fundada em 1929, a CAMTA fortaleceu-se a partir da introdução da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) pelos imigrantes japoneses, que após uma crise devido ao aparecimento de doenças e os baixos preços alcançados no mercado, levou os produtores da monocultura da pimenta para a diversificação através de sistemas agroflorestais (SAF), produzindo dentre os frutos amazônicos o cacau, o cupuaçu, o açaí, o muruci, além de outros frutos tropicais como a goiaba, acerola, banana, caju, maracujá, abacaxi, culturas anuais e pequenos animais (BARROS *et al.*, 2011; HOMMA *et al.*, 2018). Os pequenos produtores de Tomé-Açu, Pará, são diferenciais quando comparados com a realidade local, seja pela relevante produção coletiva de conhecimento, apoiada fortemente por instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), e baseada no aprimoramento das necessidades, experiência e compreensão do ambiente por parte dos agricultores. Atualmente, a CAMTA conta com um patrimônio que inclui uma unidade fabril para processamento das frutas entregues pelos cooperados e processamento para venda no mercado nacional e exportação (HOMMA *et al.*, 2018).

Outro caso de sucesso é a empresa *Amazon Dreams*, incubada na Agência de Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Pará (Universitec - UFPA). A incubação é uma das modalidades, na qual, neste caso a parceria entre universidade, iniciativa privada e sociedade civil resultou em uma alternativa de comercialização, agregando valor aos produtos derivados de frutos amazônicos (açaí, ingá e muruci). Através da pesquisa e aplicação da biotecnologia, se

oferece para indústrias de alimentos, extratos purificados e fracionados utilizados na fabricação de bio-iogurtes e barras de cereais, além da produção do suco do açaí padronizado (MOURA *et al.*, 2010; RODRIGUES; SOBRINHO, 2014).

Portanto, é imprescindível articular ações de PD&I com os frutos da Amazônia como forma de fomentar suas riquezas naturais desde que atenda os aspectos da cultura da população local e da sustentabilidade, além de preservar a sociobiodiversidade. Não obstante, por ser uma região com assimetria aguçada, a exploração de recursos da biodiversidade ainda é uma realidade distante (DINIZ; DINIZ, 2018). Isto comprova a necessidade de o poder público investir em ciência e tecnologia para atender as necessidades da região amazônica brasileira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O panorama atual aponta para o grande desafio do desenvolvimento econômico e social da Amazônia, fazendo-se necessário que políticas voltadas para a assistência técnica, créditos para investimento, beneficiamento e comercialização, e pesquisas de tecnologia de produção possam juntamente com o fortalecimento das organizações dos produtores, agregar valor aos produtos advindos do extrativismo pelo processamento local, contribuindo com a geração de renda e melhora da qualidade de vida dos extrativistas que tem na floresta a sua subsistência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, H. Políticas ambientais e construção democrática. In: VIANA, G.; SILVA, M.; DINIZ, N. (Orgs.). **O desafio da sustentabilidade**: um debate socioambiental no Brasil. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2001.

ALMEIDA, J. J. **Do Extrativismo ao Cemitério das Castanheiras**: As possibilidades da Castanha do Pará. XXII Anais do Encontro Estadual de História da ANPUH-SP, Santos, 2014.

ARAÚJO, N.D. **Análise dos fatores de competitividade da cadeia produtiva da polpa do açaí do nordeste paraense**. 2017. 179 p. (Tese de Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2017.

BARROS, A.V.L. **Sistemas Agroflorestais Nipo-Brasileiros do Município de Tomé-Açu, Pará**: Formação e percepção. Manaus: EDUA-Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2011. p.305-337.

BERNSTEIN, B.; SINGH, P.J. An integrated innovation process model based on practices of Australian biotechnology firms. **Technovation**, v. 26, p. 561-572, 2006.

BERTO, A.; RIBEIRO, A. B; SOUZA, N. E.; FERNANDES, E.; CHISTE, R. C. Bioactive compounds and scavenging capacity of pulp, peel and seed extracts of the Amazonian fruit *Quararibea cordata* against ROS and RNS. **Food Research International**. v. 77, n.1, p. 236-243, 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CORTEZ, M. G. **Sistemas sociais de produção da castanha da Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) no município de Manicoré/AM**. 2011, 142 p. (Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2011.

COSTA, F. A. **Formação agropecuária da Amazônia: os desafios do desenvolvimento sustentável**. v. 1. 2. ed. Belém: NAEA, 2012.

COSTA, J. I; MASCARENHAS, S. A. N. Fatores que interferem no uso das boas práticas nas etapas no extrativismo da castanha-da-Amazônia no sul do Amazonas. **Revista EDUCamazônia -Educação Sociedade e Meio Ambiente**, v. 21, n. 2, p.264-277, 2018.

CRUZ, F. T; MENASCHE, R. O debate em torno de queijos feitos de leite cru: entre aspectos normativos e a valorização da produção tradicional. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 2, n.1, p. 34-42, 2014.

DIEGUES, A. C. Aspectos sociais e culturais do uso dos recursos florestais da Mata Atlântica. **Sustentável Mata Atlântica - A exploração de seus recursos florestais**. São Paulo, Senac, p. 135-158, 2002.

DI STASI, L. C., HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. São Paulo: Editora UNESP, p. 323-330, 2002.

DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Exploração dos recursos da biodiversidade da Amazônia Legal: uma avaliação com base na abordagem do Sistema Nacional/Regional de Inovação. **Redes - Santa Cruz do Sul**, v. 23, n. 2, p. 210-237, 2018.

DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T.; SILVA, A. L. F.; BARRIOS, M. L. C. Região Amazônica: biodiversidade e possibilidades de transformação industrial. **Cadernos CEPEC**, v. 6, n.5, p.4-51, 2017.

ENRÍQUEZ, G. Amazônia - Rede de Inovação de Dermocosméticos: Sub-rede de dermocosméticos na Amazônia a partir do uso sustentável de sua biodiversidade com enfoques para as cadeias produtivas da castanha-do-pará e dos óleos de andiroba e copaíba. **Parceria Estratégica**, Brasília, v.14. n. 28. p 51-118, 2009.

GRISA, C; SCHNEIDER, S. Três gerações de políticas públicas para a agricultura familiar e formas de interação entre sociedade e Estado no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 52, n.1, p. 125-146, 2014.

HOMMA, A. K. O.; VILLWOCK, A. P. S.; MORAES, A. J. G.; MENEZES, A. J. E. A. Pequenos produtores de Tomé-Açu e Viseu, Pará: da “agricultura de toco” a SAFs, uma mudança possível? In: **Anais... 56º Encontro da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER**, Campinas, 29 de julho a 01 de agosto de 2018. Campinas: SOBER, 2018.

HOMMA, A. K. O. **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. Belém, PA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, 2014.

ILHA, S. M.; MIGLIATO, K. F.; VELLOSA, J. C. R.; SACRAMENTO, L. V. S.; PIETRO, R. C. L. R.; ISAAC, V. L. B.; BRUNETTI, I. L.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava L.*) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.3, p. 387-393, 2008.

INOMATA, D. O. **Fluxos de informação no desenvolvimento de produtos biotecnológicos**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2016. 297 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 31, 2016. 55p.

LAMARÃO, C. V.; GOMES, M. L. S.; MARTINS, G. A. S.; ROLIM, C. S. S.; YAMAGUCHI, K. K. L.; SARAIVA-BONATTO, E. C.; SILVA, C. C.; VEIGA JÚNIOR, V. F. Antioxidantes Inorgânicos em Frutos Amazônicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p.12237-12253, 2020.

MARTELLO, E. F. Análise da rentabilidade e aspectos sociais do extrativismo de Castanha-do-Brasil no município de Cotriguaçu – MT. In: VI Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos de Economia e Mercado Florestal: 2018. Mato Grosso, MT: Concurso de Monografia, 2018. 49 p.

MEDINA, G.; FERREIRA, S. **Bacuri (Platonia Insignis Martius): o fruto Amazônico que virou ouro**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, DF, 2004.

MENEGUETTI, N. N. F. S. P.; SOUZA, M. P. A **Evolução das dimensões do macromarketing expandido no processo extrativo da castanha-da-Amazônia: O caso do assentamento Canaã, município de Ariquemes–RO**. 1 ed. Rio Branco: Strictu Senso Editora, 2019. p.111.

