

ORGANIZADOR:
Luis Guillermo Ramírez Mérida

Compostos Bioativos:

Tecnologia e saúde



ORGANIZADOR:

Luis Guillermo Ramírez Mérida

Compostos Bioativos:

Tecnologia e saúde

Canoas
2023



Compostos bioativos: tecnologia e saude

© 2023 Mérida Publishers

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-17-6>

Organizador

Luis Guillermo Ramírez Mérida

Adaptação da capa e desenho gráfico

Luis Miguel Guzmán



Canoas - RS - Brasil

contact@meridapublishers.com

www.meridapublishers.com

Todos os direitos autorais pertencem a Mérida Publishers. A reprodução total ou parcial dos trabalhos publicados, é permitida desde que sejam atribuídos créditos aos autores.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M561c Mérida, Luis Guillermo Ramírez.
Compostos bioativos [livro eletrônico] : tecnologia e saúde / Luis Guillermo Ramírez Mérida. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-84548-17-6

1. Química orgânica. 2. Síntese orgânica. 3. Compostos bioativos. I. Título.

CDD 547

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Apresentação

Os compostos bioativos são de origem diversa e influenciam as atividades celulares e fisiológicas, promovendo efeitos benéficos à saúde. Geralmente, encontramos em pequenas quantidades em alimentos principalmente de origem vegetal. Aproveitar os benefícios desses compostos faz parte do trabalho no laboratório de pesquisa, onde os processos podem ser detectados, extraídos, quantificados e reavaliados para melhor aproveitamento deles.

Este livro apresenta trabalhos onde se evidenciada a importância dos compostos bioativos, processos tecnológicos, efeitos na saúde, presença em compostos alimentares, entre outros.

Autores

Beatriz Paes Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM

Caryna Eurich Mazur

Colegiado de Nutrição, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Centro de Ciências da Saúde, Rodovia Vitório Traiano (Contorno Leste) KM02, Bairro Água Branca, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

Daniela Miotto Bernardi

Colegiado de Nutrição, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Centro de Ciências da Saúde, Rodovia Vitório Traiano (Contorno Leste) KM02, Bairro Água Branca, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

Elizangela Gonçalves de Oliveira

Docente do Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Pelotas-Campus Capão do Leão, 96010-900, Pelotas – RS, Brasil.

Francielle Cristina Nakamura Manicardi

Universidade Estadual de Maringá – UEM

Gabriela Datsch Bennemann

Colegiado de Nutrição, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Centro de Ciências da Saúde, Rodovia Vitório Traiano (Contorno Leste) KM02, Bairro Água Branca, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

Gustavo Henrique Souza

Universidade Estadual de Maringá – UEM

Luana Minussi

Colegiado de Nutrição, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Centro de Ciências da Saúde, Rodovia Vitório Traiano (Contorno Leste) KM02, Bairro Água Branca, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

Mariane Igansi Alves

Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Pelotas-
Campus Capão do Leão, 96010-900, Pelotas – RS, Brasil.

Milena Thais Francisco da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM

Thalita Faleiros Demito Santos

Universidade Estadual de Maringá – UEM; Centro de Ciências agrárias-Pós-
graduação em Ciências de Alimentos

Vanessa Souza Rippel

Colegiado de Nutrição, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE,
Centro de Ciências da Saúde, Rodovia Vitório Traiano (Contorno Leste) KM02,
Bairro Água Branca, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

Índice

CAPÍTULO 1 8

Compostos Bioativos nos Transtornos do Espectro Autista: Revisão de Literatura

Gabriela Datsch Bennemann, Caryna Eurich Mazur, Daniela Miotto Bernardi, Luana Minussi, Vanessa Souza Rippel

CAPÍTULO 2 37

Encapsulação de antocianinas a partir da secagem por atomização: a revisão

Mariane Igansi Alves, Elizangela Gonçalves de Oliveira

CAPÍTULO 3 55

A importância das proteínas vegetais na promoção da saúde: Uma revisão

Thalita Faleiros Demito Santos, Beatriz Paes Silva, Francielle Cristina Nakamura Manicardi, Milena Thais Francisco da Silva

Compostos Bioativos nos Transtornos do Espectro Autista: Revisão de Literatura

Gabriela Datsch Bennemann, Caryna Eurich Mazur, Daniela Miotto Bernardi,
Luana Minussi, Vanessa Souza Rippel

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-17-6.c1>

Resumo

Nos últimos anos as pesquisas e informações relacionadas aos Transtornos do Espectro Autista (TEAs) tem se intensificado e conseqüentemente os números de diagnósticos tem aumentado. É reconhecido na literatura, que além dos sintomas neurológicos, relacionados à déficits significativos na interação social, comunicação e repetição de comportamentos, estes pacientes apresentam carências nutricionais e distúrbios gastrointestinais diversos, como alteração da microbiota, irritação e permeabilidade intestinal, obstipação e diarreia. A utilização e consumo de alimentos funcionais e em alguns casos a suplementação alimentar, com foco em determinados compostos bioativos, no contexto de uma alimentação saudável e de uma dieta equilibrada, são estratégias relacionadas à melhora da qualidade de vida de pacientes com TEA. Antioxidantes como o ácido ascórbico, vitamina E, zinco, glutathione e alguns polifenóis, além dos moduladores da microbiota intestinal como lactoferrina, probióticos e prebióticos, tem mostrado efeitos positivos relacionados à sintomas diversos nestes pacientes. A nutrição adequada e a terapia nutricional são reconhecidas como direitos dos pacientes com diagnóstico de TEA, segundo a Lei Federal 12.764/2012, que estabelece inúmeros parâmetros para esta população no Brasil. Nesse contexto, o presente capítulo pretende promover uma atualização sobre o papel dos diferentes compostos bioativos no acompanhamento nutricional TEA, destacando-se o papel fundamental da nutrição e a importância do acompanhamento nutricional direcionado para estes pacientes.

