



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

RUI GUILHERME SOUSA DOS SANTOS

**INCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM PRODUTOS
ALIMENTÍCIOS: UMA REVISÃO**

**PALMAS – TO
2021**

RUI GUILHERME SOUSA DOS SANTOS

**INCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM PRODUTOS
ALIMENTÍCIOS: UMA REVISÃO**

Trabalho de conclusão de curso que foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins –Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia de Alimentos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos, sob a orientação do professor Dr. Pedro Ysmael Cornejo Mujica.

**Palmas/TO
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- S237i Santos , Rui Guilherme Sousa dos .
Incorporação de compostos bioativos em produtos alimentícios: uma
revisão . / Rui Guilherme Sousa dos Santos . – Palmas, TO, 2022.
167 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia de Alimentos, 2022.
Orientador: Pedro Ysmael Cornejo Mujica

1. Compostos bioativos . 2. Incorporação. 3. Agentes ativos . 4.
Alimentos funcionais . I. Título

CDD 664

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

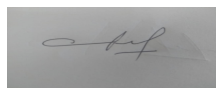
Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RUI GUILHERME SOUSA DOS SANTOS

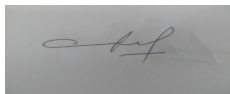
**INCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM PRODUTOS
ALIMENTÍCIOS: UMA REVISÃO**

Trabalho de conclusão de curso que foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins –Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia de Alimentos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos, sob a orientação do professor Dr. Pedro Ysmael Cornejo Mujica.

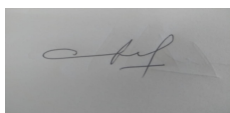
Data de aprovação: 17/12/2021. Banca Examinadora:



Prof. Dr. Pedro Ysmael Cornejo Mujica, UFT.



Prof. Dr^a. Valéria Gomes Momenté



Prof. Dr. Donizete Xavier da Silva

“Por isso não desanimamos. Embora exteriormente estejamos a desgastar-nos, interiormente estamos sendo renovados dia após dia, pois os nossos sofrimentos leves e momentâneos estão produzindo para nós uma glória eterna que pesa mais do que todos eles. Assim, fixamos os olhos, não naquilo que se vê, mas no que não se vê, pois o que se vê é transitório, mas o que não se vê é eterno.”

(2 Coríntios 4:16-18)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos e esse tão sonhado momento acontecesse. A Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização do curso, e desse trabalho. A Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo dessa jornada árdua.

Queria agradecer a mim por acreditar em mim mesmo, quero agradecer a mim por estudar todos esses anos, quero agradecer a mim por sacrificar meus finais de semana de diversão, eu quero agradecer a mim por nunca ter desistido, eu quero agradecer a mim por sempre tentar mais dar do que receber.

Aos meus pais e irmão que sempre me apoiaram, e me incentivaram em momentos de cansaço, fadiga, eles sempre davam conselhos, e mandava energias positivas para que eu alcançasse o êxito eminente. À minha amiga de turma Nayra Pontes que sempre esteve comigo em todas as matérias e nessa jornada longa, cansativa, desgastante, mas para almejar novos horizontes, felicidades, realizações. À minha grande amiga Dark Luzia Neto, por ter me dado oportunidades profissionais de excelência, e ter confiado em todos meus atributos profissionais, ter a confiança e a certeza que eu poderia ser maior, e evoluir.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao professor Pedro Mujica, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com muita dedicação, simpatia, e bom humor, mesmo com o tempo bastante corrido. Aos professores, pelos conhecimentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso, permitiram aguçar ainda mais a ética pessoal, e profissional. Aos professores, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado. Agradeço ainda a toda a banca pelo trabalho de excelência desempenhado, profissionais de alto padrão e qualificação. A todos declaro que serei eternamente grato, obrigado.

Não poderia esquecer de todos os amigos, colegas, e parcerias que fiz durante o curso, meus agradecimentos a todos vocês por terem participado da minha formação, espero que sempre possamos ser ótimos amigos de profissão.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o cenário de incorporação de compostos bioativos em produtos alimentícios. Os compostos bioativos apresentam em sua composição substâncias capazes de ajudar na prevenção e no tratamento de algumas doenças, atuando como anti-inflamatórios, imunomodulatório, antioxidante, estimulante do sistema imunológico, redutores de colesterol além de serem utilizados também na indústria alimentícia como antioxidantes e antimicrobianos com intuito de evitar a contaminação do produto por patógenos e inibir a oxidação dos lipídios, aumentando assim a vida de prateleira do alimento. No entanto como esses compostos apresentam sensibilidade a luz, temperatura, oxigênio, uma baixa solubilidade, baixa estabilidade e baixa biodisponibilidade o encapsulamento vem como uma alternativa a esses obstáculos. A incorporação desses compostos encapsulados de forma direta na matriz do alimento ajuda no enriquecimento do produto, tendo ação tecnológica. São poucos os estudos acerca da incorporação de compostos bioativos em matrizes alimentícias, e no que diz respeito a legislação, as mesmas ainda são frágeis, deixando brechas quanto ao uso de forma segura desses bioativos. Em conclusão, é de suma importância que se continue realizando trabalhos nessa área para que aprimorem os conhecimentos com intuito de tornar esses compostos mais acessíveis e disponíveis, além de difundir o mesmo.

Palavras-chaves: Compostos bioativos; Incorporação; Agentes ativos; Alimentos funcionais.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the scenario of incorporation of bioactive compounds in food products. The bioactive compounds present in its composition are able to help prevent and treat some diseases, acting as anti-inflammatory, immunomodulatory, antioxidant, immune system stimulant, cholesterol reducer, in addition to being used in the food industry as antioxidant and antimicrobial in addition to avoiding contamination of the product by pathogens and inhibiting lipid oxidation, thus increasing the shelf life of food. However, these compounds show sensitivity to light, temperature, oxygen, low solubility, low stability and low bioavailability, encapsulation is an alternative to these obstacles. The incorporation of encapsulated compounds directly in the food matrix helps to enrich the product, having technological action. There are few studies on the incorporation of bioactive compounds in food matrices, and it does not concern legislation, as they are still fragile, leaving gaps in the safe use of these bioactives. In conclusion, it is extremely important to continue carrying out work in this area to improve knowledge in order to make these compounds more sought after and available, in addition to spreading the same.

Key-words: bioactive compounds, incorporation, active agents, functional foods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1- Compostos bioativos e seus benefícios à saúde.....	20
Figura 1- Estrutura química dos flavonóides	57
Figura 2- Estrutura básica das antocianinas	61
Figura 3- Estrutura química das antocianinas	62
Figura 4- Estrutura química do β -caroteno	63
Figura 5- Principais carotenoides	64
Figura 6- Estrutura química do ácido ascórbico	67
Figura 7- Estrutura molecular dos ácidos graxos ômega 3 e 6.....	75
Figura 8- Exemplos de monoterpenos e sesquiterpenos: acíclico, mono, e bicíclico.....	82
Figura 9- Métodos de obtenção dos compostos de aroma.....	85
Figura 10- Métodos de obtenção de vanilina por extração direta da natureza.....	86
Figura 11- Rotas de obtenção da vanilina: síntese química.....	87
Figura 12- Rotas de obtenção da vanilina: biotransformação.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aplicação de particulados em diversos alimentos	44
Tabela 2 - Tecnologia de encapsulamento no setor alimentício industrial	49
Figura 3- Principais constituintes de alguns óleos essenciais.....	81
Figura 4- Classificação dos terpenos baseada na quantidade de unidades isopreno.....	82
Figura 5- Principais carotenoides.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UV	Ultravioleta
LDL	Low density lipoproteins
HMGR	Hidroxi-3-metilglutaril coenzima A redutase
ACAT	Acil-CoA: colesterol aciltransferase
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DHA	Decosahexanoico
EPA	Eicosapentaenoico
DPA	Decosapentaenoico
PUFAs	Ácidos graxos poli-insaturados
ALA	Ácidos alfa linolênico
AGEs	Ácidos graxos essenciais
AL	Ácido linoleico
GLA	Ácido gama linoleico
AA	Ácido araquidônio
OMS	Organização mundial de saúde
DCV	Doenças cardiovasculares
DAC	Doença arterial coronaria
HDL	High density lipoproteins
MMF	Matériaais de mudança de fase
FOSHU	Food for spcefied health uses
DCNT	Doenças crônicas não transmissíveis
ANVISA	Agência nacional de vigilância sanitária
RDC	Resoluções da diretoria colegiada
PIQ	Padrão de identidade e qualidade
MAPA	Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento
BD	Biodisponibilidade
GI	Fluido gastrointestinal
TGI	Epitelial do trato gastrointestinal
LADME	Liberação, absorção, distribuição, metabolismo e eliminação
FBC	Farinha de banana c/casca
FBS	Farinha de banana s/casca
FSA	Farinha de semente de abóbora
AGPI	Ácidos graxos poli-insaturados
CMS	Carne mecanicamente separada
SNS	Sistema nervoso simpático
NE	Norepinefrina
COMT	Catecol-o-metiltransferase
GEGC	Galato de epigalacatequina
EG	Elagitaninos
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
CFs	Compostos fenólicos
BA	Bioacessibilidade
PFs	Polifenóis
ELDI	Ionização a laser assistida por eletropulverização
DESI-MS	Espectrometria de massa de ionização por eletropulverização
EAG	Equivalente de ácido gálico
FAO	Food and Agriculture Organization
GRAS	Geralmente reconhecido como seguro

UFC	Unidade formadora de colônia
AHA	American heart association
SBC	Sociedade brasileira de cardiologia
OX	Óxido nitroso
GL	Galocatequina
CG	Catequina
EGC	Epigalocatequina
ECG	Epicatequina galato
EGCG	Epigalocatequina galato
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
COX-2	Ciclo-oxigenase-2
VLDL	Lipoproteína de densidade muito baixa
OGLHs	Oligossacarídeos do leite humano
FOS	Frutooligossacarídeos
SBME	Sociedade brasileira de medicina do exercício e do esporte
AVC	Acidente vascular cerebral

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus celsius
mg	Miligrama
ml	Mililitro
ω-3	Ácido linolênico
ω-6	Ácido linoleico
μm	Micrômetro
γ	Gama

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1.	Desperdício de Alimentos.....	19
2.2.	Desenvolvimento de Novos Produtos – Importância.....	20
2.3.	Biodisponibilidade.....	21
2.4.	Bioacessibilidade.....	24
2.5.	Bioatividade.....	24
2.6.	Alimentos Funcionais.....	25
2.7.	Nutracêuticos.....	27
2.8.	Compostos Bioativos.....	28
2.9.	Fitoésterois.....	31
2.10.	Suplemento Alimentar.....	33
2.11.	Legislação para Propriedades Funcionais.....	38
2.12.	Encapsulamento.....	40
2.13.	Técnicas de Encapsulamento.....	43
2.13.1.	Métodos Físicos.....	43
2.13.2.	Métodos Químicos.....	46
2.13.3.	Métodos Físico-químicos.....	47
2.13.4.	Métodos Emergentes.....	50
2.14.	Aplicações da Encapsulação.....	51
2.15.	Aplicações da Encapsulação na Indústria de Alimentos.....	53
2.15.1.	Aplicações em Matriz alimentícia.....	53
2.15.2.	Aplicações da encapsulação e processos industriais.....	56
2.16.	Compostos Bioativos nos Alimentos.....	61
2.16.1.	Compostos Fenólicos.....	61
2.16.2.	Polifenóis.....	65
2.16.3.	Flavonoides.....	66
2.16.4.	Flavonas e Flavonóis.....	66
2.16.5.	Flavonas e Isoflavonas.....	68
2.16.6.	Antocianinas.....	69
2.16.7.	Carotenoides.....	71
2.16.8.	Ácido Ascórbico.....	75
2.16.9.	Reação de Oxidação.....	76
2.16.10.	Atividade Antioxidante.....	77
2.16.11.	Ácidos Fenólicos.....	78
2.16.12.	Revestesterol.....	78
2.16.13.	Lignanas.....	79
2.16.14.	Ômega 3 e Ômega 6.....	80
2.16.15.	Terpenos.....	85
2.16.16.	Óleos Essenciais.....	86
2.16.17.	Aromas.....	89
2.16.18.	Probióticos.....	95
2.16.19.	Prebióticos.....	98
2.17.	Métodos de Incorporação de Compostos Bioativos.....	101
2.17.1.	Incorporação na Forma de Extratos.....	101
2.17.2.	Incorporação em Forma de Pó e Farinhas.....	102
2.18.	Incorporação de Compostos Bioativos.....	103
2.18.1.	Pães Enriquecidos.....	103

2.18.2. Incorporação de Diferentes Compostos Bioativos em Alimentos .	110
3. METODOLOGIA	112
4. CONCLUSÃO	113
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

1. INTRODUÇÃO

Alimentos são, substâncias que se consomem inalteradas ou elaboradas devido ao seu conteúdo de nutrientes necessário para manutenção da saúde. Os nutrientes pertencem aos grupos químicos dos carboidratos, proteínas e lipídeos. Portanto, eles são consumidos também por sua textura, maciez, suculência, sabor, aroma ou efeito estimulante de alguns de seus componentes, como por exemplo, a teobromina, teofilina, e a cafeína como sendo a mais comum (LIBERATO, 2020).

A partir do último quarto do século XX, o alimento passou a ser entendido não só como fonte de nutrientes e satisfação, mas também como agente do bem-estar corporal (TONINI; SAUERBRONN, 2013). Flandrin e Montanari (2015), apontam que essa tendência teve início nos anos 1970, quando as pessoas passaram a observar a composição e os benefícios dos alimentos. Assim, as formas de preparação e consumo de alimentos passaram a incorporar o entendimento das consequências desses sobre os corpos, e o movimento pela alimentação saudável ganha espaço em todo o mundo (TEIXEIRA; SAUERBRONN; LODI, 2015).

A caracterização da alimentação brasileira se dá a partir do período colonial e, à priori, a partir dos alimentos locais nativos que foram misturados a alimentos trazidos da Europa (Portugal) e África. A história da alimentação no Brasil se inicia com a alimentação indígena, que foi registrada pela primeira vez por Pero Vaz de Caminha, em 1500. Em seu primeiro contato com a população original do Brasil, os colonizadores ofereceram pão, peixe cozido, pastéis, mel e figos passados, além de vinho português, e foram apresentados à mandioca. A mandioca foi registrada como um alimento obrigatório, regular e indispensável aos habitantes originais e era consumida também nas formas de farinha, como acompanhamento para carnes ou frutas e de beiju, e foi importante para as bebidas (CASCUDO, 2011).

Avançando na linha do tempo, a urbanização e o processo de metropolização de algumas cidades brasileiras também impactaram de forma direta nas mudanças profundas na alimentação do Brasil. De acordo com Bleil (1998), no período entre 1960 à 1990, a população de áreas urbanas cresceu consideravelmente e, além disso, foi um período de extrema importância para a indústria brasileira prosperar. Com locais de moradia distantes do trabalho e maior rigidez de horário, este momento também foi marcado pelo início do hábito de se fazer refeições fora de casa. Assim, o fast-food se tornou um hábito do brasileiro.

No início da década de 1990, pesquisadores do consumo alimentar brasileiro perceberam que alguns hábitos sofreram mudanças consideráveis. Como resultado da intensa urbanização, da estabilidade econômica, do aumento da renda e do emprego, mais brasileiros passaram a comer fora de casa. A alimentação cotidiana do brasileiro passou a incorporar mais carnes, embutidos, leite, ovos e refrigerantes, assim como massas instantâneas, o que trouxe impactos negativos à saúde (TEIXEIRA; SAUERBRONN; LODI, 2015).

Um estudo de tendências de alimentação do Brasil Food Trends 2020 apresentou que os consumidores têm buscado um estilo de vida mais saudável e com isso preferem produtos que visam a saudabilidade e bem-estar, como os alimentos funcionais, produtos naturais e alimentos para dietas e controle do peso com redução ou eliminação de ingredientes (BARBOSA *et al.*, 2010). A priorização por uma dieta saudável e bem-estar pessoal também foram elementos essenciais levantados na pesquisa de tendências globais em alimentos e bebidas de 2018 (MINTEL, 2018). Juntamente com essas tendências, as indústrias de alimentos precisam investir em inovação e desenvolver produtos alimentícios que satisfaçam a demanda dos consumidores que procuram seguir hábitos mais saudáveis (FINCO *et al.*, 2011). Neste contexto, os alimentos funcionais têm sido um tema de relevância e discutido em eventos e pesquisas na área de ciência e tecnologia de alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA; AMAYA-FARFÁN, 2008; BIGLIARDI; GALATI, 2013; NAZIR *et al.*, 2019). Esses alimentos foram amplamente desenvolvidos em praticamente todas as categorias de alimentos, sendo lançados principalmente nos mercados de laticínios, confeitaria, refrigerantes, panificadoras e alimentos para bebês (BIGLIARDI; GALATI, 2013).

O interesse por uma alimentação saudável, e as evidências científicas de que os alimentos funcionais são benéficos para a saúde, tornam o consumo desses alimentos um dos caminhos a seguir para a melhoria da qualidade de vida (PINHEIRO *et al.*, 2013).

Uma alternativa viável para o aumento de consumo de frutas e hortaliças é a elaboração de produtos derivados que tragam conveniência ao consumidor. Além disso, diversas frutas e hortaliças estão sendo usadas como ingredientes bioativos secundários em alimentos industrializados como sucos (TÖRRÖNENA *et al.*, 2012), sorvetes (ÇAM *et al.*, 2014), massas, entre outros (DAY *et al.*, 2009; SUNWATERHOUSEA, 2013a), iogurtes (SUNWATERHOUSEA, 2013b).

Os compostos bioativos são encontrados em alimentos, majoritariamente aqueles de origem vegetal, tais como em cereais, frutas, raízes e leguminosas, que não possuem a função primordial como os demais nutrientes de suprir energeticamente e estruturalmente os organismos vivos, mas que atuam em sistemas auxiliares na prevenção de doenças (SHISHIR *et al.*, 2018). É um grupo bastante amplo, a qual alguns deles serão abordados individualmente em alguns tópicos como agentes ativos, visto a sua importância e pesquisas com seu uso. Sendo representados pelos alcalóides, carotenóides, fenólicos, probióticos, vitaminas lipossolúveis, organossulfurados, entre outros (NIU *et al.*, 2020).

Os bioativos podem atuar na prevenção de câncer, diabetes, processos inflamatórios, doenças cardiovasculares, obesidade, úlceras estomacais, etc. (ZHANG *et al.*, 2020). Manach *et al.* (2005) explicam que esses efeitos benéficos ocorrem já que os compostos podem atuar de forma simultânea em diferentes alvos celulares conferindo potenciais benefícios fisiológicos e promoção da saúde. Dentre os compostos bioativos já identificados que dão funcionalidade aos alimentos estão os carboidratos não digeríveis (fibras solúvel e insolúvel), antioxidantes (como polifenóis, carotenoides, tocoferóis, tocotrienóis, fitoesteróis, isoflavonas, compostos organossulfurados), esteroides vegetais e fitoestrógenos (CHAVES, 2015).

A fim de se adaptar a estas novas necessidades do consumidor, a indústria alimentícia está desenvolvendo novos produtos e reformulando outros visando melhoria da retenção dos compostos com alegação de propriedades funcionais inerentes dos alimentos ou adição de bioativos de outras matrizes alimentares para a sua fortificação ou enriquecimento, que ao mesmo tempo sejam práticos e agradáveis ao paladar (DAY *et al.*, 2009; LI *et al.*, 2009; BETORET *et al.*, 2012; BELŠČAK-CVITANOVIĆ *et al.*, 2012).

Dentre os desafios para a indústria e pesquisadores na incorporação de ingredientes funcionais em alimentos está a necessidade de assegurar que haja significativa retenção dos compostos de interesse após o processamento e armazenamento dos alimentos nos quais foram incorporados. Outro desafio é manter a aparência e as propriedades sensoriais dos produtos, que por sua vez são atributos importantes para o consumidor (DAY *et al.*, 2009). Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o cenário de incorporação de compostos bioativos em produtos alimentícios.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Desperdício de Alimentos

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) divulgou que 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são perdidos no planeta a cada ano. Isso representa cerca de 30% do total produzido. Estima-se que cerca de 14% dos alimentos produzidos no mundo sejam perdidos antes de chegar ao varejo, enquanto outros 17% dos alimentos disponíveis aos consumidores são desperdiçados (FAO, 2019; UNEP, 2021).

A América do Sul, apesar de ter apresentado uma melhora em relação a 2005, quando (7,6%) da população era considerada subnutrida, não pode se contentar, já que, apesar de apresentar percentuais mais baixos a partir de 2019 (5,6%), não conseguiu maior redução, estabilizando-se nesse patamar. Embora estima-se uma significativa melhora para 2030 (7,7%), os números ainda são elevados, quando o assunto é subnutrição. O ideal, como sabemos, seria a inexistência de desnutridos, ainda mais quando há considerável desperdício de alimentos nas cozinhas de casas, restaurantes, feiras livres, e redes de supermercados. (FAO, 2020).

A Covid-19 aumentou a urgência no combate ao desperdício de alimentos, especialmente em termos da redistribuição de alimentos para as pessoas vulneráveis afetadas por pandemias, e vários esforços estão sendo realizados pelos setores público e privado, bem como pelo terceiro setor, para combater a insegurança alimentar e a fome. O efeito massivo da pandemia sobre o desperdício de alimentos dependerá de quanto tempo ela durará e do impacto que terá na economia global, nas cadeias de abastecimento agroalimentares e nas famílias, bem como nas medidas que estão sendo adotadas por autoridades locais, regionais e nacionais e na gestão global da pandemia (BURLEA-SCHIOPOIU *et al.*, 2021).

Em particular, as indústrias alimentícias geram uma grande quantidade de resíduos durante a coleta, armazenamento, transporte e processamento de matérias-primas (NASRIN; MATIN, 2017). Isso representa um problema de poluição ambiental devido aos resíduos serem principalmente feito de matéria orgânica. A matéria orgânica representa uma fonte de compostos bioativos. Um composto bioativo é uma substância com atividade biológica. Em um sentido mais amplo, é uma substância que tem um efeito ou pode desencadear uma resposta fisiológica em um organismo vivo. O efeito pode ser negativo ou positiva dependendo da estrutura

química, da dose e da biodisponibilidade da substância (GUAADAoui *et al.*, 2014). No entanto, os compostos bioativos são amplamente reconhecidos por promover benefícios à saúde (SAGAR *et al.*, 2018).

As cascas, sementes e bagaço representam a maior quantidade de resíduos, que são constituídos por uma grande variedade de compostos bioativos com múltiplas propriedades biológicas, como antioxidante, imunoestimulante, antimicrobiano, anticâncer e prebiótico (LEYVA-LÓPEZ, 2020). A exploração de resíduos para o desenvolvimento de produtos alimentícios com valor agregado poderia fazer possível a geração de lucros adicionais. A indústria de alimentos, em colaboração com a comunidade científica, tem direcionado esforços para a concepção de métodos adequados para a extração e purificação de compostos bioativos de resíduos para o desenvolvimento de alimentos funcionais. Isto é atualmente se sabe que o custo das tecnologias de purificação de compostos bioativos supera custos de reprocessamento, somente o aproveitamento integral de resíduos com propriedades funcionais como aditivos poderia conduzir as indústrias de alimentos para reduzir resíduos e aumentar sua lucratividade (LEYVA-LÓPEZ, 2020).

Existe uma grande variedade de compostos bioativos encontrados em resíduos derivados do cultivo e processamento de produtos agrícolas. Qualquer parte das plantas, como casca, sementes, folhas, raízes e caules, pode ser considerada como fonte de compostos bioativos (VENEZIANI *et al.*, 2017).

A fome ainda é um dos desafios de desenvolvimento mais urgentes, mas o mundo está produzindo comida mais do que o suficiente. A produção e o consumo sustentáveis de alimento são áreas que demandam melhor gestão, e o desenvolvimento e a aplicação do conhecimento científico para ampliar a oferta de alimentos com menor impacto ambiental. Em um mundo que enfrenta mudanças climáticas e escassez de recursos naturais, e ainda convive com a insegurança alimentar, a redução das perdas e do desperdício de alimento deve ser uma prioridade global (DIAZ, 2020).

2.2. Desenvolvimento de Novos Produtos – Importância

Com as modificações no estilo de vida da sociedade moderna, observou-se uma alteração no perfil alimentar das pessoas, com o aumento na ingestão de produtos alimentícios ricos em açúcares e gorduras, além de pobres em fibras alimentares, fato esse que tem sido relacionado com o aumento da incidência de algumas doenças

crônicas, como a hipertensão arterial, a diabetes tipo II, as dislipidemias e as doenças cardiovasculares (ZAMBRANO *et al.*, 2012). Neste sentido, os consumidores cada vez mais buscam produtos com apelos de saudabilidade, e sustentabilidade o que tem motivado a indústria a desenvolver alimentos com melhores propriedades nutricionais, quando comparados aos tradicionalmente comercializados, mas que ainda satisfaçam sensorialmente os consumidores (GELINSKI *et al.*, 2015). Em compensação, aos pesquisadores compete o estudo e desenvolvimento de novos produtos que possam ser utilizados como alternativa na redução dos riscos de doenças crônicas não transmissíveis, como a obesidade, diabetes e hipertensão arterial, por exemplo (DIAS *et al.*, 2020).

Segundo Mintel (2020), é crescente o segmento da população que está considerando diferentes aspectos ao fazer suas escolhas alimentares; para por exemplo, reduzir ou simplesmente extinguir ingredientes artificiais e produtos químicos sintéticos em seus produtos alimentícios, seguindo a tendência global do rótulo limpo, e produtos com atributos ecológicos (uso eficiente dos materiais, reciclado / renovável e baixo consumo de energia e água), entre outros. Neste contexto Acevedo, Dave e Singh (2020), descreve que os recursos naturais que podem atender a alguns desses requisitos precisam ser identificados e utilizados pela indústria de alimentos para desenvolvimento de novos produtos com apelo sensorial atrelado a saúde.

2.3. Biodisponibilidade

Uma etapa importante no desenvolvimento de alimentos funcionais é o estudo de biodisponibilidade (BD) dos compostos bioativos utilizados na fortificação dos alimentos. Portanto, a BD de biocomponentes de alimentos naturais (frutas, vegetais) e de alimentos funcionais tem sido um tópico importante para cientistas e produtores de alimentos. Nos últimos anos, muitos grupos de investigadores têm centrado a sua atenção no estudo dos processos e mecanismos envolvidos na BD dos nutracêuticos, para aumentar a bioeficiência dos alimentos e reduzir os riscos de toxicidade (GONÇALVES *et al.*, 2018; LUCAS-GONZÁLEZ *et al.*, 2018).

Na maioria dos trabalhos publicados, a BD dos alimentos é definido como a fração do biocomponente ingerido que atinge a circulação sistêmica (fluxo sanguíneo) para ser distribuído aos órgãos e tecidos e manifestar sua bioatividade (PARADA; AGUILERA, 2007; JAFARI; MCCLEMENTS, 2017).

BD é um conceito complexo que inclui quatro processos distintos: bioacessibilidade, absorção, metabolismo e bioatividade. Existe uma relação direta entre esses processos no sentido de que cada processo é influenciado pelo processo anterior. Por esta razão, cada um desses processos se manifesta como um fator que influencia decisivamente a BD e pode ser estudado *in vivo*, ou *in vitro* (DIMA *et al.*, 2020c).

BD é a característica mais importante dos compostos bioativos, porque desempenha um papel crucial no design e fabricação de medicamentos e alimentos funcionais (FERNÁNDEZ-GARCÍA; CARVAJAL-LÉRIDA; PÉREZ-GÁLVEZ, 2009). Um composto bioativo é um nutriente que, quando introduzido em um organismo vivo, produz um sinal biológico assimilado ao terapêutico efeito. Numerosos pesquisadores investigaram os fatores que afetam a BD oral de compostos bioativos, também destacando maneiras de melhorar a mesma (DIMA *et al.*, 2020b).

Embora a natureza da forma farmacêutica do medicamento ou o tipo de matriz alimentar influencia principalmente a liberação do composto bioativo, a estrutura e as características físico-químicas das moléculas bioativas possuem uma complexa influência em todos os processos envolvidos na BD, como bioacessibilidade (solubilidade, interação com outros componentes), adsorção e metabolismo. Alguns estudos mostraram que o efeito terapêutico de uma biomolécula está associado a suas características físico-químicas e estruturais, como peso molecular, lipofilicidade, capacidade de interagir com receptores e transportadores, e assim por diante (MATSSON *et al.*, 2016).

Verificou-se que o alto peso molecular das moléculas afeta sua BD. A lipofilicidade tem uma influência sobre os dois parâmetros-chave da BD: solubilidade e permeabilidade. A alta lipofilicidade diminui a solubilidade das moléculas em água e aumenta sua capacidade permanente. Lipofilicidade é a capacidade de um composto se dissolver em ambientes não polares (gorduras, lipídios, óleos e solventes não polares). Uma medida da lipofilicidade de uma substância é o coeficiente de repartição P, que é a razão entre a concentração do medicamento distribuído na fase apolar (Clípídica) e a concentração da droga distribuída na fase aquosa (Cágua), nas condições de equilíbrio termodinâmico (MATSSON *et al.*, 2016).

A BD oral de nutrientes é definida por a maioria dos autores como a fração da quantidade ingerida que atinge os órgãos e tecidos e participa dos processos metabólicos básicos ou outros processos biológicos (PARADA E AGUILERA, 2007).

A medição direta da BD de um composto é alcançada por métodos *in vivo* baseados em estudos farmacocinéticos (BRAKE *et al.*, 2017). Biodisponibilidade oral é um parâmetro essencial para avaliar a relação entre a alimentação e seus benefícios para a saúde (DIMA *et al.*, 2020a).

Para avaliar a BD oral, a maioria dos pesquisadores de ciência alimentar investigou três fatores principais que afetam a BD: bioaccessibilidade (B), absorção (A) e transformação (T) de biomoléculas (OZTURK *et al.*, 2015; WANG; CHEN, 2017).

A questão chave na investigação da BD de biocomponentes alimentares e farmacêuticos é o desenvolvimento de métodos de avaliação para cada um dos três principais fatores que limitam a BD. Para tanto, os primeiros estudos sobre a BD de biocomponentes foram realizados utilizando métodos *in vivo*.

Muitos biocomponentes têm uma BD oral baixa devido à sua baixa estabilidade no fluido gastrointestinal (GI) e sua má absorção através da camada epitelial intestinal (RAFIEE *et al.*, 2019; ROSTAMABADI; FALSAFI; JAFARI, 2019). Portanto, ultimamente, alguns pesquisadores têm estudado a possibilidade de melhorar a BD oral incorporando agentes bioativos em vários carreadores, como: emulsões, nanoemulsões, microemulsões, nanopartículas sólido-lipídicas, nanopartículas de biopolímero e microgéis (JAIN *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019; SOUZA-SIMÕES *et al.*, 2017; YANG *et al.*, 2015).

Uma das características importantes dos alimentos convencionais e, em particular, alimentos funcionais é a bioeficiência, que é a capacidade do alimento de atender às necessidades metabólicas do consumidor. Este conceito tem um alto grau de generalidade e não é quantificado diretamente. Um alimento é bioeficiente se fornece, por um lado, a energia, bioquímica e suporte mecânico necessário para as funções básicas do corpo (potencial nutricional) e, por outro lado, se contribui para a manutenção da saúde humana, de acordo com os atributos biológicos projetados (potencial biológico). No geral, os mecanismos envolvidos na bioeficiência são os mesmos para alimentos convencionais e funcionais. A expressão quantitativa da bioeficiência alimentar é feita usando outros conceitos, como biodisponibilidade, bioaccessibilidade e bioatividade de componentes dos alimentos. Esses conceitos podem ser estudados *in vivo*, ou *in vitro* e podem ser expressos quantitativamente por diferentes unidades (DIMA *et al.*, 2020c).

Alguns autores usaram BD, e os processos envolvidos na BD como critérios básicos na classificação de compostos bioativos (MCCLEMENTS *et al.*, 2015). Nesse contexto, a avaliação da biodisponibilidade e bioacessibilidade é uma etapa importante na previsão **das** características biológicas e farmacocinéticas de compostos bioativos. A inclusão de um composto bioativo em uma determinada classe é o resultado de testes *in vitro* e *in vivo* e a correlação dos resultados desses testes por certos modelos matemáticos (correlação *in vivo*, *in vitro*) (BRAKE *et al.*, 2017).

2.4. Bioacessibilidade

Bioacessibilidade é a fração de um biocomponente ingerido que se torna acessível para absorção através da camada epitelial do trato gastrointestinal (TGI). Em ordem para serem absorvidos, os biocomponentes devem primeiro ser liberados da matriz alimentar ou nanotransportadores e, em seguida, solubilizados em micelas de associação. Determinação experimental de bioacessibilidade é feita com bons resultados usando métodos *in vitro*. A chave para essas determinações é a simulação mais realista das condições químicas, bioquímicas e mecânicas dos quatro setores do TGI: boca, estômago, intestino delgado e cólon (ALMINGER *et al.*, 2014).

2.5. Bioatividade

Bioatividade é a capacidade de um composto de exibir um efeito biológico. Para serem bioativos, os compostos absorvidos através da camada epitelial intestinal devem ser distribuídos para órgãos e tecidos onde estão envolvidos em vários processos bioquímicos que geram uma resposta fisiológica (benefício para a saúde). A validação da resposta fisiológica de um composto bioativo é feita avaliando os parâmetros farmacocinéticos, tais como: liberação, absorção, distribuição, metabolismo e eliminação (LADME). Biodisponibilidade e bioacessibilidade têm uma influência importante na bioatividade. Por exemplo, embora frutas com alta concentração de biocomponentes são consumidas, alguns dos biocomponentes ainda apresentam baixa bioatividade devido às pequenas quantidades que chegam aos órgãos e tecidos. Isso acontece com polifenóis, fitoesteróis ou algumas vitaminas, que têm uma BD <5% a 10% (CHEN; CAO; XIA, 2018; GYLLING E SIMONEN, 2015; SAID E NEXO, 2018).

Um exemplo interessante são os polissacarídeos insolúveis, consumidos como fibras dietéticas que, embora não sejam absorvidos através do intestino, ainda tem

atividade antitumoral, ajudando para reduzir o risco de câncer colorretal. Isso é devido, por um lado, ao aumento da viscosidade da matéria no intestino e a manutenção de um pH constante e, por outro lado, ao crescimento de bactérias probióticas no cólon que transformam as fibras dietéticas em ácidos graxos de cadeia curta com propriedades anticâncer (RAMAN; AMBALAM; DOBLE, 2016).

A expressão quantitativa da bioatividade é feita pela potência de um composto bioativo que representa a concentração ou quantidade de um biocomponente necessária para produzir o efeito biológico correspondente (por exemplo, a atividade antioxidante, atividade antimicrobiana, atividade anti-inflamatória, etc.). A potência do biocomponente é medida usando ensaio de potência ou bioensaio com base em *in vivo*, ou *in vitro*) (COXON; LONGSTAFF; BURNS, 2019).

2.6. Alimentos Funcionais

Nas últimas décadas, a percepção dos consumidores em relação aos alimentos tem mudado, e estes têm sido vistos como promotores de qualidade de vida e saúde, deixando a alimentação de ser vista apenas como uma fonte de suprir as necessidades nutricionais do corpo e sendo vista com caráter preventivo e terapêutico (BAPTISTA *et al.*, 2013; O' CALLAGHAN; KERRY, 2016; PASCOAL *et al.*, 2016).

As escolhas que modelam consumo diário de alimentos encontram-se associadas a fatores socio-econômicos, idade, escolaridade, preço, conveniência, tipo de embalagem, aspectos sensoriais, conteúdo, familiaridade, dentre outros. No entanto, em virtude dos alimentos funcionais e nutracêuticos diferirem dos alimentos convencionais, em função dos benefícios à saúde, espera-se que os consumidores que visam uma melhor qualidade de vida sejam mais interessados neste tipo de produto (ANNUNZIATA; VECCHIO, 2013; VALENT *et al.*, 2014; SHAN *et al.*, 2017). As propriedades funcionais dos alimentos têm sido abordadas durante séculos em todo o mundo com o objetivo de prevenir doenças, onde os alimentos funcionais frequentemente são referidos como “produtos naturais de saúde” ou “alimentos saudáveis” (BROWN *et al.*, 2018).

O conceito de alimento funcional surgiu no Japão, um dos pioneiros a buscar mais informações sobre as propriedades funcionais dos alimentos e a sua associação com uma dieta equilibrada, lançando na década 80 uma categoria para os alimentos que apresentavam benefícios à saúde, em 1991 receberam a aprovação do ministério da Saúde, Trabalho e Segurança Social Japonês ficando conhecidos como FOSHU

(Food for Specified Health Uses) (PINTO, 2010; NITZKE, 2012; PASCOAL *et al.*, 2016).

Segundo a European Food Information Council “um alimento pode ser considerado funcional se for demonstrado que, o mesmo, pode afetar benéficamente uma ou mais funções-alvo do corpo, para além de possuir os efeitos nutricionais adequados, de maneira que seja relevante tanto para o estado de saúde e bem-estar, como para a redução do risco de doença” (PINTO, 2010).

A descrição dos alimentos funcionais relaciona estes produtos com suas propriedades nutritivas e também com os efeitos metabólicos e fisiológicos trazendo benefícios a saúde (REIS *et al.*, 2016). No entanto, ainda não um consenso mundial concreto sobre a definição de alimentos funcionais e o Codex Alimentarius não possui uma definição oficial (PASCOAL *et al.*, 2016).

Segundo Roberfroid (2002), os alimentos funcionais apresentam as seguintes características:

- a) Devem ser alimentos convencionais e serem consumidos na dieta normal/usual;
- b) Devem ser compostos por componentes naturais, algumas vezes, em elevada concentração ou presentes em alimentos que normalmente não os supririam;
- c) Devem ter efeitos positivos além do valor básico nutritivo, que pode aumentar o bem-estar e a saúde e/ou reduzir o risco de ocorrência de doenças, promovendo benefícios à saúde além de aumentar a qualidade de vida, incluindo os desempenhos físico, psicológico e comportamental;
- d) A alegação da propriedade funcional deve ter embasamento científico;
- e) Pode ser um alimento natural ou um alimento no qual um componente tenha sido removido;
- f) Pode ser um alimento onde a natureza de um ou mais componentes tenha sido modificada;
- g) pode ser um alimento no qual a bioatividade de um ou mais componentes tenha sido modificada.

2.7. Nutraceuticos

Além dos alimentos funcionais, outro termo discutido e estudado são os nutraceuticos, que podem ser descritos como compostos bioativos isolados ou purificados de alimentos que apresentam capacidade comprovada de gerar benefícios a saúde como prevenção e tratamento de doenças (RONIS; KIM; WATT, 2017).

O termo nutraceutico surge em 1989 quando o Dr. Stephen DeFelice fundiu os termos *nutrient* e *pharmaceutics*, isto é, procedeu à fusão do termo nutriente com a forma de apresentação dos medicamentos (comprimidos, cápsulas, xaropes ou soluções) (PINTO, 2010).

Os nutraceuticos, assim como os alimentos funcionais, não possuem uma definição regulatória formal, mas podem ser amplamente definidos para incluir alimentos funcionais, suplementos dietéticos e alimentos medicinais, englobando assim, um amplo espectro de produtos comercialmente disponíveis para o consumo, tais como suplementos dietéticos, sopas, bebidas e produtos farmacêuticos (cápsulas, pó, soluções, géis e granulados) (BARCAROL, *et al.*, 2012; GUPTA; PRAKASH, 2015). Contudo, existem algumas diferenças ao nível de atuação entre alimentos funcionais e nutraceuticos. Enquanto para os nutraceuticos será relevante um apelo à prevenção ou mesmo ao tratamento de doenças, para os alimentos funcionais apenas será importante a redução do risco em desenvolver determinada doença. Por outro lado, enquanto os nutraceuticos incluem suplementos dietéticos e outros tipos de alimentos, os alimentos funcionais devem ser apresentados na forma de alimentos comuns (MORAES; COLLA, 2006).

Nas últimas décadas o perfil de consumo da população vem mudando em função da busca de qualidade de vida, que apresenta uma associação com os hábitos alimentares e aumento da expectativa de vida. Mesmo havendo esta preocupação em relação aos hábitos alimentares, a incidência de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) como: obesidade, diabetes, câncer, hipertensão e doenças cardíacas, ainda é bastante significativa, onde o fator determinante destas pode estar relacionado a alimentação. O risco de desenvolvimento das DCNT amplia-se com o consumo insuficiente de frutas e vegetais, além do processo de industrialização dos alimentos e aumento da oferta e consumo de alimentos de altos valores energéticos (CAMPOS; RODRIGUES, 2014; SOUZA, 2017; VAZ; BENNEMANN, 2018).

Os efeitos benéficos associados ao consumo de alimentos funcionais e nutraceuticos, tais como a cenoura, o alho, o abacate, a berinjela, o brócolis, a

castanha do Pará, o salmão, a sardinha, a soja, os probióticos, o tomate, a linhaça, a aveia, o goji berry e a alcachofra e suas substâncias ativas isolados vêm sendo relatado em diferentes estudos na prevenção da incidência de doenças como hipertensão arterial, doenças cardiovasculares, manutenção do peso corporal, aceleração da velocidade de reação do sistema imunológico e diversos tipos de câncer (COLPO *et al.*, 2016; SILVA; SILVA; PEREIRA, 2016; BARLETA; NORONHA, 2017; OLIVEIRA; ALMEIDA; SILVA, 2017; REOLON *et al.*, 2017; TONETTA *et al.*, 2017; CAVAZIM; FREITAS, 2018).

O conhecimento das terminologias, alimentos funcionais e nutracêuticos, mostrou ser um ponto relevante para o consumo destes produtos e que grande parcela da população acredita que o consumo destes pode prevenir ou reduzir o risco de doenças. No entanto, uma menor parcela, associa que não somente o consumo poderia trazer benefícios à saúde, que este deveria estar associado a prática de atividades físicas. Outros fatores relacionados foram que o alimento não desempenharia esse papel sobre a saúde e sim o consumo de fármacos ou que somente a atividade física possui esse efeito benéfico à saúde. (CHAVES; FRANCO; OLIVEIRA, 2018). Estima-se que o consumo de frutas e vegetais corresponda a menos da metade do recomendado, onde nota-se desconhecimento da população sobre o significado de alimento funcional, e a importância destes alimentos (MURICI *et al.*, 2015).

2.8. Compostos Bioativos

Diversos alimentos funcionais contêm componentes que podem melhorar o funcionamento do organismo, uma vez que a diminuição do consumo desses alimentos tem sido considerado um fator de risco para o desenvolvimento das DCNTs (TEODORO, 2019).

De acordo com Biesalski *et al.* (2009), os compostos bioativos têm recebido atenção inimaginável dentro do meio acadêmico/científica e na indústria alimentos para a sua utilização como ingredientes em produtos alimentares. Eles são conhecidos por serem essenciais e compostos não essenciais que ocorrem na natureza, fazem parte da cadeia alimentar e demonstram ter efeito na saúde. Funções biológicas têm sido atribuídas a essas substâncias, incluindo antioxidantes, antitrombóticos, anticoagulantes, atividades anti-inflamatórias, antiproliferativas, anti-hipertensivas, antidiabéticas e cardioprotetoras, entre outros; essas funções foram vinculadas ao papel de compostos bioativos na prevenção de doenças crônicas, incluindo câncer e

doenças cardiovasculares. Fitoquímicos (carotenóides, polifenóis), micronutrientes (vitaminas A, D, E, e C, zinco, magnésio), ácidos graxos (ômega-3, ômega-6) e proteínas bioativas (lactoferrina, lactoglobulina) são alguns exemplos de substâncias que foram reconhecidas com propriedades benéficas para a saúde, logo mais no quadro 1, podemos ver os compostos bioativos e seus benefícios a saúde. (ESPÍN *et al.*, 2007; CENCIC e CHINGWARU, 2010).

Wen *et al.* (2017), consideram que os compostos bioativos são macromoléculas instáveis e facilmente suscetíveis à oxidação quando entram em contato com oxigênio, luz e calor durante o preparo do alimento e armazenamento, perdendo o efeito de benefício a saúde, além dos *flavors* desagradáveis, como os apresentados pelas saponinas. Outro fator limitante é a baixa biodisponibilidade que pode ser causada tanto pela sensibilidade aos processos oxidativos, hidrofobicidade e perda da atividade biológica nos casos de moléculas biológicas, contribuindo para a dificuldade de consumo (ZHANG *et al.*, 2020).

De acordo com Serrano *et al.* (2016), existe uma grande variedade de verduras, legumes e frutas que apresentam compostos bioativos, como polifenóis, carotenoides, isoflavonas, resveratrol, catequinas e os flavonoides. A ingestão desses compostos deve ser diária, para atender às necessidades e ter ação multifatorial.

Os alimentos funcionais destacados na prevenção e no tratamento da obesidade, e que podem ser utilizados como estratégia nutricional são açafrão (*Curcuma longa L.*), chá-verde (*Camellia sinensis*), romã (*Punica granatum L.*), aveia (*Avena sativa L.*) e o azeite de oliva (*Olea europaea*) (OLIVEIRA, 2020).

O açafrão contém um polifenol (curcumina), que possui características antioangiogênicas, anti-inflamatórias e antiobesidade (MIYAZAWA *et al.*, 2018). A curcumina é o principal composto bioativo do açafrão e apresenta-se como um aliado ao tratamento de várias doenças inflamatórias. (SHEHZAD *et al.*, 2011).

A suplementação oral de 1g de curcumina por 30 dias em indivíduos obesos reduziu o estresse oxidativo (SAHEBKAR *et al.*, 2013). A utilização da curcumina (500 mg/dia) associada com a piperina, um composto bioativo presente na pimenta (*Piper nigrum*), (5mg/dia) por 30 dias, reduziu os níveis séricos de citocinas inflamatórias em indivíduos obesos (GANJALI *et al.*, 2014).

O chá-verde contém polifenóis, catequinas e cafeína, que desempenham um papel importante na redução e na manutenção de peso adequado (NABI *et al.*, 2018).

Tal alimento possui propriedade anti-inflamatória e pode ser usado como estratégia para modular a inflamação e o estresse oxidativo (TRAN, 2013).

Nos polifenóis do chá-verde, um dos mecanismos propostos que se dá pelo controle do apetite, regulação negativa de enzimas, envolvendo metabolismo lipídico hepático e a diminuição da absorção de nutrientes sob a influência do sistema nervoso simpático (SNS). A norepinafrina (NE) estimula a lipólise em tecidos periféricos (adiposo, fígado, músculo esquelético), liberando ácidos graxos livres e, com a regulação positiva do metabolismo lipídico hepático, aumenta a estimulação simpática pela inibição da catecol-o-metiltransferase (COMT) e fosfodiesterase (RAINS; AGARWAL; MAKI, 2011).