MENEZES, A. J. A. **Análise econômica da “produção invisível” nos estabelecimentos agrícolas familiares no Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranheira, Município de Nova Ipixuna, Pará**. 2002.137 p. (Dissertação de Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Pará, Pará, 2002.

MIGUEL, L. M. **Experiências sobre a Utilização da Biodiversidade: as bioindústrias de cosméticos na Amazônia brasileira**. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina - EGAL, 2009, Montevideo/Uruguai, 2009.

MOURA, J. M.; SILVA, N. P. O.; PAULO, M. R.; QUADROS, I. L. O. Inovação tecnológica agregando valor às potencialidades amazônicas: o caso da Amazon Dreams. In: **Anais... XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos, SP, Brasil, 12 a15 de outubro de 2010, São Carlos: ENEP, 2010.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 83-100, 2001.

PAES-DE-SOUZA, M.; SILVA, T. N.; PEDROZO, E. A.; SOUZA FILHO, T. A. O Produto Florestal Não Madeirável (PFNM) Amazônico açaí nativo: proposição de uma organização social baseada na lógica de cadeia e rede para potencializar a exploração local. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.3, n.2, p 44-57. 2011.

PORRO, N.; SHIRAIISHI NETO, J. Conhecimento tradicional associado à biodiversidade em recursos de uso comum: a roça e a quebra de coco babaçu em quilombo na Amazônia Oriental. In: GUERRA, G. A. D.; WAQUIL, P. D. (Orgs.). **Desenvolvimento rural sustentável no Norte e no Sul do país**. Belém: Paka-Tatu, 2013. p. 273-312.

RODRIGUES, D. C.; SOBRINHO, M. V. Negócio Inovador Sustentável e Rede de Parcerias Intersetoriais na Amazônia Brasileira: Desafios para uma Nova Lógica Produtiva. **Revista Gestão Organizacional**, v. 7, n. 2, p. 57-86, 2014.

SCHNEIDER, S. Evolução e características da agricultura familiar no Brasil. **Revista da ALASRU Nueva Epoca**, Buenos Aires, v. 1, n.1, p. 21-52, 2014.

SILVA, A. A.; SANTOS, M. K. V.; GAMA, J. R. V.; NOCE, R.; LEÃO, S. Potencial do extrativismo da castanha-do-pará na geração de renda em comunidades da Mesorregião Baixo Amazonas, Pará. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n.4, p. 500-509, 2013.

SILVA, D. A. C. **Potencialidade do tucumã (*Astocaryum vulgare* Mart.) no município de Irituia-Pa: um novo produto para cooperativa d'Irituia**, 2019. 42p. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço, 2019.

SILVA, D. W; CLAUDINO, L. S; OLIVEIRA, C. D; MATEI, A. P; KUBO, R. R. Extrativismo e desenvolvimento no contexto da Amazônia brasileira. **Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)**, v. 38, n.1, p. 557-577, 2016.

SILVA, L. J. S.; MENEGHETTI, G. A.; PINHEIRO, J. O. C.; SANTOS, E. M.; PARINTINS, D. M. O extrativismo como elemento de desenvolvimento e sustentabilidade na Amazônia: um estudo a partir das comunidades coletoras de castanha-do-brasil em Tefé, AM. **Destques Acadêmicos**, v. 11, n. 2, p. 168-187, 2019.

SOUSA, D. N. **Mediadores sociais e políticas públicas de inclusão produtiva da agricultura familiar no Tocantins: (des)conexões entre referenciais, ideias e práticas**. 2019. (Tese de Doutorado em Desenvolvimento Rural). Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

SOUSA, D. N.; ALMEIDA, H. C. G.; MILAGRES, C. S. F.; NIEDERLE, P. A. Estratégias de comercialização do pescado da agricultura familiar para a alimentação escolar: a experiência da Embrapa no Tocantins. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 1-18, 2019.

SOUSA, W. P. Extrativismo e desenvolvimento no contexto Amazônico. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 35, n. 2, p. 207-218, 2018.

WITKOSKI, A. C. Floresta de trabalho. In: WITKOSKI, A. C. **Terras, florestas e água de trabalho: os camponeses amazônicos e as formas de uso dos recursos naturais**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas - EDUA, 2007. p. 250-288.

CAPÍTULO 8

TENDÊNCIAS PARA UTILIZAÇÃO DE FRUTOS AMAZÔNICOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Camila Mariane da Silva Soares

Maria Olivia dos Santos Oliveira

Rômulo Alves Morais

*Glêndara Aparecida de Souza Martins**

**Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Cinética e Modelagem de Processos, 109 norte ALCNO 14, Avenisa NS 15, bloco 2 sala 6, glendarasouza@uft.edu.br*

INTRODUÇÃO

A região Amazônica representa cerca de 44% da diversidade de frutas nativas do Brasil, deste modo, é considerada um *hot spot* da biodiversidade, apresentando aproximadamente 220 espécies de plantas frutíferas que possuem sabores característicos, tipicamente apreciados pela população local (VIRGOLIN *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2020). Essas frutas geralmente são consumidas *in natura* e apresentam um amplo potencial econômico devido às suas características sensoriais e por serem consideradas fontes de compostos bioativos, apresentando alta capacidade antioxidante e elevado teor de compostos fenólicos (RAMOS *et al.*, 2015; CÂNDIDO *et al.*, 2015).

Estudos científicos comprovaram que frutas nativas possuem qualidade nutricional, todavia, seu aproveitamento ainda é muito baixo e seu acesso para consumo *in natura* é dificultado devido a sazonalidade e também à sua alta taxa de perecibilidade (CANUTO *et al.*, 2010; RUFINO *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2012)

Alguns frutos como Bacuri (*Platonia insignis*), Biribá (*Annona mucosa*), Camapu (*Physalis angulata*), Uxi (*Endopleura uchi*), Inajá (*Attalea maripa*), Tucumã (*Astrocaryum Aculeatum*) e Pajura (*Couepia bracteosa*) são ricos em vitaminas, aminoácidos, minerais, fibras e possuem um nível considerável de compostos bioativos (SANTOS *et al.*, 2013; JACOMIN *et al.*, 2018). Entretanto, existe uma escassez em relação à pesquisas científicas relacionadas aos seus consti-

tuintes, contribuindo com a precariedade de alternativas para aplicações tecnológicas envolvendo estes frutos (AVILA-SOSA *et al.*, 2019). Por outro lado, o Açaí (*Euterpe oleracea*), Buriti (*Mauritia flexuosa*) e Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) já são bastante utilizados na indústria alimentícia.

Jacomin *et al.* (2018) destacam que o conhecimento sobre os frutos e as técnicas de processamento podem fazer com que eles sejam apreciados e sejam disponibilizados em outras regiões brasileiras ou até mesmo no mundo. Além disso, os resíduos gerados a partir do processamento podem conter fontes importantes de alguns compostos químicos proeminentes, portanto, sua utilização pode ser uma estratégia viável para evitar perdas, contribuindo para que novas fontes de compostos bioativos sejam comercializadas. A escassez de informações sobre processamento de frutos amazônicos é um agravante, incluindo também a necessidade de se melhorar o aproveitamento de seus recursos naturais (BECKER *et al.*, 2018).

APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DOS FRUTOS AMAZÔNICOS

O desenvolvimento de produtos com porções de frutas em sua formulação possibilita a diversificação do mercado, principalmente se os produtos forem atrativos, práticos e com maior durabilidade (MARTÍN-ESPARZA *et al.*, 2011). Deste modo, o processamento na forma de geleias e doce se torna interessante por exigir poucos equipamentos, além disso, os produtos são feitos basicamente de uma ou mais frutas, açúcar, pectina e ácido (geralmente o ácido cítrico).

Esse processamento contribui com a expansão de frutos exóticos pouco conhecidos no mercado, sendo, também, uma alternativa de aproveitamento, possibilitando sua utilização na forma comercial, principalmente os que são difíceis de transportar e necessitam de refrigeração. Essa técnica agrega valor contribuindo para o aumento da vida útil, garantindo maior qualidade do produto (GARCIA *et al.*, 2017; REIS, 2019; SOUSA *et al.*, 2020).