Palavras-chave: Alimentação, alimento funcional, antioxidantes, compostos fitoquímicos, autismo, nutrição.

1. Introdução

O autismo foi descrito em 1943 pelo pesquisador Leo Kanner, o qual considerava como uma síndrome rara que comprometia o contato afetivo e interpessoal dos indivíduos susceptíveis (BARBOSA; FIGUEIRÓ, 2021). Na década de 1960 eram registrados somente 0,05% dos casos totais existentes e na década de 1980 os transtornos relacionados ao autismo ainda eram considerados raros (um a cada 10 mil pessoas). Porém, após o início dos anos 1990 o número de registros aumentou. No ano de 2010 o número de diagnósticos chegava a 52 milhões de pessoas no mundo, sendo mais prevalente no sexo masculino (4:1) (BAXTER et al, 2015).

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é mais amplo que o autismo e se caracteriza por comprometer o neurodesenvolvimento, devido às alhas na comunicação entre os neurônios, afetando assim, as interações sociais, onde os indivíduos apresentam comportamentos compulsivos, ritualistas, restritos, repetitivos, além de limitações sensoriais. Uma intervenção precoce é fundamental, tendo em vista que o autismo possui diferentes graus de sinais e sintomas, promovendo assim um tratamento mais adequado, pela razão de ser uma enfermidade incurável (PENAFORTE; VASCONCELOS; FLÔR, 2019).

O TEA ainda não possui uma etiologia específica, porém muitos estudos sugerem que pode haver relação com fatores genéticos, ambientais e biológicos, isso porque durante a formação do feto, a interação destes aspectos afeta o desenvolvimento neuronal normal, acarretando o aparecimento das manifestações clínicas conhecidas desse transtorno. Alguns exames de imagem avançados são utilizados em estudos atuais para determinar uma conexão entre as características biológicas do indivíduo e o autismo, observando principalmente as alterações nas funções e interações cerebrais (ISAÍAS, 2019).

As principais manifestações clínicas apresentadas no TEA são dependentes do grau de complexidade da doença, dentre as quais se destacam a repulsa à mudanças, dificuldade no processo de ensino-aprendizagem, impasses no convívio social, disfunção do sono, comportamentos agressivos e ansiosos. Podem ocorrer disfunções intestinais, decorrentes de uma maior permeabilidade do órgão, inflamação, redução da produção de enzimas

digestivas, bem como, flatulências, dores abdominais, alterações de peso, intolerâncias, vômitos e diarreia (BARBOSA; FIGUEIRÓ, 2021).

Característica recorrente em pacientes com diagnóstico de TEA é a seletividade alimentar, principalmente em crianças, marcada pela indiferença ou rejeição à determinados alimentos, bem como, pela inapetência, isso se deve a alguma inaptidão motora ou modificação no processamento sensorial, devido a alterações na propagação das sinapses, resultando em sensibilidade sensorial em vários níveis (STAAL et al, 2012; VALENZUELA-ZAMORA ET AL, 2022).

Estas alterações no comportamento alimentar muitas vezes são baseadas nas condições organolépticas dos alimentos, onde são observados mais amplamente o odor, a temperatura, as condições visuais e a textura, dessa forma, as pessoas com TEA podem se alimentar com alimentos que apresentam apenas uma determinada cor ou uma textura que seja mais tolerada por eles, assim como, alimentos com alto valor energético, grande quantidade de amido e ricos em gorduras e açúcares (SILVA; MULICK, 2009). Tais condições muitas vezes comprometem o acesso à alimentação adequada, saudável e variada, ocasionando em alguns casos em carências nutricionais (CARVALHO, et al, 2012).

A nutrição adequada e a terapia nutricional são reconhecidas como direitos dos pacientes com diagnóstico de TEA, segundo a Lei Federal 12.764/2012, que estabelece inúmeros parâmetros para esta população no Brasil. Nesse contexto, o presente capítulo pretende promover uma atualização sobre o papel dos diferentes compostos bioativos no acompanhamento nutricional no TEA, destacando-se o papel fundamental da nutrição e a importância do acompanhamento nutricional direcionado para estes pacientes.

2. Vitaminas e Minerais

Visando melhorar a sintomatologia e mudanças comportamentais, em muitos estudos vêm sendo analisadas a ingestão apropriada de vitaminas e minerais, considerando que autistas manifestam inadequação de micronutrientes, seja pelo consumo inadequado ou disfunções metabólicas que os impedem de absorverem em níveis normais, buscando melhoras na saúde de

uma maneira geral, que pode propiciar avanços nas condutas educacionais e hábitos (PANGRAZZI; BALASCO; BOZZI, et al. 2020^b).