Entre as catequinas do chá-verde, o galato de epigallocatequina (GEGC) é considerado o mais importante devido ao aumento da oxidação dos ácidos graxos. Em um ensaio clínico randomizado, o consumo de chá-verde por oito semanas (928 mg catequinas dos quais 440 mg de GEGC e 8,96 mg de cafeína), diminuiu o peso corporal e o perímetro da cintura em indivíduos com obesidade e síndrome metabólica (HUANG, *et al.*, 2014). A recomendação para o consumo do chá-verde é de uma a duas xícaras (240 ml a 480 ml) por dia (REYGAERT, 2017).

A romã (*Punica granatum L.*) é utilizada para tratar infecções e possui efeitos antiobesidade devido à variedade de compostos bioativos encontrados (AL-MUAMMAR; KHAN, 2012). Ela é uma fonte de elagitaninos (EG) como a punicalagina, que é um antioxidante poderoso, o que despertou considerável interesse pela fruta da romã. Estudos mostram efeitos anti-inflamatórios da romã e seus compostos biologicamente ativos na redução do estresse oxidativo (AMMAR *et al.*, 2015; KIM *et al.*, 2017).

A aveia é fonte de fibra dietética solúvel (β -glucana) que apresenta efeitos antiobesidade (CHANG *et al.*, 2013). Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC - acetato, propionato e butirato), produzidos durante a fermentação bacteriana, são substratos para a microbiota intestinal e exercem papel anti-inflamatório no tecido adiposo branco, pela redução na concentração de gordura (GILL *et al.*, 2018).

O consumo de fibra dietética, acima de 10 g/1000 kcal ou cerca de 20 g/dia, pode estar relacionado com a perda de peso corporal, variando de 1,2 a 3,6 kg em 8-12 anos (BOZZETTO *et al.*, 2018).

O azeite de oliva é o óleo extraído da fruta da oliveira (*Olea europaea L.*). A composição do polifenol do azeite está relacionada com os glicosídeos da fruta. A

ingestão do azeite de oliva reduz os marcadores inflamatórios (SOUZA; MARCADENTI, 2017). Logo, essas propriedades do azeite têm grandes influências nas características dos mediadores antiinflamatórios tendo funções antioxidantes, anti-inflamatórias, melhora a sensibilidade à insulina, a proteção cardiovascular, pelo efeito antiaterogênico (com a ingestão de 50 mL/dia do azeite extravirgem), neuroprotetor, e anticancerígeno (SANTANGELO *et al.*, 2018; ESTRUCH *et al.*, 2013).

Quadro 1- Compostos bioativos e seus benefícios à saúde.

Composto bioativo	Possíveis benefícios à saúde	Referência
Polifenóis	Eliminar radicais livres; modular atividades enzimáticas; estimular o sistema imunológico; regular a expressão gênica e sinalização celular; influenciar a proliferação e apoptose celular; regular o metabolismo hormonal.	Finco et al. (2012)
Flavonoides	Anti-inflamatório; antiaterosclerótico; imunomodulatório.	Santos (2012)
Antocianinas	Ação anti-inflamatória; antioxidante; vasoprotetor; inibição da oxidação do LDL; redução do risco de doença cardiovascular e do desenvolvimento de aterosclerose.	Carvalho et al. (2015)
Carotenoides	Precusores da vitamina A; antioxidante sobre as lipoproteínas LDL e HDL.	Damodaran, Parkin e Fennema (2010); Sucupira et al. (2012)
Ácido ascórbico	Papel significativo no sistema imunológico; prevenção de doenças degenerativas comuns, prevenção na aparência do envelhecimento.	Carvalho et al. (2015); Antunes et al. (2017)

Fonte: Cardoso (2021).

2.9. Fitoesteróis

Os fitoesteróis, também conhecidos como esteróis vegetais, são esteróis contendo uma substituição alquila na posição C-24 (C-24 alquil esteróis) e constituem uma família de produtos naturais que ocorrem em plantas superiores em todas as fases de desenvolvimento (NEELAKANDAN *et al.*, 2012). Os esteróis são componentes de

membrana e atuam na regulação da fluidez e permeabilidade de membrana (HASE *et al.*, 2005). São compostos presentes nos óleos de vegetais e apresentam grande similaridade estrutural com o colesterol (MARTINS *et al.*, 2004; HANNA *et al.*, 2020).

A diferença entre as estruturas químicas do colesterol e dos fitoesteróis e fitoestanóis (esteróis saturados) são devidas justamente ao fato de que cada esterol vegetal possui uma cadeia alquila lateral adicional na posição C-24: o β -sitosterol contém um grupo etila extra; o campesterol contém um grupo etila extra; o estigmasterol contém um grupo etila na posição C-24 e também uma dupla ligação na posição C-22 (CEDÓ *et al.*, 2019). Assim, a cadeia lateral dos fitoesteróis contém geralmente 9 ou 10 átomos de carbono, em oposição ao colesterol que possui 8 carbonos (HANNAN *et al.*, 2020).

Esteróis e estanóis vegetais são também conhecidos como fitoesteróis, que são compostos bioativos estruturalmente semelhantes ao colesterol, sendo os esteróis as formas insaturadas (sitosterol e campesterol) e os estanóis seus derivados saturados (sitostanol e campestanol) (FALUDI *et al.*, 2017). Sua ação principal é a de reduzir o LDL-colesterol por inibição na absorção intestinal de colesterol (MALINOWSKI; GEHRET, 2010). São naturalmente encontrados em frutas, vegetais, óleos vegetais, castanhas e sementes (VUORIO; KOVANEN, 2018). Dentre os alimentos ricos em fitoesteróis e fitoestanóis, destacam-se: a soja, os frutos oleaginosos e os óleos de vegetais em geral, principalmente os de canola, arroz e girassol. Os ésteres de esterol e estanóis vegetais são reconhecidos como componentes funcionais dos alimentos por apresentarem propriedades hipocolesterolêmicas (MARTINS *et al.*, 2004).

Duzentos tipos de fitoesteróis já foram identificados, existindo uma grande variedade de fitoesteróis presente nos alimentos, porém o β -sitosterol e o campesterol representam mais de 80% dos fitoesteróis presentes nos extratos vegetais (CEDÓ *et al.*, 2019).

Para a redução da colesterolemia, os fitoesteróis podem ser utilizados de forma isolada ou combinada a outros agentes hipocolesterolemiantes, de acordo com os níveis circulantes de colesterol no paciente (LAW, 2000). Em adição ao efeito da redução do colesterol total e colesterol ligado à lipoproteína de baixa densidade (LDL-c), os fitoesteróis também possuem outras propriedades, como a ação anticancerígena, antioxidante, anti-inflamatória, antiaterogênica e antipirética (CEDÓ *et al.*, 2019; JIANG *et al.*, 2019).

A ingestão de fitoesteróis por meio de fontes naturais varia de 200 a 400 mg ao dia em dietas habituais (RAS *et al.*, 2015). Estes podem também ser adicionados a alimentos como margarinas, sucos, iogurtes e cereais. Já é comprovada a relação inversa entre o consumo habitual de fitoesteróis na dieta e os níveis séricos de colesterol ou de LDL-colesterol, sendo sua suplementação recomendada por diversas diretrizes (CATAPANO *et al.*, 2016; FALUDI *et al.*, 2017).

Há muito interesse em se aumentar o teor de fitoesteróis naturais em óleos de sementes por engenharia genética da rota metabólica de produção destes compostos. O sitosterol e outros fitoesteróis são moléculas derivadas da via do mevalonato da biossíntese de isoprenoides. A formação dessas moléculas é controlada pela enzima 3-hidroxi-3-metilglutaril coenzima A redutase (HMGR). A superexpressão transgênica do domínio catalítico do gene *HGMRI*, que codifica essa enzima, mostrou ser eficiente para promover o acúmulo de fitoesteróis. Vegetais que receberam genes *HMGR* exógenos mostraram um aumento dos níveis de fitoesterol de 2-10 vezes, dependendo da planta testada. Na soja, duas isoformas da enzima esterol C24-metiltransferase (SMT), SMT1 e SMT2, também estão envolvidas na biossíntese de fitoesteróis. A modificação genética de variedades de soja através da manipulação dos genes *HMGR1*, *SMT1* e *SMT2* promoveu um aumento de, aproximadamente, 35% no acúmulo total de esteróis nas sementes em comparação com as sementes comuns (NEELAKANDAN *et al.*, 2012).

2.10. Suplemento Alimentar

Hoje em dia se destaca a grande variedade de informações acerca da alimentação saudável, e da indicação ou não de suplementos alimentares para compor os regimes (dietas). Os suplementos alimentares são oferecidos ao consumidor como fontes concentradas de nutrientes, vitaminas, minerais, ou outras substâncias como, fibras, aminoácidos, plantas e extratos vegetais com intuito de promover o efeito nutricional ou fisiológico em quem faz seu uso (BESSADA; ALVES; OLIVEIRA, 2018; FRIEDMAN *et al.*, 2019).

Nessa categoria por exemplo, encaixa-se os compostos vitamínicos, termogênicos, proteína do soro do leite (Whey Protein) e ácidos graxos essenciais. O termo "suplemento" em sua etimologia significa "algo que faz uma adição o

completa” e o mesmo dessa forma é tido como parte complementar de uma dieta que tem como finalidade alcançar objetivos estéticos e de saúde dos consumidores (MCGINNIS; ERNST, 2001; AZILA et al., 2014).

A qualidade de vida e saúde se tornaram uma preocupação de relevante interesse para a humanidade na atualidade, as nossas formas sociais, porém, a própria noção de alimentação saudável é uma produção manifesta no imaginário social, que segue orientada por interesses políticos e econômicos de setores hegemônicos ligados à dimensão biomédica (KRAEMAER *et al.*, 2014). No outro extremo, temos a alimentação que assumiu a forma de um aparato químico, voltado para conquistar o aperfeiçoamento e o desempenho de um corpo perfeito (SABINO; MADEL; CARVALHO, 2010).

Rose (2013) avaliou nos seus estudos que os indivíduos são incitados a atuar sobre a estética e a saúde de seus corpos, e que esses corpos são pensados como um conjunto de métodos vitais e passíveis de uma programação biológica em relação à sua vitalidade. A conjuntura biopolítico de existência atua no indivíduo enquanto uma “espécie humana” e com uma subjetividade constituída pelo corpo, o que importa é sua saúde, imagem, longevidade, juventude.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) afirmar que os problemas alimentares têm um impacto importante nas doenças crônicas, na qualidade de vida, nos custos com saúde, e na saúde pública (NOOR *et al.*, 2014; KÜSTERBOLUDA e VIDAL-CAPILLA, 2017), e a nutrição ter se tornado uma temática cada vez mais explorada no cenário moderno, tanto pela literatura, como, de modo mais amplo, nas redes sociais (FERNANDES, FERNANDES e BARBOSA, 2019), no espaço social ela ganha conceitos próprios. É comum encontrarmos informações disponíveis acerca de alimentos, dicas de alimentação equilibrada e dietas úteis para o aperfeiçoamento de um corpo saudável, mas também bonito, ou seja, esguio e magro. Os autores relatam em seus estudos que esse ideal de corpo se tornou uma exigência nos meios sociais atuais, e que o objetivo dessa conquista não visa apenas à qualidade de vida, mas uma aceitação nos padrões de beleza socialmente estabelecidos (FILHO, 2020).

A busca progressiva das pessoas por saúde, estética e bem-estar, promoveu a busca por informações, em grande parte das vezes acessada nas redes sociais. No

intuito de conquistar rapidamente o ideal de um corpo magro, pessoas praticam dietas abusivas, e perigosas, podendo afetar drasticamente seu organismo, uma vez que as alterações no metabolismo podem levar desde a queda de cabelo e até a déficits mentais, a preocupação com o peso tem tornado a relação dos indivíduos com a alimentação muito complexa, e muitas vezes até fatal (SOUZA, 2019).

É nesse contexto que o consumo de suplementos nutricionais ganha destaque. Segundo Maughan *et al.* (2018), na atualidade, quase metade da população adulta nos Estados Unidos consome alguma forma de suplemento alimentar, sendo provável que tal comportamento seja comum em muitos outros países. A Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício e do Esporte (SBME), desde 2003, também revela sua preocupação com o crescente consumo de suplementos alimentares (HERNANDEZ; NAHAS, 2009). Para alguns estudiosos e peritos nos assuntos, esse consumo tem aumentado porque os usuários acreditam nos vários benefícios que esses produtos podem trazer não apenas para promoção de bem-estar, mas também para redução de peso (SANTERAMO; LAMONACA, 2018; HOMER; MUKHERJEE, 2018). Dessa forma, apesar de muitos produtos desse gênero serem utilizados para o alcance de objetivos ligados à estética corporal, em um primeiro momento os suplementos foram buscados por seu potencial capacidade de melhorar o rendimento físico de pessoas fisicamente ativas, e de atletas (BESSADA; ALVES; OLIVEIRA, 2018).

A utilização de suplementos nutricionais se popularizou e, hoje, está sendo especialmente consumido por não atletas motivados pelo desejo de conquistar massa magra e que, por vezes, esse consumo é preocupante pois segue uma autoindicação ou indicação de amigos. Diante do cenário, os estudiosos reforçam a importância do acompanhamento especializado e de busca por informações em fontes seguras, já que, grande parte dessas provém de fontes com pouca criticidade. Portanto, é importante o alerta ao uso indiscriminado de suplementos adulterados tem gerado um número considerado de emergências médicas e internações hospitalares (PIMENTEL, 2018)

A adesão aos suplementos sem indicação pode ser analisada como resultante de uma espécie de pressão social promovida por uma série de discursos vigentes, indicativo inclusive do predomínio de algumas psicopatologias nesse cenário (TAVARES, 2010), uma vez que estamos imersos numa cultura da imagem que nos impõe recorrentemente normas e padrões a serem seguidos. Isso pode ser ilustrado,

por exemplo, pelo rápido crescimento do consumo de dispositivos portáteis que se prestam para o rastreamento de dados, que são utilizados para monitorar, analisar e, para além disso, especialmente, compartilhar dados pessoais de saúde, condicionamento físico e estilo de vida. Esses dispositivos, não apenas expandem as condições para o autoconhecimento e o autocuidado, mas também prestam especialmente para servir de ferramenta, de várias formas, aos interesses do poder, já que são dispositivos de rastreamento especialmente utilizados para publicizar dados pessoais, abrindo a possibilidade para a regulação dos corpos (SANDERS, 2016).

Dessa maneira, o que pode parecer ser a escolha de um indivíduo (consumo do suplemento) perante sua necessidade, então motivada por um desejo (o padrão de corpo perfeito), também pode ser visto como uma complexa interação de redes de poder que agem sobre o indivíduo regulando e influenciando suas vontades (DRUEDHAL; SPORRONG, 2019). Entre essas forças emergentes, está o mercado, seus produtos, o profissional nutricionista, a importância social do discurso de saúde e bem-estar, entre outros. Dessa forma, não é sem relação que, tal como o é descrito pelo marketing, grande parte das discussões sobre o consumo de suplementos que acontecem entre blogueiros e seus seguidores, tratam o consumo desses produtos como uma questão de necessidade, uma privação sentida por um consumidor que possui desejos, deixando de lado seus sentidos, e enfrentando apenas o consumismo (FILHO, 2020).

Do outro lado temos os efeitos adversos pelo uso de suplementos alimentares são poucos mencionados ou são suprimidos das informações veiculadas pelas empresas que objetivam estimular o consumo ao veicularem suas campanhas comunicativas. Os efeitos como, diarreia crônica, constipação, desidratação, acidose metabólica, arritmia cardíaca, AVC (Acidente Vascular Cerebral) isquêmico e hemorrágico e insuficiência hepática e renal raramente são protagonizados na mídia porque, podem causar estranheza e afastamento por parte do consumidor, algo que vai de encontro aos objetivos empresariais (STICKEL; SHOUVAL, 2015; COHEN *et al.*, 2017).

Na prática, a Web 2.0 impulsionou a participação nas mídias sociais, criando um ambiente que tem favorecido a ampla participação de todos. Os debates polarizados e opostos configuram a forma de pensar sobre o fenômeno de consumo de

suplementos alimentares nesse meio. Tal como, de um lado, tem sido visto uma grande quantidade de “blogueiras fitness” que ganham notoriedade ao compartilhar nas suas redes sociais dicas de alimentação, de atividades físicas e de estilo de vida. As influencers digitais, seguidas por milhões de seguidores, e adeptos do convívio social e pessoal delas, adotam uma abordagem que muitas vezes defendem o consumo de suplementos alimentares como algo necessário, inclusive os indicando abertamente aos seus seguidores. E do outro lado da moeda temos, perfis de pessoas com maior suporte técnico e conhecimento científico que argumentam, em sua maioria, cautela no consumo dos suplementos alimentares, alertando para a ineficácia de alguns em alcançar uma boa nutrição e, ao contrário, podendo ser potenciais causadores de danos à saúde (FILHO, 2020).

Chen *et al.* (2007), relataram a presença de um gene *AtSAT1* (At3g51970) que codifica para uma promissora enzima esterol O-aciltransferase na espécie vegetal *Arabidopsis thaliana*. Quando esta enzima foi expressa em *Saccharomyces cerevisiae*, verificou-se a produção de ésteres de esterol ricos em lanosterol. Está esterol O-aciltransferase de *Arabidopsis* é estruturalmente relacionada à acil-CoA colesterol aciltransferase (ACAT) em sistemas animais e media uma rota alternativa para a biossíntese de ésteres de fitoesteróis em vegetais. Segundo os autores, o gene *AtSAT1* também apresenta potencial para ser utilizado na engenharia genética de sementes para a obtenção de concentrações de fitoesteróis comercialmente desejáveis.

Liao *et al.* (2018), afirmam que foi possível aumentar simultaneamente a produção de vitamina E, carotenoides, esqualeno e fitoesteróis em tomate geneticamente modificado através da introdução, via transformação mediada por plasmídeos de *Agrobacterium*, do gene BjHMGS1 de *Brassica juncea* (mostarda marrom), que codifica para a enzima 3-hidroxy-3-metilglutaril-CoA sintase (HMGS). Segundo Randhir *et al.* (2020), as microalgas são também promissoras para a produção comercial de fitoesteróis em larga escala, uma vez que numerosos esteróis têm sido reportados nesses organismos e a tecnologia para a sua modificação genética é disponível, seja por evolução adaptativa em situações de estresse ou por técnica de DNA recombinante. No entanto, segundo os autores, ainda são necessários mais estudos de modo a viabilizar tal produção de modo ambientalmente e economicamente sustentável, particularmente, com mais enfoque nas vias metabólicas envolvidas na biossíntese de esteróis por esses organismos.

2.11. Legislação para Propriedades Funcionais

O Brasil foi o país pioneiro na América Latina a criar uma legislação específica sobre alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para que os alimentos que apresentassem tais propriedades, fossem inseridos no mercado com alegações no rótulo. As Resoluções da Diretoria Colegiada (RDC) que regulamentam os alimentos funcionais são as RDC nº16/99; nº17/99; nº 18/99 e nº 19/99, cuja essência retrata sobre os alimentos com alegações de propriedades nutricionais e/ou saúde (PASCOAL *et al.*, 2016). Assim, mediante ao atendimento da legislação vigente, para obtenção de registro no país como alimento funcional, o produto deverá comprovar a alegação de propriedades funcional ou de saúde com base no consumo previsto ou recomendado pelo fabricante, na finalidade e condições de uso, valor nutricional e quando for o caso através de evidência(s) científica(s) (MORAES; COLLA, 2006).

Embora a legislação brasileira apresente norma específica para os alimentos com efeitos potencialmente benéficos à saúde, esta não possui uma definição para os alimentos funcionais, apenas define as alegações que podem ser utilizadas para um determinado alimento e/ou ingrediente, ou seja, poderá ser feita uma menção que afirme, sugira ou implique que o produto possua propriedades de benefício à saúde (BRASIL, 1999; PASCOAL *et al.*, 2016).

Além disso, a legislação exige que esses alimentos tenham sua segurança de uso comprovada. Tal exigência é necessária tendo em vista que muitos desses alimentos: (a) são formulados com a adição de novos ingredientes; (b) possuem recomendações de consumo que podem resultar no aumento da ingestão do alimento ou do ingrediente; ou (c) podem provocar efeitos adversos para determinados grupos da população (BRASIL, 2013).

No Brasil, o Ministério da Saúde, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), regulamentou os Alimentos Funcionais através das seguintes resoluções: ANVISA/MS 16/99; ANVISA/MS 17/99; ANVISA/MS 19/99:

- a) Resolução da ANVISA/MS 16/99 - trata de Procedimentos para Registro de Alimentos e/ou Novos Ingredientes, cuja característica é de não necessitar de um Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para registrar um alimento, além

de permitir o registro de novos produtos sem histórico de consumo no país e também novas

- b) formas de comercialização para produtos já consumidos (BRASIL, 1999a);
- c) Resolução da ANVISA/MS 17/99 - Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança de Alimentos que prove, baseado em estudos e evidências científicas, se o produto é seguro sob o ponto de risco à saúde ou não (BRASIL, 1999b);
- d) Resolução ANVISA/MS 18/99 - Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para a Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e/ou de Saúde, alegadas em rotulagem de alimentos (BRASIL, 1999c);
- e) Resolução ANVISA/MS 19/99 - Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e/ou de Saúde em sua Rotulagem (BRASIL, 1999d).

As diretrizes para a utilização da alegação de propriedades funcionais e/ou de saúde, segundo a ANVISA são (BRASIL, 1999c; BRASIL, 1999d):

- a) A alegação de propriedades funcionais e/ou de saúde é permitida em caráter opcional;
- b) O alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde pode, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzirem efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica;
- c) São permitidas alegações de função ou conteúdo para nutrientes e não nutrientes, podendo ser aceitas aquelas que descrevem o papel fisiológico do nutriente ou não nutriente no crescimento, desenvolvimento e funções normais do organismo, mediante demonstração da eficácia. Para os nutrientes com funções plenamente
- d) reconhecidas pela comunidade científica não será necessária a demonstração de eficácia ou análise da mesma para alegação funcional na rotulagem
- e) No caso de uma nova propriedade funcional, há necessidade de comprovação científica da alegação de propriedades funcionais e/ou de saúde e da segurança de uso, segundo as Diretrizes Básicas para avaliação de Risco e Segurança dos alimentos;

- f) As alegações podem fazer referências à manutenção geral da saúde, ao papel fisiológico dos nutrientes e não nutrientes e à redução de risco de doenças. Não são permitidas alegações de saúde que façam referência à cura ou prevenção de doenças

Os procedimentos administrativos são distintos, para os alimentos com alegações de propriedade funcional e de saúde, que são de competência da ANVISA, bem como aqueles que estão na esfera de atuação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2013).

O registro de um alimento funcional só pode ser realizado após comprovada a alegação de propriedades funcionais ou de saúde com base no consumo previsto ou recomendado pelo fabricante, na finalidade, condições de uso e valor nutricional, quando for o caso ou na evidência(s) científica(s): composição química ou caracterização molecular, quando for o caso, e/ou formulação do produto; ensaios bioquímicos; ensaios nutricionais e/ou fisiológicos e/ou toxicológicos em animais de experimentação; estudos epidemiológicos; ensaios clínicos; evidências abrangentes da literatura científica, organismos internacionais de saúde e legislação internacionalmente reconhecidas sob propriedades e características do produto e comprovação de uso tradicional, observado na população, sem associação de danos à saúde (BRASIL, 1999c; BRASIL 1999d; PIMENTEL, *et al.*, 2005).

A regulamentação dessas alegações tem como objetivo garantir que as informações sobre as propriedades e os benefícios dos alimentos e seus constituintes sejam fundamentadas em evidências científicas adequadas e sejam realizadas em um contexto que contribua para uma alimentação mais equilibrada e saudável, evitando o uso dessas informações com foco apenas em questões comerciais (BRASIL, 2013). Diante deste cenário, os alimentos com alegações de propriedades benéficas à saúde têm ganhado cada vez maior amplitude de divulgação, em função de afetar uma ou mais funções fisiológicas do organismo, melhorando o estado de bem-estar físico e psicológico do indivíduo (CAVAZIM; FREITAS, 2018).

2.12. Encapsulamento

Devido à necessidade da proteção de substâncias sensíveis a efeitos deletérios provocados por fatores físicos, químicos e biológicos, para uma utilização mais

eficiente, a tecnologia de encapsulamento surge como uma alternativa para a proteção de um material (agente ativo) por meio do revestimento (material de parede) com o uso geralmente de polissacarídeos, proteínas e lipídeos. O encapsulamento além de permitir a proteção do agente ativo frente às condições de deterioração, pode atribuir benefícios de liberação controlada e direcionada para atuação no ponto de interesse no sistema gastrointestinal, transformar o material de interesse em pó, mascarar aromas, melhorar as interações com superfícies ou matrizes de estudo, aumentar a bioacessibilidade ou biodisponibilidade, dentre outras formas as quais os produtos encapsulados vêm sendo explorados e aplicados (BARROSO *et al.*, 2021).

A idealização da técnica veio da analogia com a membrana plasmática que reveste o citoplasma celular e possui a função de proteção, assim como o controle seletivo do que entra ou sai. Dessa forma, foi pensado em reproduzir este comportamento utilizando biopolímeros conhecidos que pudessem fazer a proteção de algum material encapsulado e que apenas ocorresse a liberação em condições específicas, como pH, pressão, temperatura e tempo planejado ou o contato com superfícies específicas (SUAVE *et al.*, 2006).

A conceituação do que seria a tecnologia de encapsulamento foi alterada com o tempo em virtude das novas descobertas e funções a qual foram direcionadas. Na década de 70, o encapsulamento era apontado como uma tecnologia de empacotamento que utilizava polímeros para o revestimento de conteúdo para liberação em velocidade e condições pré-estabelecidas. Em 1993 se utilizava a terminologia de embalagens extremamente pequenas divididas entre o material de parede e núcleo, diferenciando das embalagens convencionais por permitir melhores performances e usos. No ano de 2005 entendeu-se que o encapsulamento passou a ser uma nova fonte de ingredientes com propriedades únicas. Atualmente, utiliza-se o encapsulamento para a manutenção e a conservação de diversas macromoléculas, tais como microrganismos, compostos bioativos, enzimas, corantes, etc., protegendo-os das diversas condições de processamento (MICROENCAPSULAÇÃO., 2017).

Segundo Saifullah *et al.* (2019), o uso de materiais encapsulados tem sido objeto de estudo e de aplicações a nível industrial, englobando os setores de fármacos, cosméticos, produtos de limpeza, tecnologia, têxtil e de alimentos. Inicialmente, as pesquisas foram voltadas para as análises de condições otimizadas de formação de micropartículas e nanopartículas, caracterização, liberação e armazenamento, já atualmente observa-se um maior número de testes de aplicação em produtos.

As técnicas de encapsulamento estão sendo apresentadas como alternativas a serem exploradas a fim de contornar problemas na veiculação de ingredientes ativos em alimentos (FAVARO-TRINDADE; PINHO; ROCHA, 2008), no uso de materiais encapsulados desde a inclusão direta em matriz alimentícia (MOURA *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2020; JIANG; ZHU, 2019), como também estudos que aplicam a técnica de encapsulamento em processos na indústria, como parte integrante das operações para obtenção de um produto acabado (CHALCO-SANDOVAL *et al.*, 2017; KAMANINA *et al.*, 2016). A vantagem desse tipo de procedimento é que permite trabalhar com materiais que são susceptíveis aos diversos processos de degradação, viabilizando a ação de agentes ativos. Na indústria já se observam alguns casos, como a Firmenich® que comercializa aromas encapsulados ou a Tiaraju® com óleos de linhaça dourada, prímula, peixe, entre outros encapsulados (BARROSO *et al.*, 2021).

Os métodos de encapsulamento apresentam-se como alternativa para melhores respostas no que concerne à maior estabilidade oxidativa e entrega por carreadores. Duas escolhas são importantes no encapsulamento de bioativos: a seleção de materiais de parede geralmente conhecidos como seguros (GRAS) e a técnica adequada para a sua retenção, pois algumas delas podem levar o uso de reagentes, operações ou temperatura que danifique a estrutura da molécula, promovendo a perda de sua funcionalidade (SHISHIR *et al.*, 2018).

Entre os produtos que despertam interesse para serem encapsulados para fins alimentícios, destacam-se os compostos bioativos, corantes, óleos, probióticos e enzimas. Esses materiais são conhecidos por apresentarem sensibilidade a algumas condições ambientais, como temperatura, luz, oxigênio, pressão, além do ataque microbiano, reações químicas, bioquímicas e enzimáticas (SAIFULLAH *et al.*, 2019; SHARMA *et al.*, 2019; VALLDEPERAS *et al.*, 2019). Os exemplos citados são algumas formas na qual a tecnologia de encapsulamento auxilia nos processos industriais e atribuem efeitos tecnológicos, sensoriais e nutricionais aos alimentos, desde o plantio, como na produção de bioherbicidas ao alimento processado, associado à redução de custos ao setor fabril e a crescente preocupação dos consumidores em produtos mais nutritivos e funcionais (TABAN; SAHARKHIZ; KHORRAM, 2020).

As populações começaram a tomar consciência da relação existente de uma dieta com inclusão de bioativos a uma boa saúde o que levanta a necessidade de

aumentar a estabilidade desses compostos em alimentos processados e a sua adequação técnica dentro de operações da produção industrial, como também solucionar problemas de solubilidade e aumento da permeabilidade nas membranas gástricas e intestinais, o que garante maior absorção, a qual estudos em encapsulamento procuram solucionar mantendo a qualidade e a aceitação sensorial do produto (WATERHOUSE; SUN-WATERHOUSE, 2019).

Comunian *et al.* (2020), observaram o dobro da resistência oxidativa para a mistura dos óleos de buriti e pequi quando encapsulados. Mörschbacher, Volpato e Souza (2016), utilizando a imobilização da β -galactosidase obtiveram eficiência de 72% da clivagem da lactose em soro de leite, gerando ganhos expressivos para o processo.

2.13. Técnicas de Encapsulamento

Com o entendimento do que seria o processo de encapsulamento e suas definições devemos compreender também que a seleção da técnica a ser utilizada para obter as micropartículas ou nanopartículas é de suma importância. dependendo, portanto, da interação entre o material de núcleo e de parede, se as etapas de processamento são adequadas aos materiais utilizados, a taxa de liberação premeditada, o tamanho das partículas formadas, como também a futura aplicação (SOUZA SIMÕES *et al.*, 2017).

De uma forma geral, os métodos são divididos de acordo com seu mecanismo de formação das partículas em físicos (*spray drying*, liofilização, evaporação de solventes, precipitação de fluídos supercríticos, etc.), químicos (complexação de inclusão molecular, polimerização *in situ*, etc.) e os físico-químicos (lipossomas, gelificação iônica, emulsificação, coacervação, etc.) (OZKAN *et al.*, 2019; SAIFULLAH *et al.*, 2019).

2.13.1. Métodos Físicos

Spray Drying

Consiste em um processo de secagem utilizado na indústria de alimentos desde 1950 e bastante usual como técnica de encapsulamento, devido ao fato de permitir em

uma única operação fazer a formação do material encapsulado e a sua secagem para obtê-lo em pó (SOUZA SIMÕES *et al.*, 2017).

É uma técnica amplamente testada para o encapsulamento de bioativos, permitindo uma fácil adequação para a produção em escala industrial com mínimos custos operacionais e com processos simples e flexíveis (SHISHIR; CHEN, 2017; GERANPOUR; ASSADPOUR; JAFARI, 2020; SAIFULLAH *et al.*, 2019).

Para o encapsulamento, inicialmente é feito a dispersão do agente ativo no material de parede, podendo ser mais de um, em uma solução ou suspensão, sendo possível a aplicação de etapas de homogeneizações em alta pressão, microfluidização, sonicação ou estudos de estabilidade de emulsão (SAIFULLAH *et al.*, 2019).

De acordo com Shishir *et al.* (2017) e Sultana *et al.* (2017), o material de parede deve ser solúvel em água devido à maior compatibilidade com a secagem por pulverização e capaz de formar gel, porém com baixa viscosidade em alta concentração para não ocorrer o entupimento do bico atomizador.

Após a formação da solução, esta é injetada no equipamento através de um bico atomizador, formando pequenas gotículas que entram na câmara de secagem, na qual ocorre um fluxo de ar quente em contracorrente com a alimentação, evaporando o solvente, secando as gotículas e seguindo-se para a recuperação do material em pó no coletor ciclone ou filtro (OZKAN *et al.*, 2019; SHISHIR; CHEN, 2017).

Embora seja uma operação de secagem com aplicação de temperatura alcançando 220 a 250 °C, o núcleo do encapsulado não chega a essa faixa devido à alta velocidade da secagem (ISLAM *et al.*, 2018).

Sultana *et al.* (2017), consideram que materiais com alta sensibilidade podem ter uma perda considerável, mesmo com alguns segundos em contato com a temperatura da câmara de secagem. Nesse estudo, utilizando a liofilização para encapsular D-limoneno e hexanoato de etila, os autores obtiveram apenas respectivamente, 49% e 37% de encapsulamento dos ativos, usando material de parede formado por células mortas de *Saccharomyces cerevisiae*.

Liofilização

A liofilização é uma desidratação com baixas temperaturas, consistindo inicialmente na etapa de congelamento da amostra ou solução, o abaixamento da pressão para remoção da água presente por sublimação, a dessorção, e por último, o armazenamento em local seco para evitar ganho de umidade. Ao utilizar baixas

temperaturas e a remoção de oxigênio do processo é possível controlar os efeitos oxidativos sobre os materiais a serem desidratados (JAMSHIDI *et al.*, 2020; OZKAN *et al.*, 2019).

É uma técnica adequada quando o agente ativo é bastante sensível a temperaturas elevadas e não pode ser encapsulado através de técnicas como o *spray drying*. Contudo, existem algumas desvantagens, tais como, o longo período de secagem, mais de 20 h, o alto custo energético, e a formação de porosidade na matriz da partícula que dependendo da aplicação não é desejável, pois favorece a liberação rápida do agente ativo, a interferências ambientais externas, mesmo que mínimas, como também a irregularidade do tamanho das partículas, visto que após a finalização da secagem essas precisam ser trituradas ou pulverizadas para obtê-las em pó (OZKAN *et al.*, 2019).

Li *et al.* (2019), encapsularam microrganismos de ação probiótica, que são bastante sensíveis as condições ácidas do sistema digestivo. Nesse estudo, *Lactobacillus casei* BNCC 134415 foram encapsulados com a técnica de liofilização utilizando a mistura de proteína de soro de leite, goma gelana e ftalato de acetado de celulose como materiais de parede (10%, 0,3% e 4% p/v, respectivamente), obtendo no teste simulado de fluídos gastrointestinais a redução de apenas 0,27-0,88 log UFC mL⁻¹, no qual quando as amostras do mesmo experimento foram colocadas sem está encapsuladas nenhuma célula livre sobreviveu.

Leito Fluidizado

A sua operação se baseia na suspensão de sólidos particulados por uma corrente de um fluido em direção ascendente, ocasionando uma semelhança no movimento do fluido e dos sólidos (ALAGHA; SZENTANNAI, 2020).

É indicado para a secagem de materiais sensíveis ao calor devido ao uso de temperaturas mais baixas (50 a 60 °C), apresentando uma boa taxa de transferência de calor e massa, além de promover excelente mistura dos materiais que permite a obtenção de particulados homogêneos. Bastante utilizada na indústria de alimentos e farmacêutica. (ALAGHA; SZENTANNAI, 2020; LEHMANN *et al.*, 2019).

O leito fluidizado promove a formação de partículas revestidas por conta da pulverização de um agente encapsulante com a presença de um leito de um pó fluidizado (BAROSSO *et al.*, 2021).

Conforme Haas *et al.* (2020), é um processo bastante versátil em virtude de uma maior flexibilidade do design das partículas, com o controle dos parâmetros do processo, como a velocidade de temperatura do ar de entrada e a posição do bico do pulverizador, consequentemente ocorrendo variação do tamanho do particulado, porosidade e a distribuição dos componentes no material seco formado.

Benelli e Oliveira (2019), encapsularam um extrato rico de polifenóis de alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) por leite fluidizado em sistema lipídico, variando a adição de goma arábica ou soro de leite como material de parede. Contudo, os autores não observaram diferença estatística entre o uso dos materiais de parede, obtendo uma boa resposta no encapsulamento de bioativos com valores superiores a 70% na retenção dos ácidos rosmarínico, carnósico e carnosol e de 60% para o ácido caféico. Kim *et al.* (2019) realizaram um teste sensorial de um doce mastigável incorporado de partículas de hortelã-pimenta obtidas pelas técnicas de *spray drying*, extrusão e leite fluidizado. Percebendo que os provadores tinham uma maior percepção do sabor do material encapsulado por *spray drying*, mas levando em conta consumidores que possuem o hábito de mastigação prolongado, os materiais obtidos por leite fluidizado e extrusão seriam mais indicados, uma vez que permitem uma liberação mais prolongada do *flavor*.

2.13.2. Métodos Químicos

Complexação de Inclusão Molecular

A técnica também pode ser chamada de inclusão molecular de ciclodextrinas visto que as ciclodextrinas são as moléculas utilizadas como material de parede de forma mais usual, pois sua estrutura química é formada por uma porção externa hidrofílica e uma outra interna hidrofóbica. É um processo de encapsulamento indicado para agentes ativos que são apolares, aprisionados na parte interna apolar da matriz por meio de interações de natureza hidrofóbicas (OZKAN *et al.*, 2019; SAIFULLAH *et al.*, 2019; ZAMBRANO; ZARAGOZA; QUINTANAR-GUERRERO, 2019).

No trabalho de Xiao *et al.* (2019), o aroma de melancia foi encapsulado com γ -ciclodextrina e observaram que dependendo do grupo funcional do composto, o aroma mudava o perfil de retenção, sendo que foi verificado seu aumento de acordo com a

classe química: álcoois, aldeídos e ésteres, sugerindo que as estruturas moleculares devem ser levadas em questão, pois afetam o grau de retenção e liberação do ativo.

Polimerização *in situ* e interfacial

Entre os métodos de encapsulamento que envolve fenômenos de polimerização temos o interfacial e o *in situ*. A diferença ocorre se a dispersão dos monômeros que irão formar o polímero de encapsulamento (material de parede) ocorrerá na fase dispersa e/ou contínua. De semelhança temos que ambos os métodos partem de emulsões de água em óleo (A/O) ou óleo em água (O/A) e que ocorre a formação de um polímero através do processo reacional da ligação de monômeros (BARROSO *et al.*, 2021).

A polimerização *in situ* parte-se de uma emulsão de O/A, em que são dispersos monômeros na fase contínua que ao sofrerem reação de polimerização formam um invólucro ao redor das gotículas de óleo, a fase dispersa, isto é iniciado com o uso de substâncias precipitantes, alteração do pH ou mudança de temperatura. A formação do polímero ocorre na região de interface entre as duas fases da emulsão, dependendo dos monômeros utilizados e solventes o material particulado formará um precipitado ou um floculado (NGUON *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2020).

No caso da polimerização interfacial temos monômeros de afinidades diferentes, um hidrofílico e o outro hidrofóbico, a qual cada um estará dissolvido em uma fase diferente, contínua ou dispersa. Para a formação da partícula, os monômeros de ambas as fases irão migrar para a camada interfacial e, neste estágio, iniciar-se a polimerização, por isso o nome da técnica. Como desvantagem pode-se ter a formação de uma matriz encapsulante frágil e a presença de um monômero reativo em contato com o agente ativo pode ser prejudicial (NGUON *et al.*, 2018).

2.13.3. Métodos Físico-químicos

Coacervação

É uma técnica baseada na interação de polímeros polieletrólitos, possuidores de cargas, que ao interagirem formam um revestimento ao redor do agente ativo na solução encapsulante. A técnica é dividida em simples e complexa. Na formação dos coacervados no método simples temos a presença de apenas um polímero e na

complexa, a presença de dois ou mais (EGHBAL; CHOUDHARY, 2018; HERNÁNDEZ-NAVA *et al.*, 2020).

Para a formação das partículas, os materiais de parede são homogeneizados em uma solução aquosa em conjunto com o agente ativo de interesse, seguindo-se pela alteração do ponto isoeletrico dos polímeros presentes através de precipitantes, alteração no pH ou mudanças de temperatura. No caso da coacervação complexa, normalmente são usados dois polímeros com cargas opostas, o que permite a interação entre estes e a aproximação ao ponto zero de carga. Com o alcance do ponto isoeletrico atuam formações de interações eletrostáticas nos polímeros, forças de *Van der Waals* e de interações de caráter hidrofóbicas, formando um revestimento ao redor das gotículas do agente ativo presente na solução. Segue-se então, o repouso da solução que permitirá o enrijecimento da parede depositada e, por final, técnicas de secagem para a obtenção do material em pó, quando necessário (SILVA *et al.*, 2017; TIMILSENA *et al.*, 2019).

A técnica é usada principalmente para o encapsulamento de materiais lipídicos, formando uma camada de proteção a fatores ambientais e a conversão destes em um produto em pó, que muitas vezes é mais fácil para aplicação industrial (FERREIRA; NICOLETTI, 2021).

Gelificação Iônica

É uma técnica simples e de baixo custo. A formação do material particulado é a partir de uma emulsão, incluindo os polímeros de parede e o agente ativo, a qual é gotejada em uma solução de cálcio (iônica) e, imediatamente, formados os particulados esféricos em gel com o agente ativo disperso em sua matriz polimérica (FERNANDO *et al.*, 2020; KUROZAWA; HUBINGER, 2017).

A produção de particulados por gelificação iônica é dividida em interna e externa. Na gelificação externa são utilizados agentes ativos hidrofóbicos e na interna, aqueles de comportamento hidrofílico. Existe uma maior dificuldade no encapsulamento de agentes ativos com afinidade a água (hidrofílicas) por esse método, devido a miscibilidade dos hidrocolóides em agentes ativos hidrofílicos, dificultando a separação do núcleo da matriz encapsulante (KUROZAWA; HUBINGER, 2017).

O método é baseado na capacidade de reticulação de polímeros (alginato, quitosana, pectina, carboximetilcelulose etc.) que possuem cargas quando expostos aos íons monovalente, divalente ou trivalentes (OZKAN *et al.*, 2019). O íon

reticulante na gelificação interna é encontrado juntamente à solução polimérica na forma inativa enquanto na externa, o íon reticulante é disposto externamente à solução de polímero (CHAN; LEE; HENG, 2006). Contudo, a técnica de gelificação externa apresenta como desvantagem o possível fenômeno de gelificação heterogênea da partícula, cuja a superfície da matriz forma o gel, porém isto não se difunde ao núcleo, tornando-o aquoso (OZKAN *et al.*, 2019).

No trabalho de Hu *et al.* (2018) foram encapsulados os óleos de canela, tomilho e gengibre em nanopartículas de matriz de quitosana pela técnica de gelificação iônica. Os autores encontraram eficiência de encapsulamento de 90% e, que após 18 dias de armazenamento a 40°C, ainda ocorreu a retenção de agentes antimicrobianos dos óleos na faixa de 60-70%, indicativo de ótima capacidade de liberação controlada para aplicações de ação antibacteriana de forma prolongada.

Lipossomas

São vacúolos lipídicos formados por um sistema de bicamada de fosfolipídeos, que possuem uma região caudal hidrofóbica e grupos na região da cabeça hidrofílicos. São estruturas com propriedades biofísicas semelhantes às células, o que permite boas características de biodisponibilidade e permeabilidade a membrana celular para a partícula. Nas aplicações na área de alimentos vem sendo utilizada como método para a retenção de aromas, vitaminas, corantes, enzimas, probióticos, antioxidantes, entre outros (OZKAN *et al.*, 2019; TRUCILLO; CAMPARDELLI; REVERCHON, 2018).

A técnica se baseia na adição de fosfolipídeos em um solvente orgânico o qual se desagrega em moléculas individuais, seguido da remoção do solvente por diferentes formas (evaporação, dispersão, adição de antissolvente, etc) e a exposição da porção lipídica a ambientes aquosos para permitir a formação de lipossomas, no qual em razão das propriedades anfífilas irão formar vacúolos retendo em seu interior o agente ativo (DAG; GUNER; OZTOP, 2019; OZKAN *et al.*, 2019).

Apresentam como desvantagens a baixa estabilidade física e química, porém, existem estudos que revestem (co-encapsulamento) os lipossomas por uma camada biopolimérica, desta forma, reduzindo efeitos de oxidação lipídica e melhorando a estabilidade (DAG; GUNER; OZTOP, 2019).

2.13.4. Métodos Emergentes

Eletropulverização

É um processo eletro-hidrodinâmico, escalonável a nível industrial e relativamente econômico, conduzido a temperatura ambiente (25 °C), o que é aconselhável na preservação de compostos biológicos sensíveis termicamente. É semelhante a eletropulverização temos a eletrofiação. A diferença entre esses processos consiste na concentração de sólidos na solução, pois quando a solução encapsulante é expelida pelo bico capilar, caso tenha baixa concentração de polímeros, ocorre a desestabilização e formação de gotículas carregadas que vão dar origem às partículas (eletropulverização), quando é alta concentração de polímeros a desestabilização não ocorre e são formadas fibras (eletrofiação) (NIU *et al.*, 2020).

O princípio de funcionamento inclui uma fonte de alimentação de alta tensão, que irá criar um campo elétrico, um bico capilar onde será expelido a solução polimérica e um coletor. O campo elétrico é formado entre o bico capilar e o coletor, quando ocorre a extrusão da solução esta sofre influência do campo elétrico de forças eletrostáticas mais fortes que a tensão superficial do fluido, sofrendo instabilidade, formando um cone (Cone de Taylor) em um primeiro momento e com a maior tensão aplicada, um jato oscilatório, que no rompimento gera gotículas que seguem até o coletor. Esse percurso é acompanhado da evaporação do solvente e solidificação das gotículas. A principal desvantagem da técnica está no baixo rendimento, porém já existem alternativas como o aumento dos jatos pulverizados em estudo (NIKOO *et al.*, 2018; NIU *et al.*, 2020).

Revestimento multicamadas

A técnica de encapsulamento por revestimento multicamadas ou deposição eletrostática consiste em diversas camadas de polieletrólitos (polímeros carregados) encapsulando as gotículas lipídicas em uma emulsão O/A, sendo esta a condição primária, ou seja, apenas com um emulsificante interagindo, muito suscetível a pressões externas, tais como aquecimento, congelamento, alterações de pH, concentração salina (força iônica), secagem entre outros fenômenos que desestabilizem as interações químicas formadas. O uso do sistema de multicamadas permite uma maior resistência a essas situações, pois ocorre a deposição de diversas

camadas no encapsulamento do agente ativo, e dessa forma, protegendo mais eficientemente (GRIFFIN; KHOURYIEH, 2020).

Na primeira etapa do processo um emulsificante com cargas, por exemplo uma proteína, é adicionado para interagir na interface O/A da emulsão, formando a emulsão primária, em seguida um outro polímero, como um carboidrato, também carregado, porém de carga oposta ao primeiro é adicionado, por atração de cargas opostas este também se adsorve ao redor da gotícula lipídica. Na etapa posterior, um novo polieletrólito de carga contrária à da emulsão secundária irá também ser depositado ao redor da partícula, dando origem a emulsão terciária. Por este sistema de adições de biopolímeros carregados interagindo de forma não covalente são formadas as sucessivas camadas de revestimento. Normalmente são encontradas até três camadas de formação (BURGOS-DÍAZ *et al.*, 2018; FANG *et al.*, 2019).