A produção de bebidas mistas possibilita o melhor uso das frutas, além disso, é considerada como uma ótima fonte para evitar perdas e proporcionar um sabor diferenciado para frutas com sabor menos pronunciado, contribuindo para o aumento o valor nutricional do produto final (MAIA *et al.*, 2019).

A heterogeneidade biológica amazônica favorece o fomento da produção de bebidas com sabores regionais, e assim impulsiona mercado novo no país. Nesse sentido, já são produzidas cervejas, licores, bebidas lácteas, sucos e vinhos a partir de frutos amazônicos (ASQUIERI *et al.*, 2009). A produção de cervejas com produtos regionais deixou de ser de pequena escala e passou a conquistar o mundo. O que vem encantando os apreciadores não é somente a produção, mas também a diversidade de ingredientes, sabores e aromas que podem ser agregados às cervejas. Os licores pertencem a uma categoria de bebidas que tem se reinventado, tanto pela evolução tecnológica, como pela diversidade de sabores, e obteve um crescimento nas vendas no mercado brasileiro nos últimos anos (PASSOS *et al.*, 2013). Os licores de frutos nativos têm ganhado visibilidade dos consumidores, pelos seus sabores exóticos.

A produção de farinha é uma técnica bastante utilizada por ser um produto de fácil manuseio, e de amplo potencial para aplicação em vários tipos de alimentos, como chás, bebidas lácteas, pães, bolos, barras de cereais, molhos e também em alguns casos pode ser usada como

corante natural para alguns alimentos (FATHORDOOBADY *et al.*, 2019; MELO *et al.*, 2019). Assim, a disponibilização de frutos exóticos na forma de farinha pode proporcionar ao consumidor uma forma rápida, viável e prática no preparo de alimentos. Essa opção pode favorecer os pequenos agricultores na complementação de renda e agregação de valor à fruta regional (SOUZA *et al.*, 2012).

Uma das características das frutas nativas é o seu curto período de vida útil pós-colheita. Por este motivo, o consumo de algumas espécies de frutas ocorre somente em determinadas épocas do ano, sendo efetuado apenas no período de colheita, uma vez que muitas frutas não possuem uma cadeia de estocagem e armazenamento adequada. A obtenção de farinhas dessas frutas, as quais mantenham suas características, é uma opção viável, disponibilizando-as para consumo durante maiores períodos do ano (GARCIA *et al.*, 2014; MORAES *et al.*, 2014).

A demanda por óleos vegetais com composição especial tem crescido significativamente, e os óleos obtidos de frutas nativas podem ser considerados como novas fontes que certamente terão seu valor comercial aumentado (SANTOS *et al.*, 2013). Estudos com algumas espécies de frutos reportam que esses óleos possuem em sua composição ácidos graxos insaturados, fitosteróis, β -caroteno, tocoferóis, entre outros (SANTOS *et al.*, 2013, SANTOS *et al.*, 2015). Trabalhos relacionados à composição e qualidade de frutas e óleos de palmeiras nativas são importantes para agregar valor à espécies ainda pouco exploradas na região e, conseqüentemente, incentivar a criação de novos mercados (SANTOS *et al.*, 2017).

Outro aspecto a ser considerado, consiste no fato de a indústria de frutas e vegetais produzir grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos, resultantes da produção, preparação e consumo de seus produtos. O processamento de frutas produz dois tipos de resíduos, um resíduo sólido de casca/pele, sementes, etc., e o desperdício líquido de suco e lavagem de águas. Em algumas frutas o descarte pode ser muito alto, variando entre 20% e 50% (KUMAR; SUCHARITHA, 2018; VIANA; CRUZ, 2016).

Diversos pesquisadores enfatizam o potencial uso de coprodutos agroindustriais, não apenas para alimentação animal ou como fonte de adubação orgânica, mas também como insumo para novos produtos alimentícios (FAVA *et al.*, 2013). De acordo com Silva *et al.* (2014) os coprodutos de frutas são boas fontes de compostos bioativos e minerais, e sua exploração representa oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos nutracêuticos e/ou farmacêuticos. De qualquer modo, a identificação e quantificação de compostos de interesse em coprodutos de frutas são importantes para comprovar seus potenciais benefícios (SILVA *et al.*, 2014).

Entre os frutos amazônicos, não é diferente, os resíduos apresentam importantes nutrientes, como a casca da macaúba que é rica em carotenoides provitamina A, é fonte de fibra e de proteínas, além de ser fonte de ácidos graxos, como o oleico, láurico e palmítico. Por seu valor nutricional, utilizá-la na alimentação humana traz benefícios à saúde, podendo seu óleo substituir o azeite de oliva (ZANATTA, 2015). A casca do cupuaçu, por sua vez, apresenta altos teores de fibra alimentar, o que sugere o seu uso como alimento funcional (CAMPOS *et al.*, 2016).

De acordo com Fideles (2018) vários processos podem ser aplicados para a valorização de resíduos agroindustriais, tais como secagem por calor a fim de se obter farinhas e pós alimentícios, a aplicação em produtos lácteos, ser fonte de substrato para diversos microrganismos de interesse industrial, além de sua ampla aplicação na indústria farmacêutica e cosmética. Tais matérias-primas possuem efeitos benéficos à saúde e podem ser utilizadas como ingredientes

na produção de diferentes produtos como bebidas, sobremesas, pães e massas. Quando não reaproveitados, esses resíduos causam risco a saúde pública (BARRETO *et al.*, 2014). Ademais a utilização dos coprodutos colabora para a correta gestão ambiental, com o intuito de reduzir impactos negativos na natureza.

Vale ressaltar que o alto teor de fibras contido nos resíduos da indústria de alimentos pode ser usado na preparação de biscoitos, bolachas e cookies, aumentando a oferta de produtos com maior teor de fibras, tanto para consumidores saudáveis, quanto para àqueles que sofrem de constipação intestinal, altos níveis de colesterol e obesidade (HAN *et al.*, 2010; BAIANO *et al.*, 2011). Nesse sentido, os estudos relacionados ao aproveitamento dos resíduos de frutos amazônicos vêm demonstrando cada vez mais a valorização desse bioma, seja nas espécies recém descobertas, ricas em diversos compostos de interesse ou mesmo o aproveitamento integral (casca, sementes, talos, bagas, dentre outros) dos frutos utilizados em larga escala. Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos de frutos amazônicos não só proporciona o enriquecimento nutricional, mas também colabora para a disseminação cultural das populações inseridas na região, gerando renda e valorização social.

A Tabela 8.1 mostra uma lista de trabalhos que evidenciam o uso tecnológico de diversos frutos amazônicos para desenvolvimento de novos produtos ou o enriquecimento de produtos já estabelecidos no mercado.

Tabela 8.1. Trabalhos publicados com foco no desenvolvimento de novos produtos obtidos a partir de frutos amazônicos.