Estudos realizados em pacientes com TEA também indicaram que a disfunção do sistema imunológico é frequentemente sustentada por um forte estado inflamatório, que pode estar associado ao padrão alimentar (SINISCALCO et al, 2018; CROONENBERGHS et al, 2002). Embora ligação entre o sistema imunológico prejudicado e o TEA tenha sido postulada há muito tempo, somente nas últimas décadas a ciência examinou mais de perto a contribuição potencial de tal sistema para o TEA. Além disso, sinais de ativação microglial, bem como aumento de citocinas e quimiocinas inflamatórias (ou seja, interferon (IFN) γ , interleucina (IL)-1 β , IL-6, fator de necrose tumoral (TNF) e quimiocina motif ligand C-C (CCL)- 2) foram encontrados no cérebro e líquido cefalorraquidiano de indivíduos com TEA (GOTTFRIED et al, 2015; LI et al, 2009). Além disso, a neuroinflamação central e as respostas inflamatórias alteradas, juntamente com alterações sinápticas, foram mostradas (PANGRAZZI; BALASCO; BOZZI, 2020^b; MATTA; HILL-YARDIN; CRACK, 2019), sugerindo que o aumento da produção de moléculas pró-inflamatórias no TEA e que pode representar um forte contribuinte para a patogênese e gravidade desses distúrbios. Tais características reforçam a importância dos antioxidantes naturais e em sua atividade anti-inflamatória como um alvo potencial para tratar e atenuar a sintomatologia do TEA. Conforme apresentado na figura 1, os nutrientes são muito importantes para o tratamento do TEA.

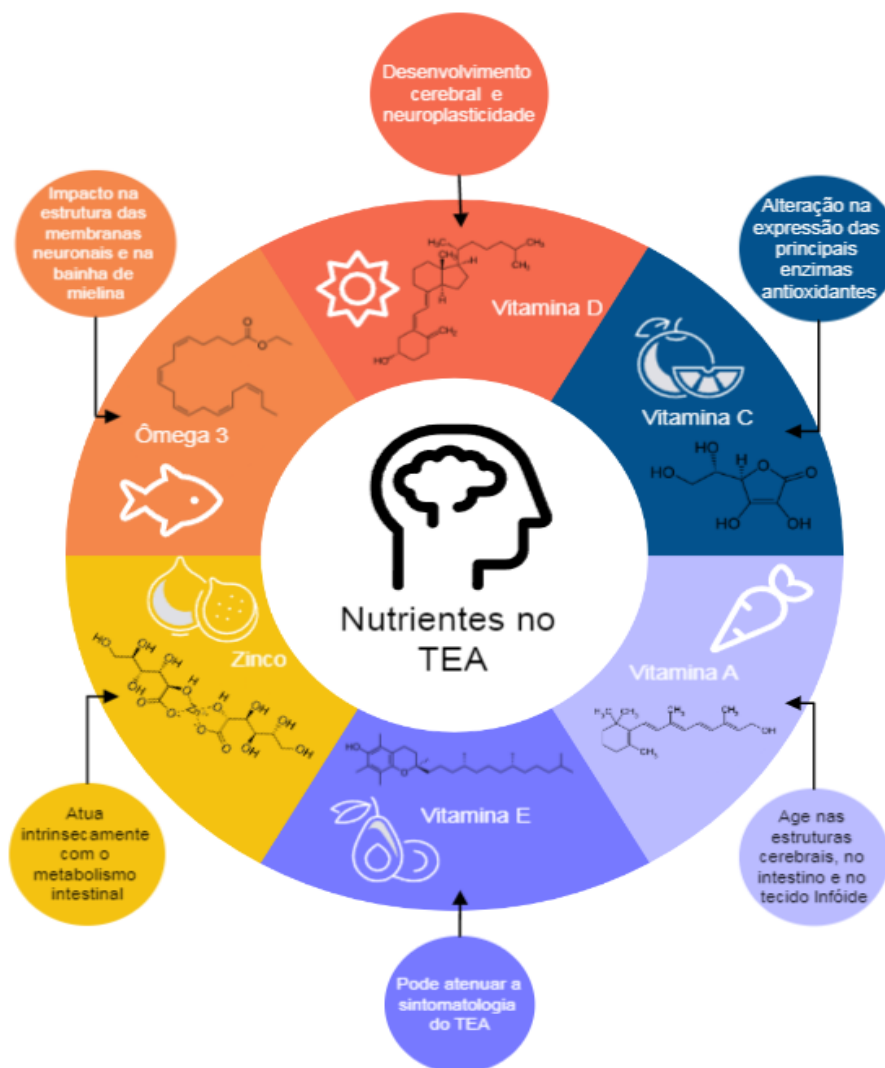


Figura 1. Nutrientes importantes e suas respectivas funções no Transtorno do Espectro Autista (TEA). Fonte: As autoras.

2.1. Vitamina D

A vitamina D é uma vitamina lipossolúvel, que tem como principal função a regulação do metabolismo do cálcio e fósforo. No entanto, essa vitamina vem sendo associada a riscos reduzidos ao desenvolvimento de doenças autoimunes, síndrome metabólica e até alguns tipos de câncer, bem como, regulação da expressão gênica (COMINETTI; COZZOLINO, 2020). Ainda mais, a vitamina D atua no desenvolvimento cerebral, especialmente em sua

neuroplasticidade, já que a enzima responsável pela síntese de vitamina D, a 1 α -hidroxilase, se encontra em grandes quantidades nesse tecido (ZHOU et al, 2018), como também, no funcionamento do cérebro, desde a especificação em células neuronais até sua morte, à regulação das sinapses e dos neurotransmissores, bem como, na diminuição do estresse oxidativo (KARRAS, et al., 2018).

No TEA, muitos estudos elucidaram que crianças portadoras dessa condição possuem níveis sanguíneos inferiores de vitamina D, em relação a crianças normais. García-Serna e Morales (2020), encontraram associação entre níveis elevados de vitamina D e melhor desenvolvimento cognitivo dos fetos humanos. No entanto, níveis abaixo de 20 ng/mL, tanto no sangue materno durante a gestação, quanto no sangue do recém-nascido aportaram maiores chances no desenvolvimento de sintomas semelhantes ao autismo, assim como, formas de comportamento típicos do transtorno (LÓPEZ-VICENTE et al., 2019).