É importante abordar que a técnica permite uma modelagem funcional mais flexível da partícula, pois o número de camadas ou a ordem dos polieletrólitos (negativo e positivo) a serem depositados vai influenciar na espessura final, permeabilidade e carga, sendo sempre reflexo da carga líquida da última camada. Dessa forma, manipulando mais eficientemente, por exemplo, a carga final do material em função daquela mais ideal pode ser interessante para a possível aplicação ou a melhor resistência em processos de secagem como o *spray drying* (LIU *et al.*, 2019; MURIEL *et al.*, 2020).

Chen *et al.* (2020) utilizaram a técnica de revestimento multicamadas para superar a dificuldade no encapsulamento de dois nutracêuticos (coenzima Q10 e piperina) de polaridades diferentes para ter ação fisiológica sinérgica. No estudo, a coenzima Q10 foi incorporada ao núcleo revestido pela zeína (carga positiva), seguida da pectina (carga negativa) e a piperina foi incorporada entre essa camada de pectina e a terceira e última das multicamadas (quitosana) de carga positiva.

2.14. Aplicações da Encapsulação

Cacciatore *et al.* (2020), apresentaram o uso de carvacrol, um fenol monoterpênico com ação antimicrobiana contra patógenos presentes em superfícies de aço inoxidável, que ao ser encapsulado permite o mascaramento de odor e uma liberação controlada do agente ativo.

Belostozky *et al.* (2019) realizaram o encapsulamento do óleo de jojoba (*Simmondsia chinensis*) em microesferas ocas de sílica como material modelo para futuras aplicações em fármacos e cosméticos, uma vez que o óleo possui ação em estabilizar compostos ativos sensíveis, como vitaminas, contra efeitos oxidativos e a degradação a luz UV, podendo ter ação mais eficiente devido ao aspecto de liberação controlada.

Já a aplicação do encapsulamento na área de alimentos representa uma excelente ferramenta para a proteção de materiais sensíveis a alterações ambientais e químicas, atribuindo maior estabilidade física, liberação controlada e permitindo uma melhor adequação às necessidades do consumidor (AGUILERA, 2018).

Embora seja possível a obtenção de materiais encapsulados na escala macro ($>5000\ \mu\text{m}$) os estudos se concentram mais nos tamanhos micro ($0,2\text{-}5000\ \mu\text{m}$) e nano ($<0,2\ \mu\text{m}$), uma vez que quando se encontram nas escalas mais reduzidas podem apresentar comportamentos biológicos, físicos e químicos diferentes, atribuindo novas funcionalidades e aplicações em consequência do seu tamanho reduzido, além do aumento da biodisponibilidade, solubilidade e aspectos sensoriais da partícula formada (SOUZA SIMÕES *et al.*, 2017).

Atualmente existe um crescente interesse dos consumidores pela procura de alimentos com características funcionais, e de alimentos com propriedades nutricionais acrescidas e que tragam benefícios para a saúde nomeadamente na prevenção de doenças (Bellumori *et al.*, 2015). Ribeiro (2016), utilizou o extrato aquoso de alecrim para incorporar em requeijão. Após incorporação, os requeijões funcionalizados com extrato na forma livre revelaram uma diminuição da bioatividade após 7 dias de armazenamento no frigorífico. Portanto, para preservar a atividade antioxidante, o extrato aquoso foi eficientemente microencapsulado através da técnica atomização/coagulação com alginato e que após a incorporação das microesferas permitiu uma melhor preservação da atividade antioxidante dos requeijões ao longo do tempo de armazenamento colocando em evidência a importância do uso da microencapsulação para desenvolver alimentos funcionais eficazes.

2.15. Aplicações da Encapsulação na Indústria de Alimentos

2.15.1. Aplicações em Matriz alimentícia

Ao empregar materiais encapsulados diretamente na matriz alimentícia, como parte da sua formulação, podemos obter o enriquecimento do produto, por exemplo, atribuir atividade antioxidante, ter ação tecnológica, por exemplo, quando temos a liberação controlada de um corante, o que permite maior manutenção da cor, ou ainda ação de um antimicrobiano e até mesmo como realizado por, que encapsularam amilase maltogênica para uso em pães sem glúten permitindo a maior retenção de umidade e aumento e uniformidade dos alvéolos (YAN *et al.*, 2018 ; HAGHIGHAT-KHARAZI *et al.*, (2019).

Moura *et al.* (2019), estudaram em seu trabalho o extrato de hibisco encapsulado não teve boa retenção na bala de pectina e também promoveu um aspecto não favorável a aceitação sensorial do doce e a não homogeneidade do produto, no qual foi possível observar as estruturas esféricas dos particulados no doce.

Na Tabela 1, conseguimos constatar alguns trabalhos que estudaram aplicações de particulados em diversos alimentos, e se isto atendeu ou não as expectativas esperadas, pois algumas vezes o material projetado em bancada de laboratório não mantém estabilidade dentro de uma formulação alimentícia complexa, estando sujeito a diversas etapas de preparo que podem ser significativas para a degradação em situações não programadas (BARROSO *et al.*, 2021).

Tabela 1. Aplicações de particulados em diversos alimentos.

Materiais encapsulados encontrados em alimentos.

Alimento	Agente ativo	Material de Parede	Método de Encapsulamento	Resultados	Referência
Balas de geleia (pectina)	Extrato de hibisco (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	Pectina	Gelificação iônica e <i>spray drying</i>	-As balas tiveram maior retenção dos bioativos do extrato quando aplicado livre do que particulado; -As balas com partículas não tiveram homogeneização da cor, porém, maior manutenção desta ao tempo; -No teste sensorial os provadores preferiram a bala com o extrato livre do que as balas com o material encapsulado.	MOURA <i>et al.</i> , (2019)
Iogurte natural turco	Antocianinas de cenoura preta (<i>D. carota</i> L. ssp. <i>Sativus</i> var. <i>Atrorubens Alef.</i>)	Proteínas do soro de leite	Gelificação a quente	-As cápsulas permitiram uma boa homogeneização de cor no produto lácteo; -Maior estabilidade das antocianinas.	BILEK; YILMAZ; ÖZKAN, (2017)
Suco de tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.)	Óleo de café verde (<i>Coffea arabica</i> L.)	Goma de cajueiro e Gelatina	Coacervação complexa	-Manutenção da morfologia das partículas após aplicação na bebida; -As partículas não interferiram na reologia do suco; -As partículas se encontraram dispersas no suco; -Não foi detectado liberação do agente ativo em 30 dias de armazenamento (5°C).	OLIVEIRA <i>et al.</i> , (2020)
Iogurte com sabor de morango	Óleo de echium (<i>E. plantagineum</i> L.) e fitoesteróis	Gelatina e Goma de cajueiro; Gelatina e Goma arábica	Coacervação complexa	-As partículas encontraram-se dispersas na matriz alimentícia; -As partículas alteraram a cor do iogurte durante o armazenamento, mas não interferiram na aceitação sensorial; -A aceitação sensorial do iogurte com partículas foi semelhante ao tratamento controle sem partículas, e maior em relação ao tratamento com aplicação dos bioativos sem encapsulamento, visto que não houve o mascaramento do flavor	COMUNIAN <i>et al.</i> , (2017)
Biscoito	Extrato de chá verde	Gelatina e Zeína	Eletropulverização	-O encapsulamento não foi capaz de proteger o agente ativo durante o preparo do biscoito; -Não foi observado diferença sensorial entre os biscoitos controle e o adicionado de micropartículas.	GÓMEZ-MASCARAQUE <i>et al.</i> , (2017)
Licor, vinagre de maçã e vinagre de arroz	Astaxantina	Zeína e Oligocitosana	Separação de fases	-Houve dispersão das partículas nas matrizes alimentícias; -Aumento do perfil antioxidante dos alimentos incorporados de partículas.	JIANG; ZHU, (2019)

Chá verde	<i>Lactobacillus rhamnosus GG</i>	Proteína de soro de leite e Amido de huauzontle modificado	<i>Spray drying</i>	Após 5 semanas de armazenamento (4°C) foram mantidas contagens superiores a 7 log UFC/mL, não houve fermentação da bebida, o prazo de validade estabelecido foi de 23 dias com 50% de rejeição do consumidor.	HERNÁNDEZ-BARRUETA <i>et al.</i> , (2020)
Iogurte e pão	Óleo de palma (<i>Elaeis guineensis</i>)	Quitosana e Goma xantana; Quitosana e Pectina	Coacervação complexa	-As partículas em matriz de quitosana e pectina foi melhor na proteção e liberação do agente ativo; -As partículas na matriz alimentícia no teste em condições gastrointestinais simuladas obtiveram menor degradação do que o agente ativo livre; -O uso em iogurte teve maior liberação do agente ativo	RUTZ <i>et al.</i> , (2017)
Arroz instantâneo	2-acetil-1-pirrolina (aroma)	Parafina octacosano	<i>Spray chilling</i>	-Ocorreu liberação completa do aroma no preparo do arroz.	YIN; CADWALLADER, (2019)

Fonte: BARROSO *et al.*, 2021.

De forma geral, a aplicação dos particulados em alimentos sólidos ou viscosos é favorecida, pois permitem uma fácil dispersão no produto, como pode ser observado nos muitos testes realizados em iogurte (COMUNIAN *et al.*, 2017; BILEK *et al.*, 2017; GOMEZ-ESTACA *et al.*, 2016; RUTZ *et al.*, 2017).

Oliveira *et al.* (2020), encontraram boa dispersão de partículas em produto de maior fluidez (suco de tamarindo), proporcionando importância de mais estudos do uso de materiais particulados em uma gama maior de alimentos, analisando o comportamento das partículas em sua matriz e visualizando, porventura, novos desafios a serem identificados.

A dificuldade em escalonar a produção de partículas em escala industrial é trazer os métodos de formação do encapsulamento a uma produção maior. Waterhouse e Sun-Waterhouse (2019), afirmam que os métodos de extrusão e *spray drying* são 80% dos casos de sucesso nesse desafio, pois são processos de fácil adaptação numa linha industrial.

No que concerne os desafios devemos pontuar que nem sempre a formação excelente de materiais encapsulados em nível laboratorial terá o mesmo resultado na escala industrial, como ressaltam nos aspectos que devem ser observados (WATERHOUSE; SUN-WATERHOUSE, 2019):

- a) intensificação de interações e dinâmica molecular;
- b) efeitos de geometria e confinamento de espaço;
- c) tornar efeitos de pH, temperatura, pressão, entre outros em nível homogêneo;
- d) presença de sais indefinidos (Ex. fonte de água);
- e) interações eletrostáticas não esperadas que podem ocorrer em grandes volumes de material;
- f) aglomeração molecular;
- g) distribuição de carga;
- h) alta tensão de cisalhamento que ocorrem em processos industriais;
- i) déficit de tecnologias que acompanhem as mudanças composicionais e de estrutura dos materiais no ciclo industrial.

2.15.2. Aplicações da encapsulação e processos industriais

A tecnologia de encapsulamento dentro de processos industriais permite o uso de substâncias encapsuladas como parte integrante dos processos que irão dar origem a um produto ou demais processos de interesse na dinâmica industrial, como no tratamento de resíduos ou no armazenamento de produtos de forma mais eficiente. Entre os agentes ativos que ganham mais destaque neste tipo de aplicação estão as enzimas, os microrganismos e os materiais de mudança de fase (MMF) (Tabela 2). As enzimas como biocatalisadores imobilizados permitem a reutilização em mais ciclos, minimizando problemas relacionados a recuperação das enzimas após as reações. Situação semelhante se aplica ao uso de microrganismos em fermentações (BARROSO *et al.*, 2021)

Long *et al.* (2020), ao encapsularem a β -frutofuranosidase e a glicose oxidase obtiveram maior estabilidade térmica e reciclagem em oito ciclos.

Kamanina *et al.* (2016), propuseram o uso da *Ogataea polymorpha* VKM Y-2559 na remoção de metanol de resíduos industriais, a qual também está presente na produção de cachaça, por exemplo, tendo resultado três vezes mais eficiente do que o uso de tanques de aeração, comuns industrialmente.

A imobilização de enzimas em partículas trata-se de uma separação física entre a enzima e o ambiente reacional através do uso de polímeros como uma estratégia para conduzir a reação de forma mais direcionada aos objetivos de produção, podendo ser encontrada de duas formas: a imobilização das partículas na parede do reator ou dentro de um tubo para operações em leito fixo. Permite a melhora na eficiência de transferência de massa, minimização de problemas de difusão, aumento da razão entre superfície e volume, carregamento efetivo de enzimas, condução de reações em fluxo contínuo, além de propor alternativas não químicas para as reações dentro da indústria (ROMERO-FERNÁNDEZ; PARADISI, 2020 ; WONG *et al.*, 2019).

Entretanto, as pesquisas ainda enfrentam dificuldades relacionadas ao escalonamento partindo de testes laboratoriais a nível industrial, como também problemas de conformação enzimática quando ocorre interação entre a enzima e a matriz selecionada ou quando a mesma age como uma barreira de acesso aos substratos, este não conseguindo atravessar os poros da matriz encapsulante para o acesso do sítio catalítico. O mesmo se reflete caso sejam formados produtos da reação que também encontrem dificuldades de difusão para fora da partícula, por isto a importância da seleção e estudos de polímeros eficientes para revestir a enzima (WONG *et al.*, 2019).

Outra solução proposta é que enzimas imobilizadas podem ser aplicadas na bioconversão de resíduos alimentares em produtos de alto valor. São resíduos do processamento ricos em carboidratos, proteínas e lipídios que são convertidos em biocombustíveis, materiais plásticos biodegradáveis, compostos de ação bioativa e probióticos, que além de reduzir o que seria destinado a aterros estará gerando maior economia e lucro no ciclo produtivo (BILAL; IQBAL, 2019).

Já os MMF's são substâncias que apresentam duas formas de rearranjo, uma cristalina e outra amorfa, podendo constantemente trocar de um modelo para outro permitindo que ocorra o armazenamento e liberação de energia. Quando passam por essa mudança, a modificação da fase amorfa para cristalina ocorre quando o material é aquecido acima da temperatura de cristalização. Entre os benefícios de sua

utilização estão a alta capacidade de armazenamento energético, baixo custo, não corrosividade, alta estabilidade química e possibilidade de liberação de energia em condições ajustáveis (ALEHOSSEINI; JAFARI, 2019). Permitem, portanto, a maior manutenção da temperatura em sistemas de armazenamento, tanto em câmaras térmicas ou em embalagens a qual está transportando o alimento (WANG *et al.*, 2016; CHALCO-SANDOVAL *et al.*, 2017).

Além do uso de MMF em embalagens também podemos encontrar antimicrobianos naturais em embalagens, Chen *et al.* (2019), encapsularam pela técnica de complexação de inclusão molecular o citral e o trans-cinamaldeído obtendo a extensão do tempo de prateleira de carne bovina resfriada (4°C) em quatro dias.

Bruni *et al.* (2020), encapsularam o β -caroteno por eletrofiação utilizando como materiais de parede o isolado proteico da soja e o álcool polivinílico a qual foi diretamente formado no filme de polihidroxibutirato-co-valerato (PHB92/PHV8), obtendo no final 51,4% de eficiência de encapsulamento, destinado a ação antioxidante de uma embalagem para produtos alimentícios.

Tabela 2. Tecnologia de encapsulamento no setor alimentício industrial

Finalidade	Agente ativo	Material de Parede	Método de encapsulamento	Resultados	Referência
Produção de um prebiótico - lactosucrose (O-β- d - galactopirano sil- (1, 4) -O- α-d- glucopiranosil - (1,2) -β- d- frutofuranosíd eo)	β- frutofuranosidase e a Glicose oxidase	Álcool polivinílico aquoso	Sol-gel	-O encapsulamento melhorou a estabilidade térmica, suportando a temperatura de 40°C e resistência a maiores faixas de pH (<6,5); -Obteve uma capacidade operacional de oito ciclos com 82% de atividade enzimática; -Maior produção de lactosucrose nas enzimas encapsuladas do que livres.	LONG <i>et al.</i> , (2020)
Biofiltros para a remoção de metanol de águas residuais industriais	<i>Ogataea polymorpha</i> VKM Y-2559	Sílica modificada com alquil	Sol-gel	-O biofiltro obteve ação oxidante três vezes mais do que o uso de tanques de aeração.	KAMANINA <i>et al.</i> , (2016)
MMF para manutenção de temperatura em embalagens para alimentos	Cera de parafina de Rubitherm RT5)	Poliestireno	Eletrofiação	-As fibras formadas foram capazes de armazenar 34% de calor em peso do agente ativo; -Foi necessário maior tempo para vencer a mudança de temperatura, mantendo por maior tempo produtos alimentícios resfriados.	CHALCO-SANDOVAL <i>et al.</i> , (2017)
MMF para manutenção de temperatura em embalagens para alimentos	Ceras de parafina	Policaprolactona, Poliestireno e Poliestireno de alto impacto	Eletrofiação	-Grau de super-resfriamento obtido foi semelhante a parafina pura.	CHALCO-SANDOVAL, <i>et al.</i> , (2015)
Hidrólise de lactose do soro de leite	β-galactosidase de <i>K. lactis</i>	Alginato de cálcio e Gelatina	Gelificação iônica	A enzima se mostrou eficaz na redução de 72% de lactose encontrada no soro de leite; -A complexação da enzima com concanavalina A permitiu aumento da taxa de conversão da lactose e diminuindo a lixiviação da enzima após a hidrólise.	MÖRSCHBÄCHER <i>et al.</i> , (2016)
Enzimas encapsuladas para acelerar a maturação de queijos	Proteases (Flavourzyme)	Gelano; k carragenina; Gordura de alto ponto de fusão da	Dispersão em duas fases	-Todos os queijos com enzimas encapsuladas tiveram maior taxa de proteólise, sendo maior no de matriz de K carragenina; -Embora houvesse maior taxa proteolítica não foi	KAILASAPAT;HY LAM, (2005)

Cultura iniciais funcionais para a indústria de fermentação de alimentos	<i>Lactobacillus plantarum</i> LUHS1 35 e <i>paracasei</i> LUHS 244	Soro de leite	<i>Spray drying</i>	-O soro de leite teve tanto a função de material de parede como substrato para o crescimento dos microrganismos; -O encapsulamento promoveu maior estabilidade aos probióticos	BARTKIENE <i>et. al.</i> , (2018)
Sacarificação de pasta de mandioca para produção de glicose	Multienzimas (alfa-amilase, glucoamilase e celulase)	Alginato de cálcio e Argila caulinita	Gelificação iônica	-Foi possível a reutilização da enzima em cinco ciclos com a preservação de 51,77% da atividade enzimática; -As partículas em matriz encapsulante de alginato de cálcio e argila tiveram melhor preservação da atividade enzimática.	RAHIM <i>et. al.</i> , (2013)
Otimização do processo de conversão da glicose em frutose	Glicose isomerase de <i>Streptomyces enissocaesilis</i> MN911386	Quitosana; Alginato de cálcio; Ágar	Gelificação iônica	-O encapsulamento em matriz de quitosana, ágar e alginato de sódio permitiu, respectivamente, o aumento de 47,18%, 19,7% e 18,5% da atividade enzimática; -O encapsulamento em matriz de quitosana foi o que obteve maior resistência térmica das partículas; -Quando encapsulado em quitosana aconteceu o aumento da atividade enzimática em pH ácido, enquanto em ágar o aumento aconteceu em pH alcalino.	SINGH; JAJOO, BHASIN (2020)

Fonte: BARROSO *et al.*, 2021.

2.16. Compostos Bioativos nos Alimentos

2.16.1. Compostos Fenólicos

A alimentação é um processo fundamental na vida das pessoas. Nos últimos anos, a maioria da população vem tomando consciência da importância de uma alimentação saudável. Desta forma torna-se contínua a busca por produtos alimentícios que tragam benefícios específicos para a saúde (CAÑAS; BRAIBANTE, 2019).

Consequentemente, a atenção de muitos pesquisadores vem sendo direcionada ao estudo de fitoquímicos como os compostos fenólicos (CFs), abundantes na natureza e amplamente estudados. O consumo frequente destes compostos bioativos por meio de alimentos tem se demonstrado de grande valia na promoção da saúde e no possível auxílio no combate a doenças, através de diferentes mecanismos, mas, principalmente, por terem grande poder antioxidante e atenuarem ou evitarem os danos causados ao organismo pelo estresse oxidativo, além de possuírem propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias (LI *et al.*, 2014; OZDAL *et al.*, 2016).

Quimicamente, são constituídos de anéis aromáticos ligados a uma ou mais hidroxilas. Existem diversos tipos de CFs e a maioria apresenta-se na forma de ésteres ou glicosídeos. (NIEDZWIECKI *et al.*, 2016). Os compostos fenólicos representam um grupo muito diverso de substâncias. A estrutura de sua cadeia de carbono permite dividi-los em diferentes grupos como os ácidos fenólicos (derivados dos ácidos benzóico e cinâmico), lignanos, flavonóides (em particular os flavonóis) (ALU'DATT *et al.*, 2017; MIKOŁAJCZAK; TAŃSKA; OGRODOWSKA, 2021) dentre outros. A presença destes compostos em produtos alimentícios modifica significativamente sua estabilidade, características sensoriais e nutricionais e podem prevenir sua deterioração através de algumas reações responsáveis pela oxidação de lipídios (MIKOŁAJCZAK; TAŃSKA; OGRODOWSKA, 2021).

No organismo humano possuem sua ação relacionada com a modulação de enzimas de detoxificação, redução da agregação plaquetária e da prevalência de aterosclerose, alteração do metabolismo das frações do colesterol e na redução da pressão sanguínea (VIDAL *et al.*, 2012).

O efeito antioxidante dos compostos fenólicos é principalmente devido às suas propriedades redox e é o resultado de vários mecanismos possíveis: atividade sequestradora de radicais livres, atividade quelante de metais de transição e / ou capacidade de extinção de oxigênio singlete (SHAN *et al.*, 2005). Estes constituintes podem, além de exercer atividade antioxidante, desenvolver atividade antiproliferativa e antimicrobiana, tendo a última sido atribuída ao seu uso na indústria de alimentos desempenhando importante papel no aumento da vida de prateleira dos alimentos (DUNG; KIM; KANG, 2008; THITILERTDECHA; TEERAWUTGULRAG; RAKARIYATHAM, 2008).

CFs são geralmente as maiores fontes de antioxidantes na alimentação do ser humano, porém, para exercer esta função antioxidante e seus consequentes benefícios, é necessário que haja uma eficiente digestão, absorção e metabolização destes compostos (LIN; XIAO; ZHAO, 2016). Neste ponto, entram os conceitos de bioacessibilidade (BA) e biodisponibilidade (BD), sendo o segundo dependente do primeiro. O conceito de BA pode ser entendido como a fração de compostos extraídos da matriz do alimento que é solubilizada durante o processo digestório, podendo, ou não, sofrer influência de métodos de cocção, tornando-se disponível para ser absorvida, ou seja, tornando-se bioacessível (NAGAO; KOTAKE; HASE, 2013). Já a BD, refere-se à parcela dos compostos bioacessíveis que foram efetivamente absorvidos e dispostos na circulação. É influenciada por muitos fatores físicoquímicos como: tipo de composto bioativo, sua polaridade, massa molecular, matriz alimentar, digestibilidade por enzimas gastrointestinais, absorção pelos enterócitos, ação de enzimas de fase II e metabolização por parte da microbiota, sendo este último, particularmente relevante no que tange à BD de CFs (BRESCIANI; MARTINI; MENA, 2017). Nota-se que o tema BD abrange numerosas e complexas variáveis, ainda somadas às diferentes metodologias empregadas em sua determinação e à individualidade de cada organismo, tornando-o assim um amplo e complexo tema de estudo (MOURÃO *et al.*, 2005).

Estes CFs, sejam fenóis simples ou polifenóis (PFs), são metabólitos secundários produzidos pelas plantas e estão relacionados a respostas de defesa destas contra agressões externas, podendo também funcionar como atrativos ou repelentes a insetos, exercendo influência na cor, na estabilidade oxidativa e no sabor da planta ou alimento (KHODDAMI; WILKES; ROBERTS, 2013; LIN; XIAO; ZHAO, 2016). A concentração dos CFs depende do tipo do vegetal, da estação do ano, estágios de

desenvolvimento e maturação, colheita, condições de cultivo, de solo, armazenamento depois de colhidos, entre outros fatores (KLEPACKA; GUJSKA; MICHALAK, 2011).

Entre os compostos fenólicos, tem-se o grupo dos flavonoides que são divididos em subgrupos no qual se encontram as antocianinas, que são caracterizadas como pigmentos solúveis em água, com variação de cor entre o vermelho ao violeta e azul. Estruturalmente são constituídas por glicosídeos como D-glicose, D-ramnose e D-galactose (BOROSKI *et al.*, 2015). A pigmentação das antocianinas varia, dependendo do grau de hidroxilação, padrão de glicosilação, padrão de metilação dos anéis aromáticos e do pH. As antocianinas são compostos bioativos com propriedades antioxidantes, antimicrobianos, antidiabética e antiproliferativa/anticâncer, sendo usadas como alimento funcional e aditivo alimentar (SMERIGLIO *et al.*, 2016; KHOO *et al.*, 2017).

Os métodos de extração de compostos fenólicos de plantas variam amplamente devido à natureza complexa da matriz e pela presença de flavonoides em diferentes formas. Além disso, o rendimento da extração dos compostos bioativos e a capacidade antioxidante são significativamente influenciados pelo tipo de solvente, devido às suas propriedades dielétricas e eficiência de extração variáveis, bem como pela variabilidade estrutural dos compostos almejados no processo. Portanto, a seleção adequada de solventes, a proporção ótima de sólido e líquido, o tempo e temperatura de extração são essenciais para alcançar alta eficiência (SHENG *et al.*, 2013; NGUYEN *et al.*, 2016). Entre os solventes comumente utilizados na extração de fenólicos estão o etanol, metanol, acetona ou a mistura destes com água. Entretanto, para aplicação em alimentos, os fenólicos são preferencialmente extraídos com etanol por ser considerado de grau alimentar, biocompatível e mais econômico do que os outros solventes citados (ILAYARAJA *et al.*, 2015).

Diversas são as técnicas para avaliar e estudar estes compostos. Podemos citar, o emprego de cromatografia líquida de alta eficiência, dessorção / ionização a laser assistida por eletropulverização (ELDI), espectrometria de massa de ionização por eletropulverização por dessorção (DESI-MS) e ionização de spray de papel (RAMOS *et al.*, 2020; SIEBERT *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2019; TEIXEIRA *et al.*, 2015). Dentre estas técnicas se destaca a ionização de spray de papel, que estudos recentes têm mostrado sua eficiência na análise e identificação de compostos de interesse

(CAMPELO *et al.*, 2020; E FREITAS *et al.*, 2019; LOYOLA *et al.*, 2021; OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2020).

O Brasil é considerado um país rico em biodiversidade diante desse fato, torna-se primordial investigar a composição química e a bioatividades da nossa flora. Produtos naturais podem ser úteis, por exemplo, para combater o estresse oxidativo que frequentemente é associado ao envelhecimento precoce e ao surgimento de diversas doenças crônicas (SILVA OLIVEIRA *et al.*, 2018). Nesse contexto, o consumo de espécies vegetais ricas em compostos fenólicos e com elevado potencial antioxidante é uma estratégia interessante pode favorecer a disseminação e consumo ou promover seu uso como componente de novos produtos alimentícios e farmacêuticos (MORAES, 2020).

Uma grande variedade desses vegetais, especialmente frutas apresentam compostos fenólicos em sua composição. Dentre essas no Brasil, o maior consumo pela população está associado ao abacaxi (85,1 mg EAG/100g), banana (215,7 mg EAG/100g), laranja (114,6 mg EAG/100g), manga (110,5 mg EAG/100g) e mamão (15,3 mg EAG/100g) (FALLER e FIALHO, 2009). O teor dos constituintes fenólicos é obtido e expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG/100g) de extrato (FREITAS *et al.*, 2017). Merecido destaque também deve ser dado às uvas, especialmente as tintas. Existem outras frutas nativas muitas vezes pouco exploradas comercialmente, como jaboticaba (*Plinia jaboticaba* 440 mg EAG/100g), camu-camu (*Myciaria dúbia* 1176 mg EAG/100g), Gurguri (*Mouriri guianensis* 549 mg EAG/100g), açaí (*Euterpe oleracea* 454 mg EAG/100g), pitanga-do-cerrado (*Eugenia punicifolia* 225 mg EAG/100g) e murici (*Byrsonima crassifolia* L.Rich 334,37 mg EAG/100g), que apresentam alto teor de compostos fenólicos (SOUZA, *et al.*, 2012).

O cerrado e a floresta tropical (Amazônia) são biomas brasileiro que contêm um grande número de espécies frutíferas nativas e exóticas subexploradas, com potencial interesse para a agroindústria pois são fontes promissoras de compostos fenólicos para incorporar em diversos alimentos (OLIVEIRA, *et al.*, 2012).

A obesidade vem causando aumento da prevalência de doenças crônicas não transmissíveis, o que, além do problema social tem, como consequência, elevados custos para saúde pública. Por outro lado, observa-se claramente a ocorrência da “fome oculta”. A preocupação com a segurança alimentar salienta-se pelo fato de as deficiências de micronutrientes serem potenciais mesmo quando a provisão de alimentos de uma população é suficiente para atingir suas necessidades energéticas.

Dentre os alimentos, muitas frutas e hortaliças apresentam além de vários micronutrientes essenciais, compostos com alegações de propriedades funcionais, que podem ser introduzidas na dieta (FILIPPIN, 2021).

2.16.2. Polifenóis

Os compostos fenólicos são derivados do metabolismo vegetal, muitas vezes de reações de defesa das plantas contra agressões do ambiente e em virtude de condições de cultivo e variações genéticas. Sua estrutura é diversa e contém pelo menos um anel aromático, no qual ao menos um hidrogênio é substituído por uma hidroxila (SALGAÇO, 2019).

Finco *et al.* (2012), consideram que os compostos fenólicos desempenham um papel protetor significativo, pois, devido a sua atividade antioxidante, eles podem eliminar os radicais livres e modular as atividades enzimáticas nos processos de desintoxicação, oxidação e redução. Podem também, estimular o sistema imunológico, regular a expressão gênica e a sinalização celular, influenciar a proliferação, a morte celular programada, e a regular o metabolismo hormonal.

Em alimentos, a função antioxidante ocorre não apenas pela habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude dos radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de ingredientes do alimento, como de lipídios (SALGAÇO, 2019). Deste modo, estudos sugerem que os compostos fenólicos podem se tornar aditivos alimentares saudáveis para a prevenção de doenças crônicas (FINCO *et al.*, 2012).

A concentração de compostos fenólicos pode ser afetada pelo processamento, armazenamento e fatores ambientais diversos (AZEVEDO *et al.*, 2017). A análise de compostos fenólicos sofre influência pela natureza do composto, o método de extração empregado, o tamanho da amostra, o tempo e as condições de estocagem, o padrão utilizado e a presença de interferentes como ceras, gorduras, terpenos e clorofilas (MATHIAS, 2014).

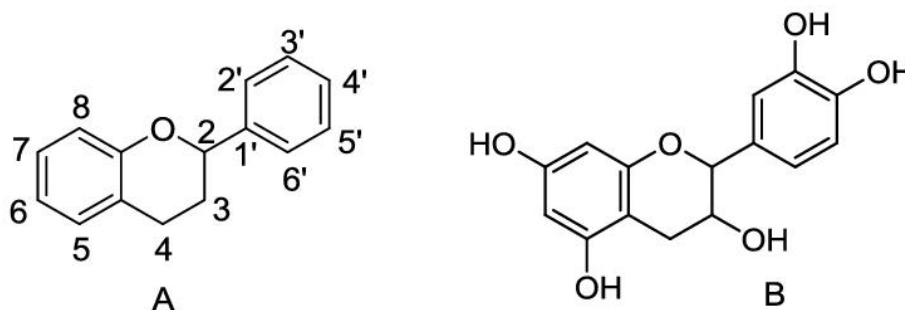
Os compostos fenólicos podem ser classificados em flavonoides e não flavonoides (SUCUPIRA *et al.*, 2012).

2.16.3. Flavonoides

São derivados de aminoácidos aromáticos e seus subgrupos variam de acordo com o padrão de hidroxilação, glicosilação e demais reações que possam alterar a molécula básica. Dos grupos de CFs (Compostos fenólicos) os flavonóides talvez representem o grupo mais estudado. São encontrados abundantemente em plantas comestíveis e não comestíveis, nas formas aglicosilada (aglicona) e glicosilada, onde a segunda é mais frequente (KHODDAMI; WILKES; ROBERTS, 2013; CHANG *et al.*, 2016).

Os flavonoides são pigmentos vegetais responsáveis pelas colorações vermelha, azul e roxa, naturalmente presentes em flores, frutos, folhas, caules e raízes de plantas, onde desempenham funções, entre elas, de antioxidante (GOMES *et al.*, 2016). Sua atuação como antioxidante na inativação dos radicais livres se dá nos dois compartimentos celulares: lipofílico e hidrofílico. Em relação aos seus benefícios à saúde, tem-se atribuído a eles efeitos antiinflamatório, antiaterosclerótico e imunomodulatório (SANTOS, 2012).

Figura 1 –Estrutura química dos flavonoides



A: Estrutura química dos flavonoides; B: Estrutura química do flavonoide catequina.

Fonte: Costa e Silva (2011).

2.16.4. Flavonas e Flavonóis

No reino vegetal, este subgrupo de flavonóides pode agir como atrativo à polinização das plantas e, quando em alimento ou bebida, atribui propriedades sensoriais. Nos vinhos, são os compostos que mais contribuem para a adstringência, amargor e estrutura destas bebidas (MACHADO; DOMÍNGUEZ, 2017).

Este subgrupo é constituído basicamente por monômeros, sendo eles catequinas e epicatequinas. As catequinas são isômeros de configuração *trans*,

enquanto que as epicatequinas são os isômeros de configuração *cis*. Diferenciam-se em relação a estereoisomeria, onde (+) -catequina e (-) -epicatequina são os mais comuns nos alimentos fontes destes monômeros (TSAO, 2010).

Estes flavonóis e seus derivados, como galocatequina (GC), catequina (CG), galocatequina galato (GCG) epigalocatequina (EGC), epicatequina galato (ECG), galato epigalocatequina galato (EGCG), estão presentes, por exemplo, no vinho tinto, chocolate e, sobretudo, em chás provenientes das folhas de *Camellia sinensis* (*C. sinensis*), onde (-) -EGCG é o composto encontrado em maior quantidade (NIEDZWIECKI *et al.*, 2016; FAN; SANG; JIANG, 2017; ZHANG *et al.*, 2017). Os monômeros catequinas e epicatequinas podem formar oligômeros e polímeros, gerando as proantocianidinas, também conhecidas como taninos condensados. Estes polímeros podem ser despolimerizados pela ação de ácidos, gerando compostos como as antocianidinas (TSAO, 2010).

As catequinas, uma subclasse dos flavonoides, também denominadas flavanóis. São encontradas principalmente nas folhas de alguns chás, como o preto e o verde (provenientes da mesma planta *Camellia sinensis*), também são encontradas no suco de uva, vinho tinto, cacau, maçã, cebola, feijões, damasco, cereja e pêssego. Dentre os seus possíveis efeitos benéficos estão: redução da pressão arterial, melhora da função vascular, inibição da captação de LDL-colesterol oxidado, redução da reatividade plaquetária, melhora da sensibilidade à insulina e efeitos anti-inflamatórios (STRACK, 2012).

Acredita-se que as catequinas aumentem o metabolismo, o que poderia levar à perda de peso sendo um tratamento eficaz no controle de peso dos pacientes. (JURGENS, 2012). Apesar da abundância de evidências acerca do efeito das catequinas no metabolismo, os mecanismos de ação de seu composto ativo não são totalmente compreendidos. (YONESHIO *et al.*, 2017).

O acúmulo de gordura corporal pode estar associado ao aumento da oxidação lipídica. Além disso, estudos mostram a redução da gordura corporal, sugerindo que as catequinas contribuem para a prevenção de várias doenças relacionadas ao estilo de vida, particularmente a obesidade (KONSTANTINIDI; KOUTELIDAKIS, 2019).

Eles podem ser divididos em seis subgrupos, a saber: flavonas, flavonóis, flavanonas, flavanóis, isoflavonas e antocianinas (HOLANDA, 2018).

Flavonas e flavonóis são alguns dos flavonóides mais presentes no reino vegetal, ocorrendo mais comumente na forma glicosilada, onde glicose e ramnose são as porções de açúcar mais ocorrentes (TSAO, 2010).

Quercetina e kaempferol são as agliconas de flavonóis mais comuns e, dentre suas fontes alimentares, algumas que se destacam são cebolas (amarelas), alho-poró e brócolis. Estes flavonóis tendem a concentrar nas áreas mais externas das plantas e frutos, como cascas e folhas, pois a luz estimula a biossíntese destes compostos, tanto que, é possível observar diferenças de concentração de flavonóis em frutas de uma mesma árvore e até na mesma fruta, de acordo com a área que foi mais exposta à luz solar. Por isso, em exemplos como alface e repolho, observa-se maiores concentrações de glicosídeos nas folhas mais externas e verdes, quando comparado às folhas mais internas, de cor mais clara (MANACH *et al.*, 2004).

As flavonas, menos abundantes que os flavonóis em frutas e vegetais, são constituídas principalmente por glicosídeos de luteolina e apigenina, sendo encontradas em salsa e salsão (NIEDZWIECKI *et al.*, 2016).

A tangeritina, uma flavona polimetoxilada, é considerada como um dos flavonóides mais hidrofóbicos, sendo encontrada na polpa de frutas cítricas e, sobretudo, em suas cascas (MANACH *et al.*, 2004). Possui propriedades neuroprotetoras e antimicrobianas, além de induzir a morte celular programada de certos tipos de células cancerígenas (ERNAWITA *et al.*, 2017).

2.16.5. Flavonas e Isoflavonas

Flavononas são caracterizadas por glicosídeos como naringina e hesperidina, e por suas agliconas, como naringenina e hesperetina. São alguns dos flavonóides mais encontrados em frutas cítricas como alguns tipos de laranja e tangerina, tendo diferentes taxas de absorção e trazendo benefícios à saúde como efeitos antioxidante e anticâncer (ERNAWITA *et al.*, 2017; MISTRY; PATEL; KEUM, 2017).

Suas estruturas são similares ao estrogênio e podem se ligar a receptores deste hormônio, por isso, são classificadas como fitoestrógenos (NIEDZWIECKI *et al.*, 2016). Sua maior fonte é a soja, onde encontram-se alguns dos principais compostos de isoflavonas, a genisteína e a daidzeína, existentes predominantemente na forma de glicosídeos (como genistina e daidzina) e cuja as concentrações nos alimentos fonte diferem-se de acordo com a variedade, sazonalidade, localização e métodos de processamento (SORDON *et al.*, 2017; STEELE; MONTEIRO, 2017).

2.16.6. Antocianinas

As antocianinas são compostos que podem ser constituídos de um grupamento de açúcar, uma aglicona (antocianidina) e, condicionalmente, alguns ácidos (MALACRIDA; MOTTA, 2006). Algumas das agliconas mais relevantes em alimentos são: cianidina, delfinidina, pelagronidina e malvidina, sendo que as três primeiras e seus derivados metilados podem constituir até 90% das antocianidinas encontradas em alimentos (TSAO, 2010).

Raramente encontram-se antocianidinas livres, sendo mais comum encontrá-las nas formas glicosiladas, principalmente com glicose, ramnose, xilose, galactose, arabinose e frutose. As ligações podem ocorrer com mono, di e triglicosídeos ligados diretamente à aglicona, tornando a molécula mais estável em comparação às agliconas livres. Além da aglicona e da fração de açúcar, ainda é comum ocorrer ligação com ácidos como p-cumárico, ferúlico, caféico, oxálico, entre outros ácidos (MALACRIDA; MOTTA, 2006).

A pigmentação das antocianinas encontradas em frutos, flores, algumas folhas e até raízes, varia de distintas tonalidades de vermelho e de azul, até o roxo (MALACRIDA; MOTTA, 2006). Essa variação de tonalidades depende do pH, onde o vermelho predomina em condições ácidas e o azul em condições básicas. Outros fatores que também influenciam na coloração são o grau de hidroxilação, padrão de glicosilação e padrão de metilação dos anéis aromáticos (TSAO, 2010).

Repolho roxo, uvas, morangos, framboesas, berinjela, acerola, batata doce, entre outros podem ser mencionados como fontes naturais importantes onde podem ser encontradas antocianinas (URANGA *et al.*, 2018).

Dentre as fontes de antocianinas, o repolho roxo tem se destacado devido à alta concentração do composto ou coloração intensa em suas folhas e, principalmente, pela estabilidade química do corante (CARVALHO *et al.*, 2019).

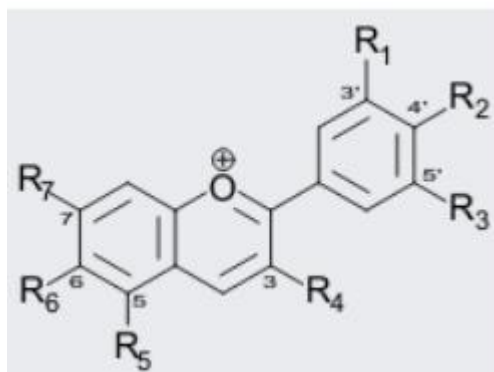
Nas uvas, são encontradas quase exclusivamente nas peles, com apenas um pequeno número de espécies mostrando esses compostos no bagaço (LIAZID *et al.*, 2011). A extração de antocianinas requer cuidadosa atenção para as condições operacionais, uma vez que depende de fatores como tipo de solvente, razão sólido/líquido, agitação e temperatura (LIMA *et al.*, 2017).

As moléculas de antocianinas possuem como grupos substituintes hidroxilas, carboxilas, metoxilas e glicosilas residuais ligados aos seus anéis aromáticos, que lhes

confere maior solubilidade em água do que em solventes apolares, ou seja, essas moléculas são polares (XAVIER, 2004).

Essas moléculas apresentam em sua estrutura central um cromóforo (denominado flavilium) (Figura 2).

Figura 2. Estrutura básica das antocianinas



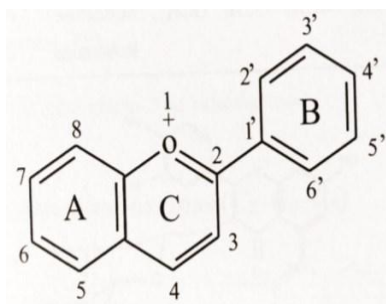
Fonte: XAVIER (2004).

A cor das antocianinas se diferencia, prioritariamente pelo número de hidroxilas e metoxilas ligadas na sua molécula, especialmente ao anel onde estão os radicais R1, R2 e R3. Quanto mais desses grupos estiverem ligados à molécula a sua cor muda do laranja para o violeta (ANANGA *et al.*, 2013).

Essa propriedade de exibirem cores diferentes, dependendo do pH do meio em que estão presentes, torna possível o seu emprego como indicadores naturais de pH em vários estudos (GUIMARÃES; ALVES; FILHO, 2012).

As antocianinas são responsáveis pela coloração que varia de vermelho vivo a violeta (SANTOS, 2012). Este grupo de pigmentos vegetais amplamente distribuídos, são derivados de antocianidinas, cuja estrutura fundamental está descrita na Figura 3, e açúcar através de uma ligação glicosídica. Todavia, a composição das antocianinas varia entre diferentes espécies de plantas e entre diferentes cultivares da mesma espécie (WANG *et al.*, 2016).

Figura 3- Estrutura química das antocianinas



Fonte: Araújo (2019).

Na estrutura vegetal, a principal função das antocianinas é atrair insetos ou pássaros para a polinização de flores e disseminação de sementes de frutas por animais (ESKIN; SHAHIDI, 2015).

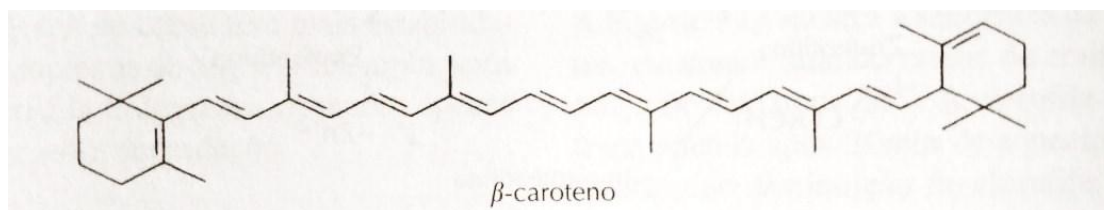
Quanto aos benefícios à saúde, as antocianinas já foram relacionadas a ação anti-inflamatória, antioxidante, vaso protetora, inibição da oxidação do LDL, redução do risco de doença cardiovascular e desenvolvimento de aterosclerose. A eficácia protetora delas depende da estrutura molecular, como o grau de glicosilação e o número de grupos hidroxila no anel B (CARVALHO *et al.*, 2015).

2.16.7. Carotenoides

São pigmentos naturais produzidos por plantas, algas e microrganismos fotossintéticos, desempenham um papel importante na fotossíntese e na proteção dos tecidos contra os danos fotooxidativos e não são sintetizados por animais, apresentam efeitos fisiológicos positivos na nutrição e saúde, como a pró-vitamina A (RODRIGUEZ-CONCEPCION *et al.*, 2018).

Quimicamente, os carotenoides podem ser definidos como tetraterpenoides de 40 carbonos, formados pela união de oito unidades isoprenoides de cinco carbonos, caracterizando uma molécula linear e simétrica, com a ordem invertida na posição central (BHATT; PATEL, 2020).

O número de insaturações conjugadas na molécula influencia na intensidade da cor, que é mais intensa quanto maior o número de insaturações. Todavia, este grande número de insaturações também os tornam muito susceptíveis à degradação por oxidação. Na Figura 4, pode-se observar a estrutura química do β -caroteno, componente do grupo dos carotenoides (COSTA-SINGH, 2015).

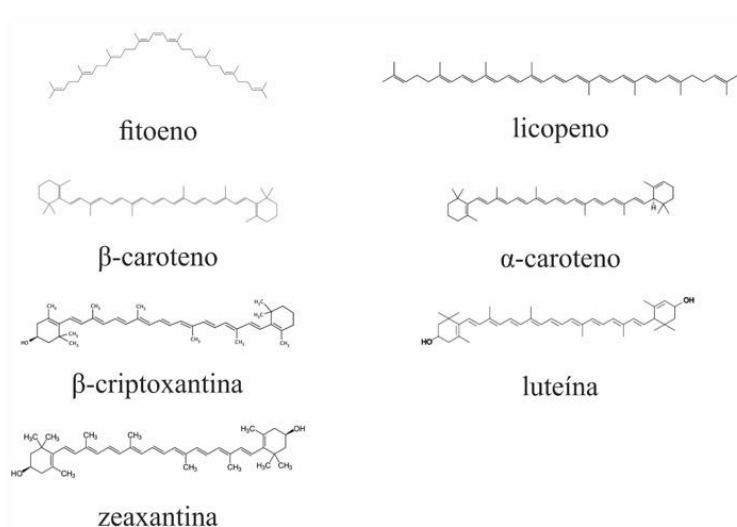
Figura 4 - Estrutura química do β -caroteno.