Título do trabalho	Parte do fruto utilizada	Produto desenvolvido	Autores e ano de publicação
Aproveitamento tecnológico das sementes de cupuaçu e de okara na obtenção de Cupulate.	Sementes de cupuaçu	Cupulate	Rebouças et al. (2020)
Avaliação físico-química e sensorial de biscoito tipo cookies enriquecidos com farinha do caroço e polpa do açaí	Caroço do açaí	Cookie	Barros et al. (2020)
Geleia de buriti convencional, <i>light</i> e <i>diet</i> : desenvolvimento, caracterização físico-química, microbiológica e sensorial	Polpa do Buriti	Geleias <i>light</i> e <i>diet</i>	Sosa et al. (2020)
Caracterização química, física e tecnológica da farinha obtida da casca do buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Casca do buriti	Farinha	Morais et al. (2020)
Elaboração e caracterização do pão enriquecido com farinha a base de buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Polpa do Buriti	Pão	Gomes et al. (2019)
Influência da temperatura e tempo no grau de esterificação da pectina extraída da casca do bacuri	Casca do bacuri	Pectina	Barbosa et al. (2019)
Elaboração de barras de cereais com o mesocarpo, polpa e semente de bacuri	Casca, polpa e semente de Bacuri	Barra de cereal	Pires et al., (2018)

Título do trabalho	Parte do fruto utilizada	Produto desenvolvido	Autores e ano de publicação
Geleia de buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>): agregação de valor aos frutos do cerrado brasileiro	Polpa do Buriti	Geleia	Garcia et al. (2017)
Elaboration of a cereal bar enhanced with flour of buriti pulp (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Polpa do Buriti	Barra de Cereal	Cardoso et al. (2017)
Caracterização da farinha obtida da extração de óleo de bacaba como aproveitamento de resíduos agroindustriais	Fibra da bacaba	Farinha	Maciel et al. (2017)
Elaboração e aceitação do sorvete de bacuri	Polpa do Bacuri	Sorvete	Nascimento et al. (2016)
Propriedades reológicas do suco de buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Polpa do buriti	Suco	Rodrigues et al. (2016)
Uso de resíduos agroindustriais (fibra de açaí e glicerol) na preparação de biscoitos.	Fibra do açaí	Biscoito	Lima et al. (2015)
Óleo de buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>) nanoemulsionado: produção por método de baixa energia, caracterização físico-química das dispersões e incorporação em bebida isotônica.	Polpa do Buriti	Bebida Isotônica	Bovi (2015)
Estocagem e avaliação da estabilidade oxidativa da manteiga de cupuaçu	Semente do cupuaçu	Manteiga	Lopes (2014)
Elaboração de biscoito de farinha de buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L. f) com e sem adição de aveia (<i>Avena sativa</i> L.)	Polpa de buriti	Biscoito	Santos et al., (2011)
Resíduos da agroindústria como fonte de fibras para elaboração de pães integrais	Casca do cupuaçu	Pães integrais	Rodrigues (2010)
Stability of the bacuri pulp (<i>Platonia insignis</i> Mart.) frozen for 12 months.	Polpa de bacuri	Polpa congelada	Silva et al. (2010)
Tecnologia para obtenção de doce da casca do bacuri.	Casca do bacuri	Doce	Matieto et al. (2006)
Gastronomia: cerveja dos sabores amazônicos como elemento atrativo para o turismo em Belém (PA)	Polpa do Bacuri	Cerveja Artesanal	Pereira; Lima; Santos (2017)
Aproveitamento de frutas nativas para elaboração de farinhas e incorporação em biscoitos tipo cookies	Polpa de Araçá amarelo e vermelho	Farinha e biscoito	Santos (2018)
Influência do tempo de infusão com duas fontes alcoólicas diferentes na elaboração e caracterização físico-química do licor de açaí.	Polpa do Açaí	Licor	De Souza (2019)

Título do trabalho	Parte do fruto utilizada	Produto desenvolvido	Autores e ano de publicação
Caracterização físico-química de geleia de cupuaçu e açaí (blend) oriundas da região amazônica.	Polpa de Cupuaçu e Açaí	Geleia	Costa et al. (2018)
Desenvolvimento de logurtes de Leite de Búfala e Cabra Sabor Açaí	Polpa de Açaí	logurte	Pinto et al. (2018)
Néctar de frutos obtidos de cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>) e açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart) adicionados com frutooligossacarídeos: processamento e avaliação da qualidade.	Polpa de Cupuaçu e Açaí	Néctar	Jesus et al. (2019)
Desenvolvimento de bala de açaí adicionada de cafeína	Polpa de Açaí	Bala	Lima et al. (2017)
Óleos de açaí, andiroba, buriti e copaíba na indução de mecanismos de defesa em tomateiro para o controle da pinta preta	Sementes	Óleos	Mizuno et al. (2017)
Suco de açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.): avaliação microbiológica, tratamento térmico e vida de prateleira	Polpa de Açaí	Suco	Souza et al. (2006)
Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó	Polpa de Açaí	Suco em pó	Tonon; Brabet; Hubinger (2009)
Açaí: técnicas de cultivo e processamento	Polpa de Açaí	Doce de leite com Açaí	De Oliveira et al. (2007)
Desenvolvimento de formulações fermentadas probióticas mistas enriquecidas com óleos de frutos amazônicos	Semente	Bebidas fermentadas	Guimarães et al. (2020)

Fonte: os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os frutos amazônicos, também conhecidos como super frutos, estão em evidência na indústria de alimentos, visto que podem ser utilizados integralmente agregando valor e gerando renda para as comunidades locais. Seus sabores exóticos apresentam boa aceitação entre os consumidores, facilitando sua inserção no mercado consumidor. Não obstante, além da indústria de grande porte, o processamento desses frutos beneficia a agricultura familiar, fomentando o agronegócio regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASQUIERI, E. R.; SILVA, A. G. M.; CÂNDIDO, M. A. Aguardente de jabuticaba obtida da casca e borra da fabricação de fermentado de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 896-904, 2009.

AVILA-SOSA, R.; MONTERO-RODRÍGUEZ, A. F.; AGUILAR-ALONSO, P. VERA-LÓPEZ, O.; LAZCANO-HERNÁNDEZ, M.; MORALES-MEDINA, J. C.; NAVARRO-CRUZ, A. R. Antioxidant properties of Amazonian fruits: a mini review of in vivo and in vitro studies. **Oxidative medicine and cellular longevity**, 2019.

BAIANO, A.; LAMACCHIA, C.; FARES, C.; TERRACONE, C.; NOTTE, L. E. Cooking behavior and acceptability of composite pasta made of semolina and toasted or partially defatted soy flour. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 1226-1232, 2011.

BARBOSA, V.; SILVA, W.; MATTIETTO, R. A. Influência da temperatura e tempo no grau de esterificação da pectina extraída da casca do bacuri. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 59., 2019, João Pessoa. Trabalhos aceitos. Rio de Janeiro: ABQ, 2019., 2019.

BARRETO, H. F. M.; LIMA, P.O.; SOUZA, C.M.S.; MOURA, A.A.C.; ALENCAR, R.D.; CHAGAS, F.P.T. Uso de coprodutos de frutas tropicais na alimentação de ovinos no semiárido do Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 63, n. 241, p. 117-131, 2014.

BARROS, S. K. A.; PEREIRA, A. S.; SILVA, S. M. T.; COSTA, D. M.; PIRES, C. R. F.; SOUZA, A. R. M. Avaliação físico-química e sensorial de biscoito tipo cookies enriquecidos com farinha do caroço e polpa do açaí. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. Especial, p. 72-81, 2020.

BECKER, M. M.; MANDAJI, C. M.; CATANANTE, G.; MARTY, J. L.; NUNES, G. S. Avaliação mineral e bromatológica e determinação da capacidade antioxidante e de compostos bioativos em frutos nativos da Amazônia. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v. 21, 2018.

BOVI, G. G. **Óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) nanoemulsionado: produção por método de baixa energia, caracterização físico-química das dispersões e incorporação em bebida isotônica**. 2015. 106f. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, São Paulo, 2015.

CAMPOS, R. P.; DA SILVA, M. J. F.; DA SILVA, C. F.; FRAGOSO, M. R.; CANDIDO, C. J. Elaboração e caracterização de farinha da casca de pequi. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.

CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, v. 177, p. 313-319, 2015.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p.1196-1205, 2010.

CARDOSO, I. R. M.; ZUNIGA, A. D. G.; FRONZA, P.; MACIEL, A. G.; FERREIRA, J. S. Elaboration of a cereal bar enhanced with flour of buriti pulp (*Mauritia flexuosa* L.). **Journal of bioenergy and food science**, v. 4, n. 2, p. 99-106, 2017.

COSTA, R. A.; LIMA, D. E. S.; SOUSA, E. P.; LEMOS, D. M.; GOMES, F. P.; NASCIMENTO, N. M. Caracterização físico-química de geleia de cupuaçu e açaí (blend) oriundas da região amazônica. **6º Simpósio de Segurança Alimentar**, v. 94, 2018.

DE OLIVEIRA, J. F.; FERREIRA, A. C.; MARTINS, O. A. Análises físico-química e microbiológica de palmito em conserva do tipo Açaí (*Euterpe oleracea*). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA**, v. 11, n. 1, p. 8-18, 2017.