Nesse sentido, a suplementação de vitamina D, apresenta resultados promissores no TEA, pois pode melhorar os sinais e sintomas, reduzir as mutações genéticas nesse condição decorrentes da deficiência desse micronutriente (SIRACUSANO et al., 2020), assim como, da proliferação exagerada das células neuronais que desencadeiam o crescimento excessivo do cérebro, melhora nos comportamentos sociais e repetitivos, induzido pelos sistemas de neurotransmissores desregulados, como por exemplo, a deficiência do neurotransmissor inibitório ácido γ -aminobutírico (GABA) nos tecidos cerebrais, o que pode remeter ao diagnóstico de TEA (STAAL et al., 2012). Em virtude das ações da vitamina D no sistema imune, não permitindo uma resposta imune exagerada, por meio do controle do mecanismo de produção das células T reguladoras, bem como de reações autoimunes, interfere nas respostas comportamentais de indivíduos com autismo. Além disso, a vitamina D apresenta ações imunomoduladoras o que pode culminar na diminuição dos processos inflamatórios no cérebro, que em pessoas com TEA se encontra elevado pela presença de citocinas, interferindo no comprometimento cognitivo (ZHOU, et al, 2018).

No TEA devido ao estresse oxidativo e as disfunções mitocondriais recorrentes, a vitamina D pode atuar como antioxidante, por conseguir inibir a

produção da enzima óxido nítrico sintase, controlar a glutathione, assim como, diminuição da ação das células gliais, e a inflamação neuronal (WANG, et al, 2022).

Contudo, apesar de vários estudos terem sido conduzidos tanto em animais e humanos, os quais apontaram alguns dos efeitos terapêuticos da vitamina D no TEA, ainda não há um consenso na comunidade científica (WANG, et al, 2022).

2.2. Vitamina A

A vitamina A é um termo que compreende uma série de compostos lipossolúveis que incluem retinóides (retinol, retinal, ácido retinóico e palmitato de retinila), bem como carotenoides com atividade biológica de vitamina A. É encontrada no ambiente em sua forma livre ou presentes em alimentos de origem animal e em algumas bactérias na forma esterificada. Sua principal função é a manutenção da visão, pois atua nas proteínas sensíveis à luz na retina, além disso apresenta ação moduladora do sistema imune, promove integridade aos tecidos epiteliais, assim como, está envolvida no crescimento, diferenciação, proliferação celular, espermatogênese, desenvolvimento fetal, e na expressão gênica, bem como, é fundamental no apetite, paladar e audição (COMINETTI; COZZOLINO, 2020).

No TEA, as crianças tendem a ter menores índices séricos de vitamina A em relação a indivíduos típicos, isso se deve aos sintomas gastrointestinais, como constipação, aliados à recusa alimentar pelos principais alimentos fontes e possível disabsorção dessa vitamina que é sintetizada especialmente no intestino delgado. Os benefícios da vitamina A no TEA, são reconhecidos, tais como, auxiliar na função nervosa, por agir nas estruturas cerebrais, melhora nas funções intestinais, assim como, no tecido linfóide, além de controlar a liberação de citocinas e serotonina (LIU et al., 2021).

2.3. Vitaminas E e C

Estudos têm mostrado que todos os componentes envolvidos na rede das vitaminas E e vitamina C e além delas a glutathione, são prejudicados no TEA. Alterações na expressão das principais enzimas antioxidantes do sistema de eliminação de espécies reativas de oxigênio estão presentes tanto em modelos experimentais relacionados ao TEA, como nos pacientes com diagnóstico, tanto no cérebro, como no sangue periférico (PANGRAZZI; BALASCO; BOZZI, 2020^a; MEGUID et al, 2017). Isso indica que os níveis de estresse oxidativo podem ser elevados com TEA.

Foi descrito que a concentração de vitamina E no sangue reduzida está associada a comportamentos semelhantes ao TEA, porém são necessários mais estudos para avaliar se a suplementação de vitamina E pode atenuar os sintomas do TEA. A deficiência de vitamina C também foi observada no TEA. Diferentemente da vitamina E, que é lipossolúvel, a vitamina C não é armazenada em nenhum reservatório do organismo. Como não é produzido endogenamente, é rapidamente perdida na urina se não for suplementado pela dieta. Assim, a concentração plasmática de vitamina C está relacionada à sua ingestão alimentar e tem uma meia-vida de 12 a 24 horas (COMINETTI; COZZOLINO, 2020). O consumo de quantidades muito baixas de alimentos ricos em vitamina C pode levar ao escorbuto, uma doença rara que ocorre principalmente em pessoas com hábitos alimentares incomuns, alcoolistas ou com transtornos mentais. Recentemente, o aumento da prevalência de escorbuto foi observado em crianças com TEA. Esta situação pode ser causada por má absorção de vitamina C e/ou baixa ingestão de vegetais e frutas in natura. Além disso, baixos níveis de vitamina C foram observados no sangue de crianças com TEA, em comparação com controles saudáveis (MEGUID et al, 2017). Outro aspecto que normalmente pode ser observado em crianças com TEA é a diminuição do nível de glutathione, particularmente em sua forma reduzida (GEIER et al, 2009). Paralelamente, os níveis de glutathione oxidada são maiores do que em crianças com desenvolvimento normal. Como a glutathione reduzida é necessária para regenerar o ácido docosahexaenóico (DHA) a partir do ascorbato, níveis mais baixos de vitamina C em sua forma reduzida podem ser esperados com TEA. Consequentemente, quantidades aumentadas de vitamina

E em sua forma tocoferoxila/tocotrienoxila oxidada podem estar presentes na presença de TEA (PANGRAZZI; BALASCO; BOZZI, 2020^b). Vale ressaltar que mais aspectos relacionados à glutatona serão abordados mais adiante.