Fonte: Damodaran, Parkin e Fennema (2010).

A atividade antioxidante dos carotenoides se deve à presença de um sistema de ligação dupla conjugado, que lhes confere capacidade de desativar os radicais livres (CARVALHO *et al.*, 2015). Podem ainda, capturar radicais de oxigênio singlete e radicais peroxila de forma eficiente. Possuem caráter lipofílico, atuando como antioxidante sobre as lipoproteínas LDL (Low Density Lipoproteins ou Lipoproteínas de baixa densidade) e HDL (High Density Lipoproteins ou Lipoproteínas de alta densidade) (SUCUPIRA *et al.*, 2012).

Foram identificados quase 700 carotenoides, e são divididos em duas classes principais com base nas características estruturais: carotenoides de hidrocarbonetos, conhecidos como carotenos (fitoeno, licopeno e betacaroteno, alfa-caroteno, gama-caroteno) e derivados oxigenados de carotenos, também conhecidos como xantofilas (luteína, zeaxantina e β -criptoxantina), epóxido (neoxantina, violaxantina e fucoxantina), carbonila (por exemplo, astaxantina, cantaxantina e capsantina) (Figura 5) (SAINI *et al.*, 2015).

Figura 5 - Principais carotenoides.



Fonte: BEMFEITO *et al.*, (2020).

Devido à sua grande estrutura de hidrocarbonetos, os carotenoides tendem a ser apolares e precisam da gordura da dieta para ser absorvida no lúmen intestinal. Antes que os carotenoides possam ser absorvidos, devem ser liberados de sua matriz alimentar, em seguida incorporados em gotículas de lipídios e, são transportados para o intestino para que sejam absorvidos e convertidos (CERVANTES-PAZ *et al.*, 2017).

No intestino, os carotenoides formam micelas mistas com compostos anfífilos e hidrofóbicos, como sais biliares, colesterol, ácidos graxos e fosfolipídios. As xantofilas são mais biodisponíveis do que os carotenos, pois em muitas frutas e vegetais, existem como ésteres de ácidos graxos. Antes que os ésteres sejam absorvidos, a porção de ácido graxo é clivada pela lipase do éster carboxílico pancreático formando xantofilas livres no trato gastrointestinal (LINTING *et al.*, 2020).

Thomas *et al.* (2016) observaram que o β -caroteno no LDL circulante é absorvido pela endocitose mediada pelo receptor de LDL no epitélio pigmentar da retina. As células do epitélio pigmentar da retina humana expressam níveis relativamente altos da enzima formadora de vitamina A, que converte β -caroteno em retinaldeído, e a síntese local de vitamina A contribui para uma homeostase retinóide ocular.

A biodisponibilidade dos carotenoides depende de vários fatores importantes e dietéticos, como a fonte, a matriz alimentar, o processamento dos alimentos ou os níveis de lipídios, mas também depende de fatores relacionados ao hospedeiro, por exemplo, doenças, hábitos de vida, idade ou variações genéticas. Os carotenoides são obtidos de fontes diferentes de alimentos que podem variar quanto a quantidade destas substâncias nestes produtos (DESMARCHELIER *et al.*, 2017).

É difícil comparar a biodisponibilidade de carotenoides de diferentes fontes vegetais como vegetais, frutas ou microalgas devido a diferenças *in vivo* e *in vitro* abordagens têm sido utilizadas, mesmo que altas correlações tenham sido encontradas, enfatizando que estimar a bioacessibilidade *in vitro* (solubilidade / micelarização) pode ser indicativo da quantidade disponível para absorção no trato gastrointestinal *in vivo* (BOH *et al.*, 2015).

De acordo com a literatura, apenas 40 espécies de carotenoides são consumidas, sendo as mais abundantes β -caroteno, licopeno, luteína, β -criptoxantina, α -caroteno e zeaxantina. A astaxantina e a cantaxantina são absorvidas em indivíduos alimentados com dietas ricas em frutos do mar (DESMARCHELIER *et al.*, 2017). A

biodisponibilidade do caroteno vegetal e de frutas é de 1,5 a 39% e das xantofilas de 4–59% (CARBONELL-CAPELLA *et al.*, 2014).

As propriedades antioxidantes dos carotenoides são importantes vias em animais, incluindo foto proteção, proteção cardiovascular, imunoproteção, antienvelhecimento, estabilização da membrana celular e modulação do estresse oxidativo e devido a essas atividades de proteção à saúde, vem tendo um crescimento de formulações à base de carotenoides, como provitamina A e antioxidantes, para a saúde óssea, antienvelhecimento (SAINI *et al.*, 2019).

O consumo de uma dieta rica em carotenoides mistos pode ser benéfico para a saúde cardiometabólica, além disso, sugere-se que os indivíduos com síndrome metabólica têm marcadores de estresse oxidativo elevados, como oxigênio único e moléculas de peroxila, levando a um aumento da necessidade de antioxidantes como os carotenoides que podem também auxiliar na regulação do agrupamento de fatores de risco cardiometabólicos associados com a síndrome metabólica (PARK *et al.*, 2009). Como moléculas bioativas, a alta reatividade química e a presença das ligações duplas conjugadas é o que confere aos carotenoides ação antioxidante, fator chave na prevenção de diversas doenças, pois os tornam altamente eficazes no combate aos radicais livres (BHATT; PATEL, 2020).

O aumento do estresse oxidativo e da inflamação desempenham um papel importante na maior taxa de mortalidade de indivíduos com síndrome metabólica, entretanto uma maior concentração sérica de licopeno tem associação significativa com a redução do risco de mortalidade em indivíduos com síndrome metabólica, ou seja, um nível mais alto de licopeno sérico proporciona um tempo de sobrevivência significativamente maior do que aqueles com um nível mais baixo de licopeno sérico (HAN *et al.*, 2016).

A luz e o calor influenciam de forma direta na estabilidade de carotenoides por serem fatores relacionados às reações de oxidação. Isso ocorre porque carotenoides são lipofílicos, e quando em contato com a luz e altas temperaturas, eles tendem a se oxidar. A intensidade que os carotenoides são afetados depende de alguns fatores como concentração e tipo de carotenoides presente no meio, além da matriz alimentar (ARIMBOOR *et al.*, 2015).

As técnicas de processamento aplicadas nos alimentos podem causar variações quantitativas no teor de carotenoides nos alimentos. O processamento térmico, por exemplo, muitas vezes torna o produto mais concentrado, com maior teor de sólidos

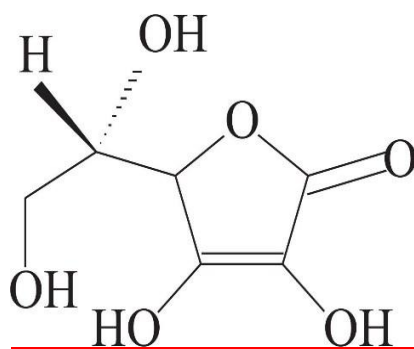
solúveis e, conseqüentemente, o teor de carotenoides será aumentado. Por outro lado, o processamento pode induzir a degradação dos carotenoides, uma vez que estes são compostos termolábeis, altamente reativos e suas moléculas são facilmente isomerizadas e oxidadas. O calor, a luz, o oxigênio e enzimas como a lipoxigenase e/ou ácidos presentes nos vegetais levam a alterações ou parcial destruição dos carotenoides. A exposição destes compostos a estes agentes resulta na formação de isômeros *cis* e epóxidos, além da diminuição da cor, perda da atividade provitamínica A e quebra da cadeia (BEMFEITO *et al.*, 2020).

2.16.8. Ácido Ascórbico

O ácido ascórbico (Vitamina C) é um composto altamente polar, logo, bastante solúvel em soluções aquosas e insolúvel em solventes não polares. Ocorre naturalmente em frutas e vegetais e, em menor quantidade, em tecidos animais e produtos derivados (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Abaixo, na Figura 6, encontra-se a estrutura química do ácido ascórbico.

Figura 6- Estrutura química do ácido ascórbico



Fonte: Souza *et al.* (2015).

O ácido ascórbico é conhecido por sua alta atividade antioxidante e, além disso, participa de muitas funções bioquímicas, como a absorção de ferro, a síntese de colágeno e hormônios (ANTUNES *et al.*, 2017).

Concebe-se que o ácido ascórbico possui um papel significativo no sistema imunológico e na dieta na prevenção de doenças degenerativas comuns, incluindo câncer, doenças cardiovasculares, catarata (CARVALHO *et al.*, 2015), arteriosclerose e o envelhecimento precoce (ANTUNES *et al.*, 2017).

O ácido ascórbico é altamente susceptível à oxidação, especialmente quando catalisada por íons metálicos de transição como Cobre^{2+} e Ferro^{3+} . Outros aceleradores deste processo são o calor e a luz, enquanto pH, concentração de oxigênio e atividade da água influenciam grandemente a velocidade de reação (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

2.16.9. Reação de Oxidação

Os radicais livres são moléculas instáveis, que possuem um elétron quimicamente reativo desemparelhado, com tendência a se associar a outras moléculas carregadas positivamente, reagindo ou oxidando com elas. Os antioxidantes, por sua vez, neutralizam os radicais livres doando um elétron a eles (BAENAS *et al.*, 2018).

Durante o processo de queima de oxigênio para converter os nutrientes absorvidos dos alimentos em energia, as células humanas produzem radicais livres. O organismo humano possui enzimas que são capazes de controlar a ação dos antioxidantes e manter a estabilidade do corpo. Todavia, pode ocorrer o excesso de radicais livres mediante fatores externos como dieta incorreta, ingestão de alimentos com muitos aditivos químicos ou muito gordurosos, bem como o consumo de álcool (PHANIENDRA; JESTADI; PERIYASAMY, 2015). Deste modo, quando há um desequilíbrio entre a criação dos radicais livres e sua remoção, ocorre o estresse oxidativo (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O estresse oxidativo é uma condição caracterizada pelo desequilíbrio redox, isso envolve a patogênese e a progressão de distintas doenças, incluindo as neurodegenerativas, o câncer, as cardiovasculares, o diabetes mellitus e a hipercolesterolemia. Como características em comum, essas patologias apresentam a inflamação crônica que, juntamente com o estresse oxidativo, formam um importante binômio no desenvolvimento delas (SOARES, 2015).

A degradação de radicais livres e outras espécies reativas de oxigênio é controlada pelo organismo através de dois sistemas antioxidantes integrados: um endógeno enzimático e outro exógeno não enzimático. Entre os antioxidantes produzidos pelo corpo estão as enzimas Glutathione peroxidase, a Catalase e a Superóxido Dismutase, bem como os peptídeos Glutathione. Entre os absorvidos pela

dieta incluem-se o α -tocoferol, o β -caroteno, o ácido ascórbico e os compostos fenólicos (PORSCH; SIMAS; GRANZOTI, 2019).

Em alimentos e bebidas, a oxidação é um fenômeno natural, em alguns casos benéfico, enquanto em outros possuem efeito indesejável, como a degradação de vitaminas, pigmentos e ácidos graxos essenciais, com consequente perda de valor nutritivo e desenvolvimento de sabor e odor desagradáveis e, eventualmente, formação de compostos tóxicos (ARAÚJO, 2019).

2.16.10. Atividade Antioxidante

Inexiste um procedimento universal de extração dos compostos antioxidantes pois, a solubilidade em um solvente é característica única de cada fitoquímico. Além disso, a extração é influenciada pelo tipo de solvente, tempo de extração, temperatura, pH, tamanho das partículas e proporção sólido-líquido (FREIRE *et al.*, 2013).

Ao longo do tempo, as diferentes metodologias utilizadas para avaliar a capacidade antioxidante *in vitro* produziram resultados conflitantes e não comparáveis, além de variações na preparação da amostra também poderem ter influenciado nos resultados, devendo esse aspecto ser mais bem avaliado pelos pesquisadores (RUFINO *et al.*, 2010).

Numerosas são as metodologias para determinação da capacidade antioxidante e, além de se basearem em fundamentos diversos, podem estar sujeitas a interferências. Levando-se em consideração os pontos fortes e fracos e aplicabilidade de cada tipo de ensaio, recomenda-se a utilização de dois ou mais ensaios, uma vez que nenhum deles, usados isoladamente, irá refletir exatamente a capacidade antioxidante total de uma amostra (SUCUPIRA *et al.*, 2012).

Para expressar a capacidade antioxidante, pode-se utilizar diferentes parâmetros, incluindo capacidade de eliminação de radicais peroxílicos, capacidade de redução de metais, capacidade de eliminação de radicais hidroxila, capacidade de eliminação de radicais orgânicos e quantidades de produtos de peroxidação lipídica. São exemplos de métodos o FRAP – poder antioxidante redutor férrico, DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), a atividade de captura de radical livre ABTS●+ (ácido [2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)]), TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico) e co-oxidação de β -caroteno (RUFINO *et al.*, 2010). O consumo regular de frutos com compostos antioxidantes está associado a redução de

danos celulares que conduziriam a anormalidades fisiológicas e patológicas, como inflamação, doenças cardiovasculares, câncer e envelhecimento (FREIRE *et al.*, 2013).

2.16.11. Ácidos Fenólicos

São CFs não flavonóides que podem ser divididos basicamente em derivados dos ácidos benzoicos e de ácidos cinâmicos. São encontrados em formas livres, como em frutas e vegetais, ou em formas conjugadas, mais comumente em grãos e sementes, onde representam a maior parte dos compostos fenólicos. São clivados por hidrólise ácida ou alcalina e, também por ação de enzimas (TSAO, 2010).

São amplamente distribuídos no reino vegetal (apesar de alguns também serem produzidos por fungos) e imensamente importantes nas interações entre plantas e microrganismos, agindo como moléculas de sinalização e de defesa. Derivam das mesmas vias de biossíntese dos flavonóides (MANDAL; CHAKRABORTY; DEY, 2010).

Ácidos hidroxibenzóicos compõem estruturas complexas como taninos hidrolisáveis presentes em algumas frutas como manga (galotaninos) e frutas vermelhas (elagitaninos), mas não estão presentes em grandes quantidades em frutas e vegetais comestíveis, de forma geral (MANACH *et al.*, 2004).

Os ácidos hidroxicinâmicos são mais comuns na alimentação de seres humanos e consistem majoritariamente em ácidos p-cumárico (para-cumárico), cafeico, ferúlico e sinápico. Com exceção de alguns alimentos que passaram por processos de congelamento, esterilização ou fermentação, estes ácidos são raramente encontrados na forma livre, sendo mais comumente encontrados glicosilados ou esterificados. O ácido cafeico é um dos ácidos mais abundantes e representa a maior parte de ácidos hidroxicinâmicos totais contidos em muitas frutas, principalmente nas partes mais externas de frutas maduras. O ácido ferúlico é abundantemente encontrado em grãos e cereais, também, de forma geral, mais concentrado nas partes mais externas (MANACH *et al.*, 2004).

2.16.12. Resveratrol

A estrutura química específica do resveratrol, baseada em um esqueleto de estilbeno hidroxilado, permite que este CF exerça funções benéficas ao organismo humano (NIVELLE *et al.*, 2017). Encontrado principalmente nas cascas de uvas tintas e outras frutas vermelhas e roxas, é conhecido por suas propriedades anti-

inflamatórias, por inibir fatores pró-inflamatórios como a enzima ciclooxigenase 2 (COX-2). Também desempenha ação antioxidante e antiviral, além de ação quimiopreventiva, por modular o suicídio celular programado e proliferação celular, além de regular certas vias que fazem parte de mecanismos oncogênicos (GAVRILAS *et. al.*, 2017).

Torna-se importante ressaltar que o fato de atenuar ou inibir mecanismos de inflamação pode contribuir também para o efeito anticâncer de fitoquímicos em geral, incluindo o resveratrol, uma vez que há forte ligação de processos inflamatórios crônicos e câncer. Além de inibição de câncer por ação antioxidante, também é possível alcançar este efeito com fitoquímicos por ação pró-oxidante, especialmente quando em presença de alguns metais de transição, como cobre, ferro e zinco. Tal efeito pode ocorrer uma vez que a ação pró- oxidante poderá induzir o suicídio celular programado em células cancerígenas. Estes efeitos (antioxidante / pró- oxidante) podem variar de acordo com a dose (ZUBAIR *et. al.*, 2017).

2.16.13. Lignanas

São PFs (Polifenóis) que compõem estruturas celulares de plantas. Encontram-se em castanhas, frutas, sementes e alguns vegetais crucíferos. Uma das maiores fontes conhecidas, no entanto, é a semente de linhaça. Também são fito estrógenos, como as isoflavonas, porém, as isoflavonas são mais comumente estudadas neste aspecto. A ingestão de lignanas foi associada com reduções significativas em risco de câncer colorretal (STEELE; MONTEIRO, 2017).

A linhaça é um alimento com propriedades funcionais, e os estudos atuais concentram-se mais especificamente nos compostos associados às fibras, conhecidas como lignanas, compostas pelos fenólicos, que em sua estrutura contém o dibenzilbutano, fitoquímicos biologicamente ativos com grande potencial anticancerígeno (SANTOS, 2021).

Para Marangoni (2010), a semente de linhaça é a maior fonte da lignana, que favorece a redução das doenças inflamatórias e outras relacionadas aos fatores de risco cardiovascular. A segunda maior fonte de lignanas é o morango seguido da semente de girassol. A linhaça, por conter em sua composição fibras, vitaminas, aminoácidos, minerais, proteínas, carboidratos e ácidos graxos Ômega-3 e 6 que são antioxidantes, combate os radicais livres causadores de várias doenças, reforçando as defesas do corpo.

Segundo Santos (2021), as lignanas são consideradas uma espécie de hormônio natural e potencializam a falta do estrogênio, principalmente, no período da menopausa, aliviando sintomas indesejáveis e reduzindo acidentes cardiovasculares e osteoporose advindos da ausência deste hormônio. Podem ainda auxiliar no metabolismo hepático, potencializando na remoção de LDL e VLDL (Lipoproteína de densidade muito baixa), contribuindo assim para a redução dos níveis elevados de LDL (CUPERSMID, 2012).

2.16.14. Ômega 3 e Ômega 6

Com avanços da medicina, da tecnologia e do estilo de vida nas últimas décadas, a expectativa de vida aumentou significativamente (SHI *et al.*, 2015). No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem 30,2 milhões de pessoas com mais de 60 anos de idade no país, ocasionando uma significativa modificação na pirâmide etária brasileira (IBGE, 2017).

O envelhecimento é um processo natural na vida humana. Com o passar do tempo, surgem alterações fisiológicas, físicas, psicológicas, cerebrais e sociais, decorrentes do processo de envelhecer. Porém, os hábitos saudáveis desenvolvidos ao longo da vida, como atividade física, estilo de vida, autonomia e escolhas alimentares adequadas desempenham um papel fundamental na qualidade de vida (SAAVEDRA *et al.*, 2016; VIDMAR *et al.*, 2016).

O padrão alimentar é um dos principais determinantes da saúde. Os efeitos benéficos da ingestão de alimentos com funções protetoras são bem conhecidos, incluindo uma redução no risco de mortalidade (SAAVEDRA *et al.*, 2016). O consumo de ácidos graxos ômega 3 está associado com inúmeros benefícios à saúde como a melhora da síndrome metabólica, a diminuição da obesidade abdominal, resistência à insulina, dislipidemia e hipertensão, com menos risco de doença cardiovascular, sintomas da depressão, peso, saciedade pós-prandial e doenças inflamatórias (KAUR; BASU; SHIVHARE, 2015; BRITO *et al.*, 2019).

Os ácidos graxos da série ômega 3, formados pelo linolênico, o docosahexaenoico (DHA), o eicosapentaenoico (EPA) e o docosapentaenoico (DPA), constituem um grupo de lipídios que exercem funções significativas no organismo, sendo incorporados aos fosfolipídios das membranas das células otimizando sua função biológica. Essa otimização ocorre particularmente na estrutura e na função das células do cérebro, gliócitos e endotélios, fortalecendo a memória e o controle neuro

inflamatório, bem como na retina, testículos, coração, fígado e rins (THOMPSON; SUBAR, 2017; HASHIMOTO, 2019). São relatados vários benefícios da ingestão de ômega 3, como a diminuição de eicosanoides inflamatórios, citocinas e espécies reativas de oxigênio, prevenindo e tratando enfermidades cardiovasculares, doenças inflamatórias, infecções e reduzindo a ocorrência de lesões, alterações imunológicas e atua diminuindo o declínio cognitivo (SCRAGG *et al.*, 2017; MAGGI, 2018).

Com o uso da suplementação do ômega 3, é possível perceber a diminuição do estresse oxidativo, diminuição da expressão de proteínas pró-inflamatórias, aumento da expressão de proteínas anti-inflamatórias e melhoria do declínio cognitivo associado a patologias e classificado em leve a moderado (KAUR; BASU; SHIVHARE, 2015; SCRAGG *et al.*, 2017).

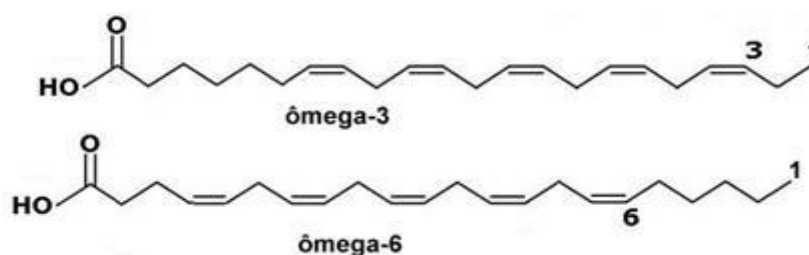
Metabolismo dos Ácidos Graxos, Ômega 3 e 6

Os ácidos graxos ácido linoleico (ômega 6) e alfa linolênico (ômega 3) pertencem à categoria dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) e são, dentre esses, os mais abundantemente na natureza. Eles são compostos por, aproximadamente, 20 carbonos, contendo uma ligação dupla no carbono de número 6 (20:6) ou 3 (20:3), contando a partir do grupo metil. Ambos ácidos graxos estão representados na Figura 7 (CALDER, 2015).

Os ácidos graxos ômega 3 são sintetizados pelas plantas e por algumas algas, podendo ser encontrados nos peixes que se alimentam destas, além de algumas sementes e seus óleos. Por não serem sintetizados pelos animais, estes nutrientes são considerados essenciais pelos mamíferos, pois são importantes na manutenção de diversas funções fisiológicas, desde a composição de membranas lipídicas, até a regulação de processos inflamatórios. A maioria das plantas produz uma proporção maior de ômega 6 do que de ômega 3, o que acaba impactando nos níveis de ingestão desses ácidos graxos na população. Em países do ocidente, a média do consumo é de 10g ácido graxo ômega 6 para 1 grama de ácido graxo ômega 3 (CALDER, 2017).

O metabolismo desses ácidos graxos, assim como de outros lipídeos, ocorre em sua maior parte no fígado. O ômega 6 é convertido, primeiramente, a ácido gama linolênico (18:3) pelo delta 6 dessaturase e, em seguida, a alongase 5 o converte em ácido diomo gama linolênico (20:3). Esse por sua vez é, finalmente, convertido em ácido araquidônico (20:4, ARA) pela enzima 5-dessaturase (CALDER, 2006).

Figura 7 - Estrutura Molecular dos Ácidos Graxos ômega 3 e 6.



Fonte: (SOUSA, 2020)

Importância do ômega 3 e 6 para a saúde

A suplementação com ácidos graxos essenciais (AGEs) tipo ômega-3 (AGE n-3) atua por mecanismo anti-inflamatório “natural”, bem como pode melhorar a secreção das glândulas de meibômio pelo aumento da fluidez do meibo e desobstrução dos orifícios glandulares. Verificou-se que o aumento da ingestão de AGE ômega-3 (junto com piridoxina e vitamina D) melhorou o perfil da fração lipídica polar das secreções meibomianas em pacientes com olho seco (SULLIVAN *et al.*, 2002).

Ácidos graxos essenciais (AGEs) tipo ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6) são fundamentais para a função celular normal, devendo estar presentes na dieta de todos os animais, inclusive os seres humanos. Isso porque os AGEs não são sintetizados pelas células animais. Os AGEs n-3 apresentam-se na dieta como de cadeia curta (ácido alfa linolênico - ALA) e de cadeia longa (ácido eicosapentaenoico - EPA e docosaexaenoico - DHA). A fonte natural de AGE n-3 e n-6 é vegetal, sendo a semente de linhaça a fonte natural mais rica em n-3. Outras fontes vegetais podem ser destacadas como a chia, nozes e a soja (AMBRÓSIO, 2020).

Os peixes não são capazes de gerar os AGEs “de novo”, mas podem metabolizar a partir de sua dieta. Com isso, tornam-se fontes de AGE de cadeia longa (EPA e DHA), como no caso dos peixes oleosos como salmão, atum, trutas, sardinhas e cavala, e, em menor escala, em mariscos como ostras, camarões e mexilhões. Destaca-se que os AGEs n-6 também são comumente derivados de óleos vegetais, como óleo de milho e óleo de cártamo, na forma de ácido linoleico (AL) que, uma vez ingerido, é dessaturado e alongado para ácido gamalinoleico (GLA) e ácido araquidônico (AA), que tem papel conhecido no tratamento da inflamação (AMBRÓSIO, 2020).

O consumo de óleos vegetais é incentivado e até vem sendo incorporado nos alimentos durante os últimos anos como estratégia de adicionar características funcionais ao produto (DELSHADI *et al.*, 2020). Por meio de alguns óleos conseguimos o consumo de ácidos graxos essenciais, o ácido linolênico (ω -3) e o ácido linoleico (ω -6), quando ocorre a falta destes no organismo pode causar danos à saúde, como doenças inflamatórias no trato gastrointestinal, surgimento de fístulas no intestino delgado, problemas no pâncreas, entre outras enfermidades, além de agirem como precursores de outros ácidos graxos com importantes funções, como o ácido linoleico que dá origem ao ácido araquidônico, importante para as funções celulares, musculares e para os sistemas imunológico e nervoso (MOGENSEN, 2017; TALLIMA; EL RIDI, 2018). Existem também outros benefícios que podem ser encontrados na constituição de alguns óleos e que promovem respostas antiinflamatória, anticâncer, antioxidante e antiviral (RUIZ; VAZQUEZ; CAMPOS, 2017).

Incorporado no grupo de óleos vegetais, normalmente extraídos de sementes, temos os óleos essenciais que resultam de metabólitos secundários das plantas, que por sua vez, são extraídos de outras partes da planta, como as flores, e apresentam alta sensibilidade aos efeitos oxidativos, mas ganham destaque devido, por exemplo, à ação antimicrobiana dos terpenoides, ácidos fenólicos, timol, carvacrol, entre outras substâncias, que estão presentes em alguns óleos essenciais e possuem atividade na destruição da membrana de bactérias através da desestabilização da camada lipídica ou como inseticida natural, tais como o mentol presente no óleo essencial da hortelã-pimenta (*Mentha X piperita*) (DELSHADI *et al.*, 2020; BASTOS *et al.*, 2020; RADÜNZ *et al.*, 2020; RAJKUMAR *et al.*, 2020).

As ações oxidativas que atuam nos óleos são causadas por reações enzimáticas e não enzimáticas, está podendo ainda ser atribuída a processos de auto oxidação ou foto-oxidação e são desencadeados desde a extração, prosseguindo durante o processamento e armazenamento. São acelerados quando expostos a oxigênio, umidade, metais, ácidos graxos livres, entre outros, levando à formação de compostos que atribui o aspecto rançoso e sabores desagradáveis, a saber, aldeídos, cetonas, ésteres, hidrocarbonetos e álcoois. O que reflete no uso do encapsulamento como alternativa para proteção de óleos e minimização dos processos degenerativos resultantes de fatores ambientais (SHARMA *et al.*, 2019).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), as doenças cardiovasculares (DCV) são as principais causas de morte no mundo. Os países de baixa e média renda são os mais afetados, correspondendo por até 80% das mortes e, estima-se que em 2030, quase 23,6 milhões de pessoas morrerão por conta das DCV (OMS, 2021). Correlacionadas com distúrbios do coração e vasos sanguíneos, o conjunto de DCV incluem, principalmente, doença cérebro vascular, doença arterial coronariana (DAC), doença arterial periférica, trombose venosa profunda e embolia pulmonar (ABDELHAMID *et al.*, 2018).

A presença dos fatores de risco clássicos como hipertensão, diabetes, obesidade, dislipidemia, sedentarismo e tabagismo aumentam a probabilidade de desenvolvimento de DCV (SBC, 2019). Dentre esses, as dislipidemias representam importante fator de risco cardiovascular, sendo que a lipoproteína de baixa densidade (LDL-c, sigla do inglês low density lipoprotein), é o mais relevante fator de risco modificável para DAC e a hipertrigliceridemia também é fator de risco independente para a DCV (PATEL *et al.*, 2019; SBC, 2017).

Estilos de vida mais saudáveis e perfis lipídicos dentro dos valores recomendados têm sido associados com um menor índice de desenvolvimento de doenças cardíacas coronarianas corroborando, significativamente, para a redução da morbidade e mortalidade causada por esta patologia (KOPIN; LOWESNTEIN, 2017). Estudos já demonstraram como os fatores dietéticos associam-se com diminuição de risco de DCV, e entre os nutrientes mais estudados estão os ácidos graxos Ômega-3. Diversos trabalhos já encontraram, uma relação inversa entre o uso de ômega-3 e a inflamação, obesidade e DCV, sugerindo que a sua suplementação possa exercer efeitos protetores sobre os eventos cardiovasculares (TORTOSA-CAPARROS, *et al.*, 2017; YANAI, *et al.*, 2018).

A relação entre o ômega-3 e DCV foi descrita pela primeira vez em um estudo com uma população de esquimós da Groenlândia, que consumiam uma dieta rica em frutos do mar e tinham baixas taxas de doenças cardíacas, asma, diabetes mellitus tipo 1 e esclerose múltipla. Além disso, os cientistas relataram que esses indivíduos que tinham dieta rica em ômega-3 apresentaram níveis baixos de colesterol e triglicerídeos (TG), quando comparados a população de um país europeu (TREBATICÁ, *et al.*, 2017; ABDELHAMID *et al.*, 2018; NASCIMENTO; SCALABRINI, 2020).

Desde então, diversas pesquisas têm tentado evidenciar os mecanismos de ação e as dosagens de consumo necessárias de ômega-3 como protetores cardiovasculares. Sabe-se que, ao desenvolverem um papel de proteção, os ácidos graxos derivados do ômega-3 apresentam efeitos anti-trombóticos, como melhora do metabolismo lipídico e aumento de lipoproteínas de alta densidade (HDL-c, do inglês *high density lipoprotein*), redução da pressão arterial, melhora da função do endotélio vascular e da sensibilidade à insulina, além de efeitos anti-inflamatórios e estabilização de placas ateroscleróticas (JACA; HARBRON, 2020). Logo, a terapia com esses ácidos graxos tem se mostrado promissora como uma ferramenta útil na prevenção de DCV (SISCOVICK *et al.*, 2017; SKULAS-RAY *et al.*, 2019).

A *American Heart Association* (AHA) instituiu que o aumento da ingestão de peixe ou uso dos suplementos de ômega-3 são razoáveis para a prevenção de insuficiência cardíaca recorrente, doença cardíaca coronária recorrente e morte cardíaca súbita em pacientes com DAC (ROGERS; SEEHUSEN, 2018; SKULASRAY *et al.*, 2019). No Brasil, uma recente atualização da diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC) orienta uma alimentação à base de peixe pelo menos duas vezes por semana a fim de diminuir o risco cardiovascular, particularmente entre pacientes com alto risco. Além disso, a diretriz orienta a suplementação com ômega-3 marinho em alguns casos específicos (SBC, 2019).

Elagizi *et al.* (2021), relataram que o ômega-3 tem efeito antiarrítmico, além de reduzir a frequência cardíaca, pois exerce bloqueio direto nos canais iônicos dos cardiomiócitos, estabilizando a atividade elétrica e prolongando o período refratário dessas células. Foi observado, ainda, que o bom funcionamento endotelial está intimamente ligado com a produção e a liberação de óxido nítrico (OX), molécula que age nas células musculares lisas dos vasos sanguíneos, auxiliando na vasodilatação, na redução da resistência vascular e na inibição da adesão e agregação plaquetária aos vasos. Neste caso, o ômega-3 tem ação estimulante no endotélio, favorecendo a produção dessa molécula, contribuindo de maneira importante e eficaz para a saúde vascular (PAPPIANE, 2016).

2.16.15. Terpenos

São hidrocarbonetos naturais produzidos por uma grande variedade de animais e plantas. Eles servem de base para muitas estruturas com diversas funções no metabolismo especializado e primário, variando de moléculas bastante pequenas e

voláteis (por exemplo, mono e sesquiterpenos) até hormônios (como, brassinosteróides, ácido abscísico, giberelinas) e componentes celulares estruturais como os pigmentos carotenoides (KORTBEEK *et al.*, 2019).

Os terpenos representam mais de 55.000 moléculas descobertas, constituindo a maior e mais complexa classe de produtos naturais. Eles são classificados com base em unidades de cinco carbonos (C5). Os diferentes terpenos incluem hemiterpenos (C5), monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), sesterpenos (C25), triterpenos (C30), tetras terpenos (C40) e poli terpenos (>C40) (BROCK; DICKSCHAT, 2013).

2.16.16. Óleos Essenciais

Muitas espécies de plantas possuem substâncias conhecidas como óleos essenciais que conferem aroma característico as folhas como encontrado nas plantas de hortelã, limão e manjerição. Os óleos essenciais são compostos por uma mistura complexa de monoterpenos (C10) e sesquiterpenos (C15); embora diterpenos (C20) também possam estar presentes (SHARIFI-RAD *et al.*, 2017). Esses óleos essenciais de plantas mostram um amplo espectro de atividade contra insetos pragas e fungos patogênicos que variam de inseticida, repelente, impedimento da oviposição e antivetores, além de uma longa tradição de uso na proteção de produtos armazenados (SINGH; PANDEY, 2018).

Com ampla utilização, principalmente na perfumaria e cosméticos, tais substâncias encontram também significativa aplicabilidade na indústria alimentícia por contribuir no reforço ou na melhora da qualidade sensorial dos alimentos (RAVINDRA; KULKARNI, 2015).

O Brasil, considerado como um dos 17 países megadiversos do planeta, apresenta uma extensa diversidade florística. Dessa forma, essa riqueza fornece uma abundante extração de óleos essenciais obtidos da flora nativa – como, por exemplo, o óleo essencial de andiroba, cajá, copaíba, cupuaçu e pau-rosa - largamente utilizados na medicina popular (SCARANO *et al.*, 2012)

De forma geral, os óleos essenciais são constituídos majoritariamente por terpenos ou seus derivados (Tabela 1). Tais substâncias constituem-se como um extenso grupo de moléculas orgânicas produzidas como metabólitos secundários principalmente em plantas para evitar injúrias promovidas por agentes externos (CORREIA *et al.*, 2008). Dessa forma, os terpenos apresentam reconhecida atividade

antimicrobiana (DE MARTINO *et al.*, 2015). Além das plantas, esses compostos também podem ser produzidos por animais e micro-organismos, como fungos e bactérias (DVORA; KOFFAS, 2013).

Os monoterpenos e sesquiterpenos, com estruturas terpênicas de menor massa molecular, apresentam volatilidade acentuada. Essa última característica, por sua vez, apresenta grande importância para o aroma dos produtos naturais, particularmente de frutas cítricas, ervas aromáticas, especiarias e condimentos (Tabela 3) (FARKAS; MOHÁCSI-FARKAS, 2014). Entre os compostos terpênicos não voláteis tem-se os limonóides que são triterpenos cuja característica marcante é o sabor amargo nas frutas cítricas. (SOUZA *et al.*, 2014).

Tabela 3: Principais constituintes de alguns óleos essenciais.

Óleo essencial	Principais constituintes
"Arnicas-da-Serra"	Sesquiterpenos (AR-diidroturmerona, AR-curcumeno, AR-turmerol, bisabolol, cadinol, cariofileno, nerolidol, orto acetoxi bisabolol, sesquicinelol).
Bergamota	Ésteres de álcoois monoterpênicos (linalil acetato, neril acetato, geranil acetato); monoterpenos (limoneno, β -pineno, γ -terpineno); monoterpenoides (linalol, geraniol, geranial, neral).
Casca de laranja	Monoterpenos (limoneno, mircenol); sesquiterpenoides (β -sinensal, α -sinensal), sesquiterpeno (valenceno); monoterpenoides (decanal, linalol, neral, geranial, citronelal), outros compostos (octanal).
Copaíba	Sesquiterpeno: β -cariofileno.
Cravo	Sesquiterpenos (α -humuleno, cariofileno); compostos fenólicos (eugenol, eugenil acetato).
Folha de curry indiano	Sesquiterpenos (β -cariofileno, β -gurjuneno, α -selineno).
Gengibre	Sesquiterpenos (zingibereno, AR-curcumeno, β -sesquifelandreno, bisaboleno); monoterpenos (canfeno, β -felandreno), monoterpenoide (1,8-cineol).
Hortelã pimenta	Monoterpenoide (isomentona, (-)-mentol, (-)-mentona, 1,8-cineol, mentofurano); monoterpeno (limoneno), álcoois (octan-3-ol, oct-1-en-3-ol).
Limão	Monoterpenos (limoneno, β -pineno, γ -terpineno); monoterpenoides (geranial, neral, citronelal, linalol); outros compostos (neril acetato, geranil acetato, nonanal).
Pimenta	Monoterpeno (sabineno).
Pinus	Monoterpenos (pinenos, car-3-eno, limoneno, mirceno).
Terebintina	Monoterpenos (α -pineno, canfenos).
Toranja	Monoterpenos (limoneno, mirceno), monoterpenoide (decanal, linalol, citronelol, neral, geranial); sesquiterpenoide (nootkatona, β -sinensal); outro composto (octanal).

Fonte: Margetts (2005); Baser e Demirci (2007), Pavarini e Lopes (2016) adaptado por (O Felipe; L Bicas, 2017).

A despeito da baixa volatilidade dos di-, tri- e tetraterpenos, é válido ressaltar a importância dessas moléculas. Em se tratando das duas primeiras classes (di- e triterpenos), a mesma é tida como um dos componentes principais de oleorresinas - uma secreção constituída basicamente de óleo essencial e resina - obtida de diferentes tipos de plantas. A importância desse tipo de produto está atrelada à extensa aplicabilidade em inúmeras atividades industriais fixador de perfumes, solvente ou

matéria-prima para a produção de tintas, graxas e ceras e no dia-a-dia das pessoas, através da medicina popular (HARTMANN, 2007).

Dentre as funções de ampla importância desempenhada por essa classe de terpenos na natureza estão: (i) são considerados pigmentos acessórios da fotossíntese em plantas, apresentando absorção máxima na faixa do ultravioleta e do azul; (ii) em tecidos animais, alguns deles são precursores da vitamina A; (iii) determinados carotenoides apresentam expressiva atividade antioxidante (YUAN *et al.*, 2015).

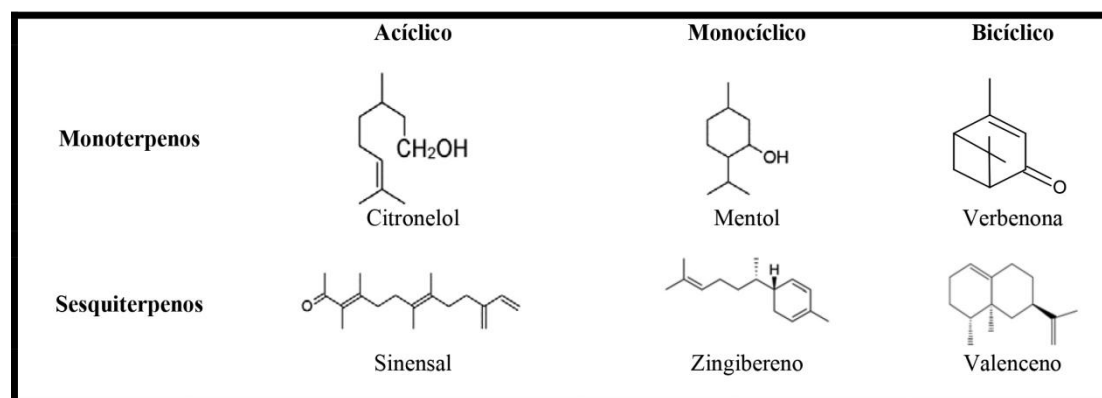
Outro ponto bastante interessante acerca da química dos terpenos e dos compostos de aroma centra-se na isomeria dessas moléculas, em que isômeros ópticos podem conferir nota aromática completamente diferente uma da outra, (SOUZA *et al.*, 2013).

Tabela 4: Classificação dos terpenos baseada na quantidade de unidades de isopreno.

Classificação	Bloco de isopreno	Quantidade de carbono	Exemplo
Hemiterpenos	1	5	Isopreno (monômero empregado na fabricação de borracha), prenol (odor frutado e utilizado na fabricação de perfumes) e ácido isovalérico (aroma característico de "queijo velho/chulé").
Monoterpenos	2	10	Limoneno (aroma característico de fruta cítrica) e α -terpineol (aroma característico floral/pinho).
Sesquiterpenos	3	15	Farneseno ("diesel da cana"), nootkatona (aroma característico de toranja) e bisabolol (essência de camomila).
Diterpenos	4	20	Esteviosídeo (produção de adoçante natural a base de stevia) e sclareol (proveniente da sálvia - <i>Salvia sclarea</i>).
Triterpenos	6	30	Esqualeno (encontrado no óleo de fígado de tubarão).
Tetraterpenos	8	40	Carotenoides como o β -caroteno (pigmento da cenoura) e a zeaxantina (pigmento predominante em vegetais amarelos).
Politerpenos	>8	>40	Látex (borracha natural)

Fonte: O. Felipe e L. Bicas (2017).

Figura 8: Exemplos de monoterpenos e sesquiterpenos: acíclico, monocíclico e bicíclico.



Fonte: O. Felipe e L. Bicas (2017).

2.16.17. Aromas

Os cinco sentidos humanos são tradicionalmente descritos pelo tato, visão, audição, paladar e olfato, sendo este último responsável pela identificação do odor e do aroma (BENSMAIA; MANFREDI, 2012; DALY *et al.*, 2012).

O odor é a resposta de compostos voláteis na via ortonasal após cheirar um alimento. Por outro lado, o aroma constitui-se como a percepção de voláteis na via retronasal a partir da cavidade bucal quando o alimento está no interior da boca (MOON *et al.*, 2014; SECUNDO *et al.*, 2014).

Assim, considerando que a percepção de sabor é a resposta integrada de substâncias voláteis aliadas às não voláteis, atribuídas ao gosto (amargo, ácido, doce, salgado, umami) e demais sensações (adstringência, pungência, refrescância), os compostos de aroma são determinantes para o estabelecimento de uma extensa quantidade de sabores de diferentes alimentos (MANLEY, 2011). Tal fato pode ser constatado pela virtual “ausência” de percepção de sabor na presença de congestão nasal, a qual prejudica a identificação do sabor dos alimentos (CARDELLO; WISE, 2008). Contudo, apesar da importância dos aromas nos atributos sensoriais de diferentes produtos, é importante destacar que esses compostos voláteis não conferem nenhuma função nutricional aos mesmos (BAINES, 2007).

Desse modo, os aromas são bastante complexos e constituem-se de uma família bastante extensa de voláteis. Apresentam como características gerais: (i) moléculas iguais ou menores a 300 Daltons; (ii) demonstram caráter hidrofóbico e baixa polaridade, (iii) além de serem capazes de ativar os receptores olfativos. Ao mesmo tempo, mostram-se potentes, apresentando um limiar de detecção sensorial (*threshold*) da ordem de ppm (mg L⁻¹ ou mg kg⁻¹), ppb (µg L⁻¹ ou µg kg⁻¹) e até ppt (ng L⁻¹ ou ng kg⁻¹) (JACKSON, 2002; SIEGMUND, 2015). Outro ponto também bastante interessante acerca do limiar de detecção está diretamente relacionado à matriz e a estrutura da molécula, de forma que mesmo isômeros podem apresentar diferenças (Tabela 5).

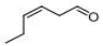
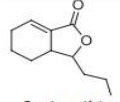
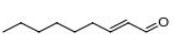
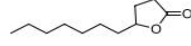
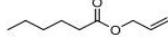
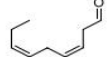
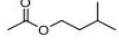
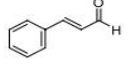
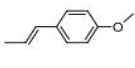
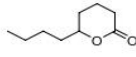
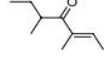
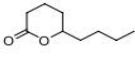
Tabela 5: Influência da matriz no *threshold* de alguns compostos de aroma.

Composto de aroma	Matriz	
	Água (ppm)	Cerveja (ppm)
<i>n</i> -butanol	0,5	200
3-metilbutanol	0,25	70
dimetilsulfeto	0,00033	0,05
(<i>E</i>)-2-nonenal	0,00008	0,00011

Fonte: Belitz *et al.*, (2009).

A complexidade dos compostos de aromas é reforçada pelo fato de que a concentração ou a combinação de compostos voláteis são capazes de produzir aromas característicos completamente diferentes. Assim, considerando que já foram descritos mais de 11.000 compostos voláteis em alimentos muitos deles importantes compostos de aroma - é possível perceber que a combinação de diferentes voláteis individuais pode conferir uma quantidade quase infinita de notas aromáticas (SIEGMUND, 2015). Café, vinho e cerveja são produtos que ilustram claramente a inesgotável possibilidade dessas combinações. Isso porque o aroma característico de cada um desses produtos está relacionado à interação simultânea de centenas de compostos voláteis já identificados para cada um desses produtos, o que caracteriza o aroma de tais produtos como “complexos”. Em contrapartida, alguns produtos apresentam uma única molécula, denominada “composto de impacto”, cujo aroma remete à identidade da matriz, conforme os exemplos apresentados na Tabela 6 (SUNARHARUM *et al.*, 2014).

Tabela 6: Compostos de impacto de alguns alimentos.