FATHORDOOBADY, F.; MANAP, M. Y.; SELAMAT, J.; SINGH, A. P. Development of supercritical fluid extraction for the recovery of betacyanins from red pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel: a source of natural red pigment with potential antioxidant properties. **International Food Research Journal**, v. 26, n. 3, p. 1023-1034, 2019.

FAVA, F.; ZANAROLI, G.; VANNINI, L.; GUERZONI, E.; BORDONI, A.; VIAGGI, D.; ROBERTSON, J.; WALDRON, K.; BALD, C.; ESTURO, A.; TALENS, C.; TUEROS, I.; CEBRIÁN, M.; SEBŐK, A.; KUTI, T.; BROEZE, J.; MACIAS, M.; BRENDLE, H. G. New advances in the integrated management of food processing by-products in Europe: sustainable exploitation of fruit and cereal processing by-products with the production of new food products (NAMASTE EU). **New Biotechnology**, v. 30, n. 6, p. 647-655, 2013.

FERREIRA, P. R. B.; MENDES, C. S. O.; REIS, S. B.; RODRIGUES, C. G. O. Morphoanatomy, histochemistry and phytochemistry of *Psidium guineense* Swartz (Myrtaceae) leaves, **Journal of Pharmacy Research**, v. 4, p. 942-944, 2011.

FIDELES, M. C. **Modificação física de farinha de araruta para aplicação em massa alimentícia enriquecida com coprodutos agroindustriais**. 2018. 130 f. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes, **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2014.

GARCIA, L. G. C. et al. Geleia de buriti (*Mauritia flexuosa*): agregação de valor aos frutos do cerrado brasileiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

GOMES, R. C.; COIMBRA, K. L. F.; SILVA, A. S. S.; SILVA JÚNIOR, A. C. S. Elaboração e caracterização do pão enriquecido com farinha a base de buriti (*Mauritia flexuosa* L.). **PUBVET**, v. 14, p. 128, 2019.

GUIMARÃES, S. C. N.; ALVES, D. T. V.; SOUZA, R. B. M.; COSTA, C. E. F.; MELO, K. C.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, S. D.; SANTOS, O. V. Desenvolvimento de formulações fermentadas probióticas mistas enriquecidas com óleos de frutos amazônicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10882-10901, 2020.

HAN, J. J.; JANZ, JENNIFER, A. M.; GERLAT, M. Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. **Food research international**, v. 43, n. 2, p. 627-633, 2010.

JACOMINO, A. P.; PINTO, P. M.; GALLON, C. Z. Bacuri—*Platonia insignis*. In: **Exotic Fruits**. Academic Press, 2018. p. 49-52.

JESUS, A. M. M.; FERREIRA, I. M.; SANTOS, L. V. N.; SILVA, A. M. O.; CARVALHO, M. G. Fruit nectar obtained from cupuaçu (*Theobroma grandi-florum*) and açai (*Euterpe oleracea* Mart) added with fructo-oligosaccharides: processing and quality evaluation. **Demetra: Food, Nutrition & Health/Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 14, 2019.

KUMAR, D. A; SUCHARITHA, K. V. Assay of valuable componentes in by-products of mango industry in Chittoor district, Andhara Pradesh. **International Journal of Food Science and Nutrition**. v. 3, p. 56-59, 2018.

LIMA, H.; CORRÊA, N.C.F.; SANTOS, O.; LOURENÇO, L.F.H. Uso de resíduos agroindustriais (fibra de açai e glicerol) na preparação de biscoitos. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.52, n.7, p.4593–4599, 2015.

LIMA, E. S, S.; ANDRADE, L. S.; LIMA, E. C. S.; ALVES, M. A. R.; SRUR, A. U. O. S. Desenvolvimento de bala de açai adicionada de cafeína. **Acta Tecnológica**, v. 11, n. 2, p. 43-53, 2017.

LIMA, L. G. B.; MONTENEGRO, J.; ABREU, J. P.; SANTOS, M. C. B.; NASCIMENTO, T. P.; SANTOS, M. S.; FERREIRA, A. G.; CAMERON, L. C.; FERREIRA, M. S. L.; TEODORO, A. J. Metabolite Profiling by UPLC-MSE, NMR, and Antioxidant Properties of Amazonian Fruits: Mamey Apple (*Mammea Americana*), Camapu (*Physalis Angulata*), and Uxi (*Endopleura Uchi*). **Molecules**, v. 25, n. 2, p. 342, 2020.

LOPES, S. J. M. **Estocagem e avaliação da estabilidade oxidativa da manteiga de cupuaçu**. 2014.

MACIEL, V. T.; ÁLVARES, V. S.; PEREIRA, J. D. S.; SOUSA, S. B.; ATHAYDE, N. B.; MADRUGA, A. L. S. Caracterização da farinha obtida da extração de óleo de bacaba como aproveitamento de resíduos agroindustriais. In: **Embrapa Acre-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFAC, 26., 2017, Rio Branco. Anais... Rio Branco: Ufac, 2018., 2018.

MAIA, G. A. et al. Desenvolvimento de bebidas mistas à base de frutas tropicais. Em: **Bebidas não alcoólicas**. Woodhead Publishing, 2019. p. 129-162.

MARTÍN-ESPARZA, M. E.; ESCRICHE, I.; PENAGOS, L.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Quality stability assessment of a strawberry-gel product during storage. **Journal of Food Process Engineering**, v. 34, n. 2, p. 204-223, 2011.

MATTIETTO, R. A.; SOUZA, M. G. S.; YANO, C. Y. B. **Tecnologia para obtenção de doce da casca do bacuri**. Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

MELO, A. M. Conscientizando com o exemplo: propostas de gestão e aproveitamento de resíduos vegetais na escola municipal maria José Vicente, no município de Barreiros-PE. **Revista Caravana**, v. 4, n. 2, 2019.

MIZUNO, M.; SILVA, C. R.; SILVA, J. B.; ZUBEK, L.; SCHWAN, K. R. F. Estrada Óleos de açaí, andiroba, buriti e copaíba na indução de mecanismos de defesa em tomateiro para o controle da pinta preta. IN: **Anais... X Encontro Internacional de Produção Científica**, UniCesumar. 2017.

MORAES, F. P.; SILVA, E. S.; ROCHA, P. M.; FERNANDES, T. R. N.; VIDAL, R. H. L.; CORREIA, R. T. P. **Impacto da secagem conectiva sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante do resíduo de caju**. UFRN – Departamento de Engenharia Química, XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, 2014.

MORAIS, R. A.; MELO, K. K. S.; OLIVEIRA, T. T. B.; TELES, J. S.; PELUZIO, J. M.; MARTINS, G. A. S. Caracterização química, física e tecnológica da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 23307-23322, 2019.

NASCIMENTO, V. S.; RODRIGUES, N.; PASSOSA, A.; NEVES, B. S.; COELHO, O.; BUENOC, P. Elaboração e aceitação do sorvete de bacuri. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 14, n. 3, p. 65-65, 21 dez. 2016.

OLIVEIRA MSP, FARIAS NETO JT, PENA RS. Açaí: técnicas de cultivo e processamento. Fortaleza: Instituto Frutal; p. 104, 2007.

PEREIRA, A. A.; LIMA, B. C. M.; DOS SANTOS, D. D. B. Gastronomia: cerveja dos sabores amazônicos como elemento atrativo para o turismo em Belém (PA). **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 10, n. 2, 2017.

PINTO, E. G.; PEREIRA, M. C.; SOARES, D. S. B.; CAMARGO, A. S.; FERNANDES, A. P. S. Desenvolvimento de iogurtes de leite de búfala e cabra sabor açaí. **UNICIÊNCIAS**, v. 22, n. 3Esp, p. 7-10, 2018.

PIRES, C. R. F.; LIMA, J. P.; SILVA, C. A.; ARÉVALO-PINEDO, A. Elaboração de barras de cereais com o mesocarpo, polpa e semente de bacuri. **Arquivos Brasileiros de Alimentação**, v. 1, n. 1, p. 69-74, 2018.