2.4. Zinco

Em indivíduos que apresentam TEA o consumo adequado de zinco importante, visto sua atuação para com o desenvolvimento físico e mental, sendo que geralmente as concentrações deste mineral estão diminuídas para a enfermidade descrita. Durante o processo de crescimento do feto, ocorre a estruturação da morfogenia cerebral, que por sua vez possui dependência da regulação de zinco para que o sistema nervoso se desenvolva sem que haja disfunções, estas que podem acarretar possíveis transtornos neurocognitivos. Além disso, sua deficiência auxilia durante as “respostas” do sistema intestino/cérebro, causando um impacto nos processos fisiológicos do intestino, que desta forma afeta o sistema imunológico do indivíduo (NASCIMENTO, 2022).

3. Ômega-3

O ômega-3, também conhecido como n-3, é uma classe de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) amplamente distribuídos na natureza, constituinte muito importante do metabolismo lipídico. Três tipos principais de ácidos graxos ômega-3 são fundamentais para a fisiologia humana: o ácido α -linolênico (ALA), presente nos óleos vegetais, e os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), ambos comumente encontrados em óleos marinhos.

Sabe-se que o metabolismo prejudicado dos ácidos graxos afeta a função cerebral normal, com impacto na estrutura das membranas celulares neuronais, bem como no desenvolvimento da bainha de mielina. Em particular, o DHA constitui 90% de toda a quantidade de ômega-3 no cérebro humano e 10-20% do total de lipídios. Em estudo recente foi relatada uma ligação entre o metabolismo anormal de ácidos graxos e a fisiopatologia do TEA (BOZZATELLO et al, 2016). O aumento da ingestão de DHA reduz o risco de transtorno bipolar, esquizofrenia e depressão, enquanto baixos níveis dessa molécula são um fator

de risco potencial para doenças mentais. Crianças com TEA apresentaram níveis mais baixos de DHA e EPA e níveis séricos totais de ômega-3 mais baixos em comparação com crianças saudáveis da mesma idade (MAZAHERY et al, 2017). Esta condição pode ser causada por defeitos nas enzimas envolvidas na produção e metabolização de DHA e EPA a partir de ALA, deficiência na incorporação da membrana celular ou disfunção na oxidação mitocondrial de ácidos graxos poliinsaturados. Mais recentemente, um modelo que liga o fenótipo TEA e a deficiência de DHA foi proposto (HALL, 2016). O eixo intestino-cérebro foi recentemente sugerido como uma via alternativa para a ação do ômega-3 contra o TEA. De fato, a deficiência de ácido graxo n-3 durante o período perinatal é conhecida por alterar o equilíbrio microbiano intestinal na prole, levando a uma redução na densidade bacteriana e uma proporção reduzida de Firmicutes para Bacteroidetes, importantes cepas de modulação intestinal (MADORE et al, 2016). A suplementação de ômega-3 pode aumentar as espécies de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* no intestino e diminuir os níveis de potenciais patobiontes pertencentes à família *Enterobacteriaceae*. Além disso, o supercrescimento microbiano prejudicou a absorção e o metabolismo de PUFAs e outras moléculas. Em conjunto, a administração de ômega-3 pode melhorar comportamentos semelhantes ao TEA em pessoas autistas, provavelmente reduzindo as condições neuroinflamatórias no cérebro e apoiando a funcionalidade ideal do eixo intestino-cérebro.

4. Polifenóis

4.1. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos ou polifenóis dietéticos são compostos bioativos com potencial na prevenção e tratamento de diversas doenças crônicas, principalmente devido à sua capacidade de modular as principais vias de sinalização pró-inflamatórias e pró-oxidantes. Amplamente difundidos em muitos alimentos de consumo diários, como os in natura frutas, vegetais, sementes e bebidas, estes compostos têm sido extensivamente estudados no contexto de várias doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, distúrbios neurodegenerativos, câncer e distúrbios inflamatórios intestinais (ZEKEYA et al.,

2022; RAHMAN et al, 2021), e mais recentemente no contexto de transtornos do neurodesenvolvimento, ou seja, TEA e síndrome de Down (SERRA et al., 2019).

Conforme já apontado anteriormente, muitos estudos relataram aumento do estresse oxidativo em indivíduos com TEA, incluindo diminuição das enzimas antioxidantes e aumento dos produtos de oxidação de DNA, lipídios e proteínas tanto no cérebro quanto na circulação periférica (LIU et al., 2022; FENG et al., 2017, DEPINO, 2013;).

Embora os estudos utilizando polifenóis como aliados ao tratamento no TEA, em sua maioria ainda tem sido desenvolvido sem modelos experimentais, induzidos pelo fármaco conhecido como ácido valpróico, a preocupação com sua eficácia *in vivo* ocorre constantemente. No entanto, evidências acumuladas sugerem que esses compostos podem atingir grandes concentrações no trato gastrointestinal, o que pode ser importante no contexto de distúrbios intestinais e neurológicos, especialmente nas vias de modulação do “eixo intestino-cérebro”.

No entanto, é importante destacar que a preocupação mais séria quanto ao uso de polifenóis na prática clínica é a sua baixa biodisponibilidade. Portanto, muitos esforços têm sido feitos para o desenvolvimento de suplementos com maior utilização e eficiência *in vivo*. Com relação a isso, algumas novas formas de apresentação e misturas de compostos foram testadas. A maioria dessas novas formulações visa aumentar a absorção desses compostos naturais e diminuir a complexidade de seu metabolismo (VACCA et al., 2016).