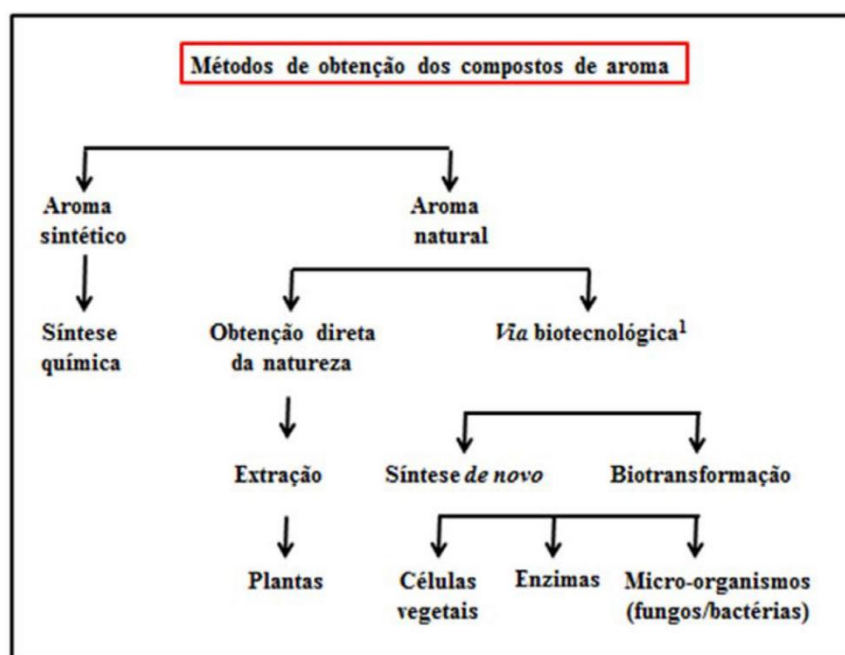
Vegetais				
				
dimetilsulfeto (repolho)	geosmina (beterraba)	(Z)-3-hexenal (tomate fresco)	Sedanolídeo (aipo)	(E)-2-nonenal (pepino)
Frutas				
				
γ -undelactona (pêssego)	alil caproato (abacaxi)	furaneol (morango)	(Z,Z)-3,6-nona- dienal (melan- cia)	iso-amil acetato (banana)
Ervas, especiarias e temperos				
				
safranal (açafrão)	carvacrol (orégano)	timol (tomilho)	trans- cinamal- deído (canela)	anetol (anis)
Oleaginosas				
				
benzaldeído (amêndoas)	γ -nonalactona (coco)	2,5-Dimetil-pirazina (amen- doim)	5-Metil-2-hep- ten-4-ona (avelã)	δ -decalactona (coco)

Fonte: McGorin (2002); adaptado por O. Felipe e L. Bicas (2017).

Métodos de obtenção de aromas

As vias de obtenção de aromas são basicamente três: (i) extração da natureza; (ii) síntese química ou (iii) via biotecnológica (Figura 2) (MOLINA *et al.*, 2015).

Figura 9: Métodos de obtenção dos compostos de aroma.

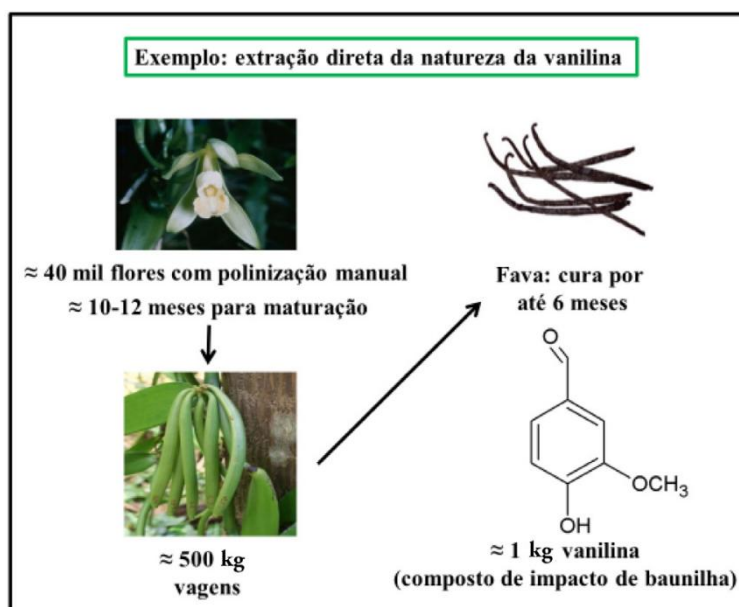


Fonte: O. Felipe e L. Bicas (2017).

A extração de compostos de aromas diretamente da natureza apresenta como características marcantes o baixo rendimento de produto, o alto custo, além de demonstrarem forte dependência de fatores sazonais, e climáticos. Além disso, em função da atividade de extração, pode implicar em problemas ecológicos (ZHOU *et al.*, 2014).

A extração da essência de baunilha, contendo vanilina como composto de impacto, ilustra bem esse cenário. Isso porque, para a produção de 1 kg de essência de baunilha, estima-se que sejam necessários cerca de 500 kg de favas da orquídea *Vanilla planifolia* (Figura 10) (GALLAGE; MØLLER, 2015).

Figura10: Método de obtenção da vanilina por extração direta da natureza.



Fonte: Gallage & Møller, 2015; Rao e Ra; vishankar, 2000;
adptado por O. Felipe e L. Bicas (2017).

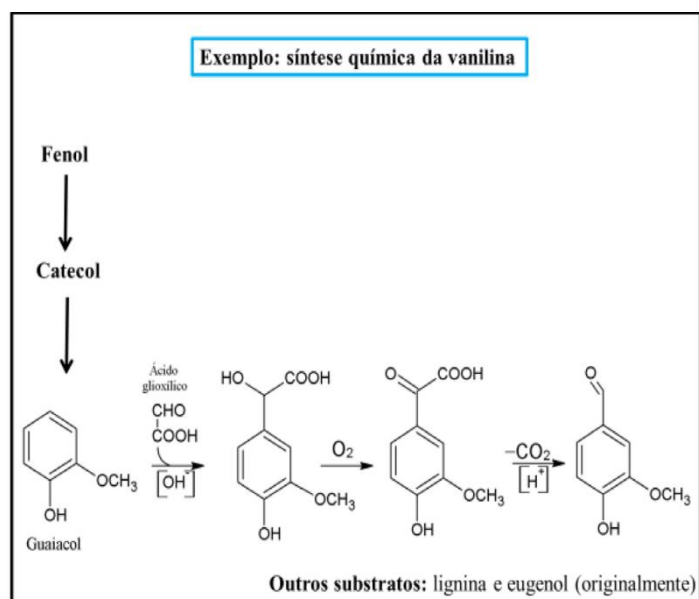
A rota de produção química para a vanilina, apesar de apresentar rendimento satisfatório, apresenta como desvantagem principal a reduzida regioseletividade, produzindo misturas racêmicas que alteram substancialmente a percepção do aroma desejado para determinado produto (Figura 11). Além disso, quando aromas sintéticos são utilizados, os mesmos só podem ser descritos como “aroma artificial” ou “aroma idêntico ao natural”, diminuindo o apelo mercadológico dos produtos aos quais eles são adicionados (AKACHA; GARGOURI, 2015).

Em se tratando da via biotecnológica, a obtenção de aroma é feita a partir da utilização de enzimas isoladas, culturas de células ou micro-organismos, que podem ser usados como culturas em crescimento, células imobilizadas, células em repouso (*resting cells*) ou em sistemas multifásicos (fase aquosa contendo biocatalisador e fase orgânica contendo substratos/produtos) (Figura 12). Os produtos obtidos por esse método podem ser rotulados como “naturais” e em geral apresentam maior pureza enantiomérica em função da capacidade enantiosseletiva apresentada por sistemas biológicos (WACHÉ; DIJON, 2013). Esta ferramenta também é considerada mais ambientalmente correta (FELIPE *et al.*, 2017).

Tais processos biotecnológicos podem ocorrer por dois modos distintos: (i) síntese *de novo* e (ii) biotransformação (MARRIOTT, 2012). A síntese *de novo*, termo originário do Latim, significa síntese “do zero”, “do início”. Essa rota de obtenção apresenta um produto final constituído comumente de vários compostos de aroma, obtidos por vias metabólicas complexas, a partir de meio de cultura simples e sem a adição especial de substratos ao meio. Entretanto, a produção biotecnológica de aromas por esse método costuma ser prejudicada em função da reduzida concentração de produto obtida ($< 100 \text{ mg L}^{-1}$), bem como pelas dificuldades enfrentadas no processo de purificação considerando a complexidade da amostra (GALLAGE; MØLLER, 2015).

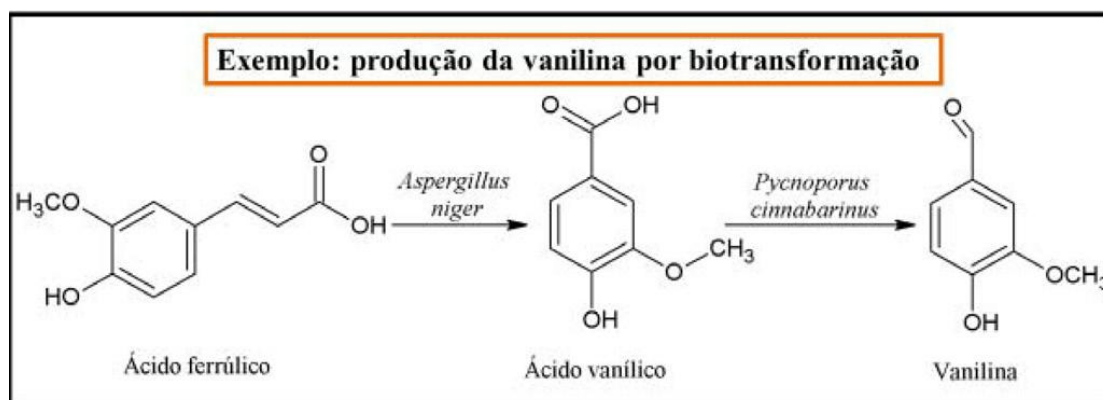
Por outro lado, os processos de biotransformação são caracterizados pela adição de precursores ou intermediários aos substratos de cultivos para a biossíntese de um determinado composto de aroma (HEGAZY *et al.*, 2015). Atualmente, em função das características desse processo anteriormente destacada, a biotransformação tem sido amplamente descrita na literatura científica como um método bastante versátil e promissor para a obtenção de inúmeros insumos de alto valor agregado, como compostos de aromas e fármacos (CAO *et al.*, 2015). No primeiro caso, a biotransformação de terpenos destaca-se como uma importante estratégia para a obtenção de aromas naturais (MOLINA *et al.*, 2013).

Figura 11: Rotas de obtenção da Vanilina: síntese química.



Fonte: Rao; Ravishankar (2000).

Figura 12: Rotas de obtenção da vanilina: biotransformação.



Fonte: Paterson (2010).

Contudo, a obtenção de bioaromas por via biotecnológica é diretamente afetada pela composição e a característica do meio de cultivo, a concentração do substrato e os parâmetros de processo (temperatura, agitação e aeração). Assim, apesar dos avanços recentes nesta área, alguns desafios ainda devem ser solucionados, principalmente no que diz respeito à biotransformação de terpenos, sendo os mais significativos: (i) acentuada volatilidade do substrato e do produto; (ii) importante grau de toxidez do micro-organismo pela adição de substratos precursores e (iii) inviabilização da produção em função do reduzido rendimento de produto. Dessa forma, estudos mais direcionados devem ser desenvolvidos de forma a tornar possível

a produção biotecnológica de terpenos em compostos voláteis de relevante interesse industrial (MOLINA *et al.*, 2013).

Considerados os desafios anteriormente mencionados, frente aos bioprocessos empregados na produção de bioaromas, a engenharia genética tem se mostrado uma ferramenta de inegável importância. De fato, apesar de ser um instrumento que requer inúmeros estudos experimentais e domínio para “engenheirar” o metabolismo de determinados micro-organismos de interesse, a manipulação genética tem contribuído de forma significativa nesse campo científico e, possivelmente, irá adquirir cada vez mais espaço em função das possibilidades abertas pela mesma (OTTE; HAUER, 2015).

Portanto, as rotas de produção de aromas por via biotecnológica abrem precedentes para inúmeros estudos científicos, apresentando assim, um cenário bastante otimista para a obtenção de patentes e novos processos tecnológicos (ELMAN; ZHANG, 2014).

2.16.18. Probióticos

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* e a *World Health Organization*, os probióticos são microrganismos que quando administrados em quantidades adequadas são capazes de proporcionar benefícios ao indivíduo, embora exista uma indicação de consumo de 10^6 a 10^8 de células viáveis, esta quantidade é dependente da cepa probiótica e do alimento o qual está sendo realizado a veiculação (FAO/WHO, 2001; KIM; KEOGH; CLIFTON, 2018).

São definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, afetam benéficamente a saúde do hospedeiro. O consumo de tais microrganismos está associado a efeitos benéficos tanto em seres humanos como em animais (HILL *et al.*, 2014).

Os benefícios para a saúde humana com o consumo dos alimentos contendo probióticos são amplos, incluindo a prevenção de condições tais como infecções e distúrbios gastrointestinais, processos alérgicos, carcinogênese e crescimento tumoral (MARTINEZ; BEDANI; SAAD, 2015). Estudos também apontaram efeitos dos probióticos sobre a prevenção de infecções urogenitais, respiratórias e da pele, bem como para o controle glicêmico e redução dos fatores de risco para a síndrome metabólica (BORDALO TONUCCI *et al.*, 2017a, b; BUSTAMANTE *et al.*, 2020; XAVIER-SANTOS *et al.*, 2020).

Os benefícios do consumo estão ligados a regulação de problemas gastrointestinais, tratamento e controle de doenças cardiovasculares, hepáticas e neurológicas, efeitos antitumorais, ação restauradora da microbiota intestinal, redução de efeitos provocados pela má digestão da lactose, entre outros, porém isto apenas é manifestado quando ocorre um contínuo consumo (DHILLON; SINGH; KAUR, 2020; QUIGLEY, 2019).

Os microrganismos probióticos disponíveis comercialmente são, na maioria, bactérias pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, sendo estes os mais frequentemente empregados para a produção de alimentos, os quais apresentam um amplo histórico de segurança de uso entre a população saudável (BURITI; SAAD, 2014; XAVIER-SANTOS *et al.*, 2020). A resistência às condições gástricas e entéricas e uma boa adesão à mucosa do intestino são importantes características para as bactérias probióticas, uma vez que a maioria dos seus efeitos benéficos ocorre no ambiente intestinal (SANTOS *et al.*, 2015).

A sobrevivência das bactérias probióticas no produto é fundamental, necessitando alcançar populações elevadas, em geral, a partir de quantidades superiores a 6 log unidades formadoras de colônias (UFC)/ ml ou g, para exercer efeitos benéficos no intestino, até 10⁸-10¹⁰ UFC/dia para obtenção de outros benefícios sistêmicos (PEREIRA *et al.*, 2019; XAVIER-SANTOS *et al.*, 2020). No entanto, além de ser um grande desafio para a indústria de alimentos garantir todas essas condições no produto probiótico, a dose suficiente de microrganismo para levar aos efeitos benéficos pode variar dependendo da cepa utilizada e do produto, não sendo possível estabelecer uma dose geral para todos os produtos (KOMATSU, BURITI; SAAD, 2008; MARTINEZ, BEDANI; SAAD, 2015; XAVIER-SANTOS *et al.*, 2020).

Devido a esses desafios, um dos principais objetivos da biotecnologia aplicada aos probióticos é melhorar as características tecnológicas desses microrganismos, como, por exemplo, melhorar a utilização dos nutrientes disponíveis no alimento, aprimorar a produção de metabólitos de interesse para as características do produto, aumentar a sobrevivência e viabilidade do probiótico no produto, entre outras características. Ao mesmo tempo, modificações nas características dos microrganismos para permitir uma melhor relação com o hospedeiro têm sido buscadas. Uma das estratégias para a obtenção de culturas probióticas geneticamente

modificadas é através da introdução de plasmídeos, de modo a permitir que tais microrganismos consigam permanecer por mais tempo no hospedeiro, adquiram novos fenótipos como, por exemplo, a melhor utilização de carboidratos para a sua multiplicação, assim como obter um melhor restabelecimento da sua função celular frente a condições ambientais adversas. Outro modo de obtenção de culturas de interesse para a indústria de alimentos e para a saúde humana é através da engenharia de cepas utilizando-se genes de outras espécies de bactérias lácticas, genes de outros grupos de bactérias, ou até mesmo o silenciamento de genes (CLAES *et al.*, 2010; DOUILLARD; VOS, 2019).

Outras técnicas de manipulação genética de microrganismos estão disponíveis para melhorar as características tecnológicas de um probiótico. Com o objetivo de melhorar o desempenho dos microrganismos probióticos durante o processamento dos alimentos, muitos pesquisadores têm se dedicado a compreender os mecanismos de resposta ao estresse em lactobacilos e em bifidobactérias. Esses mecanismos de resposta podem ser conseguidos por exposição dos microrganismos probióticos a condições subletais de estresse, tais como oxigênio, ácido ou calor, o que irá desencadear a resposta adaptativa de suas células ao estresse aplicado e aumentar a sobrevivência quando forem expostas novamente a outras condições letais encontradas no processamento industrial e/ou no trânsito gástrico. Sabe-se que estresses subletais induzem a expressão de vários genes que podem resultar em um nível considerável de proteção contra os estresses ambiental e gastrointestinal (TERPOU *et al.*, 2019).

De acordo com Stanton *et al.* (2005), a pré-adaptação de lactobacilos em condições adversas de sal e calor resultou no aumento da termotolerância e no aumento de sua sobrevivência durante a secagem por pulverização (*spray-drying*) em comparação a culturas não adaptadas.

Buriti *et al.* (2010), verificaram que o estresse provocado pelo armazenamento congelado de sobremesas aeradas aumentou a resistência do probiótico *Lactobacillus acidophilus* (cepa LA-5) às condições gastrintestinais simuladas *in vitro* (variações de pH na faixa de 1,4 a 7,5), além da presença de enzimas digestórias e bile em temperatura de 37 °C.

Outros dados semelhantes demonstram o elevado potencial para a indústria deste procedimento biotecnológico ao induzir maior resistência às condições de processamento em microrganismos probióticos, o que aumentará a sua sobrevivência

no alimento e as suas chances de colonizar o intestino (STANTON *et al.*, 2005; TERPOU *et al.*, 2019).

A aplicação e estudos dos probióticos deve considerar as especificidades da população, caso contrário poderá causar problemas no tratamento de alguma enfermidade ou até mesmo consequências à saúde dos indivíduos (BESSELINK *et al.*, 2008). Poucos estudos apontam os malefícios do consumo de probióticos, tais como, a transferência de genes com resistência a alguns antibióticos, endocardite e condições imunocomprometidas, como a bacteremia (LI *et al.*, 2020).

Entretanto, as pesquisas são ainda inconclusivas a respeito dos benefícios ou malefícios e isto também é variável da cepa probiótica, portanto, o consumo ainda é incentivado e para permitir que os microrganismos de ação probiótica estejam vivos e que suportem os processamentos na indústria de alimentos, armazenamento e as condições ácidas do trato gastrointestinal, a tecnologia de encapsulamento é uma estratégia promissora (KIM *et al.*, 2009).

2.16.19. Prebióticos

Diferentemente dos probióticos, que são microrganismos vivos ingeridos pelo consumidor, os prebióticos, são substratos seletivamente fermentados utilizados pelos microrganismos do hospedeiro conferindo um benefício à saúde. Os prebióticos desempenham funções fisiológicas comprovadas no organismo, como alteração benéfica da microbiota do intestino, melhoria das funções intestinais (regularidade, massa e consistência das fezes), prevenção da diarreia ou da constipação intestinal, aumento da absorção mineral, modulação da síntese de peptídios gastrintestinais relacionados ao metabolismo energético e saciedade, melhoria das funções intestinais de barreira, decréscimo da produção de metabólitos tóxicos no intestino, redução dos níveis de colesterol circulantes, redução do risco de doenças degenerativas (obesidade, diabetes tipo 2, câncer), entre outros (GIBSON *et al.*, 2017).

Grande parte dos dados da literatura científica sobre os efeitos dos prebióticos estão relacionados aos frutooligossacarídeos e inulina, membros do grupo dos frutanos, e aos galactooligossacarídeos, membro do grupo dos galactanos (VANDEPUTE *et al.*, 2017; BROSSEAU *et al.*, 2019). Frutanos são carboidratos de reserva de vegetais encontrados naturalmente em alimentos como cebola, alho, alho-poró e outros (SAAD *et al.*, 2011; BROSSEAU *et al.*, 2019). Já os galactooligossacarídeos (também denominados de trans-galactooligossacarídeos) são

produzidos a partir da lactose, assim como outra molécula que também apresenta efeitos benéficos semelhantes, a lactulose (BROSSEAU *et al.*, 2019; TERPOU *et al.*, 2019).

O estímulo da multiplicação dos microrganismos benéficos do intestino, especialmente bifidobactérias no cólon, tem sido observado com consumo diário a partir de 4 a 5 g até 20 g de prebióticos por um período de, pelo menos, duas semanas (KOLIDA; GIBSON, 2008; KOMATSU; MARTINEZ; BEDANI; SAAD, 2015; VANDEPUTTE *et al.*, 2017).

A inulina comercializada como ingrediente prebiótico pode ser extraída da raiz de vegetais como a chicória e a alcachofra-girassol (*Helianthus tuberosus*), enquanto que os frutooligossacarídeos são obtidos a partir da hidrólise controlada da inulina (utilizando endoinulinasas) ou sintetizados a partir da sacarose (utilizando enzimas que apresentam atividade fructosil-transferase, como as obtidas a partir de *Aspergillus niger* ou de *Aspergillus ficuum*) (FRANCK; BOSSCHER, 2009; SARUP SINGH; PAL SINGH; KENNEDY, 2016). No entanto, a síntese enzimática de frutooligossacarídeos ainda apresenta empecilhos industriais, como elevado custo e baixa disponibilidade no mercado de enzimas que apresentam um nível de atividade eficiente e necessária para a produção industrial de frutooligossacarídeos. Para suprir essa demanda, estudos com fructosil-transferases recombinantes têm sido realizados (SARUP SINGH; PAL SINGH e KENNEDY, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Para a produção de galactooligossacarídeos utilizam-se as enzimas β -D-galactosidases com atividade de transgalactosilação que hidrolisam a lactose em glicose e galactose e transferem a galactose liberada para o monômero galactosil de uma lactose intacta (BOTVYNKO *et al.*, 2019; VERA *et al.*, 2020). Enzimas β -D-galactosidases com atividade de transgalactosilação são distribuídas entre vários microrganismos, incluindo bactérias, arqueas, leveduras e bolores (MARTINS; BURKERT, 2009; PARK; OH, 2010).

Os microrganismos utilizados para a obtenção comercial de β -D-galactosidases são principalmente leveduras das espécies *Kluyveromyces lactis* e *Kluyveromyces marxianus*, bolores das espécies *Aspergillus niger* e *Aspergillus oryzae*, além de bactérias do gênero *Bacillus* sp (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A levedura *Kluyveromyces lactis* tem sido o microrganismo mais estudado para a produção desse tipo de enzima; entretanto, a enzima obtida a partir dessa espécie apresenta baixa atividade de transgalactosilação e estabilidade térmica

reduzida. Por outro lado, também tem sido estudada a produção de galactooligossacarídeos a partir de β -galactosidases recombinantes termoestáveis obtidas de microrganismos como *Geobacillus stearothermophilus*, *Pyrococcus furiosus*, *S. solfataricus*, *T. marítima* e *Thermus* sp., bem como de *Bifidobacterium longum* expressa em *E. coli*, também com considerável estabilidade térmica acima de 100° C (PARK; OH, 2010; OH *et al.*, 2017).

As enzimas recombinantes termoestáveis apresentam várias vantagens sobre as enzimas nativas, incluindo facilidade de purificação, produção em larga escala, melhoria em sua atividade, além de poderem ser usadas durante o processamento térmico dos produtos, como a pasteurização (PARK; OH, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Oligossacarídeos do leite humano (OGLHs) são conhecidos por contribuir para a saúde dos lactentes desempenhando importante papel na redução da susceptibilidade destas crianças a doenças, melhorando a função da barreira intestinal que regula as imunidades local e sistêmica (BYCH *et al.*, 2019). Vários OGLHs têm sido descritos como capazes de atuarem como prebióticos, dentre eles lacto-N-neotetraose, 2'-fucosilactose, 3-fucosilactose, promovendo o desenvolvimento da microbiota inicial que coloniza o intestino infantil, especialmente de bifidobactérias, aumentando a resistência a patógenos e modulando a resposta imune (YU *et al.*, 2018; HOLLANDS *et al.*, 2019; PITT *et al.*, 2019). A espécie *E. coli* é conhecida por apresentar a capacidade de produzir oligossacarídeos comuns no leite humano com atividade prebiótica usando lactose como substrato, por exemplo, para a aplicação em fórmulas infantis e outras aplicações nutricionais, a partir do silenciamento ou alteração do gene *lacZ*, o gene codificador para a enzima que hidrolisa a lactose, a β -galactosidase (BYCH *et al.*, 2019). Outros microrganismos geneticamente modificados têm sido estudados para a produção destes oligossacarídeos como, por exemplo, *S. cerevisiae*, *Yarrowia lipolytica* e *Corynebacterium glutamicum* (YU *et al.*, 2018; BYCH *et al.*, 2019; HOLLANDS *et al.*, 2019).

Sévenier *et al.* (1998), obtiveram uma variedade de beterraba geneticamente modificada que apresentou elevada produção de FOS (Frutooligossacarídeos) a partir da introdução do gene *I-SST* codificador da enzima 1-sacarose:sacarose fructosil transferase isolado da alcachofra-de-Jerusalém (*Helianthus tuberosus*). Segundos os autores, esta variedade de beterraba apresentou potencial como fonte alternativa de baixo custo para a obtenção de FOS quando comparada à produção industrial a partir

do uso da enzima de *A. niger* para a obtenção destes oligossacarídeos utilizando sacarose como substrato.

Weyens *et al.* (2004), também obtiveram sucesso na obtenção de uma variedade transgênica de beterraba produtora de FOS a partir da incorporação do gene *l-SST* obtido de cebola.

2.17. Métodos de Incorporação de Compostos Bioativos

A incorporação de compostos bioativos como os compostos fenólicos, pode ser feita por diferentes formas, como microcápsulas (ÇAM *et al.*, 2014), farinha (ÖZVURAL; VURAL, 2011), pó (TÖRRÖNENA *et al.*, 2012), extratos (SUN-WATERHOUSEA, 2013b) e óleos (KOPPEL, 2014).

2.17.1. Incorporação na Forma de Extratos

A grande dificuldade para obtenção de um extrato rico em compostos bioativos a partir de matérias de origem vegetal é definir um solvente de extração universal, pois o percentual de recuperação está associado principalmente com o tipo de solvente, a natureza do composto bioativo e os métodos de extração como o tempo e a temperatura. Dessa forma, utiliza-se água e solventes orgânicos (etanol, metanol, acetona e éter dietílico) (WIJEKOON *et al.*, 2011).

As técnicas de concentração de extrato de polifenóis na forma de óleos, ou soluções miscíveis em água estão sendo aplicados em produtos comerciais, por apresentar elevados teores de compostos bioativos. Além disso, os extratos de plantas podem ser à base de muitas aplicações, incluindo as preservações de alimentos frescos e processados, como por exemplo a inibição de processos oxidativos em carnes embaladas (TÖRRÖNEN *et al.*, 2012; ADÁMEZ *et al.*, 2016). Outro ganho positivo com o uso desses extratos naturais é a atividade antimicrobiana (ADÁMEZ *et al.*, 2012) devido à presença de terpenos, taninos, quinonas, ácidos fenólicos e polifenóis, que estão em alta quantidade (FLORES *et al.*, 2014). Um bom exemplo é o uso de extratos presente em casca de laranja investigado por GOZÁLES-GÓMES *et al.* (2014), no qual constataram a redução do escurecimento e da carga microbiana em sucos de maçã. Outros exemplos para o uso de extratos na forma de suco concentrado são encontrados na literatura. Sun-Waterhouse *et al.* (2013a), usaram o suco concentrado de sabugueiro para incorporação em massas, e nesse caso, o concentrado

foi comprado pronto. Belščak-Cvitanović *et al.* (2012) usaram extrato concentrado de framboesa vermelha (*Rubus idaeus* L) para incorporação no chocolate. Para a preparação do extrato, folhas de framboesa foram vertidas com água e postas a ferver durante 30 minutos. Os resultados foram positivos no aspecto nutricional, entretanto negativos sensorialmente. Outro exemplo de incorporação em forma de suco concentrado foi o enriquecimento de iogurte com suco de groselha (SUN-WATERHOUSE *et al.*, 2013b)

A bioatividade desses extratos de naturais pode ser aumentada quando são preparados em meios aquosos, em vez de utilizar solventes orgânicos (ÇAM, *et al.*, 2014). Entretanto devem ser considerados os compostos químicos presentes nos extratos resultantes, uma vez que eles são incorporados na matriz alimentícia podem provocar algumas alterações sensoriais perceptíveis, podendo representar uma dificuldade na qualidade do produto (KOPPEL, 2014). Por outro lado, o uso de revestimento polimérico pode minimizar tanto as alterações sensoriais como promover uma estabilidade ainda melhor para os compostos fenólicos presente nos extratos de plantas.

2.17.2. Incorporação em Forma de Pó e Farinhas

Na literatura, encontram-se incorporações de compostos bioativos em alimentos na forma de pó, obtida por diferentes operações unitárias, como liofilização, spray dryer e secagem associada a trituração. Sant'Anna *et al.* (2014) incorporaram bagaço de uva em pó em massas, e tiveram resultados positivos quanto à concentração de compostos fenólicos, mesmo após o cozimento, e a aceitação sensorial do mesmo. Nesse experimento, o pó de bagaço de uva foi obtido por operações sucessivas de secagem e trituração. A secagem, operação unitária muito usada na indústria de alimentos, foi feita em um secador convectivo, no qual o ar quente ou vapor tem contato direto com o produto provocando a evaporação convectiva da água. A Trituração por sua vez, foi feita com o auxílio de um liquidificador (AVERSA *et al.*, 2007).

Özvural e Vural (2011) também usaram a uva, dessa vez para incorporação em salsichas, entretanto, na forma de farinha da semente da fruta. Ainda utilizando subprodutos da uva como fonte de substâncias bioativas, Mildner-Szkudlarz *et al.* (2011), os incorporaram em forma de pó em pão de centeio. Entretanto, a operação unitária que permitiu a forma de pó foi a liofilização, mesma técnica empregada por

BelščakCvitanović *et al.* (2012) ao investigarem a incorporação de extrato de framboesas vermelhas em chocolates e Salgado *et al.* (2012), que enriqueceram suco de tomate e suco de laranja com morango com extrato liofilizado de casca de romã. A liofilização é uma técnica de secagem que proporciona ao produto seco maior qualidade quando se refere de propriedades sensoriais. Essa técnica é baseada no conceito de sublimação, no qual a água passa da fase sólida (congelada) diretamente à fase vapor. Para essa mudança de fase, é necessário que a câmara de secagem opere com pressões reduzidas (vácuo) (FISSORE; PISANO; BARRESI, 2014).

Ainda no contexto de sucos enriquecidos, Törrönen *et al.* (2012) usaram crowberry em pó para fortificação de suco de groselha, e conseguiram dobrar o teor de polifenóis na bebida. Nesse caso, o crowberry foi cedido pela empresa finlandesa Kiantama, que para obtenção de pó usa a técnica de spray dryer (Kiantama, 2014).

2.18. Incorporação de Compostos Bioativos

2.18.1. Pães Enriquecidos

Os bons hábitos alimentares se apresentam como forma preventiva a inúmeros problemas da saúde, evitando, significativamente, efeitos causados por doenças ou até impedindo a instalação de alguns distúrbios metabólicos. Para potencializar as matérias-primas, reconhecidamente saudáveis, é possível adicionar ingredientes que lhes confiram atributos adicionais do ponto de vista nutricional e sensorial, a fim de incentivar o consumo e agregar valor comercial aos produtos (BERNAUD; RODRIGUES, 2013).

Estratégias de mercado apontam para a relação custo-benefício dos gêneros alimentícios, sendo, portanto, extremamente necessário, a elaboração de produtos nutritivos, saudáveis, de custo acessível e bem aceito pela população. Nessa percepção a elaboração de pães, produto emblemático na história da civilização, que consigam agregar os benefícios animal e vegetal são de grande valia, uma vez que, culturalmente, trata-se de um produto consumido por diversos públicos (BITENCOURT *et al.*, 2014).

O pão é um dos alimentos mais acessíveis do mundo, sendo considerado a base da alimentação humana e uma importante fonte de carboidratos. Frequentemente,

consumido na forma de lanches ou acompanhando refeições, muito apreciado devido a sua aparência, aroma, sabor, preço e disponibilidade. O mercado panificador vem crescendo rapidamente, com a demanda de criação de novas plantas, maquinário, formulações e aditivos alimentícios seguros (BATTOCHIO *et al.*, 2006).

A água desempenha um importante papel na formulação dos pães, favorecendo a formação do glúten na massa e contribuindo para a elasticidade e consistência da massa, ela também influencia em sua reologia e temperatura (WANG; CHOI; KERR, 2004). A adição de sal nos produtos de panificação, resulta em uma estrutura do glúten mais rígida devido à formação de fibras curtas, tornando a massa mais compacta e mais fácil de trabalhar do que aquela obtida sem sal (GEWEHR, 2010). Já o fermento biológico tem função de promover a fermentação dos açúcares, produzindo gás carbônico, melhorando, assim o sabor, aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados (WANG; CHOI; KERR, 2004). O açúcar serve como alimento do fermento biológico, além de ter efeito sobre as características sensoriais como a cor e o aroma (GEWEHR, 2010).

Vasconcelos *et al.* (2008), utilizaram para o enriquecimento de pães, a soja. A soja possui compostos fenólicos que irão auxiliar na prevenção de doenças crônico-degenerativas. Segundo os autores, foram elaboradas quatro formulações de pão-de-forma com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de soja (5%, 10% e 15%) e adição de 6% de farelo de aveia, como fonte de fibra. Todas as amostras apresentaram boa aceitabilidade, embora o sabor e a aparência tenham diminuído com a maior concentração de farinha de soja.

Santos e Almeida (2020), enriqueceram pães com farinha de banana verde (*Musa ssp.*) da cultivar “maçã tropical”, com e sem casca. Foram preparadas cinco formulações utilizando farinha de banana verde com casca (0%, 10% e 15% FBC) e farinha de banana sem casca (10% e 15% FBS). Segundo os autores foi observado diferença estatística de pH entre as variações propostas, enquanto o índice de aceitação das formulações [FBS 10 (81,16%) e FBS 10 (74,67%)], foi para o pão enriquecido com 10% de ambas as farinhas.

Borges *et al.* (2011), desenvolveram pães enriquecidos com farinha mista de trigo e linhaça integral. A utilização de 10% e 15% de farinha de linhaça alterou a composição química dos pães, com destaque para o aumento nos teores de fibra alimentar e lipídios. Os pães apresentaram coloração mais escura, indicando enfraquecimento da estrutura proteica da massa, com prejuízo para a capacidade de

retenção de gases provenientes da fermentação. O teste sensorial realizado pelos autores, indicou boa aceitação para as formulações. Os avaliadores apresentaram atitude positiva quanto à intenção de compra, tanto para a formulação F10 quanto para a F15. Apesar de promover a diminuição da qualidade tecnológica dos pães, a incorporação de até 15% de farinha integral de linhaça, mostrou-se promissora para sua comercialização em razão da aceitação do produto.

Ferreira *et al.* (2020), enriqueceram pães de forma com farinha mista de semente de abóbora, casca de batata doce e talos de brócolis. Os autores avaliaram os parâmetros: proteínas, cinzas, umidade, fibras, antocianinas, flavonoides, solubilidade e índice de absorção de água. A farinha de semente de abóbora apresentou maior teor de proteínas, fibras e antocianinas, 39,36%, 24,5% e 13,89 mg/100g, respectivamente. As amostras dos pães não diferiram em proteínas, que variaram de 13,36 a 15,14%. Enquanto os lipídeos, cinzas e umidade, aumentaram com o aumento da farinha mista adicionada. A adição da farinha mista prejudicou algumas características do pão quando comparado com a amostra controle, porém aumentou o teor de fibras e cinzas, além de reter mais água no pão.

Utilização da Farinha de Abóbora na Panificação

Da abóbora constituída, basicamente por casca, polpa e sementes, geralmente, apenas a polpa é consumida na alimentação humana, tendo suas sementes, descartadas pelos consumidores e pelas indústrias processadoras, que a consideram um resíduo agroindustrial. Tal hábito despreza uma fonte de zinco com ação antioxidante que pode ser transformada em farinhas e utilizada em diversas receitas, ou, adicionada a aperitivos, bebidas e sobremesas (BITENCOUR *et al.*, 2014).

O valor nutricional das sementes de abóbora vai além do teor de zinco, elas apresentam o dobro do teor de lipídeos quando comparada a sua polpa. Os ácidos graxos predominantes no óleo da semente de abóbora são o ácido linoleico (47,7%), oleico (30,0%), palmítico (11,54%) e esteárico (9,49%). Quanto aos carboidratos, a semente também contém valores maiores quando comparado a polpa, tornando-a um carboidrato complexo, com baixo índice glicêmico (VALE *et al.*, 2019). As sementes possuem ainda, fitoesteróis que são responsáveis pela redução do colesterol, fortalecendo o sistema imunológico e prevenindo certos tipos de câncer (VERONEZI, 2012).

Os fitoesteróis são isoprenóides da família dos triterpenos localizados na membrana plasmática das plantas, no qual o sitosterol, estigmasterol e campesterol são os mais abundantes. O benefício mais conhecido dos fitoesteróis é a sua ação hipocolesterolêmica, por interagir com proteínas atuantes no metabolismo do colesterol. Além disso, também possuem ação anti-inflamatória, anticarcinogênica e atividade antioxidante (CHOUDHARY; TRAN, 2011).

Para a elaboração da farinha de abóbora, as sementes passam por um processo térmico e de trituração, preservando suas fibras, em especial a parte insolúvel, e conservando grande parte de seus constituintes. Após esse processo, são utilizadas na elaboração de preparações culinárias e na formulação de produtos como biscoitos, bolos, sorvetes e pães. Agindo como coadjuvante na diminuição de triacilgliceróis e colesterol sanguíneos e redução da glicemia (CERQUEIRA *et al.*, 2008).

Bergonsi *et al.* (2015), utilizaram a farinha de semente de abóbora (FSA), juntamente com a farinha de trigo na elaboração de biscoitos. Foram elaboradas cinco formulações com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de FSA. Nas análises, foram encontradas em cada 100 g de FSA, quantidades relevantes de cálcio, fibras e ácidos graxos poli-insaturados e monoinsaturados. Os autores concluíram que quanto maior o percentual de FSA adicionado ao biscoito, maior é a concentração de sais minerais, fibra alimentar, proteínas e lipídios presentes no alimento.

Alves *et al.* (2012), avaliaram o efeito da adição de diferentes proporções de farinha de semente de abóbora kabutiá (FSA) em substituição parcial à farinha de trigo nas propriedades químicas e sensoriais de pães formulados com polpa de abóbora cozida. Os autores analisaram quatro formulações distintas, uma formulação padrão, contendo somente polpa da abóbora, e as demais com 5%, 10% 15% contendo FSA. Os resultados indicaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as formulações em relação à umidade, lipídeos, carboidratos e valor energético, enquanto a proteína e cinzas não diferiram entre os tratamentos. Com o aumento das proporções de FSA, observou-se aumento no teor de umidade e redução do valor energético e conteúdo de carboidratos.

Para Bitencourt *et al.* (2014), o uso da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita spp.*) em substituição parcial à farinha de trigo melhora a qualidade nutricional de bolos evidenciada pelo aumento nos teores de fibras, proteínas, minerais, lipídeos e tocoferóis, com boa aceitabilidade por parte dos consumidores. As sementes de abóbora se apresentam promissoras, também, na elaboração de pães,

além de possibilitar o reaproveitamento deste subproduto agroindustrial (FERREIRA *et al.*, 2020).

Utilização da Farinha de Chia na Panificação

A semente de chia é uma boa fonte de proteína quando comparada ao milho, trigo, arroz, aveia, cevada e o amaranto (IXITAINA; NOLASCO; TOMAS, 2008). Apresenta, em sua composição, lipídeos, proteínas, fibras e também vitaminas, minerais e aminoácidos indispensáveis para a saúde humana, além de compostos antioxidantes (BRITO *et al.*, 2019).

Segundo Eiki *et al.* (2015), na composição química da chia é possível constatar em torno de 32-39% de óleo, sendo que, aproximadamente 60% deste óleo é composto pelo ácido alfa-linolênico (ômega-3).

Na indústria de alimentos, a chia pode ser utilizada em forma de farinha, gel ou hidrolisado proteico, conferindo-lhe propriedades gelificante e emulsificante (GIARETTA; LIMA; CARPES, 2018). A farinha residual do processo de extração do óleo de chia serve como fonte de fibra alimentar para a fabricação de produtos como pães e biscoitos com elevada atividade antioxidante, que está associada aos compostos polifenólicos e a presença de tocoferóis (CAPITANI *et al.*, 2012).

A semente de chia é uma importante aliada ao trânsito intestinal, pois possui uma quantidade significativa de fibras, que aumentam o bolo fecal facilitando a evacuação, prevenindo a obesidade, câncer de cólon de intestino, colesterol e diabetes (BRITO, 2019). Ela também desempenha um papel, potencialmente benéfico na redução do risco de doenças crônicas degenerativas. A elaboração de produtos com adição de farinha de chia pode ser uma alternativa viável para reduzir o teor de gordura animal, enriquecer com lipídeos poli-insaturados, aumentar os teores de fibras, desenvolver formulações com maior valor nutricional e propriedades funcionais (MOUREIRA *et al.*, 2020).

Puig e Haros (2011), desenvolveram um produto de panificação mediante substituição da farinha de trigo por 5% de sementes de chia e 5% de farinha integral de chia e concluíram que as sementes de chia ou sua farinha podem ser utilizadas como ingrediente na elaboração de produtos panificados para incrementar valor nutricional e qualidade ao produto. O pão adicionado de semente de chia foi o mais aceito pelos consumidores quando comparado ao pão adicionado de farinha de chia.

Goyat *et al.* (2018), utilizaram as farinhas de sementes de chia e quinoa para substituir a farinha de trigo refinada em massas de biscoitos com níveis de substituição de 5%, 10% e 15%. Foram observadas diferenças significativas nas propriedades físicas, físico-químicas e nutricionais. Alterações como o diâmetro e proporção de espalhamento diminuíram devido ao aumento do teor de fibra e proteína causando a granulação da farinha, isso também aumentou a dureza do biscoito. Os cookies desenvolvidos se apresentaram ricos em compostos fenólicos, flavonoides e antioxidantes, além de uma boa aceitabilidade quando avaliados os atributos sensoriais.

Paiva *et al.* (2017), desenvolveram barras de chocolate amargo e meio amargo enriquecidas de sementes de chia, sob diferentes concentrações. Em ambas as barras, observaram que o teor de umidade, resíduo mineral fixo e proteína eram maiores nas barras contendo 35% de sementes de chia. Para os carboidratos, o menor teor avaliado foi nas barras contendo 35% de chia. Lipídios apresentaram menor teor nas barras contendo 15% de sementes.

Utilização de Proteína de Pescado na Panificação

O pescado é um alimento que se destaca nutricionalmente quanto à quantidade e qualidade de suas proteínas e, principalmente, pelo elevado teor de vitaminas lipossolúveis A e D e por ser fonte de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) como ômega-3. Porém, apesar de todos os benefícios que o peixe pode trazer a saúde, seu custo ainda é bastante elevado, tornando inviável seu consumo por pessoas que detêm baixo poder financeiro (ANJOS; TOMITA, 2016).

Em relação aos resíduos do processamento do pescado, estes podem ser classificados em dois grupos: o primeiro destinado a produção vegetal/animal, o qual se utiliza resíduos não adequados para o consumo humano; e o segundo, destinado a alimentação humana, tendo como principal resíduo, a carcaça com carne aderida após a retirada do filé (PINTO *et al.*, 2017).

A Carne Mecanicamente Separada (CMS) de pescado, é o produto obtido a partir de uma única espécie, ou mistura de espécies de peixes com características sensoriais similares, por meio do processo de separação mecânica da parte comestível, gerando partículas de músculo isenta de ossos, vísceras, escamas e pele (FAO, 1994). A polpa da tilápia é um dos coprodutos do beneficiamento, sendo obtida da moagem das aparas dorsal e ventral, retiradas ao final da filetagem, podendo ser utilizada como

matéria-prima para a elaboração de outros produtos alimentícios como nuggets, empanados, almôndegas, hambúrgueres e patês (BRAGA *et al.*, 2008).

As propriedades do pescado permanecem na CMS, podendo ser utilizada para a produção de diversos produtos com alto valor agregado, com fácil digestão e concentração proteica, fonte de ácidos graxos essenciais, minerais, vitaminas A, D e do complexo B, propor a otimização dos benefícios nutricionais da CMS de espécies consideradas de excelente qualidade, com a inclusão de outras espécies de peixes, adequando suas características sensoriais de acordo com a aceitação do público-alvo. A inclusão da sardinha, salmão e merluza, por exemplo, aumentam o teor de ácidos graxos da série ômega-3 e melhora a composição química do produto, diminuindo a sua umidade e concentrando os nutrientes, sem que ocorra contaminação microbiológica e nem rejeição sensorial do mercado consumidor (CORADIN *et al.*, 2019).

O consumo de ácidos graxos ômega-3 tem como benefícios para a saúde humana, promover a diminuição dos riscos das doenças do coração e acidente vascular cerebral, redução da pressão arterial, diminuição das taxas de triglicérides, redução do LDL (low density lipoprotein) e do colesterol total no sangue (BOSCOLO; HAYASHI; MEURER, 2009).

Cercel, Burluc e Alexe (2016), estudaram o potencial da suplementação de um concentrado proteico de peixe na farinha de trigo para formular pães em comparação ao uso do concentrado proteico de peixe liofilizado, avaliando, posteriormente, as propriedades da farinha e as características dos pães. Os autores relataram que nas duas substituições houve melhoria no valor nutricional dos pães, concluindo que esses produtos obtiveram um volume específico aceitável, boa textura e porosidade, sendo bem aceitos pelos consumidores.

Dalton *et al.* (2009), avaliaram o efeito do consumo de uma pasta de pão contendo farinha de peixe marinhos. Os autores conduziram o experimento randomizado em uma escola com crianças em idades de 7 a 9 anos, avaliando o consumo ao potencial cognitivo das crianças e concluíram que a incorporação da farinha de peixe rica em ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa n-3 na matriz alimentar apresentou efeito benéfico no aprendizado e na memória das crianças. Os autores inferiram ainda que esse efeito pode ser cumulativo e, ao longo do tempo pode melhorar, ainda mais, a capacidade de aprendizado infantil.

Kawakami, Sato e Yoshida (2008), relatam que a modificação genética de arroz objetivando a síntese de frutanos nos grãos ainda aumentou a capacidade de resistência ao frio destas novas variedades.