RAMOS, A. S.; SOUZA, R. O. S.; BOLETI, A. P. A.; BRUGINSKI, E. R. D.; LIMA, E. S.; CAMPOS, F. R.; MACHADO, M. B. Chemical characterization and antioxidant capacity of the araçá-pera (*Psidium acutangulum*): An exotic Amazon fruit. **Food research international**, v. 75, p. 315-327, 2015.

REBOUÇAS, A. M.; COSTA, D. M.; PRIULLI, E.; TELES, J.; PIRES, C. R. F. Aproveitamento tecnológico das sementes de cupuaçu e de okara na obtenção de cupulate. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. Especial, p. 59-64, 2020.

REIS, F. Reports on the Processing of Exotic Fruit Jams and Pulps. In: **Reports on the Processing of Exotic Fruits**. Springer, Cham, 2019. p. 21-32.

RODRIGUES, A. M. C.; BEZERRA, C. V.; SILVA, I. Q.; SILVA, L. H. M. Propriedades reológicas do suco de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 176-186, 2016.

RODRIGUES, B. S. **Resíduos da agroindústria como fonte de fibras para elaboração de pães integrais**. 2010. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo. 2010.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil, **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SANTOS, R. F. **Aproveitamento de frutas nativas para elaboração de farinhas e incorporação em biscoitos tipo cookies**. 2018. (Dissertação de Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2018.

SANTOS, M. F. G.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; SILVA, S. M.; SILVEIRA, M. R. S. Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. SPE, 2017.

SANTOS, C. A.; Ribeiro, R. C.; Silva, E. V. C.; Silva, N. S.; Silva, B. A. Silva, G. F.; Barros, B. C. V. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) com e sem adição de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 1, p. 262-273, 2011.

SANTOS, P. R. P.; CARVALHO, R. B. F.; COSTA JÚNIOR, J. S.; FREITAS, R. M.; FEITOSA, C. M. Levantamento das propriedades físico-químicas e farmacológicas de extratos e compostos isolados de *Platonia insignis* Mart. uma perspectiva para o desenvolvimento de fitomedicamentos. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 94, n. 2, p. 161-168, 2013.

SILVA, L. M. R.; TEIXEIRA DE FIGUEIREDO, E. A.; SILVA RICARDO, N. M.; PINTO VIEIRA, I. G.; WILANE DE FIGUEIREDO, R.; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

SILVA, V. K. L.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, E. A. T. Stability of the bacuri pulp (*Platonia insignis* Mart.) frozen for 12 months. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1293-1300, 2010.

SOUZA, M. A. C.; YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; PANTOJA, L. Suco de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): avaliação microbiológica, tratamento térmico e vida de prateleira. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 4, p. 497-502, 2006.

SOUSA, P. B.; MACHADO, M. R. G.; MOURA FILHO, J. M.; FEITOSA, I. S. C.; FIALHO FILHO, A.; SOUSA, A. B.; ROCHA, N. G.; CHAVES, C. C.; SILVA, M. J. M.; REIS, D. C. C.; SILVA, J.; PINTO, L. I. F. Geleia de buriti convencional, light e diet: desenvolvimento, caracterização físico-química, microbiológica e sensorial. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 21272-21293, 2020.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v.134, n.1, p.381-386, 2012.

SOUZA, D. S.; SOUZA, J. D. R. P.; COUTINHO, J. P.; FERRÃO, S. P. B.; SOUZA, T. S.; SILVA, A. A. L. Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1123-1129, 2012.

VIANA, L. G; CRUZ, P. S. **Reaproveitamento de resíduos agroindustriais**. IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cruz das Almas, BA. 2016.

VIRGOLIN, L. B.; SEIXAS, F. R. F.; JANZANTTI, N. S. Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 10, p. 933-941, 2017.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

ZANATTA, S. **Caracterização da macaúba (casca, polpa e amêndoa) e análise sensorial através do Gosto**. 2015. (Dissertação de Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2015.

CAPÍTULO 9

UTILIZAÇÃO DE FRUTOS AMAZÔNICOS NA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS E FÁRMACOS

Vinicius Gonçalves Lopes

Mayara Batista Valadares

João Carlos Vicente dos Santos

Gabriela Eustáquio Lacerda

*Guilherme Nobre L. do Nascimento**

** Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Cinética e Modelagem de Processos, 109 norte ALCNO 14, Avenisa NS 15, e-mail: guilherme.nobre@uft.edu.br*

INTRODUÇÃO

A história de produtos e técnicas para o tratamento de enfermidades e para fins cosméticos tem acompanhado a própria história humana, com relatos escritos em diferentes culturas como egípcios, gregos, indianos, chineses, entre outros. Os relatos de uso de plantas para tratamentos de feridas, hematomas, problemas de pele, entre outros são registrados há mais de 4.000 anos, com orientações da planta utilizada, forma de preparo e modo de uso. São encontrados também relatos de uso de corantes para pintura de pele, unhas e cabelos, produtos para higiene pessoal e banhos e até mesmo perfumes.

Este conhecimento vem sendo transmitido por gerações, e atentos à estas informações, os pesquisadores passaram a investigar e estudar estes costumes, a fim de entender e comprovar os usos e a toxicidade destas técnicas e produtos utilizados. Alguns dos materiais mais conhecidos ao longo do tempo são os produtos de origem vegetal, que passaram a ser fontes de moléculas ativas com diferentes finalidades para a melhoria da qualidade de vida dos seres humanos.

O uso terapêutico de produtos de origem vegetal passou a ser chamado de Fitoterapia, e hoje é uma técnica importante no arsenal terapêutico de diferentes moléstias, sendo as folhas, algumas das partes mais utilizadas das plantas, principalmente para o preparo de chás. Porém, há algumas décadas vem se observando o interesse nos frutos, que também apresentam compostos

ativos e nutricionais importantíssimos e que têm sido utilizados além da alimentação, para o preparo de produtos com fins medicinais e cosméticos. Portanto, o objetivo deste capítulo é discutir a importância dos frutos na indústria cosmética e de fármacos.

SETORES FARMACÊUTICO E DE COSMÉTICOS

A indústria farmacêutica se dedica à diferentes ramos de produção tais como a pesquisa, desenvolvimento, fabricação e distribuição de medicamentos e correlatos utilizados no tratamento de doenças humana e animal. Historicamente, grande parte das indústrias farmacêuticas mundiais surgiram no final do século XIX e início do século XX, embora as principais descobertas de fármacos ocorreram nas décadas de 20 e 30. No Brasil, a indústria química farmacêutica nasceu e se desenvolveu tardiamente, quando comparada aos países europeus. Relaciona-se o desenvolvimento deste tipo de manufatura à saúde pública e às práticas sanitárias de prevenção e de combate às doenças (BRASIL, 2018; SILVA; CALIARI, 2016).

Dados do Anuário Estatístico do Mercado de Medicamentos demonstram o comportamento do mercado industrial farmacêutico no ano de 2018 e apresentam os resultados mais atualizados provenientes dos relatórios de comercialização das empresas, que movimentaram naquele ano mais de R\$ 76,3 bilhões, com a venda de mais de 4,5 bilhões de embalagens de medicamentos, demonstrando dessa forma, o tamanho desse comércio (ANVISA, 2019).

A Indústria de Cosméticos engloba os setores de perfumaria, higiene pessoal e limpeza, sendo um dos segmentos da Indústria Química. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) conceitua os produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes como:

Preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e ou corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado (ANVISA, 2015).

Este setor apresentou grandes transformações nas últimas décadas, em termos de regulamentação sanitária, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento (CRF-PR, 2016). Os dados deste setor são discrepantes em diferentes fontes, porém estimativas apontam para um mercado global anual em torno de US\$ 454,4 bilhões, caracterizado por oligopólios e empresas locais, sendo este um dos setores que apresenta grandes avanços em inovação, como por exemplo, o uso de nanotecnologia.

Neste setor, o Brasil é um dos maiores mercados produtores e consumidores do mundo, e perspectivas do mercado apontam para o seu crescimento, indicando que o uso de produtos cosméticos naturais ou com ingredientes naturais serão tendências nos próximos anos. Com isto, a procura por produtos regionais deve aumentar, logo pesquisas e desenvolvimento de produtos com o uso de frutos da Amazônia podem ser de grande interesse para este setor, tanto para o mercado nacional quanto internacional, seja para a indústria de cosméticos como para a indústria farmacêutica. Ademais, este crescimento pode movimentar cadeias produtivas, mas deve vir aliado com um planejamento para uso racional e conservação da biodiversidade que será fonte de matéria-prima para tais indústrias.