Conforme demonstrado na figura 2, os compostos fenólicos são importantes para condução da terapia nutricional no TEA.

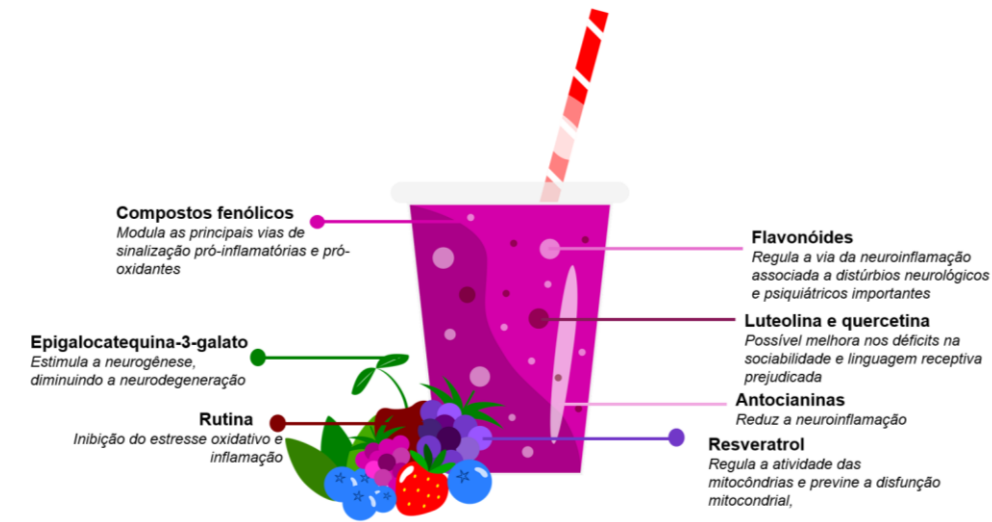


Figura 2. Benefícios dos compostos fenólicos e demais compostos bioativos no Transtorno do Espectro Autista (TEA). Fonte: As autoras.

4.2. Resveratrol

O resveratrol é um composto polifenólico do tipo estilbeno, naturalmente presente em uvas, pinheiros, amendoins e vinho tinto. A maior parte de uma dose intravenosa de resveratrol em humanos é convertida principalmente em sulfatos conjugados em aproximadamente 30 min, e no soro a meia-vida dos metabólitos totais é de aproximadamente 9,2 h (WALLE et al., 2004). Nas últimas duas décadas, o resveratrol recebeu atenção especial da comunidade científica e tem sido associado a papéis protetores e terapêuticos em diversas doenças. O resveratrol é amplamente reconhecido como um composto antioxidante e anti-inflamatório além de mostrar efeitos neuroprotetores (GOTTFRIED et al, 2011). Todas essas atividades biológicas poderiam ser de interesse na terapêutica do autismo.

Vários estudos têm mostrado que os polifenóis, entre os quais se destaca o resveratrol, podem regular a atividade das mitocôndrias e prevenir a disfunção mitocondrial, comumente presente em pacientes com TEA (JARDIM et al., 2018). Bellaver et al. (2016) relataram que o resveratrol é eficiente na prevenção da regulação negativa da expressão do citocromo C oxidase e na supressão da produção mitocondrial de espécies reativas de oxigênio nas células conhecidas

como astrócitos hipocâmpais primários (em modelos estimulados por ácido valpróico) as quais tem sido alvo de importantes avanços nas pesquisas sobre o TEA.

No caso específico de distúrbios cerebrais, como TEA, dados relatados apoiaram os efeitos diretos de alguns compostos polifenólicos sobre o cérebro, após permeabilidade através da barreira hematoencefálica. É conhecido que a estrutura química destes compostos naturais, nomeadamente em termos de número e posição dos grupos glicosídeo e hidroxila, é determinante para o transporte transmembrana (YANG et al., 2014).

Bambini-Junior (2014) e seus colaboradores investigaram a influência do tratamento pré-natal com resveratrol sobre comportamentos sociais em um modelo roedor de autismo, induzido por exposição pré-natal ao ácido valpróico, por meio de um teste de três câmaras para medir memória social e preferências. Tal estudo demonstrou ser uma estratégia experimental promissora para avaliar novos alvos moleculares possivelmente envolvidos na etiologia do autismo, bem como as alterações do desenvolvimento implicadas em comprometimentos neurais e comportamentais no TEA. A administração pré-natal de resveratrol demonstrou ser eficaz na prevenção dos prejuízos sociais induzidos pelo ácido valpróico.

Além disso, o resveratrol e outros polifenóis do vinho tinto são capazes de regular a microbiota intestinal em humanos, aumentando o número de grupos bacterianos benéficos para a saúde, nomeadamente *Bifidobacterium*, *Bacteroides* e *Enterococcus* (DUDA-CHODAK et al., 2015). Estas moléculas podem atingir altas concentrações no lúmen intestinal (HALLIWELL, 2007) aliado à sua capacidade de modular o eixo microbiota-intestino-cérebro, tornando o uso desses compostos promissoras estratégias terapêuticas para distúrbios cerebrais (SERRA et al., 2019). Como a modulação do eixo microbiota-intestino-cérebro ainda é pouco explorada no contexto do TEA, merece maior atenção por parte comunidade científica em estudos futuros.