2.18.2. Incorporação de Diferentes Compostos Bioativos em Alimentos

Santos (2018), incorporou farinha de araçá-amarelo em biscoito tipo cookies com 10, 12,5 e 15% de substituição a farinhas convencionais respectivamente. Verificou-se que, com o aumento da porcentagem de substituição, há incremento na quantidade dos compostos fenólicos, comprovando que deste modo os componentes presentes nas frutas in natura são transferidos para as farinhas e estes são mantidos, mesmo com o processo de cocção. A atividade antioxidante presente nos biscoitos foram maiores nos biscoitos com maior porcentagem de substituição (15%). A farinha de araçá-amarelo pode ser aproveitada para a produção de biscoitos, uma vez que melhora a qualidade nutricional dos produtos obtidos. Esta farinha pode ser uma alternativa eficiente e de baixo custo para o enriquecimento de produtos alimentícios. Através do processamento da fruta, com a obtenção de farinhas e elaboração de biscoitos, pode-se reduzir o desperdício desta fruta.

Silva (2016) elaborou biscoito enriquecido com farinha de caroço de manga, foram elaboradas três formulações de biscoitos, sendo elaborado um biscoito controle contendo 100% de farinha de arroz (FA), uma formulação substituindo 50% da FA por farinha de caroço de manga, e a última formulação substituindo 75% da FA pela farinha de caroço de manga. A adição da farinha do caroço da manga promoveu um aumento na concentração de fenólicos totais e um aumento médio 91,3% de fenólico, quando comparado ao biscoito controle, independentemente do tipo de solvente e do percentual de substituição de farinha, e a capacidade antioxidante do produto aumentou devido a adição da farinha de caroço de manga na formulação. Sendo assim, a incorporação da farinha integral produzida a partir do caroço de manga em um produto alimentício pode promover um incremento funcional devido a presença de compostos bioativos, contribuindo para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, para a diminuição da geração de resíduos, além de agregar valor comercial ao resíduo.

Ueda (2020), destaca no seu estudo a incorporação de extratos de alecrim, manjerição e sálvia em iogurte, avaliando a vida de prateleira em dias (0, 7 e 14 dias).

O alecrim e a sálvia demonstraram comportamentos equivalentes na atividade antimicrobiana, com concentração inibitória de 1 mg/mL e concentração bactericida de 2 mg/mL para todas as bactérias testadas no estudo. O manjeriço apresentou uma concentração inibitória e bactericida maior 2 mg/mL e 4 mg/mL respectivamente) para todas as bactérias, com exceção do *Bacillus cereus*, que apresentou concentração inibitória e bactericida equivalente ao alecrim e à sálvia. Quanto às propriedades bioativas, o alecrim apresentou a melhor capacidade antioxidante, seguido da sálvia e do manjeriço, assim como para a atividade antimicrobiana. Os extratos foram capazes de apresentar boa capacidade antioxidante, além de não afetar as características físico-químicas e nutricionais do alimento, nem o normal crescimento e multiplicação das bactérias lácticas.

Rosa *et al.* (2017) estudou a incorporação de extrato crioconcentrado de erva-mate em amido de milho, sendo as amostras (N) – Amostra de amido nativo de milho; (AEI) Amostra de amido com extrato de erva mate inicial incorporado; (AC) Amostra de amido com extrato de erva mate crioconcentrado incorporado. O amido nativo (N) teve uma variação entre 338 e 600 °C (pico em 548 °C) e o (AC) apresentou variação de 331 a 433 °C (pico em 352 °C), deste modo a incorporação de extratos de erva mate em amido de milho diminui a temperatura de decomposição térmica.

Luz *et al.* (2015) estudou a adição do subproduto do processamento do suco de mirtilo à barra de cereal, foi possível incorporar ao produto aproximadamente 27,31 mg de cianidina 3-glicosídeo.100g⁻¹ de antocianinas totais, 148,11 mg EAG.100g⁻¹ de fenóis totais. Isso significa que a utilização de 19% do subproduto na barra resulta na incorporação de cerca de 27,94% do teor total de antocianinas e 37,9% do teor total dos compostos fenólicos presentes no subproduto. Em relação à atividade antioxidante, a barra de cereal mostrou uma inibição de 50% do radical de DPPH com uma concentração de 0,037 mg. mL⁻¹ de amostra.

3. METODOLOGIA

O estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura (CUNHA; CUNHA; ALVES, 2014), que se baseia na pesquisa bibliográfica que é um método que proporciona a síntese de conhecimentos e a incorporação da aplicabilidade de resultados e estudos significativos na prática. As etapas seguidas para a elaboração da revisão integrativa foram as seguintes: inicialmente construiu-se a hipótese e o objetivo do estudo, em seguida selecionou-se a amostra por meio dos critérios de inclusão bem como: artigos científicos que não tenha como metodologia de estudo revisão da literatura sem limitação de idioma, que estejam disponíveis eletronicamente na íntegra.

A busca, com restrição de datas entre 2016 e 2021, baseada em estudos publicados em periódicos indexados, foi realizada nas bases de dados PubMed, Scielo, Science direct, Periódicos CAPES e Scholar Google. A estratégia de busca foi combinada e adaptada para cada base de dados usando os operadores booleanos (AND ou OR). Ao término da busca dos artigos, considerando os critérios de inclusão, os artigos foram armazenados em computador, e posteriormente realizou-se uma pré-seleção mediante a leitura dos resumos. Nessa etapa verificou-se a semelhança entre os conteúdos, títulos, resumos e se os mesmos atendem ao objetivo geral do estudo. Na etapa de seleção os artigos foram lidos na íntegra com atenção especial para os resultados e conclusão dos estudos. Os estudos que por sua vez não exibiram qualquer relação com os compostos bioativos foram excluídas.

Os descritores utilizados foram: *incorporation bioactives, phenolic compounds, bioactive compounds, phenolic acids, flavonoids, lignans, active agents, functional foods, bioavailability, bioaccessibility, bioactivity, Development of new products, bioactive encapsulation, food waste, phytosterol, polyphenols, probiotics, prebiotic, food supplement, terpenes.*

Mediante os critérios estabelecidos para as buscas foram identificados 356 artigos nas bases de dados selecionadas. De acordo com as análises dos títulos e resumos um total de 257 artigos foram excluídos por diversos motivos dentre eles: assuntos não condizentes com o abordado, foco de pesquisa divergente. Ao final foram selecionados 99 artigos foram considerados potencialmente relevantes para apreciação do texto integral que participaram da revisão sobre o assunto.

4. CONCLUSÃO

Estamos cercados de desperdícios, seja em casa, na feira livre, no supermercado, o reaproveitamento de parte de frutas, legumes, hortaliças não é tão explorado industrialmente, algumas empresas alimentícias possuem programas de reaproveitamento de resíduos, mas não utilizam essa matéria-prima em potencial para extrair seus compostos bioativos para incorporar em possíveis novos produtos, ou mesmo enriquecer os produtos já existentes. São poucos os estudos visando a incorporação dos compostos bioativos em matrizes alimentícias, com objetivos de desenvolver novos produtos que possibilite promover saúde ao consumir. A legislação com referência a incorporação de compostos de interesse para a indústria alimentícia é frágil, e sem especificações importantes para legitimar o uso seguro dos bioativos, a falta de diretrizes específicas sobre tal deixa lacunas perigosas, é importante mais estudos sobre as correlações entre os compostos bioativos inserido em formulações de diferentes produtos, e a própria matriz alimentícia, com sua infinidade de ingredientes. As alterações químicas indesejadas podem ocorrer caso não leve em consideração essa relação próxima, dos compostos bioativos e as formulações dos produtos. Os estudos nessa área são de extrema importância para alavancar os conhecimentos sobre como proceder na incorporação de diferentes bioativos, e sofisticar os métodos de extração dos compostos bioativos, os tornando mais baratos, e mais acessíveis para pequenas e grandes indústrias. O futuro da alimentação sustentável, reaproveitável, com menos desperdícios é a incorporação de bioativos com seus vários benefícios a saúde nos alimentos.

A população está cada vez mais consciente do que consumir, observam mais os rótulos, até pouco tempo atrás passava despercebido, a adequação do mercado a essas novas tendências é emergente, as indústrias sentem cada vez mais a necessidade de se aliar as universidades, afim de desenvolverem novas tecnologias, métodos e produtos. A incorporação de diferentes compostos bioativos no Brasil ainda é tímida, esse nicho de mercado não é tão difundido em sua totalidade, deixando aberto muitas possibilidades.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁMEZ, D., J. E. SAMINO. G., E. VALDES SANCHEZ AND D. GONZALEZ-GOMEZ. **In vitro estimation of the antibacterial activity and antioxidant capacity of aqueous extracts from grapeseeds (*Vitis vinifera* L.)**. Food Control. 24: 136-141, 2012.

ADÁMEZ, D., J. E. BOTE, V. PARRA-TESTAL, M.J. MARTÍN, R. RAMÍREZ. **Effect of the olive leaf extracts in vitro and in active packaging of sliced Iberian Pork Loin**. Packag. Technol. Sci. 29: 649-660, 2016.

ANJOS, N. F.; TOMITA, R. Y. **Estudo do valor nutricional do pescado visando agregação de valor e estímulo ao seu consumo**. In: VII Simpósio de Controle de Qualidade do Pescado, 7, 2016, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: SP, 2016.

ALVES, A. S. I.; CAMARGO, E. R. I.; CORREIA M. B. F; DAMIANI, C. I. V. **Pães elaborados com polpa e farinhas de sementes de abóbora kabutiá (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*)**. Revista SPCNA, v. 18, n. 3, p. 71, 2012.

ABDELHAMID AS, et al. **Omega-3 fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease**. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2018; 7: 1-538.

AKACHA, N. B.; GARGOURI, M. **Microbial and enzymatic technologies used for the production of natural aroma compounds: Synthesis, recovery modeling, and bioprocesses**. *Food and Bioprocesses Processing*, v. 94, p. 675–706, 2015.

AMBRÓSIO, R.; JR., N. B. S. **ÔMEGA-3 E RIBOFLAVINA : A oportunidade nutricional que o cirurgião refrativo deve saber**. Oftalmologia em Foco, p. 43–44, 2020.

ANANGA, A.; GEORGIEV, V.; OCHIENG, J.; PHILLS, B.; TSOLOVA, V. **Production of Anthocyanins in Grape Cell Cultures: A Potencial Source of Raw Material for Pharmaceutical, Food, and Cosmetical Industries**. In: POLJUHA, D.; SLADONJA, B. The Mediterranean Genetic Code – Grapevine and olive. Tallahassee, FL: InTech, 2013. cap. 11. Disponível em: <<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/44143.pdf>>. DOI: 10.5772/54592

ARIMBOOR, R. et al. **Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability - a review**. Journal of Food Science and Technology, v. 52, n. 3, p. 1258–1271, 2015. doi: 10.1007/s13197-014-1260-7

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 7. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2019. 666 p.

ALU'DATT, M. H. et al. **A review of phenolic compounds in oil-bearing plants: Distribution, identification and occurrence of phenolic compounds.** *Food Chemistry*, v. 218, p. 99–106, mar, 2017. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.09.057.

ALMINGER, M., AURA, A. M., BOHN, T., DUFOUR, C., EL, S. N., GOMES, A., ... SANTOS, C. N. ***In vitro* models for studying secondary plant metabolite digestion and bioaccessibility.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 413–436, 2014. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12081>

ALAGHA, M. S., SZENTANNAL, P. **Analytical review of fluid-dynamic and thermal modeling aspects of fluidized beds for energy conversion devices.** *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 147, 118907, 2020.

ALEHOSSEINI, E., JAFARI, S. M. **Micro/nano-encapsulated phase change materials (PCMs) as emerging materials for the food industry.** *Trends in Food Science and Technology*, 91, 116-128, 2019.

AYALA-ZAVALA, J.F.; VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; PALAFOX-CARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J.A.; SIDDIQUI, M.W.; DÁVILA-AVIÑA, J.E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. **Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives.** *Food Res. Int.* 44, 1866–1874, 2011.

AZEVEDO, S. C. M.; VIEIRA, L. M.; MATSUURA, T.; SILVA, G. F.; DUVOISIN JUNIOR, S.; ALBUQUERQUE, P. M. **Study of the conservation of the nutritional properties of in natura Tucumã pulp (*Astrocaryum aculeatum*) using vacuum packaging.** *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 20, e2016107, 2017.

ANTUNES, B. F.; PEREIRA, J. R.; BOHMER, B. W.; JANSEN, C.; OTERO, D. M.; ZAMBIAZI, R. C. **Determinação de Vitamina C e Atividade Antioxidante de Frutas Nativas do Brasil.** *Revista da Jornada da Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega, Urcamp*, 2017.

AVERSA, M., CURCIO, S., CALABRO, V., et al. **An analysis of the transport phenomena occurring during food drying process.** *Journal of Food Engineering*, v. 78, n.3, p. 922-932, 2007.

AZILA M.N., OTHMAN N., ABDULLAH, Y., SALLEH H., MOHD N., SITI N., MUHAMMAD A. **FUNCTIONAL FOOD PRODUCT CONSUMPTION AMONG MALAYSIAN CONSUMERS: THE RELATIONSHIP BETWEEN INTENTION AND ACTUAL BEHAVIOUR**, 2014.

AL-MUAMMAR MN, KHAN F. **Obesity: The preventive role of the pomegranate (*Punica granatum*).** *Nutrition*. 2012 Jun; 28(6):595-604. doi:10.1016/j.nut.2011.11.013.

AMMAR AE, ESMAT A, HASSONA MDH, TADROS MG, ABDEL-NAIM AB, GUNS EST. **The effect of pomegranate fruit extract on testosterone-induced BPH in rats.** *Prostate*. 2015 May; 75(7):679-692. doi:10.1002/pros.22951.

ANNUNZIATA, A.; VECCHIO, R. **Consumer perception of functional foods: A conjoint analysis with probiotics.** *Food Quality and Preference*, v. 28, n.1, p. 348-355, 2013.

ACEVEDO-FANI, A.; DAVE, A.; SINGH, H. **Nature-Assembled Structures for Delivery of Bioactive Compounds and Their Potential in Functional Foods.** *Frontiers in Chemistry*, v. 8, n. September, p. 1–22, 2020.

AIZPURUA-OLAIZOLA, O., NAVARRO, P., VALLEJO, A., OLIVARES, M., ETXEBARRIA, N., USOBIAGA, A. **Microencapsulation and storage stability of polyphenols from Vitis vinifera grape wastes.** *Food Chem.* 190, 614–621, 2016, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.05.117.

BLEIL, S. I. **O padrão Alimentar Ocidental: considerações sobre a mudança de hábitos no Brasil.** *Revista Cadernos de Debate*, v. VI, p. 1-25, 1998.

BIESALSKI, H.-K., DRAGSTED, L. O., ELMADFA, I., GROSSKLAUS, R., MÜLLER, M., SCHRENK, D., et al. **Bioactive compounds: definition and assessment of activity.** *Nutrition* 25, 1202–1205. doi: 10.1016/j.nut.2009.04.023, 2009.

BARBOSA, L.; MADI, L.; TOLEDO, M. A.; REGO, R. A. **Tendências da Alimentação. Brasil Food Trends 2020.** Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 2010.

BENELLI, L., OLIVEIRA, W. P. **Fluidized bed coating of inert cores with a lipid-based system loaded with a polyphenol-rich Rosmarinus officinalis extract.** *Food and Bioproducts Processing*, 114, 216-226, 2019.

BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A.; KOMES, D.; BENKOVIĆ, M.; KARLOVIĆ, S.; HEČIMOVIĆ, I.; JEŽEK, D.; BAUMAN, I. **Innovative formulations of chocolates enriched with plant polyphenols from *Rubus idaeus* L. leaves and characterization of their physical, bioactive and sensory properties.** *Food Research International*, v. 48, p. 820- 830, 2012.

BARTKIENE, E., ZAVISTANAVICIUTE, P., LELE, V., RUZAUSKAS, M., BARTKEVICS, V., BERNATONIENE, J., GALLO, P., TENORE, G. C., SANTINI, A. **Lactobacillus plantarum LUHS135 and paracasei LUHS244 as functional starter cultures for the food fermentation industry: Characterisation, mycotoxin-reducing properties, optimisation of biomass growth and sustainable encapsulation by using dairy by-product.** *Lwt*, 93(March), 649-658, 2018.

BILAL, M., IQBAL, H. M. N. **Sustainable bioconversion of food waste into high-value products by immobilized enzymes to meet bio-economy challenges and opportunities – A review.** *Food Research International*, 123(April), 226-240, 2019.

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

BETORET, E.; SENTANDREU, E.; BETORET, N.; CODOÑER-FRANCH, P.; VALLS-BELLÉS, V.; FITO, P. **Technological development and functional properties of an apple snack rich in flavonoid from mandarin juice.** *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 16, p. 298-304, 2012.

BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A.; KOMES, D.; BENKOVIĆ, M.; KARLOVIĆ, S.; HEČIMOVIĆ, I.; JEŽEK, D.; BAUMAN, I. **Innovative formulations of chocolates enriched with plant polyphenols from *Rubus idaeus* L. leaves and characterization of their physical, bioactive and sensory properties.** *Food Research International*, v. 48, p. 820- 830, 2012.

BROWN, L.; CALIGIURI, S. P. B; BROWN, D.; PIERCE, G. N. **Clinical trials using functional foods provide unique challenges.** *Journal of Functional Foods*, v. 45, p. 233-238, 2018.

BOZZETTO L, COSTABILE G, DELLA PEPA G, CICIOLA P, VETRANI C, VITALE M, ET AL. **Dietary Fibre as a Unifying Remedy for the Whole Spectrum of ObesityAssociated Cardiovascular Risk.** *Nutrients*. 2018 Jul;10(7): E943. doi:10.3390/ nu10070943.

BAPTISTA, I. D. C., G, T. M. D. S., CALDERELLI, V. A. S, M., A. A., PORTILHO, M., MATIOLI, G. **Conhecimento da comunidade universitária em relação aos alimentos funcionais.** *Acta Scientiarum. Health Sciences*, v. 35, n. 1, p. 15-21, 2013.

BARCAROL, L. N., SANTOS, M. R., RUBIN, R. H., LIMA, C. P., BONATTO, J. G. B., RECH, L. S., MARISCO, P. D. C. **Ciência, Reflexividade e (in) certezas**, v. 3, n. 1, p. 1-4, 2012.

BRASIL. Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. **Registro de Funcional de Alegação de saúde.** *Diário Oficial da União*; Poder executivo, de 03 de maio 1999. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>> acessado em: 12/10/2021.

BROCK, N. L.; DICKSCHAT, J. S. **Biosynthesis of Terpenoids.** *Natural Products*, p. 2693–2732, 2013.

BASTOS, L. P. H., VICENTE, J., SANTOS, C. H. C. DOS, CARVALHO, M. G. DE, GARCIA-ROJAS, E. E. **Encapsulation of black pepper (*Piper nigrum* L.)**

essential oil with gelatin and sodium alginate by complex coacervation. *Food Hydrocolloids*, 102(September 2019), 105605, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n. 16, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes.** Brasília, 1999a.

BURGOS-DÍAZ, C., HERNÁNDEZ, X., WANDERSLEBEN, T., BARAHONA, T., MEDINA, C., QUIROZ, A., RUBILAR, M. **Influence of multilayer O/W emulsions stabilized by proteins from a novel lupin variety AluProt-CGNA and ionic polysaccharides on D-limonene retention during spray-drying.** *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 536(October 2016), 234-241, 2018.

BAENAS, N.; BELOVIC, M.; ILIC, N.; MORNEO, D. A.; GARCÍA-VIGUERA, C. **Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: technological benefits and biological advantages.** *Food Chemistry*, v. 15, n. 274, p. 872-885, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n. 17, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos.** Brasília, 1999b.

BOH, T. et al. **Mind the gap—deficits in our knowledge of aspects impacting the bioavailability of phytochemicals and their metabolites—a position paper focusing on carotenoids and polyphenols.** *Molecular Nutrition Food Research*, v. 59, n. 7, p. 1307-1323, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos.** Brasília, 1999c.

BAŞER, K.H.C.; DEMIRCI, F. **Chemistry of Essential Oils.** In: BERGER, R.G. (ed.). *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability.* Springer Science & Business Media, 2007. Ch. 4, p. 75-76.

BENSMAIA, S., MANFREDI, L. In: RAMACHANDRAN, V.S. (ed). **2º Ed. The sense of touch.** *Encyclopedia of Human Behavior.* Londres: Elsevier. v. 3, 2012.

BROSSEAU, C.; SELLE, A.; PALMER, D. J.; PRESCOTT, S. L.; BARBAROT, S.; BODINIER, M. **Prebiotics: mechanisms and preventive effects in allergy.** *Nutrients*, v. 11, n. 8, p. 1841, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/nu11081841>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/8/1841>. Acesso em: 09/11/2021.

BOTVYNKO, A.; BEDNÁŘOVÁ, A.; HENKE, S.; SHAKHNO, N.; ČURDA, L. **Production of galactooligosaccharides using various combinations of the commercial β -galactosidases.** Biochemical and Biophysical Research Communications, v. 517, n. 4, p. 762-766, 2019.

BYCH K.; MIKŠ, M. H.; JOHANSON, T.; HEDEROS, M. J.; VIGSNÆS, L. K.; BECKER, P. **Production of HMOs using microbial hosts: from cell engineering to large scale production.** Current Opinion in Biotechnology, v. 56, p. 130-137, Apr. 2019.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. **Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo.** Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, v. 57, n. 6, p. 397-405, 2013.

BITENCOURT, C.; DUTRA, F. L. G.; PINTO, V. Z.; HELBIG, E.; BORGES, L. **Elaboração de bolos enriquecidos com semente de abóbora: avaliação química, física e sensorial.** Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v. 32, n. 1, p. 19-32, 2014.

BATTOCHIO, J. R.; CARDOSO, J. M. P.; KIKUCHI, M.; MACCHIONE, M.; MODOLO, J. S.; PAIXÃO, A. L.; BOLINI, H. M. **A Perfil sensorial de pão de forma integral.** Food Science and Technology, v. 26, n. 2, p. 428-432, 2006.

BHATT, T.; PATEL, K. **Carotenoids: Potent to Prevent Diseases Review.** Natural Products and Bioprospecting, v. 10, p. 109–117, 2020. doi: 10.1007/s13659-020-00244-2.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimento com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde em sua Rotulagem.** Brasília, 1999d.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 243, DE 26 DE JULHO DE 2018. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares.** Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 26 de julho de 2018.

BRITO JVR, JESUS FM, BESERRA JF, EDUARDO AMLN. **Suplementação de Ômega-3 em praticante de exercício físico intenso.** REVISA. 2019;8(2):215-27.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Guia para Comprovação da Segurança de Alimentos e Ingredientes.** Brasil, p. 45, Diário Oficial da União, Poder Executivo, 2013. Disponível em <<https://alimentosprocessados.com.br/arquivos/Seguranca-e-qualidade-dos->

alimentos/Guia-para-Comprovacao-da-Seguranca-de-Alimentos-e-Ingredientes-ANVISA.pdf>. Acesso: 12/10/2021).

BEMFEITO, C. M. et al. **Carotenoides Em Alimentos: Fatores Interferentes Na Biossíntese E Estabilidade Frente Ao Processamento**. p. 445–465, 2020.

BUSTAMANTE, M.; OOMAH, B. D.; OLIVEIRA, W. P.; BURGOS-DÍAZ, C.; RUBILLAR, M.; SHENE, C. **Probiotics and prebiotics potential for the care of skin, female urogenital tract, and respiratory tract**. *Folia Microbiológica*, v. 65, n. 2, p. 245-264, Apr, 2020.

BORDALO TONUCCI, L.; DOS SANTOS, K. M. O.; OLIVEIRA, L. L.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. **Clinical application of probiotics in type 2 diabetes mellitus: a randomized, double-blind, placebo-controlled study**. *Clinical Nutrition*, v. 36, n. 1, p. 85-92, 2017b.

BRITO, L. D. F. S.; CAMARGO, J. G.; SANTOS, V. F.; PIRES, C. R. F.; DE SOUSA, D. N.; ALMEIDA, C. K. H. C. **Metodologias lúdicas e educação alimentar e nutricional para promover o consumo de pescado em escolares**. *Extensio: Revista Eletrônica de Extensão*, v. 16, n. 34, p. 126-142, 2019.

BORDALO TONUCCI, L.; DOS SANTOS, K. M. O.; FERREIRA, C. L. L. F. F.; RIBEIRO, S. M. R.; OLIVEIRA, L. L.; MARTINO, H. S. D. **Gut microbiota and probiotics: focus on diabetes mellitus**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 57, n. 11, p. 2296-2309, 2017a.

BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. **Chilled milk-based desserts as emerging probiotic and prebiotic products**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 54, n. 2, p. 139-150, 2014.

BURITI, F. C. A.; CASTRO, I. A.; SAAD, S. M. I. **Viability of *Lactobacillus acidophilus* in synbiotic guava mousses and its survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions**. *International Journal of Food Microbiology*, v. 137, n. 2-3, p. 121-129, 2010.

BARLETA A. D, NORONHA V. C. **Alimento funcional: uma nova abordagem terapêutica das dislipidemias como prevenção da doença aterosclerótica**. *Cadernos UniFOA*, v. 2, n. 3, p. 100-120, 2017.

BURLEA-SCHIOPOIU, A., OGARCA, R. F., BARBU, C. M., CRACIUN, L., BALOI, I. C., MIHAI, L. S. **The impact of COVID-19 pandemic on food waste behaviour of young people**. *Journal of Cleaner Production*, 294. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126333, 2021.

BESSELINK, M. G., SANTVOORT, H. C., BUSKENS, E. VAN, BOERMEESTER, M. A., GOOR, H. VAN, TIMMERMAN, H. M., NIEUWENHUIJS, V. B., BOLLEN, T. L., RAMSHORST, B. VAN, WITTEMAN, B. J., ROSMAN, C., PLOEG, R. J., BRINK, M. A., SCHAAIPHERDER, A. F., DEJONG, C. H., WAHAB, P. J., LAARHOVEN, C. J. VAN, HARST, E. VAN DER, EIJCK, C. H. VAN, CUESTA, M. G., AKKERMANS, L. M. A., GOOSZEN, H. G. **Probiotic prophylaxis in predicted severe acute pancreatitis: a randomised, doubleblind, placebo-controlled trial.** *The Lancet*, 371(9613), 651-659, 2008.

BERGONSI, D. S. J.; SCHLABITZ, C.; GRAFF, C.; DE SOUZA, C.F.V. **Biscoitos enriquecidos com farinha de semente de abóbora como fonte de fibra alimentar.** *Revista Destaques Acadêmicos*, v. 7, n. 4, p. 174-184, 2015.

BOROSKI, M., VISENTAINER, J. V., COTTICA, S. M., MORAIS, D.R. **Antioxidantes: princípios e métodos analíticos**, 1, 141, 2015.

BORGES, J. T. D. S; PIROZI, M. R.; DE PAULA, C.D; RAMORS, D. L; CHAVES, J. B. **Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça.** *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 29, n. 1, p. 83-94, 2011.

BRAGA, G. C.; PASQUETTI, T. J.; BUENO, G. W.; MERENGONI, N. G. **Adição de amido e farinha de aveia na formulação de hambúrguer de polpa de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).** *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 7, n. 1-2, p. 45-54, 2008.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. **Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 1, p. 8-13, 2004.

BILEK, S. E., YILMAZ, F. M., & ÖZKAN, G. **The effects of industrial production on black carrot concentrate quality and encapsulation of anthocyanins in whey protein hydrogels.** *Food and Bioproducts Processing*, 102, 72-80, 2017.

BELOSTOZKY, A., BRETHER, S., KOLITZ-DOMB, M., GRINBERG, I., MARGEL, S. **Solidification of oil liquids by encapsulation within porous hollow silica microspheres of narrow size distribution for pharmaceutical and cosmetic applications.** *Materials Science and Engineering C*, 97 (December 2018), 760-767, 2019.

BAINES, D., 2007. **Flavouring substances: from chemistry and carriers to legislation.** *Modifying Flavour in Food*. Elsevier. p. 11-41, 2007.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. *Food Chemistry*. 4th revised and extended Edition, 2009.

BRESCIANI L, MARTINI D, MENA P et al. **Absorption profile of (poly)phenolic compounds after consumption of three food supplements containing 36 different fruits, vegetables, and berries.** *Nutrients*. 2017;9(3):194. <https://doi.org/10.3390/nu9030194>.

BLENFORD, D. **Food, flavourings, ingredients, processing.** *Packaging*, 8, (7), 43, 1986.

BRUNI, G. P., OLIVEIRA, J. P. DE, GÓMEZ-MASCARAQUE, L. G., FABRA, M. J., MARTINS, V. G., ZAVAREZE, E. DA R., LÓPEZ-RUBIO, A. **Electrospun β -carotene-loaded SPI:PVA fiber mats produced by emulsion-electrospinning as bioactive coatings for food packaging.** *Food Packaging and Shelf Life*, 23(January 2019), 100426, 2020.

BRAKE, K., GUMIREDDY, A., TIWARI, A., CHAUHAN, H., KUMARI, D. ***In vivo* studies for drug development via oral delivery: Challenges, animal models and techniques.** *Pharmaceutica Analytica Acta*, 8, 560. Retrieved from, 2017. <http://doi.org/10.4172/2153-2435.1000560>.

BARROSO, T. L. C. T. et al. **Tecnologia de encapsulamento na área de alimentos: Uma revisão.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, p. e6210716240, 2021.

BELLUMORI M., MICHELOZZI M., INNOCENTI M., CONGIU F., CENCETTI G., AND MULINACCI N. **An innovative approach to the recovery of phenolic compounds and volatile terpenes from the same fresh foliar sample of *Rosmarinus officinalis* L.** *Talanta*, 131: 81–87, 2015.

BESSADA, S. M.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA, M. B. P. **Caffeine-based food supplements and beverages: Trends of consumption for performance purposes and safety concerns.** *Food Research International*. Vol. 109. p. 310-319. 2018.

CAMPELO, F. et al. **Study of Thermoplastic Extrusion and Its Impact on the Chemical and Nutritional Characteristics and Two Sorghum Genotypes SC 319 and BRS 332.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2020. doi: 10.21577/0103-5053.20190243.

CARVALHO, V. V. L.; GONÇALVES, J. O.; SILVA, A.; CADAVAL JR, T. R.; PINTO, L. A. A.; LOPES, T. J. **Separation of anthocyanins extracted from red cabbage by adsorption onto chitosan films.** *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 131, p. 905-911, 2019.

CERVANTES-PAZ, B. et al. **Effects of pectin on lipid digestion and possible implications for carotenoid bioavailability during pre-absorptive stages: A review.** *Food Research International*, v. 99, n. 2, p. 917-927, 2017.

CAVAZIM, P. F; FREITAS, G. **As propriedades antioxidativas do Goji Berry no auxílio à melhora do centro de acuidade visual, com abordagem em tratamentos da retinopatia diabética.** *Revista Uningá Review*, v. 20, n. 2, 2018.

COMUNIAN, T. A., CHAVES, I. E., THOMAZINI, M., MORAES, I. C. F., FERRO-FURTADO, R., CASTRO, I. A. DE, FAVARO-TRINDADE, C. S. **Development of functional yogurt containing free and encapsulated echium oil, phytosterol and sinapic acid.** *Food Chemistry*, 237, 948-956, 2017.

CORREIA, S. J.; DAVID, J. M.; DA SILVA, E. P.; DAVID, J. P.; LOPES, L. M. X.; GUEDES, L. M. S. **Flavonóides, norisoprenóides e outros terpenos das Folhas de *Tapirira guianensis*.** *Química Nova*. v. 31, nº 8, p. 2056-2059, 2008.

CHEN, H., LI, L., MA, Y., MCDONALD, T. P., WANG, Y. **Development of active packaging film containing bioactive components encapsulated in β - cyclodextrin and its application.** *Food Hydrocolloids*, 90(December 2018), 360-366, 2019.

CLAES, I. J. J.; LEBEER, S.; SHEN, C.; VERHOEVEN, T. I. A.; DILISSEN, E.; DE HERTOOGH; BULLENS, D. M. A.; CEUPPENS, J. L.; VAN ASSCHE, G.; VERMEIRE, S.; RUTGEERTS, P.; VANDERLEYDEN, J.; DE KEERSMAECKER, S. C. J. **Impact of lipoteichoic acid modification on the performance of the probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG in experimental colitis.** *Clinical and Experimental Immunology*, v. 162, n. 2, p. 306-314, 2010.

CARDOSO, D. S. D. S. **COMPOSTOS BIOATIVOS EM BACABA E PUPUNHA: UMA REVISÃO.** Tese (Bacharel em Engenharia de Alimentos- Fundação Universidade Federal de Rondônia Campus de Ariquemes departamento de engenharia de alimentos. p. 34, 2021.

COSTA, P. P.; SILVA, D. C. **Uma xícara (chá) de Química.** *Revista Virtual de Química*, v. 3, n.1, 27-36, 2011.

CHANG HC, HUANG CN, YEH DM, WANG SJ, PENG CH, WANG CJ. **Oat Prevents Obesity and Abdominal Fat Distribution, and Improves Liver Function in Humans.** *Plant Foods Hum Nutr.* 2013 Mar; 68(1): 18-23. doi:10.1007/s11130-013-0336-2.

CAO, H., CHEN, X., JASSBI, A.R., XIAO, J. **Microbial biotransformation of bioactive flavonoids.** *Biotechnology Advances*, v. 33, nº 1, p. 214–223, 2015.

CARBONELL-CAPELLA, J.M. et al. **Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 13, n. 2, p. 155-171, 2014.

CUPERSMID, L.; FRAGA, A. P. R.; ABREU, E. S.; PEREIRA, O. I. R. **Linhaça: composição química e efeitos biológicos.** Revista- eScientia. Vol. 5, 2012. Acesso em 23 de julho 2021.

CHEN, L., CAO, H., XIA, J. **Polyphenols: Absorption, bioavailability, and metabolomics.** In C. Galanakis (Ed.), *Polyphenols: Properties, recovery, and applications* (pp. 46–67). San Diego: Elsevier Inc, 2018.

CHANG S-C, CASSIDY A, WILLETT WC, RIMM EB, O'REILLY EJ, OKEREKE OI. **Dietary flavonoid intake and risk of incident depression in midlife and older women.** Am J Clin Nutr 2016;104(3):704-14. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.124545>.

CAPITANI, M. I.; SPOTORNO, V.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. **Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (Salvia hispanica L.) seeds of Argentina.** LWT - Food Science and Technology, v. 45, n.1, p. 94-102, 2012.

CHEN, S., ZHANG, Y., HAN, Y., MCCLEMENTS, D. J., LIAO, W., MAO, L., YUAN, F., GAO, Y. **Fabrication of multilayer structural microparticles for coencapsulating coenzyme Q10 and piperine: Effect of the encapsulation location and interface thickness.** *Food Hydrocolloids*, 109(17), 106090, 2020.

CHAVES, D. F. S. **Compostos bioativos dos alimentos.** São Paulo. Valéria Paschoal Editora Ltda., 2015. 340p.

CHAN, L. W., LEE, H. Y., HENG, P. W. S. **Mechanisms of external and internal gelation and their impact on the functions of alginate as a coat and delivery system.** *Carbohydrate Polymers*, 63(2), 176-187, 2006.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; RIOS, A. O.; MACIEL, R. A.; MORESCO, K. S.; OLIVEIRA, T. C. S. **Bioactive compounds and antioxidant activity of Pepper (Capsicum sp.) genotypes.** Journal of Food Science and Technology, v. 52, p. 7457 – 7464, 2015.

CAMPOS, M. O; RODRIGUES N. J. F. **Qualidade de vida: um instrumento para promoção de saúde.** Revista Baiana de saúde pública, v. 32, n. 2, p. 232, 2014.

CERQUEIRA, P. M. D.; FREITA, M. C. J.; PUMAR, M.; SANTANGELO, S. **Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima* L.) sobre o metabolismo glicídico e lipídico em ratos.** *Revista de Nutrição*, v. 21, n. 2, p. 129-136, 2008.

CHOUDHARY, S. P.; TRAN, L. S. **Phytosterols: perspectives in human nutrition and clinical therapy.** *Current Medicinal Chemistry*, v. 18, p. 4557-4567, 2011.

CUNHA, P. L. P. DA; CUNHA, C. S. DA; ALVES, P. F. **Manual Revisão Bibliográfica Sistemática Integrativa: a pesquisa baseada em evidências.** *Anima educação*, n. c, p. 1-213, 2014.

CALDER, PHILIP C. **Omega-3 fatty acids and inflammatory processes: from molecules to man.** *Biochemical Society transactions* vol. 45,5 (2017): 1105-1115. doi:10.1042/BST20160474.

CORADINI, M. F.; MAIA, K.; PINAFFI, D. L.; TESTI, I.; NUNES, M. L.; SOUZA, M. L. R. **Blocos salgados desidratados de CMS de tilápia do Nilo com adições de casca de ovos e diferentes espécies de peixes marinhos.** In: Encontro Internacional de Produção Científica. 11, 2019, Maringá. Anais [...]. Maringá: UniCesumar, 2019.

CERCEL, F.; BURLUC, R. M.; ALEXE, P. **Nutritional effects of added fish proteins in wheat flour bread.** *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 10, p. 244-249, 2016.

CALDER PC. **Marine omega-3 fatty acids and inflammatory processes: Effects, mechanisms and clinical relevance.** *Biochim Biophys Acta - Mol Cell Biol Lipids*. 2015;1851(4):469-84. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbalip.2014.08.010>

CALDER, PHILIP C. **n-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases.** *The American journal of clinical nutrition* vol. 83,6 Suppl (2006): 1505S-1519S. doi:10.1093/ajcn/83.6.1505S

CHAN, E. S., WONG, S. L., LEE, P. P., LEE, J. S., TI, T. B., ZHANG, Z., PONCELET, D., RAVINDRA, P., PHAN, S. H., YIM, Z. H. **Effects of starch filler on the physical properties of lyophilized calcium-alginate beads and the viability of encapsulated cells.** *Carbohydrate Polymers*, 83(1), 225-232, 2011.

CARRARA, C. L., ESTEVES, A. P., GOMES, R. T., GUERRA, L. L. **Uso da semente de linhaça como nutracêutico para prevenção e tratamento da aterosclerose.** *Revista Eletrônica de Farmácia*, v. 6, n. 4, p.1-9, 2009.

COLPO, E; F, G; Z. M. MESQUITA. **Consumo de alimentos funcionais em unidades de alimentação e nutrição de Santa Maria/RS.** *Disciplinarum Scientia| Saúde*, v. 5, n. 1, p. 69- 83, 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 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2015.

CHALCO-SANDOVAL, W., FABRA, M. J., LÓPEZ-RUBIO, A., LAGARON, J. M. **Use of phase change materials to develop electrospun coatings of interest in food packaging applications.** *Journal of Food Engineering*, 192, 122-128, 2017.

CASCUDO, L. C. **História da Alimentação no Brasil.** 4. Ed. São Paulo: Global, 2011.

CHALCO-SANDOVAL, W., FABRA, M. J., LÓPEZ-RUBIO, A., LAGARON, J. M. **Optimization of solvents for the encapsulation of a phase change material in polymeric matrices by electro-hydrodynamic processing of interest in temperature buffering food applications.** *European Polymer Journal*, 72, 23-33, 2015.

CENCIC, A., AND CHINGWARU, W. **The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health.** *Nutrients* 2, 611–625, 2010, doi: 10.3390/nu2060611.

CACCIATORE, F. A., DALMÁS, M., MADERS, C., ATAÍDE ISAÍÁ, H., BRANDELLI, A., SILVA MALHEIROS, P. DA. **Carvacrol encapsulation into nanostructures: Characterization and antimicrobial activity against foodborne pathogens adhered to stainless steel.** *Food Research International*, 133(March), 109143, 2020.

COXON, C. H., LONGSTAFF, C., BURNS, C. **Applying the science of measurement to biology: Why bother?** *PLoS Biology*, 17(6), e3000338, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000338>.

COMUNIAN, T. A., SILVA, M. P., MORAES, I. C. F., FAVARO-TRINDADE, C. S. **Reducing carotenoid loss during storage by co-encapsulation of pequi and buriti oils in oil-in-water emulsions followed by freeze-drying: Use of heated and unheated whey protein isolates as emulsifiers.** *Food Research International*, 130(December 2019), 108901, 2020.

CHAVES, K. DA S.; FRANCO, L. L.; OLIVEIRA, K. A. DE M. **ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS: CONHECIMENTO DA TERMINOLOGIA E PROPRIEDADES À SAÚDE PELOS CONSUMIDORES DE BARRA DO GARÇAS–MT** Karina. Revista Panorâmica On-Line. Barra do Garças – MT, Edição Especial, 2018. p. 98 – 112. ISSN - 2238-9210, p. 12–26, 2018.

CATAPANO AL, GRAHAM I, DE BACKER G, WIKLUND O, CHAPMAN MJ, DREXEL H, ET AL. **2016 ESC/EAS guidelines for the management of dyslipidaemias.** Eur Heart J. 2016;37:2999-3058. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw272>.

CEDÓ, L.; FARRÀS, M.; LEE-RUECKERT, M.; ESCOLÀ-GIL, J. C. **Molecular insights into the mechanisms underlying the cholesterol-lowering effects of phytosterols.** Current Medicinal Chemistry, v. 26, n. 37, p. 6704-6723, 2019.

CHEN, Q.; STEINHAUER, L.; HAMMERLINDL, J.; KELLER, W.; ZOU, J. **Biosynthesis of phytosterol esters: identification of a sterol O-acyltransferase in Arabidopsis,** Plant Physiology, v. 145, n. 3, p. 974–984, 2007.

COHEN P. A.; TRAVIS, J.C.; KEIZERS P.H.J.; DEUSTER P, VENHUIS B.J. **Four experimental stimulants found in sports and weight loss supplements: 2-amino-6-methylheptane (octodrine), 1,4-dimethylamylamine (1,4-DMAA), 1,3-dimethylamylamine (1,3-DMAA) and 1,3-dimethylbutylamine (1,3-DMBA).** Clinical Toxicology. p. 1-6. 2017.

CARDELLO, A. V., WISE, P.M. **Taste, smell and chemesthesis in product experience.** In: SCHIFFERSTEIN, H. N. J.; HEKKERT, P. (ed.). *Product Experience.* Elsevier. Chap. 4, p. 91-131, 2015.

ÇAM, M.; CIHAT, I. N.; ERDOĞAN, E. **Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development.** Food Science and Technology, v. 55, n. 1, p. 117-123, 2014.

CAÑAS, G. J. S.; BRAIBANTE, M. E. F. **A Química dos Alimentos Funcionais.** Química Nova na Escola, v. 41, n. 3, 2019. doi: 10.21577/0104-8899.20160168.

DIMA, C., ASSADPOUR, E., DIMA, S., JAFARI, S. M. **Bioavailability of nutraceuticals; role of food matrix, processing conditions, gastrointestinal tract and nanodelivery systems.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19, 954–994, 2020b. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12547>.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DOUILLARD, F. P.; DE VOS, W. M. **Biotechnology of health-promoting bacteria.** Biotechnology Advances, v.37, n.6, p.107369, 1 Nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.03.008>. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975019300448?via%3Dihub>. Acesso em: 08/11/2021.

DAY, L.; SEYMOUR, R.; PITTS, K.; KONCZAK, I.; LUNDIN, L. **Incorporation of functional ingredients into foods.** Trends in Food Science & Technology, v. 20, p. 388- 395, 2009.

DIMA, C., ASSADPOUR, E., DIMA, S., JAFARI, S. M. **Bioactive loaded nanocarriers for functional foods: From designing to bioavailability.** *Current Opinion in Food Science*, 33, 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.11.006>, 2020a.

DALTON, A.; WOLMARANS, P.; WITTHUHN, R. C.; STUIJVENBERG, M. E.; SWANEVELDER, S. A.; SMUTS, C. M. **A randomised control trial in schoolchildren showed improvement in cognitive function after consuming a bread spread, containing fish flour from a marine source.** *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, v. 80, n. 2-3, p. 143-149, 2009.

DOS SANTOS, K. M. O.; VIEIRA, A. D. S.; ALONSO BURITI, F. C.; NASCIMENTO, J. C. F.; MELO, M. E. S.; BRUNO, L. M.; BORGES, M. F.; ROCHA, C. R. C.; LOPES, A. C. S.; FRANCO, B. D. G. M.; TODOROV, S. D. **Artisanal coalho cheeses as source of beneficial *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus rhamnosus* strains.** *Dairy Science and Technology*, v. 95, n. 2, p. 209-230, 2015.

DALY, B.P., DALY, M.P., MINNITI, N., DALY, J.M. In: RAMACHANDRAN, V.S. (ed). **2° Ed. Sense of taste (Effect on behavior).** *Encyclopedia of Human Behavior*. Londres: Elsevier, v. 3, 2012.

DE MARTINO, L.; NAZZARO, F.; MANCINI, E.; DE FEO, V. In: PREEDY, V. R.; WATSON, R. R. (ed). **1° Ed. Essencial oils from Mediterranean Aromatic Plants.** *The Mediterranean Diet: An Evidence-Based Approach*. Londres: Elsevier, Chap. 58, p. 649-661, 2014.

DVORA, H., KOFFAS, M.A.G. In: McNeil, B.; Archer, D.; Giavasis, I.; Harvey, L. (ed). **1° Ed. Microbial production of flavonoids and terpenoids.** *Microbial Production of Food Ingredients, Enzymes and Nutraceuticals*. Cambridge: Elsevier, Chap. 10, p. 234-261, 2013.

DIAZ, R. L. **Um novo olhar para a gastronomia sustentável: desperdício de alimentos e sugestões de reaproveitamento.** NEW INSIGHTS ON SUSTAINABLE GASTRONOMY: food wasting and suggestions for reuse. p. 167–187, 2020.

DUNG, N. T.; KIM, J. M.; KANG, S. C. **Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merrand Perry buds.** *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, n. 12, p. 3632–3639, dez. 2008. doi: 10.1016/j.fct.2008.09.013.

DAG, D., GUNER, S., OZTOP, M. H. **Physicochemical mechanisms of different biopolymers' (lysozyme, gum arabic, whey protein, chitosan) adsorption on green tea extract loaded liposomes.** *International Journal of Biological Macromolecules*, 138, 473-482. 2019.

DIAS, P. A.; LUPKI, F. B.; RODRIGUES, C. A. A.; SILVA, M. R.; DIAS, A. C. P.; MORAIS, H. A. **Características físico-químicas de patês de frango light em sódio.** *Ensaio e Ciência*, v. 24, n. 1, p. 75-81, 2020. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2020v24n1p65-74>.

DIMA C, ASSADPOUR E, DIMA S, JAFARI SM. **Bioavailability and bioaccessibility of food bioactive compounds; overview and assessment by *in vitro* methods.** *ComprRevFoodSciFoodSaf.*(2020c);19:28622884.<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12623>.

DELSHADI, R., BAHRAMI, A., TAFTI, A. G., BARBA, F. J., WILLIAMS, L. L. **Micro and nano-encapsulation of vegetable and essential oils to develop functional food products with improved nutritional profiles.** *Trends in Food Science & Technology*, 104 (October 2020), 72-83, 2020.