CONTRIBUIÇÃO DOS FRUTOS PARA A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA E DE COSMÉTICOS

Com o desenvolvimento da sociedade, os valores e conceitos são mutáveis, e atualmente a ideia de qualidade de vida e bem estar, assim como a beleza e o prazer são obtidos a partir do uso de ingredientes e formulações naturais, orgânicos e sustentáveis, oferecendo assim ao consumidor o conceito de estética, juventude e aparência saudável (HENRIQUE; LOPES, 2017). Estes conceitos até então muito utilizados na área de alimentos, passaram a ser incorporados na saúde e medicamentos, e também na área da cosmetologia, forçando assim empresas, indústrias e pesquisadores a buscarem novamente em fontes naturais, moléculas de interesse para o desenvolvimento de novos medicamentos e produtos para perfumaria, higiene pessoal e limpeza.

Que as plantas são fontes de moléculas bioativas já é conhecido, porém os frutos ainda são pouco explorados quando comparados com as folhas. Entretanto, já temos no mercado local de fitoterápicos e nas grandes indústrias de cosméticos uma busca por estes produtos devido a presença de nutrientes e compostos ativos. Para a área de fitoterapia podemos encontrar alguns produtos comercializados que utilizam os frutos:

- i) Amora (*Morus nigra*) – vendida em farmácias de manipulação ou em produtos fitoterápicos. É uma fruta rica em nutrientes e compostos antioxidantes, sendo indicada principalmente para mulheres no período da menopausa.
- ii) Mamão (*Carica papaya*) – fruta amplamente consumida na alimentação, porém da casca da fruta pode-se extrair uma enzima, a papaína, que é utilizada em formulações para uso tópico no auxílio do processo de cicatrização, assim como para uso oral na melhoria do processo digestivo.
- iii) Goji berry (*Lycium barbarum*) – fruto de origem Asiática, contém diferentes nutrientes e metabólitos como os fitosteróis. É indicado como fitoterápico antioxidante e anti-inflamatório.
- iv) Melão-de-São-Caetano (*Momordica charantia*) – seu fruto é amargo, porém em preparações fitoterápicas é utilizado em dermatites (irritação da pele) e escabiose (sarna).
- v) Anis estrelado (*Illicium verum*) – é muito utilizado como especiaria na China e Vietnã. Sua indicação terapêutica é para o tratamento de bronquite e como expectorante.

Portanto, podemos observar que as frutas já estão presentes no arsenal medicamentoso em farmácias e drogarias, porém ainda temos muito espaço para a descoberta e desenvolvimento de novos produtos. A Amazônia é rica em biodiversidade e apresenta uma grande quantidade de frutas ainda por serem exploradas cientificamente, e principalmente comercialmente, com finalidade de produção de novos produtos fitoterápicos ou para a descoberta de novos fármacos.

A utilização de frutas na indústria cosmética pode ser um grande diferencial, já que promove notória inovação empresarial por apresentar características únicas como aroma e cor, além de agregar benefícios funcionais. Aliados à estes benefícios, há crescimento e interesse em produtos com rotulação “natural” e com produção sustentável. Neste sentido, os frutos da Amazônia ainda apresentam um apelo mercadológico interessante, porém há uma preocupação que deve acompanhar o interesse nestes produtos, que é a sustentabilidade e preservação da mata nativa de onde estes frutos serão coletados.

A grande diversidade de princípios ativos presentes nas espécies frutíferas, principalmente tropicais, revela o potencial de aproveitamento industrial em formulações cosméticas como cremes, xampus e condicionadores. Os óleos vegetais ou fixos que apresentam em sua composição basicamente triglicerídeos tem seu uso difundido na indústria de cosméticos como ingredientes de bases, emolientes e hidratantes (MIGUEL, 2011).

O Brasil, por ser um país tropical e rico em diversos biomas apresenta grande variedade de produtos, que podem ser e estão sendo pesquisados para incorporação em produtos cosméticos. Empresas como Natura[®], O Boticário[®] e Avon[®] são empresas nacionais conhecidas que utilizam frutos como matérias-primas pra desenvolvimento de seus produtos.

A empresa Empório Sartori[®] possui linhas com as frutas pitaia, sapoti e uva. A pitaia possui vitamina A e um aroma suave e adocicado; o sapoti possui vitaminas B e E, com um cheiro encorpado e doce; e a uvaia possui vitaminas C e uma fragrância refrescante. Alguns dos benefícios descritos nos cremes da marca são o combate do ressecamento da pele, o rejuvenescimento e a presença de antioxidantes (FONSECA, 2016).

A linha cosmética Orgânica de Frutas da empresa Surya Brasil[®], empresa nacional com sede em São Paulo, possui, entre outras formulações a máscara Capilar Amla, Guaraná & Melão[®], que desembaraça e amacia os fios com restauração progressiva do brilho. A máscara capilar Coco & Ucuuba[®], para cabelos cacheados e étnicos, o creme para pentear Laranja & Andiroba[®], para cabelos danificados, a loção hidratante Morango & Buriti[®], para pele sensível, e o sabonete Líquido Canela & Cupuaçu[®], sendo assim referência na utilização de frutas tropicais em seus produtos (TOZZO; BERTONCELLO; BENDER, 2012).

POTENCIAL DOS FRUTOS AMAZÔNICOS

A região da Amazônia apresenta grande potencial para geração de novos produtos, principalmente pela utilização de frutos que ainda não foram descobertos ou foram pouco explorados. Um exemplo atual é o açaí, que ganhou o mercado nacional, estando presente como alimento em todas as regiões do Brasil. Porém, seu potencial terapêutico e cosmético, ainda é incipiente, visto ser um fruto rico em nutrientes e compostos antioxidantes. Para que este potencial passe a ser explorado e utilizado pelas empresas, indústrias e mesmo o governo, pesquisas têm que ser realizadas. Neste sentido, a pesquisa científica na região da Amazônia é realizada principalmente nas Universidades Federais, tendo como alicerce os programas de pós-graduação, que ao formarem recursos humanos altamente especializados na região, também contribuem para o conhecimento da biodiversidade local e suas contribuições em diferentes áreas. Alguns estudos com frutos amazônicos foram realizados na Universidade Federal do Tocantins, por meio dos Programas de Ciência e Tecnologia de Alimentos, BIONORTE e Ciências da Saúde para poder ilustrar esta potencialidade dos produtos de nossa região.

O buriti (*Mauritia flexuosa*) é uma fruta produzida por uma palmeira pertencente à família Arecaceae que pode chegar a 20 a 30 m de altura. As folhas dela são arredondadas e com cerca de 3,5 metros de comprimento, apresenta frutos de cor marrom-avermelhados, arredondados e globosos, superfície com escamas sobrepostas, mesocarpo carnoso, alaranjado e oleoso, e possui uma semente. Além disso, o cacho de Buriti pode ter 1,58 m até 2,25 m com uma massa total de 18,5 kg a 43,60 kg (MARTINS, 2012; ALMEIDA, 1998). Segundo Ferreira et al (2018)

a polpa do buriti pode ser usada na produção de sucos, vinhos, doces, bolos, cremes, geleias, compotas, sorvetes, picolés, etc. Ademais, os autores afirmam que o óleo extraído do fruto apresenta maior concentração de carotenoides em comparação à alimentos reconhecidos como fontes de vitamina A. Oliveira (2017) menciona que na fruta pode ser encontrada rica quantidade de vitaminas B, C, E, fibras, tocoferóis, ferro e lipídeos. Tornando a fruta uma matéria-prima com potencialidade de uso na indústria alimentícia e cosmética.