4.3. Flavonóides

Os flavonoides constituem um grande grupo de compostos fenólicos amplamente presentes na dieta humana, pois são encontrados em frutas,

vegetais e bebidas derivadas de plantas. São classificados em seis subclasses principais, que incluem flavonas, flavonóis, flavanonas, flavanóis, antocianinas e isoflavonas. Evidências recentes indicam que os flavonoides desempenham papel na regulação das principais vias de sinalização, como fator nuclear *kappa-light-chain-enhancer* da via de células B ativadas (NF- κ B), Janus quinase e transdutor de sinal e ativador de proteínas de transcrição (JAK/STAT), via do receptor *Toll-like* (TLR) e cAMP proteína de ligação ao elemento de resposta (CREB), envolvida na neuroinflamação associada a distúrbios neurológicos e psiquiátricos importantes, incluindo TEA (SAVINO et al., 2023; HAMSALAKSHMI et al., 2022; DAVINELLI et al., 2020).

A literatura tem destacado estudos que contemplam os seguintes flavonóides: rutina, epigallocatequina-3-galato (EGCG), luteolina, quercetina e antocianinas.

4.4. Rutina

Dado que a relação dose-resposta dos polifenóis se encaixa em um padrão hormético, os polifenóis dietéticos têm a capacidade de induzir respostas adaptativas ao estresse em baixas doses e são tóxicos em altas doses, como mostrado em muitos modelos *in vitro* e *in vivo* da doença (CALABRESE et al., 2016). Vários polifenóis demonstraram modular a via de sinalização da sirtuína (SIRT) 1, em ensaios *in vitro* e *in vivo*, interferindo nos principais processos celulares, ou seja, controle do ciclo celular, reparo do DNA, agregação de proteínas, inflamação e função mitocondrial. A rutina, um flavonoide facilmente encontrado em frutas cítricas, demonstrou ativar a SIRT1, inibindo estresse oxidativo e inflamação em ratos (NG et al., 2016).

4.5. Epigallocatequina-3-galato

Principal flavonoide do chá verde, epigallocatequina-3-galato (EGCG), assim como o resveratrol, demonstraram ativar o eixo SIRT1/AMPK/PGC1 α , ativando a neurogênese em um modelo experimental de camundongo de síndrome de Down (TROVÒ et al., 2020). Em estudo desenvolvido na Turquia (OZDEMIR, 2020), modelos experimentais de autismo (roedores) induzidos por

ácido propiônico (PPA) foram suplementados com EGCG e apresentaram diminuição da neurodegeneração por aumento dos níveis de fator de crescimento nervoso (NGF), fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), receptor de tropomiosina quinase B (TrkB) e proteína dependente de cálcio/calmodulina quinase II subunidade alfa (CaMKII- α), demonstrando modulação nas vias de sinalização destes compostos por ação do EGCG.

4.6. Luteolina e quercetina

Um total de 145 crianças foram investigadas em cinco estudos clínicos envolvendo os efeitos dos flavonoides luteolina e quercetina no TEA (EKICI, 2020; BERTOLINO et al., 2017; TSILIONI et al., 2015; TALIOU et al., 2013; THEOHARIDES et al., 2012). Semelhante aos resultados obtidos com o modelo do camundongo, Bertolino et al. (2017) relataram que um tratamento de luteolina por 12 meses melhorou o quadro clínico em uma criança do sexo masculino de 10 anos de idade, com redução nos comportamentos estereotipados. Em um ensaio clínico com 17 crianças que receberam glicocorticóides por pelo menos 3 meses para reduzir a neuroinflamação e melhorar os traços autistas, a suplementação com quercetina por 18 meses melhorou algumas características do TEA, como déficits na sociabilidade e linguagem receptiva prejudicada (EKICI, 2020).

Um estudo prospectivo de 26 semanas demonstrou que uma formulação de suplemento dietético contendo luteolina e quercetina pode fornecer benefícios significativos em crianças com TEA, tanto no funcionamento adaptativo quanto nas dificuldades comportamentais. Esses flavonóides são considerados seguros, e o único efeito adverso observado nos indivíduos foi a irritabilidade transitória (TALIOU et al., 2013). Usando os mesmos flavonóides na mesma dose, uma série de casos aberta não controlada mostrou que o tratamento com luteolina e quercetina por 4 meses pode aumentar a atenção e a sociabilidade em crianças com TEA. Os autores também relataram uma melhora na disfunção gástrica que pode ter tido um impacto substancial nas melhorias observadas nessas crianças (THEOHARIDES et al., 2012). Da mesma forma, um estudo aberto em uma coorte de 40 crianças com TEA mostrou que os níveis séricos de IL-6 e TNF diminuíram significativamente após um período de tratamento de 26

semanas com luteolina e quercetina, em comparação com controles normotípicos. Este estudo também indicou um efeito positivo da luteolina e da quercetina no funcionamento adaptativo desta coorte de crianças com TEA (TSILIONI et al., 2015).

4.7. Antocianinas

As antocianinas, uma classe de flavonoides presentes em frutas silvestres, são consideradas promissoras agentes para reduzir a neuroinflamação causada pela micróglia. Serra e colaboradores (2022) demonstraram que um extrato rico em antocianina aliviou comportamentos semelhantes ao autismo em um modelo de camundongo induzido por ácido valpróico. Ao mesmo tempo, este extrato diminuiu a neuroinflamação e a inflamação intestinal, modulando a composição da microbiota intestinal. Aumento dos níveis de serotonina e redução da disfunção sináptica também foram demonstradas.