DRUEDAHL, L.C., KÄLVEMARK SPORRONG, S. **“More than meets the eye: A Foucauldian perspective on treating ADHD with medicine.”** Research in social & administrative pharmacy : RSAP, 2019.

DHILLON, P., SINGH, K., KAUR, K. **The benefits of probiotic interventions in maternal-fetal health: An appraise review.** *PharmaNutrition*, 13(May), 100211, 2020.

DESMARCHELIER, C.; BOREL, P. **Overview of carotenoid bioavailability determinants: From dietary factors to host genetic variations.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 69, n. 5, p. 270-280, 2017.

ESTRUCH R, ROS E, SALAS-SALVADÓ J, COVA MI, CORELLA D, ARÓS F, ET AL. **Primary Prevention of Cardiovascular Disease with a Mediterranean Diet.** *N Engl J Med*. 2013 Apr; 368(14):1279-1290. doi:10.1056/NEJMoa1200303.

EGHBAL, N., CHOUDHARY, R. **Complex coacervation: Encapsulation and controlled release of active agents in food systems.** *LWT - Food Science and Technology*, 90(December 2017), 254-264, 2018.

ESKIN, M.; SHAHIDI, F. **Bioquímica de alimentos.** 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 518 p, 2015.

ERNAWITA, WAHYUONO RA, HESSE J, HIPLER U-C, ELSNER P, BÖHM V. **In vitro lipophilic antioxidant capacity, antidiabetic and antibacterial activity of citrus fruit sexttracts from,Aceh, Indonesia.** *Antioxidants*, 2017;6(1):11.<https://doi.org/10.3390/antiox6010011>.

ELAGIZI A, et al. **An Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiovascular Health.** *Nutrients*, 2021; 13(1): 204.

ELMAN, G.J., ZHANG, J.Z. In: SHIMASAKI, C. (ed). **1° Ed. Intellectual property protection strategies for biotechnology innovations.** *Biotechnology Entrepreneurship: Starting, Managing, and Leading Biotech Companies.* Oxford: Elsevier. Chap. 15, p. 227-255, 2014.

EIKI, G.; HANAI, L. N.; PIRES, L.; EKUNI, M. M.; MADRONA, G. S. **Aceitação sensorial de sorvete a base de vegetais.** *Revista GEINTEC*, v. 5, n. 4, p. 2569-2578, 2015.

ESPÍN, J. C., GARCÍA-CONESA, M. T., AND TOMÁS-BARBERÁN, F. A. (2007). **Nutraceuticals: facts and fiction.** *Phytochemistry*, 68, 2986–3008. doi: 10.1016/j.phytochem.2007.09.014.

EMED T. [S.I] **Aplicação e Histórico de Alimentos funcionais**, 2014. Disponível em:< <http://www.nutricaoclinica.com.br/> > Acessado em: 12 outubro. 2021.

ERNST AND J.M. MCGINNIS. **“Preventive Nutrition: A Historical Perspective and Future Economic Outlook,”** in A. Bendich and R.J. Deckelbaum, **Preventive Nutrition, The Comprehensive Guide for Health Professionals**, Third Edition, Totowa, New Jersey: Humana Press, pp. 3-22, 2005.

FALUDI AA, IZAR MC, SARAIVA JF, CHACRA AP, BIANCO HT, AFIUNE A NETO, ET AL. **Atualização da diretriz brasileira de dislipidemias e prevenção da aterosclerose** – 2017. *Arq Bras Cardiol.* 2017;109 (2 Suppl 1):1-76. <https://doi.org/10.5935/abc.20170121>.

FAN F-Y, SANG L-X, JIANG M. **Catechins and their therapeutic benefits to inflammatory boweldisease.** *Molecules*, 2017; 22 (3):484. <https://doi.org/10.3390/molecules22030484>.

FAO/WHO. **Draft revised Standard for quick frozen blocks of fish fillets, minced fish leshand mixtures of fillets and minced fish flesh.** (Appendix IV). Codex Alimentarius 18 Commission, Report of the 21st Session the Codex Committee on Fish and Fishery Products. Roma, p. 47-57, 1994.

FELIPE, L. O.; OLIVEIRA, A. M.; BICAS, J. L. **Bioaromas – Perspectives for sustainable development.** *Trends in Food Science & Technology.* v. 62, p. 141-153, 2017.

FLORES, M. I. A., GONZÁLEZ, R. R.; VIDAL, J. L. M.; GONZÁLEZ, F. J. E.; FRENICH, A. G. **Monitoring of phytochemicals in fresh and fresh-cut vegetables: A comparison.** *Food Chemistry*, v. 142, p. 392-399, 2014.

FISSORE, D.; PISANO, R.; BARRESI, A.A. **Applying quality-by-design to develop a coffee freeze-drying process.** *Journal of Food Engineering*, v. 123, p. 179–187, 2014.

FRIEDMAN J, BIRSTLER J, LOVE G, KIEFER D. **Diagnoses associated with dietary supplement use in a national dataset.** *Complement Ther Med.* 2019;43:277-282. doi:10.1016/j.ctim.2019.02.016.

FAO. **Semana Nacional de Conscientização da Perda e Desperdício de Alimentos.** Brasília, 05 de novembro de 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detailevents/pt/c/1163036/>. Acesso em: 15/11/2021.

FAVARO-TRINDADE, C. S., PINHO, S. C., ROCHA, G. A. **Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios.** *Brazilian Journal of Food Technology*, 11(2), 103-112, 2008.

FLANDRIN, J. L.; MONTANARI, M. (orgs). **História da Alimentação.** 8. Ed. São Paulo: Estação Liberdade, 2015.

FINCO, A. M. O.; GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; CÓRDOVA, K. R. V. **Elaboração de iogurte com adição de farinha de gergelim.** *Revista Ambiente*, v. 7, n. 2, p.217-227, 2011.

FARKAS, J., MOHÁCSI-FARKAS, C. In: MOTAJERMI, Y. (ed). 1º Ed. **Safety of foods and beverages: spices and seasonings.** *Encyclopedia of Food Safety*. Volume 3: Foods, Materials, Technologies and Risks. Elsevier, p. 324-330, 2014.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food and agriculture: Moving forward on food loss and waste reduction.** Rome, Italy. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/CA6030EN/CA6030EN.pdf>, 2019.

FRANCK, A.; BOSSCHER, D. **Inulin.** In: CHO, S.S.; SAMUEL, P. (Ed.). *Fiber ingredients: food applications and health benefits.* Boca Raton: CRC, 2009. p. 41-60.

FAO/WHO/UNU. **Human energy requirements.** Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. Rome: Food and Agriculture Organization, 2001.

FANG, S., ZHAO, X., LIU, Y., LIANG, X., YANG, Y. **Fabricating multilayer emulsions by using OSA starch and chitosan suitable for spray drying: Application in the encapsulation of β -carotene.** *Food Hydrocolloids*, 93(May 2018), 102-110, 2019.

FERREIRA, C. M.; LIMA, S. B.; ZAMBELLI, R. A.; AFONSO, M.R.A. **Efeito da farinha mista de subprodutos vegetais em pães tipo forma.** *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 8710-8724, 2020.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, E., CARVAJAL-LÉRIDA, I., PÉREZ-GÁLVEZ, A. **In vitro bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency.** *Nutrition Research*, 29, 751–60, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.09.016>.

FERREIRA, S., NICOLETTI, V. R. **Microencapsulation of ginger oil by complex coacervation using atomization: Effects of polymer ratio and wall material concentration.** *Journal of Food Engineering*, 291(July 2020), 110214, 2021.

FERNANDO, I. P. S., LEE, W. W., HAN, E. J., AHN, G. **Alginate-based nanomaterials: Fabrication techniques, properties, and applications.** *Chemical Engineering Journal*, 391(July 2019), 123823, 2020.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. **Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas em Brasil.** *Rev. Saúde Pública*, v. 43, n. 2, p. 211-218, 2009.

FILIPPIN, A. P. et al. **Incorporação de compostos fenólicos em produtos alimentícios: uma revisão Incorporation of phenolic compounds in food products: a review.** p. 46470–46499, 2021.

FINCO, F. D. B. A.; KAMMERER, D. R.; CARLE, R.; TSENG, W.; BÖSER, S.; GRAEVE, L. **Antioxidant Activity and Characterization of Phenolic Compounds from Bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) Fruit by HPLC-DAD-MSn .** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, n. 31, p. 7665-7673, 2012.

FREITAS, E. D. C. et al. **Phenolic compounds and screening of the antioxidant capacity of theobroma grandiflorum dehydrated coproducts.** *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 6, p. 2193–2203, 2017.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. **Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango.** *Ciência Rural*, v. 43, n. 12, p. 2291-2296, 2013.

FREITAS, J. et al. **Assessing the Spatial Distribution of Key Flavonoids in *Mentha × piperita* Leaves: An Application of Desorption Electrospray Ionization Mass Spectrometry Imaging (DESI-MSI).** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2019. doi: 10.21577/0103-5053.20190039.

GÓMEZ-MASCARAQUE, L. G., HERNÁNDEZ-ROJAS, M., TARANCÓN, P., TENON, M., FEUILLÈRE, N., VÉLEZ RUIZ, J. F., FISZMAN, S., LÓPEZ-RUBIO, A. **Impact of microencapsulation within electrosprayed proteins on the formulation of green tea extract-enriched biscuits.** *LWT - Food Science and Technology*, 81, 77-86, 2017.

GOMES, S. M. C.; GHICA, M. E. RODRIGUES, I. A.; GIL, E. S.; OLIVEIRA-BRETT, A. M. **Flavonoids electrochemical detection in fruit extracts and total antioxidant capacity evaluation.** *Talanta*, v. 154, p. 284–291, 2016.

GOMEZ-ESTACA, J., COMUNIAN, T. A., MONTERO, P., FERRO-FURTADO, R., FAVARO-TRINDADE, C. S. **Encapsulation of an astaxanthin-containing lipid extract from shrimp waste by complex coacervation using a novel gelatin-cashew gum complex.** *Food Hydrocolloids*, 61, 155-162, 2016.

GRIFFIN, K., KHOURYIEH, H. **Influence of electrostatic interactions on the formation and stability of multilayer fish oil-in-water emulsions stabilized by whey protein-xanthan-locust bean complexes.** *Journal of Food Engineering*, 277(September 2019), 109893, 2020.

GONÇALVES, R. F. S., MARTINS, J. T., DUARTE, C. M. M., VICENTE, A. A., PINHEIRO, A. C. **Advances in nutraceutical delivery systems: From formulation design for bioavailability enhancement to efficacy and safety evaluation.** *Trends in Food Science & Technology*, 78, 270–291, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.011>.

GYLLING, H., SIMONEN, P. **Phytosterols, phytosteranols, and lipoprotein metabolism.** *Nutrients*, 7(9), 7965–77, 2015. <https://doi.org/10.3390/nu7095374>.

GAVRILAS LI, IONESCU C, TUDORAN O, LISENCU C, BALACESCU O, MIERE D. **The role of bioactive dietary components in modulating miRNA expression in colorectal cancer.** *Nutrients* 2016;8(10):590. <https://doi.org/10.3390/nu8100590>.

GUIMARÃES, W.; ALVES, M. I. R.; FILHO, N. R. A. **Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas.** *Química Nova*. 2012, vol.35, n.8, pp.1673-1679. DOI: 10.1590/S0100-40422012000800030.

GERANPOUR, M., ASSADPOUR, E., JAFARI, S. M. **Recent advances in the spray drying encapsulation of essential fatty acids and functional oils.** *Trends in Food Science and Technology*, 102(January), 71-90, 2020.

GALLAGE, N.J., MØLLER, B.L. **Vanillin–Bioconversion and Bioengineering of the Most Popular Plant Flavor and Its De Novo Biosynthesis in the Vanilla Orchid.** *Molecular Plant*. v. 8, n° 1, p. 40–57, 2015.

GIBSON, G. R.; HUTKINS, R.; SANDERS, M. E.; PRESCOTT, S. L.; REIMER, R. A.; SALMINEN, S. J.; SCOTT, K.; STANTON, C.; SWANSON, K. S.; CANI, P. D.; VERBEKE, K.; REID, G. **The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of**

prebiotics. Nature Reviews in Gastroenterology and Hepatology, v. 14, n. 8, p. 491-502, 2017.

GEWEHR, M. F. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Rio Grande do Sul, 102 f, 2010.

GOYAT, J.; PASSI, S.J.; SURI, S.; DUTTA, H. **Desenvolvimento de farinha de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.) e quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) substituindo biscoitos-estudos físico-químicos, nutricionais e de armazenamento.** Current Research in Nutrition and Food Science Journal, v. 6, n. 3, p. 757-769, 2018.

GIARETTA, D.; LIMA, V. A.; CARPES, S. T. **Improvement of fatty acid profile in breads supplemented with Kinako flour and chia seed.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 49, p. 211-214, 2018.

GUPTA C., PRAKASH D. **Nutraceuticals for geriatrics.** Journal of Traditional and Complementary Medicine, v. 5, p. 5-14, 2015.

GANJALI S, SAHEBKAR A, MAHDIPOUR E, JAMIALAHMADI K, TORABI S, AKHLAGHI S, ET AL. **Investigation of the Effects of Curcumin on Serum Cytokines in Obese Individuals: A Randomized Controlled Trial.** Sci World J. 2014; 2014(1):1-6. doi:10.1155/2014/898361.

GILL PA, VAN ZELM MC, MUIR JG, GIBSON PR. **Review article: short chain fatty acids as potential therapeutic agents in human gastrointestinal and inflammatory disorders.** Aliment Pharmacol Ther. 2018 Jul; 48(1):15-34. doi:10.1111/apt.14689.

GUAADAOU, A.; BENAICHA, S.; ELMAJDOUB, N.; BELLAOUI, M.; HAMAL, A. **What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus.** *Int. J. Nutr. Food Sci.* 3, 174–179, 2014.

GLEESON, J. P., RYAN, S. M., AND BRAYDEN, D. J. **Oral delivery strategies for nutraceuticals: delivery vehicles and absorption enhancers.** Trends Food Sci. Technol. 53, 90–101, 2016, doi: 10.1016/j.tifs.2016.05.007.

GELINSKI, F. R.; RODRIGUES, B. M.; HOKAMA, L. M.; SANTOS, E. F.; CANDIDO, C. J.; NOVELLO, D. **Propriedades sensoriais e físico-químicas de patê de frango com teor reduzido de sal.** Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 74, n. 2, p. 122-133, 2015. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2015/ses-32821/ses-32821-6077.pdf>.

GRAND-VIEW-RESEARCH-INC. **Functional Foods Market Worth \$275.7 Billion By 2025 | CAGR: 7.9%).** Available online at:

<https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-functional-foods-market>, 2019. (Acesso 12/10/2021).

HOLLANDS, K.; BARON, C. M.; GIBSON, K. J.; KELLY, K. J.; KRASLEY, E. A.; LAFFEND, L. A.; LAUCHLI, R. M.; MAGGIO-HALL, L. A.; NELSON, M. J.; PRASAD, J. C.; REN, Y.; RICE, B. A.; RICE, G. H.; ROTHMAN, S. C. **Engineering two species of yeast as cell factories for 2'-fucosyllactose**. *Metabolic Engineering*, v. 52, p. 232-242, Mar. 2019.

HEGAZY, M.-E.F., MOHAMED, T.A., ELSHAMY, A.I., MOHAMED, A.-E.-H.H., MAHALEL, U.A., REDA, E.H., SHAHEEN, A.M., TAWFIK, W.A., SHAHAT, A.A., SHAMS, K.A., ABDEL-AZIM, N.S., HAMMOUDA, F.M. **Microbial biotransformation as a tool for drug development based on natural products from mevalonic acid pathway: A review**. *Journal of Advanced Research*. v. 6, n° 1, p. 17-33, 2015.

HILL, C., GUARNER, F., REID, G. *et al.* **The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic**. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 11, 506–514, 2014. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>.

HARTMANN, T. **From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism**. *Phytochemistry*. v. 68, n° 22-24, p. 2831-2846, 2007.

HASHIMOTO K. **Role of soluble epoxide hydrolase in metabolism of Pufas in psychiatric and neurological disorders**. *Front Pharmacol*. 2019;10(1):36-40.

HAN, G.M. *et al.* **Higher levels of serum lycopene are associated with reduced mortality in individuals with metabolic syndrome**. *Nutrition Research*, v. 36, n. 5, p. 402-407, 2016.

HOLANDA, A. C. **Atividade antioxidante, bioacessibilidade e identificação dos polifenóis presentes no mesocarpo e na amêndoa do babaçu (*Orbignya phalerata* mart.)**. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.

HERNÁNDEZ-NAVA, R., LÓPEZ-MALO, A., PALOU, E., RAMÍREZ-CORONA, N., JIMÉNEZ-MUNGUÍA, M. T. **Encapsulation of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) by complex coacervation between gelatin and chia mucilage and its properties after spray drying**. *Food Hydrocolloids*, 109(January), 106077, 2020.

HAGHIGHAT-KHARAZI, S., JAFAR, M. M., KASAAI, M. R., KHAJEH, K. **Use of encapsulated maltogenic amylase in maltodextrins with different formulations in making gluten-free breads**. *Lwt*, 110(November 2018), 182-189, 2019.

HU, J., ZHANG, Y., XIAO, Z., WANG, X. **Preparation and properties of cinnamon-thyme-ginger composite essential oil nanocapsules.** *Industrial Crops and Products*, 122(October 2017), 85-92, 2018.

HERNÁNDEZ-BARRUETA, T., MARTÍNEZ-BUSTOS, F., CASTAÑO-TOSTADO, E., LEE, Y., MILLER, M. J., AMAYA-LLANO, S. L. **Encapsulation of probiotics in whey protein isolate and modified huauzontle's starch: An approach to avoid fermentation and stabilize polyphenol compounds in a ready-to-drink probiotic green tea.** *Lwt*, 124(January), 109131, 2020.

HASE, Y.; FUJIOKA, S.; YOSHIDA, S.; SUN, G.; UMEDA, M.; TANAKA, A. **Ectopic endoreduplication caused by sterolalteration results in serrated petals in *Arabidopsis*.** *Journal of Experimental Botany*. v. 56, n. 414, p.1263–268, Apr. 2005.

HERNANDEZ, A. J., NAHAS, R. M. . **Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para saúde.** Suplemento: Revista Brasileira de Medicina Esporte – Vol. 15, No 3 – Mai/Jun, 2009.

HOMER, P.M., MUKHERJEE, . **“The impact of dietary supplement form and dosage on perceived efficacy.”** *Journal of Consumer Marketing* 35 : 228-238, 2018.

HANNAN, M. A.; SOHAG, A. A. M.; DASH, R.; HAQUE, M. N.; MOHIBBULLAH, M.; OKTAVIANI, D. F.; HOSSAIN, M. T.; CHOI, H. J.; MOON, I. S. **Phytosterols of marine algae: Insights into the potential health benefits and molecular pharmacology.** *Phytomedicine*, v. 69, p. 153201, Apr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2020.153201>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0944711320300349>. Acesso em: 08/11/2021.

HUANG J, WANG Y, XIE Z, ZHOU Y, ZHANG Y, WAN X. **The anti-obesity effects of green tea in human intervention and basic molecular studies.** *Eur J Clin Nutr*. 2014 Oct; 68(10):1075-1087. doi:10.1038/ejcn.2014.143.

HAAS, K., DOHNAL, T., ANDREU, P., ZEHETNER, E., KIESSLICH, A., VOLKERT, M., FRYER, P., JAEGER, H. **Particle engineering for improved stability and handling properties of carrot concentrate powders using fluidized bed granulation and agglomeration.** *Powder Technology*, 370, 104-115, 2020.

HAN, K. S., A.K., A., SINGH, H. **Encapsulation System for Protection of Probiotics During Processing.** USA patent application, 2011.

ISLAM, M., MAHMUD, N., NAWAS, T., FANG, Y., XIA, W. **Health Benefits and Spray Drying Microencapsulation Process of Fish Oil (Omega-3).** *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 5(2), 29, 2018.

IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMAS, M. C. **Propriedades físicas de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.)**. *Culturas e Produtos Industriais*, v. 28, n. 3, p. 286-293, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Senso da população brasileira de 2017**. Brasília, DF:IBGE; 2017.

ILAYARAJA, N., LIKHITH, K. R., BABU, G.R.S., KHANUM, F. **Optimisation of extraction of bioactive compounds from *Feronia limonia* (wood apple) fruit using response surface methodology (RSM)**. *Food Chemistry*, 173, 348-354, 2015.

JAMSHIDI, A., CAO, H., XIAO, J., SIMAL-GANDARA, J. **Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil**. *Food Research International*, 137(January), 109353, 2020.

JACA A, et al. **Omega-3 fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease**. *SAMJ: South African Medical Journal*, 2020; 110(12): 1158-1159.

JAIN, A., SHARMA, G., GHOSHAL, G., KESHARWANI, P., SINGH, B., SHIVHARE, U. S. **Lycopene loaded whey protein isolate nanoparticles: An innovative endeavor for enhanced bioavailability of lycopene and anti-cancer activity**. *International Journal of Pharmaceutics*, 546, 97–105, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.04.061>.

JIANG, L.; ZHAO, X.; XU, J.; LI, C.; YU, Y.; WANG, W.; ZHU, L. **The protective effect of dietary phytosterols on cancer risk: a systematic meta-analysis**. *Journal of Oncology*, v. 2019, p. 7479518, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/7479518>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jo/2019/7479518/>. Acesso em: 08/11/2021.

JIANG, G. L., ZHU, M. J. **Preparation of astaxanthin-encapsulated complex with zein and oligochitosan and its application in food processing**. *Lwt*, 106(October 2018), 179-185, 2019.

JURGENS, T. M., WHELAN, A. M., KILLIAN, L., DOUCETTE, S., KIRK, S. F. E. **Green tea for weight loss and weight maintenance in overweight or obese adults**. *Cochrane Database Syst Rev.*, 12 (12), 2-18, 2012.

JAFARI, S. M., MCCLEMENTS, D. J. **Nanotechnology approaches for increasing nutrient bioavailability**. *Advances in Food and Nutrition Research*, 81, 1–30, 2017.

JACKSON, R.S. 1º Ed. **Olfactory Sensations**. *Wine Tasting: A Professional Handbook*. Elsevier. Chap. 3, p. 39-78, 2002.

KONSTANTINIDI, M., KOUTELIDAKIS, A. E. **Functional foods and bioactive compounds: A review of its possible role on weight management and obesity's metabolic consequences.** *Medicines*, 6(94), 2-24, 2019.

KOPPEL, K.; CHAMBERS, E. IV.; VÁZQUEZ-ARAÚJO, L.; TIMBERG, L., CARBONELL-BARRCHINA, A. A.; SUWONSICHON, S. **Cross-country comparison of pomegranate juice acceptance in Estonia, Spain, Thailand, and United States.** *Food Quality and Preference*, v. 31, p. 116-123, 2014.

KORTBEEK, R. W. J.; VAN DER GRAGT, M.; BLEEKER, P. M. **Endogenous plant metabolites against insects.** *European Journal of Plant Pathology*, v. 154, n. 1, p. 67-90, 2019.

KAMANINA, O. A., LAVROVA, D. G., ARLYAPOV, V. A., ALFEROV, V. A., PONAMOREVA, O. N. **Silica sol-gel encapsulated methylotrophic yeast as filling of biofilters for the removal of methanol from industrial wastewater.** *Enzyme and Microbial Technology*, 92, 94-98, 2016.

KIM YE, HWANG CJ, LEE HP, KIM CS2, SON DJ1, HAM YW3, et al. **Inhibitory effect of punicalagin on lipopolysaccharide-induced neuroinflammation, oxidative stress and memory impairment via inhibition of nuclear factor-kappaB.** *Neuropharmacology*.2017 May; 117(1):21-32. doi:10.1016/j. neuropharm.2017 .01.025.

KIM, Y. A., KEOGH, J. B., CLIFTON, P. M. **Probiotics, prebiotics, synbiotics and insulin sensitivity.** *Nutrition Research Reviews*, 31(1), 35-51, 2018.

KOLIDA, S.; GIBSON, G. R. **The prebiotic effect: review of experimental and human data.** In: GIBSON, G. R.; ROBERFROID. M. B. *Handbook of prebiotics*. Boca Raton: CRC, 2008. p. 69-92.

KIM, J. G., LEE, E., KIM, S. H., WHANG, K. Y., OH, S., & IMM, J. Y. **Effects of a Lactobacillus casei 393 fermented milk product on bone metabolism in ovariectomised rats.** *International Dairy Journal*, 19(11), 690-695, 2009.

KOPIN L, LOWESNTEIN C. **Dyslipidemia.** *Annals of internal medicine*, 2017; 167(11): 81-96.

KRAEMAR, M. E. P. **A questão ambiental e os resíduos sólidos.** Disponível em: http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_25.pdf. Acesso 11/11/2021.

KUROZAWA, L. E., HUBINGER, M. D. **Hydrophilic food compounds encapsulation by ionic gelation.** *Current Opinion in Food Science*, 15, 50-55, 2017.

KHODDAMI A, WILKES MA, ROBERTS TH. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*. 2013;18(2):2328-75. <https://doi.org/10.3390/molecules18022328>.

KLEPACKA J, GUJSKA E, MICHALAK J. **Phenolic compounds as cultivar- and variety distinguishing factors in some plant products.** *Plant Foods Hum Nutr* 2011;66(1):64-9. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0205-1>.

KAWAKAMI, A.; SATO, Y.; YOSHIDA, M. **Genetic engineering of rice capable of synthesizing fructans and enhancing chilling tolerance.** *Journal of Experimental Botany*, v. 59, n. 4, p. 793-802, 2008.

KAUR M, BASU S, SHIVHARE S. **Omega-3 fatty acids: nutritional aspects, sources, and encapsulation strategies for food fortification.** *Dir Res J Health Pharmacol*. 2015;3(1):12-31.

KHOO, H. E., AZLAN, A., TANG, S. T., LIM, S. M. **Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits.** *Food & Nutrition Research*, 61(1), 1361779, 2017.

KIM, E. H. J., PAREDES, D., MOTOI, L., ECKERT, M., WADAMORI, Y., TARTAGLIA, J., GREEN, C., HEDDERLEY, D. I., MORGENSTERN, M. P. **Dynamic flavor perception of encapsulated flavors in a soft chewable matrix.** *Food Research International*, 123(December 2018), 241-250, 2019.

KAILASAPATHY, K., LAM, S. H. **Application of encapsulated enzymes to accelerate cheese ripening.** *International Dairy Journal*, 15(6-9), 929-939, 2005.

KÜSTER-BOLUDA, I.; VIDAL-CAPILLA, I. **Consumer attitudes in the election of functional foods.** *Spanish Journal of Marketing - ESIC*, v. 21, p. 65-79, 2017.

KOMATSU, T. R.; BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. **Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos.** *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 44, n. 3, p. 329-347, 2008.

LI, K., WANG, B., WANG, W., LIU, G., GE, W., ZHANG, M., YUE, B., & KONG, M. **Microencapsulation of Lactobacillus casei BNCC 134415 under lyophilization enhances cell viability during cold storage and pasteurization, and in simulated gastrointestinal fluids.** *Lwt*, 116(July), 108521, 2019.

LEHMANN, S. E., HARTGE, E. U., JONGSMA, A., DELEEuw, I. M., INNINGS, F., & HEINRICH, S. **Fluidization characteristics of cohesive powders in vibrated fluidized bed drying at low vibration frequencies.** *Powder Technology*, 357, 54-63, 2019.

LOVEDAY, S. M., AND SINGH, H. **“Fortifying foods with vitamin A: Technological challenges and opportunities,”** in *Vitamin A: Nutrition, Side Effects and Supplements*, ed L. P. Scott (New York, NY: Nova Science Publishers, Inc), 163–192, 2011.

LI, T., TENG, D., MAO, R., HAO, Y., WANG, X., & WANG, J. **A critical review of antibiotic resistance in probiotic bacteria.** *Food Research International*, 136(July), 109571, 2020.

LONG, J., PAN, T., XIE, Z., XU, X., JIN, Z. **Co-immobilization of β -fructofuranosidase and glucose oxidase improves the stability of Bi-enzymes and the production of lactosucrose.** *Lwt*, 128(April 2019), 109460, 2020.

LEYVA-LÓPEZ, N. et al. **Exploitation of agro-industrial waste as potential source of bioactive compounds for aquaculture.** *Foods*, v. 9, n. 7, p. 1–22, 2020.

LI, D.; SEYMOUR, R. B.; PITTS, K. F.; KONCZAK, I.; LUNDIN, L. **Incorporation of functional ingredients into foods.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 20, n. 9, p. 388-395, 2009.

LIU, C., TAN, Y., XU, Y., MCCLEIMENTS, D. J., WANG, D. **Formation, characterization, and application of chitosan/pectin-stabilized multilayer emulsions as astaxanthin delivery systems.** *International Journal of Biological Macromolecules*, 140, 985-997, 2019.

LUCAS-GONZÁLEZ, R., VIUDA-MARTOS, M., PÉREZ-ALVAREZ, J. A., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. **In vitro digestion models suitable for foods: Opportunities for new fields of application and challenges.** *Food Research International*, 107, 423–436, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.055>.

LI A-N, LI S, ZHANG Y-J, XU X-R, CHEN Y-M, LI H-B. **Resources and biological activities of natural polyphenols.** *Nutrients*. 2014;6(12):6020-6047. <https://doi.org/10.3390/nu6126020>.

LIAZID, A.; GUERRERO, R. F; CANTOS, E.; PALMA, M.; BARROSO, C. G. **Microwave assisted extraction of anthocyanins from grape skins.** *Food Chemistry*. 2011,vol. 124,n. 3, pp. 1238-1243.

LIMA, A. S.; SOARES, C. M. F; PALTRAM, R.; RALBWIRTH, H.; BICA, K. **Extraction and consecutive purification of anthocyanins from grape pomace using ionic liquid solutions.** *Food Research International*,v. 77, n. 3, pp. 584- 590, 2015.

LIAO, P.; CHEN, X.; WANG, M.; BACH, T. J.; CHYE, M. L. **Improved fruit α -tocopherol, carotenoid, squalene and phytosterol contents through manipulation**

of *Brassica juncea* 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA synthase1 in transgenic tomato. Plant Biotechnology Journal, v. 16, n. 3, p. 784-796, 2018.

LOYOLA, A. C. et al. **Use of Paper Spray Mass Spectrometry for Determining the Chemical Profile of Green Cavendish Banana (Musa AAA) Peel and Pulp Flours and Evaluation of Its Functional Potential.** Journal of the Brazilian Chemical Society, 2021. doi: 10.21577/0103- 5053.20200243.

LIBERATO, M. DA C. T. C. **Química dos alimentos: Estrutura, Propriedades e Transformações.** 1. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2020.

LIN D, XIAO M, ZHAO J . **An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes.** Molecules 2016; 21(10):1374. <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>.

LAW MR. **Plant sterol and stanol margarines and health.** Br Med J 2000; 320:861-864.

LUZ, S. R. et al. **COMPOSTOS BIOATIVOS EM BARRA DE CEREAL ELABORADA COM SUBPRODUTO DO PROCESSAMENTO DE SUCO DE MIRTILO.** n. 51, p. 4, 2015.

MINTEL. **Tendências globais em alimentos e bebidas 2018.** Disponível em: . Acesso em:10/10/2021.

MURICI, B. C., CABRAL, N. A. L., CASTRO, E. E. C., OLIVEIRA, A. T. V., S. GOMES, R., & SAMPAIO, G. C. **Consumo de Fibras Alimentares entre indivíduos adultos em um supermercado de São Luis, Maranhão** Revista de Pesquisa em Saúde, v. 17, n. 3, 2015.

MCGINNIS AND N.D. ERNST.“**Historic Perspective and Future Economic Outlook,**” Preventive Nutrition, Vol. II: Primary and Secondary Prevention, 2000.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. - **Alimentos Funcionais e Nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde.** Revista eletrônica de nutrição. 3 (2006) 109–122. EUFIC European Food Information Council - [Em linha], atual. 2003. [Consult.12.out.2021].Disponívelem:<URL:www.eufic.org/article/pt/nutricao/alimentos-funcionais/artid/evidencias-cientificas-aspecto-fundamenta-no-dominio-dosalimentos-funcionais/>.

MORAES, T. V. DE et al. **Atividade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos do chá do caule da Pereskia aculeata Miller fresco e armazenado sob congelamento.** Research, Society and Development, v. 9, n. 5, p. e34953140, 2020.

MCCLEMENTS, D. J., LI, F., XIAO, H. **The Nutraceutical Bioavailability Classification Scheme: Classifying nutraceuticals according to factors limiting their oral bioavailability.** *Annual Review of Food Science and Technology*, 6, 299–327, 2015. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032814-014043>.

MOON, C., JUN YOO, S., SOO HAN, H. In: AMINOFF, M. J.; DAROFF, R. B (ed). **2° Ed. Smell.** *Encyclopedia of the Neurological Sciences*. Elsevier. p. 216-220, 2014.
MANLEY, D. **4° Ed. Flavours, spices and flavour enhancers as biscuit ingredients.** *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies, Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies*. ElsevierChap. 17, p. 216-222, 2011.

MCGORRIN, R. J. **Character Impact Compounds: Flavors and Off-Flavors in Foods.** 2002. Disponível em: < <https://www.coursehero.com/file/8544541/ImpactCompound/>>. Acessado em: 04/11/2021.

MOLINA, G., BUTION, M.L., BICAS, J.L., DOLDER, M.A.H., PASTORE, G.M. **Comparative study of the bioconversion process using R-(+)- and S-(-)-limonene as substrates for *Fusarium oxysporum* 152B.** *Food Chemistry*. v. 174, p. 606–613, 2015.

MANACH, C. et al. **Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans: I-A review of 97 bioavailability studies.** *American Journal of Clinical Nutrition*. v. 81, p. 230S-42S, 2005.

MUNIN, A., AND EDWARDS-LÉVY, F. **Encapsulation of natural polyphenolic compounds; a review.** *Pharmaceutics* 3, 793–829, 2011, doi: 10.3390/pharmaceutics3040793 .

MIYAZAWA T, NAKAGAWA K, KIM SH, THOMAS MJ, PAUL L, ZINGG J-M, ET AL. **Curcumin and piperine supplementation of obese mice under caloric restriction modulates body fat and interleukin-1 β .** *Nutr Metab (Lond)*. 2018;15(1):12. doi:10.1186/s12986-018-0250-6.

MORAES, F. P., COLLA, L. M. **"Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde."** *Revista eletrônica de farmácia* v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

MALINOWSKI JM, GEHRET MM. **Phytosterols for dyslipidemia.** *Am J Health Syst Pharm*. 2010;67:1165-73. <https://doi.org/10.2146/ajhp090427>.

MARTINS, S. L. C.; SILVA, H. F.; NOVAES, M. R. C. G.; ITO, M. K. **Efeitos terapêuticos dos fitosteróis e fitostanóis na colesterolemia.** *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v. 54, n. 3, p. 257-263, 2004.

MINTEL. **2030 Global Food and Drink Trends**. Available online at: <https://www.mintel.com/global-food-and-drink-trends,2020>. (Acesso 11/09/2021).

MAUGHAN, R. J., BURKE, L. M., DVORAK, J., LARSON-MEYER, D. E., PEELING, P., PHILLIPS, S. M., RAWSON, E. S., WALSH, N. P., GARTHE, I., GEYER, H., MEEUSEN, R., VAN LOON, L., SHIRREFFS, S. M., SPRIET, L. L., TUART, M , VERNEC, A , CURRELL, K , ALI, V M , BUDGETT, R G , LJUNGQVIST, A., ENGBRETSSEN, L. **IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete**. *British journal of sports medicine*, 52(7), 439–455, 2018.

MÖRSCHBÄCHER, A. P., VOLPATO, G., SOUZA, C. F. V. DE. **Kluyveromyces lactis β -galactosidase immobilization in calcium alginate spheres and gelatin for hydrolysis of cheese whey lactose**. *Ciência Rural*, 46(5), 921-926, 2016.

MOURA, S. C. S. R. DE, BERLING, C. L., GARCIA, A. O., QUEIROZ, M. B., ALVIM, I. D., HUBINGER, M. D. **Release of anthocyanins from the hibiscus extract encapsulated by ionic gelation and application of microparticles in jelly candy**. *Food Research International*, 121(December 2018), 542-552, 2019.

MICROENCAPSULAÇÃO. **A tecnologia da microencapsulação de ingredientes**. *Food Ingredients Brasil*, (42), 18-26, 2017.

MACHADO NFL, DOMÍNGUEZ-PERLES R. **Addressing facts and gaps in the phenolics chemistry of winery by-products**. *Molecules*, 2017; 22 (2):286. <https://doi.org/10.3390/molecules22020286>.

MAGGI C. **Câncer 360º: orientações para uma vida melhor, orientações nutricionais: pacientes, familiares cuidadores**. Recife: Editora Carpe Diem; 2018.

MOUREIRA, L.; AIMON, F. J.; CRISTIELE, O. T. P.; HACKBART D. S, L. **Elaboração de hambúrgueres enriquecidos com farinha de chia**. In: *Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 9, 2020, Santana do Livramento. *Anais [...]*. Santana do Livramento: UNIPAMPA, 2020.

MANACH C, SCALBERT A, MORAND C, RÉMÉSY C, JIMÉNEZ L. **Polyphenols: food sources and bioavailability**. *Am J Clin Nutr* 2004;79(5):727-47. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>.

MISTRY B, PATEL RV, KEUM Y-S. **Access to the substituted benzyl-1,2,3-triazolyl hesperetin derivatives expressing antioxidant and anticancer effects**. *Arabian Journal of Chemistry*. 2017;10(2):157-66. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.10.004>.

MALACRIDA CR, MOTTA S. **Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade.** Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, 2006;24(1):59-82. <https://doi.org/10.5380/cep.v24i1.5294>.

MANDAL SM, CHAKRABORTY D, DEY S. **Phenolic acids act as signaling molecules in plant microbe symbioses.** Plant Signal Behav 2010;5(4):359-68. <https://doi.org/10.4161/psb.5.4.10871>.

MOGENSEN, K. M. **Essential fatty acid deficiency.** *Practical Gastroenterology*, 41(6), 37-44, 2017.

MATSSON, P., DOAK, B. C., OVER, B., KIHLEBERG, J. **Cell permeability beyond the rule of 5.** *Advanced Drug Delivery Reviews*, 101, 42–61, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2016.03.013>.

MURIEL MUNDO, J. L., ZHOU, H., TAN, Y., LIU, J., MCCLEMENTS, D. J. **Stabilization of soybean oil-in-water emulsions using polypeptide multilayers: Cationic polylysine and anionic polyglutamic acid.** *Food Research International*, 137(May), 109304, 2020.

MOURÃO DM, SALES NS, COELHO SB, PINHEIRO-SANTANA HM. **Biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis.** Rev Nutr 2005;18(4): 529-39. <https://doi.org/10.1590/s1415-52732005000400008>.

MATHIAS, C. S. **Estudo químico e atividades biológicas dos frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer).** 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

MIKOŁAJCZAK, N.; TAŃSKA, M.; OGRODOWSKA, D. Phenolic compounds in plant oils: A review of composition, analytical methods, and effect on oxidative stability. *Trends in Food Science & Technology*, v. 113, p. 110–138, jul. 2021. doi: 10.1016/j.tifs.2021.04.046.

MARRIOTT, R. In: BAINES, D.; SEAL, R. (ed). **1º Ed. Natural flavourings from green chemistry for foods and beverages.** *Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings*. Elsevier, 2012. Chap. 12, p. 260-276.

MOLINA, G.; BICAS, J. L.; MORAES, E. A.; MARÓSTICA JR., M.; PASTORE, G. M. In: TUOHY, M. G. (ed). **1º Ed. Recent Developments and Industrial Perspectives in the Microbial Production of Bioflavors.** *Applications of Microbial Engineering*. CRC Press. Chap. 5, p. 122–157, 2013.

MARTINEZ, R. C. R.; BEDANI, R.; SAAD, S. M. I. **Scientific evidence for health effects attributed to the consumption of probiotics and prebiotics: an update for**

current perspectives and future challenges. British Journal of Nutrition, v. 144, n. 12, p. 1993-2015, 2015.

MARTINS, A. R.; BURKERT, C. A. V. **Galacto-oligosacarídeos (GOS) e seus efeitos prebióticos e bifidogênicos.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 12, n. 3, p.230/240, jul./set.2009. Disponível em: <http://bjft.ital.sp.gov.br/arquivos/artigos/v12n3385a.pdf>. Acesso em: 09/11/2021.

MARANGONI, S. **O consumo da linhaça associado a dietas com redução de carboidratos favorece a redução de processos inflamatórios relacionados aos fatores de risco cardiovascular.** Revista Nutrição, Maio, 2010.

MARGETTS, J. Aroma Chemicals V: **Natural Aroma Chemicals.** In: ROWE, D. (ed.). 1º Ed. *Chemistry and Technology of Flavours and Fragrances.* Oxford: Blackwell Publishing Ltd, Ch. 8, p. 175, 2005.

NIU, B., SHAO, P., LUO, Y., SUN, P. **Recent advances of electrosprayed particles as encapsulation systems of bioactives for food application.** Food Hydrocolloids, 99(September 2019), 105376, 2020.

NASRIN, T.A.A.; MATIN, M.A. **Valorization of vegetable wastes.** In *Food Processing By-Products and Their Utilization*; Anal, A.K., Ed.; John Wiley & Sons Ltd.: Hoboken, NJ, USA, p. 53–88, 2017.

NIU, B., SHAO, P., LUO, Y., SUN, P. **Recent advances of electrosprayed particles as encapsulation systems of bioactives for food application.** Food Hydrocolloids, 99(September 2019), 105376, 2020.

NIVELLE L, HUBERT J, COUROT E, JEANDET P, AZIZ A, NUZILLARD J-M et al. **Anti-cancer activity of resveratrol and derivatives produced by grapevine cell suspensions in a 14 L stirred bioreactor.** Molecules, 2017;22(3):474. <https://doi.org/10.3390/molecules22030474>.

NGUYEN, V. T., BOWYER, M. C., VUONG, Q. V., ALTENA, I. A. V., & SCARLETT, C. J. **Phytochemicals and antioxidant capacity of Xao tam phan (Paramignya trimera) root as affected by various solvents extraction methods.** Industrial Crops and Products, 67, 192-200, 2016.

NIKOO, A. M., KADKHODAEI, R., GHORANI, B., RAZZAQ, H., TUCKER, N. **Electrospray-assisted encapsulation of caffeine in alginate microhydrogels.** International Journal of Biological Macromolecules, 116, 208-216, 2018.

NABI BN, SEDIGHINEJAD A, HAGHIGHI M, FAZI F, RIMAZ S, ATRKARROUSHAN, ET AL. **The Anti-Obesity Effects of Green Tea: A**

Controlled, Randomized, Clinical Trial. Iran Red Crescent Med J. 2018;20(1):1-7. doi:10.5812/ircmj.55950.

NGUON, O., LAGUGNÉ-LABARTHET, F., BRANDYS, F. A., LI, J., GILLIES, E. R. **Microencapsulation by in situ Polymerization of Amino Resins.** *Polymer Reviews*, 58(2), 326-375, 2018.

NASCIMENTO PM, SCALABRINI HM. **Benefícios do ômega 3 na prevenção de doença cardiovascular: Revisão integrativa de literatura.** *International Journal of Nutrology*, 2020; 13(3): 95-101.

NEELAKANDAN, A. K.; CHAMALA, S.; VALLIYODAN, B.; NES, W. D.; NGUYEN, H. T. **Metabolic engineering of soybean affords improved phytosterol seed traits.** *Plant Biotechnology Journal*, v. 10, n. 1, p. 12–19, 2012.

NIEDZWIECKI A, ROOMI MW, KALINOVSKY T, RATH M. **Anticancer efficacy of polyphenols and their combinations.** *Nutrients* 2016; 8(9):552. <https://doi.org/10.3390/nu8090552>.

NAZIR, M.; ARIF, S.; KHAN, R.S.; NAZIR, W.; KHALID, N.; MAQSOOD, S. **Opportunities and challenges for functional and medicinal beverages: Current and future trends.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 88, p. 513-526, 2019.

NOOR, N. A. M. et al. **Consumer attitudes toward dietary supplements consumption: Implications for pharmaceutical marketing.** *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, v. 8, n. 1, p. 6–26, 2014.

NAGAO A, KOTAKE-NARA E, HASE M. **Effects of fats and oils on the bioaccessibility of carotenoids and vitamin E in vegetables.** *Biosci Biotechnol Biochem*. 2013;77(5):1055- 60. <https://doi.org/10.1271/bbb.130025>.

NITZKE J. A. **“Agronegócio: panorama, perspectivas e influência do mercado de alimentos certificados”.** *Appris*, v. 4 p. 11-23, 2012.

OLIVEIRA, C. B. C. DE et al. **Obesidade: inflamação e compostos bioativos.** *Journal of Health & Biological Sciences*, v. 8, n. 1, p. 1, 2020.

O’CALLAGHAN, K.; KERRY, J. P. **Consumer attitudes towards the application of smart packaging technologies to cheese products.** *Food Packaging and Shelf Life*, v. 9, p. 1-9, 2016.

OMS. **Cardiovascular disease.** 2020. Disponível em: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/about_cvd/en/. Acessado em: 04 de novembro de 2021.

OZDAL T, SELA DA, XIAO J, BOYACIOGLU D, CHEN F, CAPANOGLU E. The Reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility. *Nutrients*. 2016;8(2):78. <https://doi.org/10.3390/nu8020078>.

OTTE, K.B., HAUER, B. **Enzyme engineering in the context of novel pathways and products**. *Current Opinion in Biotechnology*. v. 35, p. 16-22, 2015.

O. FELIPE, L.; L. BICAS, J. **Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais**. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 2, p. 120–130, 2017.

OZTURK, B., ARGIN, S., OZILGEN, M., MCCLEMENTS, D. J. **Nanoemulsion delivery systems for oil-soluble vitamins: Influence of carrier oil type on lipid digestion and vitamin D3 bioaccessibility**. *Food Chemistry*, 187, 499–506, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.065>.

OZKAN, G., FRANCO, P., MARCO, I., XIAO J., CAPANOGLU, E. **A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications**. *Food Chemistry*, 272(July 2018), 494-506, 2019.

OLIVEIRA, J. L., ALMEIDA, C., SILVA B, N. **A importância do uso de probióticos na saúde humana**. *Unoesc & Ciência-ACBS*, v. 8, n. 1, p. 7-12, 2017.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. H. DE et al. **Chemical profile and bioprospecting of cocoa beans analyzed by paper spray mass spectrometry**. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e975986882, 6 ago. 2020. doi: 10.33448/rsd-v9i8.6882.

OLIVEIRA, V. B.; YAMADA, L. T.; FAGG, C. W.; BRANDÃO, M. G. L. **Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds**, *Food Research International*, v. 48, n. 1, p. 170-179, 2012.

OLIVEIRA, R. L.; SILVA, M. F.; SILVA, S. P.; ARAÚJO, A. C. V.; CAVALCANTI, J. V. F. L.; COVERTI, A.; PORTO, T. S. **Fructo-oligosaccharides production by an *Aspergillus aculeatus* commercial enzyme preparation with fructosyltransferase activity covalently immobilized on Fe₃O₄ –chitosan-magnetic nanoparticles**. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 150, p. 922-929, 1 May 2020.