A mutamba (*Guazuma ulmifolia*) é uma fruta produzida por uma árvore da família da Sterculiaceae que pode ter o crescimento aproximado de 30 m de altura na fase adulta. O caule é curto, reto, com forma tortuosa. Já a ramificação da copa é densa com galhos na horizontal e levemente pendentes. O fruto possui forma subglobosa, verrucosa, textura seca e dura, cor verde a preta, a depender do estado de maturação, as sementes são arredondadas de cor castanha a preta, duras, com quantidade média de 46,6 sementes por fruto (CARVALHO, 2007). Rodrigues (2018) afirma que o fruto maduro é consumido pela população em preparações como paçoca, farinha, bebidas fermentadas, sorvetes, picolés e molhos. O óleo extraído é empregado na produção de produtos aromatizantes e cremes para o cabelo. Neto (1984) menciona que a mutamba é usada na produção de chás e é uma alternativa viável em substituição ao chá-mate.

O cajá (*Spondias Mombin*) uma fruta promissora é produzida por uma planta com aproximadamente 30m de altura pertencente à família Anacardiaceae. A árvore possui caule longo, copa densa com galhos horizontais. Além disso, a fruta apresenta cor amarela com camada pequena de mesocarpo, um caroço arredondado e volumoso (FILGUEIRAS, 2010). O cajá tem um aroma peculiar e é uma importante fonte de carotenoides, como também de taninos (MATTIETTO, 2010). Na indústria alimentícia, Barbosa (1981) apresenta um percentual médio de aproveitamento da polpa de 40% e relata o aroma e sabor como as características da fruta que possibilitam maior aceitação na indústria para a produção de sucos, néctares e outros derivados. Pereira (2018) evidencia que o uso de suco de cajá pode ser alternativa viável para produção de bebida fermentada probiótica, em substituição às bebidas probióticas dos derivados do leite.

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é originada de uma palmeira conhecida como macaubeira pertencente à família Arecaceae, e demonstra ser uma fruta com potencial elevado na produção de óleo e outros derivados pelo o motivo de possuir óleo em quase todas as partes da fruta, exceto no endocarpo (MOTA, 2011). Cargnin (2008) aponta que a potencialidade da macaúba é semelhante ao óleo de dendê e que são extraídos dois tipos de óleos. O óleo da amêndoa é rico em ácido láurico (44%) e ácido oleico (26%), com potencial uso na indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética. O óleo da polpa possui potencial para a produção de biodiesel. Moreira *et al.* (2010) relatam que a produção de óleo vegetal direcionada à produção de biodiesel pode ser estimada em dois a cinco mil quilos por hectare, a depender do número de plantas e da produtividade delas. Além disso, os mesmos autores afirmam que a macaúba pode gerar rentabilidade na produção de carvão, ração para bovinos e aves.

A mangaba (*Hancornia speciosa*) é uma fruta produzida pela planta conhecida pela população como mangabeira, pertencente à família Apocynaceae. Quanto à sua característica botânica, a mangabeira possui tamanho médio variante de 2 a 10 m de altura podendo chegar até 15 m, o tronco é tortuoso, a copa ampla e os galhos levemente pendentes e espalhados (PEREIRA, 2016). Junior *et al.* (2017) afirmam que atualmente a mangaba é usada por comunidades tradicionais para fazer geleias, bombons, trufas, bolos e biscoitos. No entanto, a indústria faz pouco uso do potencial da mangaba em virtude da baixa disponibilidade de matéria-pri-

ma. Ledo *et al.* (2015) destaca que a mangaba tem excelente aroma e sabor e possui relevante aceitação por parte da agroindústria e consumidores. Além disto, a fruta apresenta alto rendimento de polpa, atingindo um valor de cerca de 94%.

Essas frutas provavelmente nem mesmo são conhecidas em outras regiões do Brasil, indicando assim, além da potencialidade de inovação ao utilizar matérias-primas ainda desconhecidas, a necessidade de pesquisa sobre elas e sobre todo o seu potencial terapêutico ou uso em cosméticos.

CONCLUSÃO

Pode-se verificar que há uma grande quantidade de frutos na Amazônia, porém, ainda há necessidade de mais estudos e a introdução destes no mercado. Através dos estudos utilizados para a escrita deste capítulo é possível confirmar a potencialidade dos frutos até agora pesquisados, tendo em vista que estes apresentam ação antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, nutricional, funcional entre outras, que podem ter aplicação na indústria farmacêutica e cosmética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Anuário estatístico do mercado farmacêutico**. Brasília: ANVISA, 2019.

BARBOSA, W. C.; NAZARÉ, R. F. R.; HASHIMOTO, K. **Estudo bromatológico e tecnológico da graviola e do taperebá**. Boletim de pesquisa, n. 32. Belém: Embrapa, 1981.

BRASIL. **Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo**. Indústria. 2ª edição/ Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo. – São Paulo: CRF-SP, 2018.

CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FOGAÇA, C. M. **Potencial da macaubeira como fonte de matéria-prima para produção de biodiesel**. Embrapa Cerrados-Documentos (INFO-TECA-E), 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Mutamba - *Guazuma Ulmifolia***. Circular Técnica 141. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

FERREIRA, M. G. R.; COSTA, C. J.; PINHEIROS, C. U. B.; SOUZA, E. R. B.; CARVALHOS, C. O. ***Mauritia Flexuosa*, Buriti**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2018.

FILGUEIRAS, EAC; MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E. **Cajá (*Spondias mombin* L.)**. v. 15, 2010.

- HENRIQUE, A. S. LOPES, G. C. **A biodiversidade e a indústria de cosméticos: o uso dos flavonoides contra o envelhecimento cutâneo.** Revista UNINGÁ Review. v. 29, n. 2, p. 58-63, 2017.
- JUNIOR, J. F. S.; MOTA, D. M.; LEDO, A.S.; SCHMITZ, H.; MUNIZ, A.V.C.S.; RODRIGUES, R. F.A. **Mangabeira *Hancornia speciosa* Gomes.** Embrapa Amazônia Oriental, 2017.
- LÉDO, A. S.; NETO, R. D. V.; JUNIOR, J. F. S.; Silva, A. V. C.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FILHO, M. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. **A cultura da Mangaba.** Brasília: Embrapa, 2015.
- MARTINS, R. C. **A Família Arecaceae (Palmae) no Estado de Goiás: Florística e Etnobotânica.** 2012. 297p. (Tese de Doutorado). Universidade de Brasília, Brasília. 2012.
- MARTINS, R. C. **A Família Arecaceae (Palmae) no Estado de Goiás: Florística e Etnobotânica.** 2012. 297p. (Tese de Doutorado). Universidade de Brasília, Brasília. 2012.
- MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; DE MENEZES, H. C. **Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator.** Embrapa Amazônia Oriental, 2010.
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; SOUSA, T. C. R. **Macaúba: oportunidades e desafios.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010.
- MOTA, C. S.; CORRÊA, T. R.; GROSSI, J. A. S.; CASTRICINI, A.; RIBEIRO, A. S. Exploração sustentável da macaúba para produção de biodiesel: colheita, pós-colheita e qualidade dos frutos. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 41-50, 2011.
- NETO, G.G. **Plantas do Brasil: angiospermas do Estado de Mato Grosso-I.** Rodriguésia, Rio de Janeiro, v.36, n.59, p.105-121, 1984.
- OLIVEIRA, A. I. T. **Bioprospecção das atividades biológicas de palmeiras (*Arecaceae*) nativas do Estado do Tocantins e estudos químicos de compostos ativos contra patógenos humano.** 2017. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Tocantins. Palmas. 2017.
- PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C.; JÚNIOR, J.F.S.; SILVA, D.B. ***Hancornia speciosa*: mangaba.** Embrapa Tabuleiros Costeiros - Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E). 2016.
- PEREIRA, Catiara Fernandes. **Elaboração de bebida fermentada probiótica de suco de cajá (*Spondias mombin* L.) com *Lactobacillus casei*.** 2018. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Tocantins, Palmas. 2018.
- RODRIGUES, R. M. **Caracterização química, potencial antioxidante e tecnológico do fruto e semente da *Guazuma ulmifolia* Lamarck.** 2018. 21 f. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Tocantins, Palmas. 2010.
- SILVA, R. C. P., CALIARI, T. **Indústria Farmacêutica no Brasil: Evolução Histórica, Capacitação Competitiva e Políticas Industriais.** Economia-Ensaios, Uberlândia, 31 (1): 59-88, jul./dez. 2016.