OLIVEIRA, C.; GUIMARÃES, P. M. R.; DOMINGUES, L. **Recombinant microbial systems for improved β -galactosidase production and biotechnological applications**. *Biotechnology Advances*, v. 29, n. 6, p.600-609, 2011.

OH, S. Y.; YOUN, S. Y.; PARK, M. S.; KIM, H.; BAEK, N.; LI, Z.; JI, G. E. **Synthesis of β -galactooligosaccharide using bifidobacterial β -galactosidase purified from recombinant *Escherichia coli***. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 27, n. 8, p. 1392-1400, 2017.

OLIVEIRA, W. Q. DE, WURLITZER, N. J., ARAÚJO, A. W. DE O., COMUNIAN, T. A., BASTOS, M. DO S. R., OLIVEIRA, A. L. DE, MAGALHÃES, H. C. R., RIBEIRO, H. L., FIGUEIREDO, R. W. DE, SOUSA, P. H. M. de. **Complex coacervates of cashew gum and gelatin as carriers of green coffee oil: The effect of microcapsule application on the rheological and sensorial quality of a fruit juice.** *Food Research International*, 131(October 2019), 109047, 2020.

PIMENTEL, G. D. **Suplementos contaminados (19/12/2018, Coluna do especialista).** Disponível em: <http://abne.org.br/index.aspx>. Acesso: 11/11/2021.

PINHEIRO, A. C.; CERQUEIRA, M. A.; VICENTE, A. A. **Nanotecnologia como ferramenta para produzir novos alimentos funcionais: vantagens e precauções.** *TecnoHospital, Revista de Engenharia e Gestão da Saúde*, v. 59, p. 22-25, 2013.

PARK, A. R.; OH, D. K. **Galacto-oligosaccharide production using microbial β -galactosidase: current state and perspectives.** *Applied and Environmental Biotechnology*, v. 85, n. 5, p. 1279-1286, 2010.

PATERSON, D. **Vanilla: natural or not? In: *Chemistry Education in New Zealand*, 2010.** Disponível em: <http://nzic.org.nz/chemed-nz/issue-archive/ChemEdNZ_Jan10_Paterson1.pdf>. Acessado em: 04/11/2021.

PINTO, J. F. - **Nutracêuticos e alimentos funcionais: Lisboa ; Porto : Lidel, cop. 2010. - XII, 276 p. : il. ; 24 cm. - ISBN 978-972-757-624-1.**

PUIG, E. I.; HAROS, M. **La chia em Europa: El nuevo ingrediente en productos de panadería. Artículos técnicos.** *Alimentaria*, v. 420, p. 73-77, 2011.

PINTO, B. V. V.; BEZERRA, A. E.; AMORIM, E.; VALADÃO, R. C.; OLIVEIRA, G. M. **O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos.** *Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias*, v. 2, n. 2, p. 15:1-26, 2017.

PINELA, J. **Efeito do processo de secagem no potencial antioxidante e na composição fitoquímica de plantas medicinais da família Fabaceae.** [s.l: s.n.]. 2012.

PITT, J.; CHAN, M.; GIBSON, C.; HASSELWANDER, O.; LIM, A.; MUKERJI, P.; MUKHERJEA, R.; MYHRE, A.; SARELA, P.; TENNING, P.; MIMMELSTEIN, W.M.; ROPER, J.M. **Safety assessment of the biotechnologically produced humanidentical milk oligosaccharide 3-fucosyllactose (3-FL).** *Food and Chemical Toxicology*, v. 134, p. 110818, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110818>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31533061/>. Acesso em: 10/11/2021.

PAPPIANE C. **Efeito dos ácidos graxos ômega-3, ômega-6 e ômega-9 sobre o risco cardiovascular de indivíduos adultos: estudo clínico de prevenção primária.** Tese (Doutorado Nutrição em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, São Paulo, 253 p, 2016.

PATEL PN, et al. **Cardiovascular risk reduction with icosapent ethyl.** Current opinion in cardiology; 34(6): 721- 727, 2019.

PARADA, J., AGUILERA, J. M. **Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients.** *Journal of Food Science*, 72(2), 21–32, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00274.x>.

PASCOAL, G. B., SILVA, C. O., PAZ, J. G., PACHECO, P. **Alimentos Funcionais. In: Ciência dos Alimentos: princípios de bromatologia.** 1º ed. Rio de Janeiro: Rubio, p. 141-160, 2016.

PHANIENDRA, A.; JESTADI, D. B.; PERIYASAMY, L. **Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases.** Indian Journal of Clinical Biochemistry, v. 30, n. 1, p. 11–26, 2015.

PORSCH, L.; SIMAS, L. A. W.; GRANZOTI, R. O. C. **Estresse oxidativo e o seu impacto no envelhecimento: uma revisão bibliográfica.** Brazilian Journal of Natural Sciences, v. 2, n. 2, p. 80-85, 2019.

PARK, K. et al. **Oxidative stress and insulin resistance.** Diabetes Care, v. 32, n. 1, p. 1302–1307, 2009.

PIMENTEL, B. M. V.; FRANCKI, M.; GOLLÜCKE, B. P. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos.** São Paulo: Editora Varela, 2005.

PAVARINI, D. P.; LOPES, N. P. **A Ecologia Química e a Biossíntese dos Terpenos Voláteis das “Arnica-da-Serra” (*Lychnophora* spp.).** *Revista Virtual de Química*. v. 8, nº 1, p. 242-261, 2016.

PEREIRA, A. M. S.; FARIAS, D. R. B. F.; QUEIROZ, B. B.; NOBRE, M. S. C.; CAVALCANTI, M. T.; SALLES, H. O.; DOS SANTOS, K. M. O.; MEDEIROS, A. C. D.; FLORENTINO, E. R.; ALONSO BURITI, F. C. **Influence of a co-culture of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus casei* on the proteolysis and ace-inhibitory activity of a beverage based on reconstituted goat whey powder.** Probiotics and Antimicrobial Proteins, v. 11, n. 1, p. 275-282, 2019.

QUEIROZ, E. R. **Frações de lichia: caracterização química e avaliação de compostos bioativos.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

QUIGLEY, E. M. M. **Prebiotics and Probiotics in Digestive Health.** *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 17(2), 333-344, 2019.

RUIZ, J. C. R., VAZQUEZ, E. D. L. L. O., CAMPOS, M. R. S. **Encapsulation of vegetable oils as source of omega-3 fatty acids for enriched functional foods.** *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(7), 1423–1434, 2017.

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

RAMOS, A. L. C. C. et al. **Chemical profile of *Eugenia brasiliensis* (Grumixama) pulp by PS/ MS paper spray and SPME-GC / MS solid-phase microextraction.** *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. 318974008, 14 maio 2020. doi: 10.33448/rsd-v9i7.4008.

ROGERS T, SEEHUSEN DA. **Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease.** *American family physician*, 2018; 97(9): 562-564.

RAVINDRA, N.S., KULKARNI, R.N. **Essential oil yield and quality in rose-scented geranium: Variation among clones and plant parts.** *Scientia Horticulturae*. v. 184, p. 31–35, 2015.

RAO, S. R.; RAVISHANKAR, G. A. **Vanilla flavour: production by conventional and biotechnological routes.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 80, n° 3, p. 289–304, 2000.

RADÜNZ, M., HACKBART, H. C. DOS S., CAMARGO, T. M., NUNES, C. F. P., BARROS, F. A. P., MAGRO, J. D., SANCHES FILHO, P. J., GANDRA, E. A., ZAVAREZA, E. DA R. **Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products.** *International Journal of Food Microbiology*, 330, 108696, 2020.

RAJKUMAR, V., GUNASEKARAN, C., PAUL, C. A., DHARMARAJ, J. **Development of encapsulated peppermint essential oil in chitosan nanoparticles: Characterization and biological efficacy against stored-grain pest control.** *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 170(November 2020), 104679, 2020.

RUTZ, J. K., BORGES, C. D., ZAMBIAZI, R. C., CRIZEL-CARDOZO, M. M., KUCK, L. S., NOREÑA, C. P. Z. **Microencapsulation of palm oil by complex coacervation for application in food systems.** *Food Chemistry*, 220, 59-66, 2017.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; AMAYA-FARFÁN, J. **Perspectivas de inovação em alimentos funcionais.** In: **EMBRAPA (Brasil).** Tecnologia de alimentos e

inovação: tendências e perspectivas. Brasília: Amauri Rosenthal, 2008, cap. 7. p. 91-191.

RAFIEE, Z., NEJATIAN, M., DAEIHAMED, M., JAFARI, S. M. **Application of different nanocarriers for encapsulation of curcumin.** *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59 (21), 3468–3497, 2019. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1495174>.

ROSTAMABADI, H., FALSAFI, S. R., JAFARI, S. M. **Nanoencapsulation of carotenoids within lipid-based nanocarriers.** *Journal of Controlled Release*, 298, 38–67, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2019.02.005>.

RAHIM, S. N. A., SULAIMAN, A., HAMZAH, F., HAMID, K. H. K., RODHI, M. N. M., MUSA, M., EDAMA, N. A. **Enzymes encapsulation within calcium alginate-clay beads: Characterization and application for cassava slurry saccharification.** *Procedia Engineering*, 68, 411-417, 2013.

ROMERO-FERNÁNDEZ, M., PARADISI, F. **Protein immobilization technolo for flow biocatalysis.** *Current Opinion in Chemical Biolo*, 55, 1-8, 2020.

RIBEIRO, A. et al. **DESENVOLVIMENTO DE ALIMENTOS FUNCIONAIS ATRAVÉS DA INCORPORAÇÃO DE EXTRATOS DE ALECRIM NA SUA FORMA LIVRE E MICROENCAPSULADA.** 13º Encontro de Química dos Alimentos, v. 13, p. 14, 2016.

REIS, A. R. R., SOARES, J. M. D., SOUZA, A. G. D., & MESSIAS, C. M. B. D. O. **Conhecendo os benefícios dos alimentos: alimentos funcionais.** *Extramuros-Revista de Extensão da Univasf*, v. 4, n. 2, p. 10-14, 2016.

RIBEIRO S., N; WERNERCK, L. C; SILVA, S. CORRÊA. **Pesquisa de mercado no município de Muriaé (MG) sobre o conhecimento do consumidor a respeito de alimentos funcionais.** *Revista científica de Faminas*, v. 5, n. 1, p. 45-49, 2016.

REOLON C. A; GRANDO, M. FERRARI; CRAVERO, V. P. **Alcachofra (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori): Alimento funcional e fonte de compostos promotores da saúde.** *Revista Fitos Eletrônica*, v. 10, n. 4, p. 526-538, 2017.

RHANDHIR, A.; LAIRD, D.W.; MAKER, G.; TRENGOVE, R.; MOHEIMANI, N.R. **Microalgae: a potentialsustainable commercial source of sterols.** *Algae Research*, v. 46, p. 101772, 2020. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101772>. Disponível em:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926419306836>. Acesso: 08/11/2021.

ROSE, N. **A política da própria vida: biomedicina, poder e subjetividade no século XXI**. São Paulo: Paulus, 2013.

RONIS, M. J. J.; KIM B. P.; WATT, J. **Adverse Effects of Nutraceuticals and Dietary Supplements**. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, v. 58, n. 1, p. 10-16, 2017.

REIN, M. J., RENOUEF, M., CRUZ-HERNANDEZ, C., ACTIS-GORETTA, L., THAKKAR, S. K., AND DA SILVA PINTO, M. **Bioavailability of bioactive food compounds: a challenging journey to bioeffiffifficacy**. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 75, 588–602, 2013, doi: 10.1111/j.1365-2125.2012.04425.x.

ROBERFROID, M. **Functional food concept and its application to prebiotics**. *Digestive and Liver Disease*. v. 34, Supl. 2, p. 105-10, 2002.

RAINS TM, AGARWAL S, MAKI KC. **Antiobesity effects of green tea catechins: a mechanistic review**. *J Nutr Biochem*. 2011 Jan; 22(1):1-7. doi:10.1016/j.jnutbio.2010.06.006.

RAMAN, M., AMBALAM, P., DOBLE, M. (2016). **Bioactive carbohydrate: Dietary fibers and colorectal cancer**. In Raman, M., Ambalam, P., Doble, M. (Eds), *Probiotics and bioactive carbohydrates in colon cancer management*. New Delhi: Springer, 2016. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2586-7>.

ROSA, S. et al. **Incorporação de extrato crioconcentrado de erva-mate em amido de milho**. VIII Simpósio de Análise Térmica, p. 4, 2017.

REYGAERT W. **An Update on the Health Benefits of Green Tea**. *Beverages*. 2017; 3(4):6. doi:10.3390/beverages3010006.

RAS RT, VAN DER SCHOUW Y. T, TRAUTWEIN E. A, SIOEN I, DALMEIJER GW, ZOCK P. L, ET AL. **Intake of phytosterols from natural sources and risk of cardiovascular disease in the European prospective investigation into cancer and nutrition-the Netherlands (EPIC-NL) population**. *Eur J Prev Cardiol*. 2015;22:1067-75. <https://doi.org/10.1177/2047487314554864>.

SUN-WATERHOUSEa , D.; JUN, D.; WATERHOUSE, G. I.; **Effect of adding elderberry juice concentrate on the quality attributes, polyphenol contents and antioxidant activity of three fibre-enriched pastas**. *Food Research International*, v. 54, n. 1; p. 781-789, 2013.

SILVA, C. G. DA. **Desenvolvimento de biscoitos enriquecidos com farinha de caroço de manga: Incorporação de substâncias bioativas e aproveitamento de resíduos agroindustriais**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação da Faculdade de Nutrição, da Universidade Federal Fluminense. p. 60, 2016.

SALGADO, J. M.; FERREIRA, T. R. B.; BIAZOTTO, F. O.; DIAS, C. T. S. **Increased Antioxidant Content in Juice Enriched with Dried Extract of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel.** Plant Foods for Human Nutrition, v. 67, n. 1, p. 39-43, 2012.

SANT'ANNA, V.; CHRISTIANO, F. D. P.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. C.; THYS, R.C.S. **The effect of the incorporation of grape marc powder in fettuccini pasta properties.** Food Science and Technology, v. 58, n.2, p. 497-501, 2014.

SANTOS, R. F. **Aproveitamento de frutas nativas para elaboração de farinhas e incorporação em biscoitos tipo cookies.** Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Londrina/Francisco Beltrão, p. 89, 2018.

SUN-WATERHOUSE^b ; ZHOU, J.; WADHWA, S. S. **Drinking yoghurts with berry polyphenols added before and after fermentation.** Food control, v. 32, n. 2, p. 450-460, 2013.

SOARES, E. R.; MONTEIRO, E. B.; SILVA, R. C.; BATISTA, A.; SOBREIRA, F.; MATTOS, T.; COSTA, C. A.; DALEPRANE, J. B. **Compostos bioativos em alimentos, estresse oxidativo e inflamação: uma visão molecular da nutrição.** Revista HUPE, v. 14, n. 3, p. 64-72, 2015.

STRACK, M. H., SOUZA, C. C. G. **Antocianinas, catequinas e quercetina: evidências na prevenção e no tratamento das doenças cardiovasculares.** *Rev Bras Nutr Clin*, Rio Grande do Sul, 27 (1), 43-50, 2012.

SAINI, R.K.; SIVANESAN, I.; KEUM, Y.S. **Emerging roles of carotenoids in the survival and adaptations of microbes.** Indian Journal of Microbiology, v. 59, n. 1, p.125–127, 2019.

SAINI, R.K.; NILE, S.H.; PARK, S.W. **Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities.** Food Research International, v. 76, n. 1, p. 735-750, 2015.

SORDON S, POPŁOŃSKI J, TRONINA T, HUSZCZA E. **Microbial glycosylation of daidzein, genistein and biochanin a: two new glucosides of biochanin A.** Molecules, 2017; 22(1):81. <https://doi.org/10.3390/molecules22010081>.

STEELE EM, MONTEIRO CA. **Association between dietary share of ultra-processed foods and urinary concentrations of phytoestrogens in the US.** Nutrients 2017;9(3):209. <https://doi.org/10.3390/nu9030209>.

SABINO, CÉSAR, LUZ, MADEL T. CARVALHO, MARIA C. **O fim da comida: suplementação alimentar e alimentação entre frequentadores assíduos de academias de musculação e fitness do Rio de Janeiro.** História, Ciências, Saúde-Manguinhos [online]. 2010, v. 17, n. 2 Acesso: 11 Novembro 2021, pp. 343-356. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-59702010000200005>>. Epub 23 Jul 2010.

SOUZA, R. V., & VIANA, J. S. V. **A gestão dos corpos saudáveis na sociedade de controle.** Littera, n. XIX, 2019.

SANTERAMO, F. G.; LAMONACA, E. **The Effects of Non-Tariff Measures on Agri-Food Trade: A Review and Meta-Analysis of Empirical Evidence.** SSRN Electronic Journal, n. November, 2018.

SANDERS, R. **Self-tracking in the Digital Era: Biopower, Patriarchy, and the New Biometric Body Projects.** Body & Society, v. 23[1],1-28,2016.

STICKEL, F.; SHOUVAL, D. **Hepatotoxicity of Herbal and dietary supplements: an update.** Archives Toxicology. p. 731-739, 2015.

SAGAR, N.A.; PAREEK, S.; SHARMA, S.; YAHIA, E.M.; LOBO, M.G. **Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization.** *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 17, 512–531, 2018.

SINGH, T. A.; JAJOO, A., BHASIN, S. **Optimization of various encapsulation systems for efficient immobilization of actinobacterial glucose isomerase.** *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29(October 2020), 101766, 2020.

SAIFULLAH, M., SHISHIR, M. R. I., FERDOWSI, R., RAHMAN, R. T., VUONG, Q. VAN. **Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review.** *Trends in Food Science and Technology*, 86(September 2018), 230-251, 2019.

SHARMA, S., CHENG, S. F., BHATTACHARYA, B., CHAKKARAVARTHI, S. **Efficacy of free and encapsulated natural antioxidants in oxidative stability of edible oil: Special emphasis on nanoemulsion-based encapsulation.** *Trends in Food Science and Technology*, 91(August 2018), 305-318, 2019.

SUAVE, J., DALL'AGNOL, E. C., PEZZIN, A. T. T., SILVA, D. A. K., MEIRER, M. M., SOLDI, V. **Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas.** *Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal*, 7(2), 12-20, 2006.

SOUZA SIMÕES, L. DE, MADALENA, D. A., PINHEIRO, A. C., TEIXEIRA, J. A., VICENTE, A. A., RAMOS, Ó. L. **Micro- and nano bio-based delivery systems for**

food applications: In vitro behavior. *Advances in Colloid and Interface Science*, 243, 23-45, 2017.

SHISHIR, M. R. I., CHEN, W. **Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices.** *Trends in Food Science and Technology*, 65, 49-67, 2017.

SHISHIR, M. R. I., TAIP, F. S., SAIFULLAH, M., AZIZ, N. A., TALIB, R. A. **Effect of packaging materials and storage temperature on the retention of physicochemical properties of vacuum packed pink guava powder.** *Food Packaging and Shelf Life*, 12(October 2016), 83-90, 2017.

SHISHIR, M. R. I., XIE, L., SUN, C., ZHENG, X., CHEN, W. **Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters.** *Trends in Food Science and Technology*, 78(May), 34-60, 2018.

SILVA, L. C. DA, NASCIMENTO, M. A. DO, MENDES, L. G., FURTADO, R. F., COSTA, J. M. C. DA, CARDOSO, A. L. H. **Optimization of cashew gum and chitosan for microencapsulation of pequi oil by complex coacervation.** *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(3), 1-8, 2017.

SILVA, H. D., BELDÍKOVÁ, E., POEJO, J., ABRUNHOSA, L., SERRA, A. T., DUARTE, C. M. M., VICENTE, A. A. **Evaluating the effect of chitosan layer on bioaccessibility and cellular uptake of curcumin nanoemulsions.** *Journal of Food Engineering*, 243, 89–100, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.09.007>.

SOUZA-SIMÕES, L., MADALENA, D. A., PINHEIRO, A. C., TEIXEIRA, J. A., VICENTE, A. A., RAMOS, Ó. R. **Micro- and nano biobased delivery systems for food applications:IN vitro behavior.** *Advances in Colloid and Interface Science*, 243, 23–45, 2017.<https://doi.org/10.1016/j.cis.2017.02.010>.

SAID, H. M., NEXO, E. **Intestinal absorption of water-soluble vitamins: Cellular and molecular mechanisms.** In M. H. Said (Ed.), *Physiology of the gastrointestinal tract* (6th ed., pp. 1201–1248). Amsterdam; Boston: Academic Press, Elsevier Inc, 2018.

SHAN, B. et al. **Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Characterization of Their Phenolic Constituents.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 20, p. 7749–7759, out. 2005. doi: 10.1021/jf051513y.

SMERIGLIO, A., BARRECA, D., BELLOCCO, E., TROMBETTA, D. **Chemistry, pharmacology and health benefits of anthocyanins.** *Phytotherapy Research: PTR*, 30(8), 1265-1286, 2016.

SHENG, Z. L., WAN, P. F., DONG, C. L., LI, Y. H. (2013). **Optimization of total flavonoids content extracted from *Flos populi* using Response Surface Methodology.** *Industrial Crops and Products*, 43, 778-786, 2013.

SIEBERT, D. A. et al. **Determination of phenolic profile by HPLC-ESI-MS/MS and anti-inflammatory activity of crude hydroalcoholic extract and ethyl acetate fraction from leaves of *Eugenia brasiliensis*.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 27, n. 4, p. 459–465, jul. 2017. doi: 10.1016/j.bjp.2017.01.008.

SILVA, M. et al. **Antioxidant Activity and Metabolomic Analysis of *Cagaitas* (*Eugenia dysenterica*) using Paper Spray Mass Spectrometry.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2019. doi: 10.21577/0103-5053.20190002.

SILVA OLIVEIRA, R., LUCAS, C. P., ANTONUCCI, G., DA SILVA, F. C. **Compostos bioativos naturais: agentes promissores na redução do estresse oxidativo e processos inflamatórios.** *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, 5(2), 2018.

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.

SALGAÇO, M. K. **Avaliação de compostos fenólicos em pimentas *Capsicum spp.* em função de processos térmicos.** 2019. 69 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2019.

SANTOS, M. F. G. **Qualidade e potencial funcional da porção comestível e do óleo de frutos de palmeiras ativas oriundas do Amapá.** 2012, 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. **Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos.** *UNOPAR Científica. Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 14, n. 4, p. 263-269, 2012.

SOUZA, C. A. G.; SIQUEIRA, S. M. C.; AMORIM, A. F. V.; MORAIS, S. M.; GONÇALVES, T.; GOMES, R. N.; CUNHA, A. P.; RICARDO, N. M. P. S. **Encapsulação do ácido L-ascórbico no biopolímero natural galactomanana por *spray-drying*: preparação, caracterização e atividade antioxidante.** *Química Nova*, v. 38, n. 7, p. 877-883, 2015.

SANTOS, G. M. dos, LIRA, E. V. L. de B., MAGALHÃES, M. do A. V. **Plantas medicinais como terapia adjuvante no tratamento oncológico: uma revisão integrativa.** *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 2; num. 4, 2021.

Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i4.272>. Acesso em 25 de agosto de 2021.

SOUSA, A. L. A. DE. **AValiação dos efeitos da suplementação do ácido graxo ômega 3 em modelo de tumor de mama murino e mucosite induzida por 5- FLUOURACIL**. Dissertação Programa de Pós- Graduação em Nutrição e Saúde do Departamento de Nutrição, Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais. , p. 73, 2020.

SAAVEDRA LPJ, SILVA BFA, MOREIRA VM, CARVALHO IZ. **Estado nutricional e consumo alimentar de ácidos graxos eicosapentaenóico e docosahexaenóico associados à função cognitiva em idosos**. Uningá Rev. 2016;28(2):40-6.

SCRAGG R, STEWART AW, WAAYER D, LAWES CMM, TOOP L, SLUYTER J, et al. **Effect of monthly high-dose vitamin D supplementation on cardiovascular disease in the vitamin D assessment study: a randomized clinical trial**. JAMA Cardiol. 2017;2(6):608-16.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (SBC). **Atualização da Diretriz de Prevenção Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia**. 2019. Disponível em: <http://publicacoes.cardiol.br/portal/abc/portugues/aop/2019/aop-diretriz-prevencao-cardiovascular-portugues.pdf>. Acessado em: 04 de novembro de 2021.

SKULAS-RAY AC, et al. **Omega-3 Fatty Acids for the Management of Hypertriglyceridemia - A Science Advisory From the American Heart Association**. Circulation, 2019; 140(12): e673-e691.

SISCOVICK DS, et al. **Omega-3 polyunsaturated fatty acid (fish oil) supplementation and the prevention of clinical cardiovascular disease: a science advisory from the American Heart Association**. Circulation, 2017; 135: e867.

SULLIVAN B, CERMAK J, SULLIVAN R, et al. **Correlations between nutrient intake and the polar lipid profiles of meibomian gland secretions in women with Sjögren's syndrome**. Lacrimal Gland, Tear Film, and Dry Eye Syndromes 3: Springer: 441-7, 2002.

SHARIFI-RAD, J. *et al.* **Biological activities of essential oils: From plant chemoeology to traditional healing systems**. Molecules, v. 22, n. 1, p. 02-55, 2017.

SINGH, P.; PANDEY, A. K. **Prospective of essential oils of the genus Mentha as biopesticides: A review**. Frontiers in plant science, v. 9, p. 1-14, 2018.

SOUZA, B. H. S.; COSTA, E. N.; RIBEIRO, Z. A.; FORIM, M. R.; JUNIOR, A. L. B. **Repelência e deterrência alimentar de vaquinhas por óleos de nim e cinamomo aplicados em folhas de feijoeiro.** *Revista Caatinga*, v. 27, n. 2, p. 76-86, 2014.

SCARANO, F.; GUIMARÃES, A.; DA SILVA, J. M. **Lead by example.** *Nature*. v. 486, p. 25–26, 2012.

SOUZA, F.V.M., DA ROCHA, M.B., DE SOUZA, D.P., MARÇAL, R.M. (-)-**Carvone: antispasmodic effect and mode of action.** *Fitoterapia*. v. 85, p. 20-24, 2013.

SECUNDO, L., SNITZ, K., SOBEL, N.. **The perceptual logic of smell.** *Current Opinion in Neurobiology*. v. 25, p. 107–115, 2014.

SIEGMUND, B. In: PARKER, J. K.; ELMORE, J. S.; METHVEN, L. (ed). **Biogenesis of aroma compounds: flavour formation in fruits and vegetables.** *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages*. Elsevier. Chap. 7, p. 127-149, 2015.

SUNARHARUM, W.B., WILLIAMS, D.J., SMYTH, H.E. **Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective.** *Food Research International*. v. 62, p. 315–325, 2014. VCF Online. Disponível em: < <http://www.vcf-online.nl/VcfHome.cfm>>. Acessado em: 04/11/2021.

STANTON, C.; ROSS, R. P.; FITZGERALD, G. F.; VAN, S. D. **Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites.** *Current Opinion in Biotechnology*, v. 16, n. 2, p.198-203, 2005.

SINGH, R. S.; SINGH, R. P.; KENNEDY, J. F. **Recent insights in enzymatic synthesis of fructooligosaccharides from inulin.** *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 85, p. 565-572, Apr. 2016.

SÉVENIER, R.; HALL, R. D.; VAN DER MEER, I. M.; HAKKERT, H. J. C.; VAN TUNEN, A. J.; KOOPS, A. J. **High level fructan accumulation in a transgenic sugar beet.** *Nature Biotechnology*, v. 16, n. 9, p.843-846, 1998.

SANTOS, M. R. L.; ALMEIDA, T. M. **Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de pães enriquecidos com farinha de banana verde com e sem casca.** *Científica-Multidisciplinary Journal*, v. 7, n. 2, p. 1-11, 2020.

SHISHIR, M. R. I., XIE, L., SUN, C., ZHENG, X., CHEN, W. **Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters.** *Trends in Food Science and Technology*, 78(May), 34-60, 2018.

SINGH, H. **Nanotechnology applications in functional foods; opportunities and challenges.** Prevent. Nutr. Food Sci. 21, 1–8, 2016, doi: 10.3746/pnf.2016.21.1.1 .

SINGH, H., YE, A., AND HORNE, D. **Structuring food emulsions in the gastrointestinal tract to modify lipid digestion.** Prog. Lipid Res. 48, 92–100, 2009, doi: 10.1016/j.plipres.2008.12.001 .

SILVA, A. C. C., SILVA, N. A., & PEREIRA, M. C. S. **Alimentos contendo ingredientes funcionais em sua formulação: revisão de artigos publicados em revistas brasileiras.** Conexão Ciência (Online), v. 11, n. 2, p. 133-144, 2016.

SHAN, L. C.; HENCHION, M., BRÚN, A.; MURRIN, C.; WALL P. G.; MONAHAN, F. J. **Factors that predict consumer acceptance of enriched processed meats.** Meat Science, v. 133, p. 185-193, 2017.

SOUZA, E. B. **Transição nutricional no Brasil: análise dos principais fatores.** Cadernos UniFOA, v. 5, n. 13, p. 49-53, 2017.

SERRANO J, CASSANYE A, MARTÍN-GARI M, GRANADO-SERRANO A, PORTERO-OTÍN M. **Effect of Dietary Bioactive Compounds on Mitochondrial and Metabolic Flexibility. Diseases.** 2016 Mar; 4(1):14. doi:10.3390/diseases4010014.

SHEHZAD A, HA T, SUBHAN F, LEE YS. **New mechanisms and the antiinflammatory role of curcumin in obesity and obesity-related metabolic diseases.** Eur J Nutr. 2011 Apr; 50(3):151-161. doi:10.1007/s00394-011-0188-1.

SAHEBKAR A, MOHAMMADI A, ATABATI A, RAHIMAN S, TAVALLAIE S, IRANSHAHI M, ET AL. **Curcuminoids Modulate Pro-Oxidant-Antioxidant Balance but not the Immune Response to Heat Shock Protein 27 and Oxidized LDL in Obese Individuals.** Phyther Res. 2013;27(12):1883-1888. doi:10.1002/ptr.4952.

SOUZA P, MARCADENTI A, PORTAL V. **Effects of Olive Oil Phenolic Compounds on Inflammation in the Prevention and Treatment of Coronary Artery Disease.** Nutrients. 2017 Sep; 9(10):1087. doi:10.3390/nu9101087.

SANTANGELO C, VARI R, SCAZZOCCHIO B, DE SANCTIS P, GIOVANNINI C, D'ARCHIVIO M, ET AL. **Anti-inflammatory Activity of Extra Virgin Olive Oil Polyphenols: Which Role in the Prevention and Treatment of Immune-Mediated Inflammatory Diseases?** Endocr Metab Immune Disord Drug Targets. 2018 ;18(1):36-50. doi:10.2174/1871530317666171114114321.

SHI Z, ZHANG T, BYLES J, MARTIN S, AVERY JC, TAYLOR AW. **Food habits, lifestyle factors and mortality among oldest old chinese: the Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey (CLHLS)**. *Nutrients*. 2015;7(9):7562-79.

TERPOU, A.; PAPADAKI, A.; LAPPAS, I. K.; KACHRIMANIDOU, V.; BOSNEA, L. A.; KOPSAHELIS, N. **Probiotics in food systems: significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value**. *Nutrients*, v. 11, n. 7, p. 1591, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/nu11071591>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/7/1591>. Acesso em: 09/11/2021.

TAVARES, L. A. T. **A depressão como “l-” â : medicalização e (ex)istência do sujeito depressivo**. São Paulo: Ed. UNESP, 2010.

TABAN, A., SAHARKHIZ, M. J., KHORRAM, M. **Formulation and assessment of nano-encapsulated bioherbicides based on biopolymers and essential oil**. *Industrial Crops and Products*, 149(January), 112348, 2020.

TONINI, K. A. D.; SAUERBRONN, J. F. R. **Mulheres cariocas e seus corpos: uma investigação a respeito do valor de consumo do corpo feminino**. *Revista Brasileira de Marketing*, v. 12, n. 3, p. 77-101, 2013.

TIMILSENA, Y. P., AKANBI, T. O., KHALID, N., ADHIKARI, B., BARROW, C. **Complex coacervation: Principles, mechanisms and applications in microencapsulation**. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, 1276-1286, 2019.

THITILERTDECHA, N.; TEERAWUTGULRAG, A.; RAKARIYATHAM, N. **Antioxidant and anti-bacterial activities of Nephelium lappaceum L. extracts**. *LWT - Food Science and Technology*, v. 41, n. 10, p. 2029–2035, dez. 2008. doi: 10.1016/j.lwt.2008.01.017.

TRUCILLO, P., CAMPARDELLI, R., REVERCHON, E. **Production of liposomes loaded with antioxidants using a supercritical CO₂ assisted process**. *Powder Technology*, 323, 155-162, 2018.

TORTOSA-CAPARRÓS E, et al. **Anti-inflammatory effects of omega 3 and omega 6 polyunsaturated fatty acids in cardiovascular disease and metabolic syndrome**. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2017; 57(3): 3421-3429.

TREBATICKÁ J, et al. **Cardiovascular diseases, depression disorders and potential effects of omega-3 fatty acids**. *Physiological research*, 2017; 66(3): 363-382.

TEIXEIRA, C. D. S.; SAUERBRONN, J. F. R.; LODI, M. D. F. D. **Dez segundos na boca, a vida inteira nos quadris – uma análise das relações entre práticas de consumo de alimentos de mulheres e seus corpos.** Anais do XXXIX ENANPAD. Belo Horizonte: ANPAD, 2015.

TRAN J. **Green Tea: A Potential Alternative Anti-Infectious Agent Catechins and Viral Infections.** Adv Anthropol. 2013; 03(04):198-202. doi:10.4236/aa.2013.34028.

TONETTA, V., DAMBRÓS, B. P., MINOTTO, E., SANTIM, N. C. **O papel da linhaça como agente redutor de colesterol e perde de peso.** RBONE- Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento, v. 11, n. 63, p. 159-167, 2017.

TEIXEIRA, L. DE L. et al. **Identification of Ellagitannins and Flavonoids from Eugenia brasilienses Lam. (Grumixama) by HPLC-ESI-MS/MS.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 63, n. 22, p. 5417–5427, 10 jun. 2015. doi: 10.1021/acs.jafc.5b01195.

THOMPSON FE, SUBAR AF. **Dietary Assessment Methodology.** In: Coulston AM, Boushey GH. Nutrition in the prevention and treatment of disease. 2nd ed. San Diego: Academic Press; 2017. p. 5-44.

TÖRRÖNEN, R.; MCDOUGALL, G. J.; DOBSON, G.; STEWART, G.; HELLSTRÖM, J; MATTLA P.; PIHLAVA, JUHA-MATTI; KOSKELA, A. KARJALAINEN, R. **Fortification of blackcurrant juice with crowberry: Impact on polyphenol composition, urinary phenolic metabolites, and postprandial glycemic response in healthy subjects.** Journal of Functional Foods, v. 4, n. 4, p. 746-756, 2012.

TALLIMA, H., EL RIDI, R. **Arachidonic acid: Physiological roles and potential health benefits – A review.** Journal of Advanced Research, 11, 33-41, 2018.

TEODORO AJ. **Bioactive Compounds of Food: Their Role in the Prevention and Treatment of Diseases.** Oxid Med Cell Longev. 2019; 2019(1):1-4. doi:10.1155/2019/3765986.

UNEP.The United Environment Programme " **Índice de Desperdício de Alimentos 2021**".04.março.2021.Disponivelem:<https://www.unep.org/ptbr/resources/relatorios/indice-de-desperdicio-de-alimentos-2021>. Acesso: 15/11/2021.

UEDA, J. M. **Aplicação de formulações conservantes por incorporação em produtos lácteos.** TESE (MESTRE EM QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR), UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, p.111, 2020.

URANGA, J.; ETXABIDE, A.; GUERRERO, P.; CABA, K. **Development of active fish gelatin films with anthocyanins by compression molding.** *Food Hydrocolloids*, v. 84, p. 313-320, 2018.

VUORIO A, KOVANEN PT. **Decreasing the cholesterol burden in heterozygous familial hypercholesterolemia children by dietary plant stanol esters.** *Nutrients*. 2018;10:pii:E1842. <https://doi.org/10.3390/nu10121842>.

VALENT, J. Z., VIEIRA, T. R., BRUZZA, A., RORIGUES, R. G., C, A. P., & SCHIMIT, V. **Fatores determinantes do consumo de alimentos certificados no Brasil.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 18, p. 57-65, 2014.

VIDAL, A. M. et al. **A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças.** *Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 1, n. 15, p. 43–52, 2012.

VERA, C.; GUERRERO, C.; ABURTO, C.; CORDOVA, A.; ILLANES, A. **Conventional and non-conventional applications of β -galactosidases.** *BBA: Proteins and Proteomics*, v. 1868, n. 1, p. 140271, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2019.140271>. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570963919301578>. Acesso em: 09/11/2021.

VENEZIANI, G.; NOVELLI, E.; ESPOSTO, S.; TATICCHI, A.; SERVILI, M. CHAPTER. **Applications of recovered bioactive compounds in food products.** In *Olive Mill Waste*; Galanakis, C.M., Ed.; Academic Press: Cambridge, MA, USA; p. 231–253, 2017.

VANDEPUTTE, D.; FALONY, G.; VIEIRA-SILVA, S.; WANG, J.; SAILER, M.; THEIS, S.; VERBEKE, K.; RAES, J. **Prebiotic inulin-type fructans induce specific changes in the human gut microbiota.** *Gut*, v. 66, n. 11, p. 1968-1974, 2017.

VALLDEPERAS, M., SALIS, A., BARAUSKAS, J., TIBERG, F., ARNEBRANT, T., RAZUMAS, V., MONDUZZI, M., NYLANDER, T. **Enzyme encapsulation in nanostructured self-assembled structures: Toward biofunctional supramolecular assemblies.** *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 44, 130-142, 2019.

VAZ, D.S.S.; BENNEMANN, R. M. **Comportamento alimentar e hábito alimentar: uma revisão.** *Revista Uningá Review*, v. 20, n.1, p. 108-112, 2018.

VIDMAR MF, SIQUEIRA LO, BRITO VB, MARTINS CAQ, PIMENTEL GL, ALMEIDA CR, et al. **Suplementação com ômega-3 pós-reconstrução do ligamento cruzado anterior.** *Rev Bras Med Esporte*. 2016;22(2):131-7.

VCF *Online*. Disponível em: < <http://www.vcf-online.nl/VcfHome.cfm>>. Acessado em: 04/11/2021.

VASCONCELOS, A. C.; PONTES, D. F., GARRUTI, D. S.; SILVA, A. P. V. **Processamento e aceitabilidade de pães de forma a partir de ingredientes funcionais: farinha de soja e fibra alimentar.** Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 17, n. 1, p. 43-49, 2008.

VALE, C. P.; LOQUETE, F. C. C.; ZAGO, M. G.; CHIELLA, P. V.; BERNADI, D. M. **Composição e propriedades da semente de abóbora.** FAG Journal of Health, v. 1, n. 4, p. 79-90, 2019.

VERONEZI, C. M. **Utilization of pumpkin (Cucurbita sp) Seeds as a food source.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.14, n. 1, p. 113-124, 2012.

WEN L, JIANG Y, YANG J, ZHAO Y, TIAN M, YANG B. **Structure, bioactivity, and synthesis of methylated flavonoids.** *Ann N Y Acad Sci.* 2017;1398(1):120-129. doi:10.1111/nyas.13350.

WEN, P., ZONG, M. H., LINHARDT, R. J., FENG, K., WU, H. **Electrospinning: A novel nano-encapsulation approach for bioactive compounds.** *Trends in Food Science and Technology*, 70(July), 56-68, 2017.

WEYENS, G; RITSEMA, T.; VAN DUN, K.; MEYER, D.; LOMMEL, M.; LATHOUWERS, J.; ROSQUIN, I.; DENYS, P.; TOSSENS, A.; NIJS, M.; TURK, S.; GERRITS, N.; BINK, S.; WALRAVEN, B.; LEFÈBVRE, M.; SMEEKENS, S. **Production of tailor-made fructans in sugar beet by expression of onion fructosyltransferase genes.** *Plant Biotechnology Journal*, v. 2, n. 4, p. 321-327, 2004.

WANG, X.; CHOI, S.; KERR, W. C. **Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content.** *Swiss Society of Food Science and Technology.* v. 37, p. 377-384, 2004.

WANG, Y.; ZHU, J.; MENG, X.; LIU, S.; MU, J.; NING, C. **Comparison of polyphenol, anthocyanin and antioxidant capacity in four varieties of *Lonicera caerulea* berry extracts.** *Food Chemistry*, v. 197, part A, p. 522-529, 2016.

WACHÉ, Y., DIJON, A. In: MCNEIL, B.; ARCHER, D.; GIAVASIS, I.; HARVEY, L (ed). **Microbial production of food flavours.** *Microbial Production of Food Ingredients, Enzymes and Nutraceuticals.* Elsevier. Chap. 8, p. 175–193, 2013.

WANG, X. M., & CHEN, J. S. **Food oral processing: Recent developments and challenges.** *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 28, 22–30, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2017.01.001>.

WONG, J. K. H., TAN, H. K., LAU, S. Y., YAP, P. S., DANQUAH, M. K. **Potential and challenges of enzyme incorporated nanotechnology in dye wastewater**

treatment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(4), 103261, 2019.

WANG, X., YU, H., LI, L., ZHAO, M. **Research on temperature dependent effective thermal conductivity of composite-phase change materials (PCMs) wall based on steady-state method in a thermal chamber.** *Energy and Buildings*, 26(August 2016), 408-414, 2016.

WATERHOUSE, G. I. N., SUN-WATERHOUSE, D. **Encapsulation systems containing multi-nutrients/bioactives: From molecular scale to industrial scale.** In *Encyclopedia of Food Chemistry*, 687-694, 2019.

XIAO, Z., HOU, W., KANG, Y., NIU, Y., KOU, X. **Encapsulation and sustained release properties of watermelon flavor and its characteristic aroma compounds from γ -cyclodextrin inclusion complexes.** *Food Hydrocolloids*, 97(100), 105202, 2019.

WIJEKOON, M. M. J. O.; BHAT, R.; KARIM, A. A. **Effect of extraction solvents on the phenolic compounds and antioxidant activities of bunga kantan (*Etlingera elatior* Jack.) inflorescence.** *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 24, n. 4-5, p. 615-619, 2011.

XAVIER, M. F. **Estudo da extração de antocianinas em colunas recheadas.** . Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, Santa Catarina, 120 p , 2004.

XAVIER-SANTOS, D.; BEDANI, R.; LIMA, E. D.; SAAD, S. M. I. **Impact of probiotics and prebiotics targeting metabolic syndrome.** *Journal of Functional Foods*, v. 64, p. 103666, Jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103666>. Disponível:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464619305900>. Acesso em: 08/11/2021.

YAN, L., WANG, R., WANG, H., SHENG, K., LIU, C., QU, H., MA, A., ZHENG, . **Formulation and characterization of chitosan hydrochloride and carboxymethyl chitosan encapsulated quercetin nanoparticles for controlled applications in foods system and simulated gastrointestinal condition.** *Food Hydrocolloids*, 84(June), 450-457, 2018.

YANG, L., GAO, S., ASGHAR, S., LIU, G., SONG, J., WANG, X., ... XIAO, Y. **Hyaluronic acid/chitosan nanoparticles for delivery of curcuminoid and its in vitro evaluation in glioma cells.** *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 1391–1401, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.10.039>.

YUAN, H., ZHANG, J., NAGESWARAN, D., Li, L. **Carotenoid metabolism and regulation in horticultural crops.** *Nature Review: Horticulture Research*. v. 2, 11 p., 2015.

YONESHIO, T., MATSUSHITA, M., HIBI, M., TONE, H., TAKESHITA, M., YASUNAGA, K., KATSURAGI, Y., KAMEYA, T., SUGIE, H., & SAITO, M. **Tea catechin and caffeine activate brown adipose tissue and increase cold-induced thermogenic capacity in humans.** *Am J Clin Nutr.*, 105(4), 873-881, 2017.

YIN, Y., CADWALLADER, K. R. **Spray-chilling encapsulation of 2-acetyl-1-pyrroline zinc chloride using hydrophobic materials: Storage stability and flavor application in food.** *Food Chemistry*, 278(December 2018), 738-743, 2019.

YANAI H, et al. **An improvement of cardiovascular risk factors by omega-3 polyunsaturated fatty acids.** *Journal of clinical medicine research*, 2018; 10(4): 281.

YU, S. LIU, J.; YUN, E. J.; KWAK, S.; KIM, K. H.; JIN, Y. **Production of a human milk oligosaccharide 2'-fucosyllactose by metabolically engineered *Saccharomyces cerevisiae*.** *Microbial Cell Factories*, v. 17, n. 1, p. 101, 27 June 2018. DOI:<https://doi.org/10.1186/s12934-018-0947-2>. Disponível em: <https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12934-018-0947-2>. Acesso em: 10/11/2021.

ZHANG, R., BELWAL, T., LI, L., LIN, X., XU, Y., LUO. **Recent advances in polysaccharides stabilized emulsions for encapsulation and delivery of bioactive food ingredients: A review.** *Carbohydrate Polymers*, 242(January), 116388, 2020.

ZAMBRANO, F.; SILVA, M. C.; ORMENESE, R. C. C.; YOTSUYANAGI, K. **Concentrado proteico de soro como substituto de gordura em pão de queijo.** *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 15, n. 3, p. 244-252, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000018>.

ZAMBRANO-ZARAGOZA, M. L., QUINTANAR-GUERRERO, D. **Novel techniques for extrusion, agglomeration, encapsulation, gelation, and coating of foods.** *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, 1, 379-392, 2019.

ZHANG, Y., MUSTAPHA, A. N., ZHANG, X., BAIOTTO, D., WELLIO, G., DAVIES, T., ZHANG, Z., LI, Y. **Improved volatile cargo retention and mechanical properties of capsules via sediment-free in situ polymerization with cross-linked poly(vinyl alcohol) as an emulsifier.** *Journal of Colloid and Interface Science*, 568(June 2019), 155-164, 2020.

ZHANG L, TAI Y, WANG Y et al. **The proposed biosynthesis of procyanidins by the comparative chemical analysis of five *Camellia* species using LC-MS.** *Sci Rep*, 2017 ;7:46131. <https://doi.org/10.1038/srep46131>.

ZUBAIR H, AZIM S, AHMAD A, KHAN MA, PATEL GK, SINGH S, SINGH AP. **Cancer chemoprevention by phytochemicals: nature's healing touch.** *Molecules* 2017;22(3):395. <https://doi.org/10.3390/molecules22030395>.

ZHOU, J., DU, G., CHEN, J. **Novel fermentation processes for manufacturing plant natural products.** *Current Opinion in Biotechnology*. v. 25, p. 17-23, 2014.