5. Glutathione e lactoferrina

Conforme apontado anteriormente, o TEA é um distúrbio multifatorial em que vários sistemas corporais são afetados e o estresse oxidativo pode servir como um elo entre esses sistemas Castejon et al. (2021). A glutathione, tripeptídeo formado pelos aminoácidos cisteína, glicina e ácido glutâmico, é encontrada em abundância nas células pois é componente do sistema antioxidante celular, que atua diretamente na eliminação e inativação de espécies reativas de oxigênio Ghanizadeh et al. (2012). A literatura aponta que em pacientes com TEA os níveis de glutathione são baixos (CASTEJON et al., 2021). James et al. (2004) afirmam que a concentração reduzida do aminoácido cisteína parece ser um dos fatores que contribuem para isso.

As proteínas do soro de leite são fontes de ácido glutâmico-cistina, que formam pontes dissulfeto, as quais não são hidrolisadas na digestão, sendo absorvidas na forma peptídica de glutamyl-cisteína, substrato para a síntese de glutathione (SGARBIERI et al., 2009). Portanto, Castejon et al. (2021) avaliaram, em estudo duplo cego, o impacto da suplementação de proteína de soro do leite rica em cisteína sobre os níveis de glutathione sérica e sobre o comportamento

de crianças com idades entre 3 e 5 anos com diagnóstico de TEA. O estudo demonstrou que a intervenção melhorou os níveis de glutathiona, bem como alguns comportamentos, além disso o produto foi bem aceito pelo público. Neste contexto, os autores indicaram que os resultados foram promissores, mas novos estudos precisam ser feitos, com maior número de indivíduos e outras idades para comprovar a efetividade do suplemento (Figura 3).

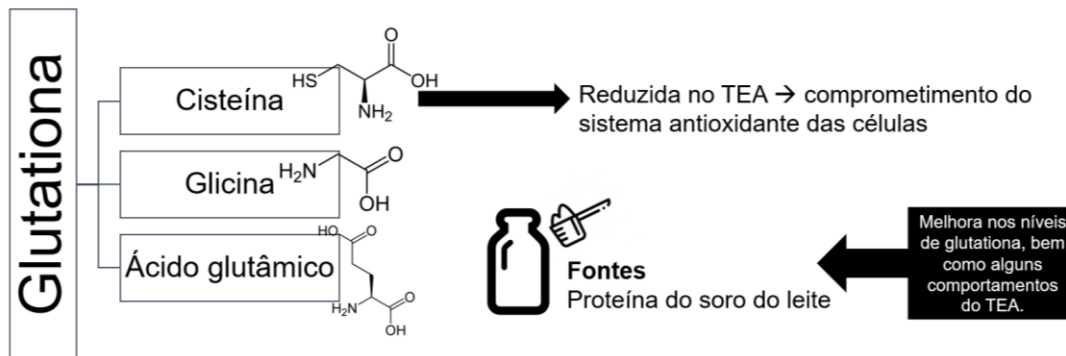


Figura 3. Potenciais da glutathiona na terapia nutricional do Transtorno do Espectro Autista (TEA). Fonte: As autoras.

Estudo de revisão recente estudou os benefícios do consumo de leite de camelo para diferentes patologias e apontou que o consumo regular do produto pode trazer resultados positivos para pacientes com TEA, tais como a melhora dos sintomas e do comportamento, além de resultados interessantes relacionados à redução da inflamação e estresse oxidativo. Os autores relatam que o leite de camelo possui diferentes compostos bioativos como magnésio, zinco, ácido ascórbico, vitamina E, porém, destacam que a lactoferrina, que está presente em quantidades expressivas neste tipo de leite, tem papel de destaque na bioatividade do alimento para pacientes com TEA (IZADI et al., 2019).

A lactoferrina é uma glicoproteína, presente no soro do leite humano e no soro do leite de outras espécies como a de camelo por exemplo, que possui potencial antioxidante por favorecer a produção de glutathiona, além disso, ela apresenta propriedades imunomoduladoras e anti-inflamatórias, bem como amplo espectro antimicrobiano (JENSSEN; HANCOCK, 2009; WAKABAYASHI et al., 2006).

Quando administrada via oral, a lactoferrina e os peptídeos resultantes da sua digestão podem ter efeitos imunomoduladores e anti-inflamatórios porque inicialmente atuam na mucosa intestinal e posteriormente passam ter um efeito sistêmico, levando à modulação da resposta imune que resulta em atividade anti-inflamatória mediada pela inibição da produção de citocinas pró-inflamatórias, regulação das citocinas anti-inflamatórias, regulação da proliferação, diferenciação e ativação das células B e T, além disso, pode atuar no processo de fagocitose de neutrófilos, estímulo para a produção de macrófagos peritoniais e células *natural killer* no baço (WAKABAYASHI et al., 2006).

Em relação à atividade antimicrobiana, a hidrólise da lactoferrina por pepsina libera a lactoferricina, um peptídeo com forte ação bactericida tanto para bactérias gram-negativas como gram-positivas, sendo que este efeito parece ser devido à perturbação da membrana celular e ação proteolítica sobre componentes proteicos de microrganismos. Outro mecanismo de ação que resulta em redução de crescimento de bactérias e fungos está relacionado ao sequestro do ferro presente no meio, o que prejudica do crescimento microbiano porque a maioria das bactérias depende de Fe^{3+} como cofator para produção de energia e replicação do DNA (CARR et al. 2021; JENSSEN; HANCOCK, 2009). A baixa disponibilidade de ferro no meio pode impedir ou diminuir o crescimento de certos tipos de bactéria, porém pode promover o crescimento de bactérias com baixo teor de ferro potencialmente benéficas para os seres humanos, como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (SHERMAN et al., 2004).

A intervenção com lactoferrina no início da vida de leitões melhorou o desenvolvimento da função intestinal e alterou a microbiota no intestino delgado, aumentando a abundância de *Lactobacillus* e diminuindo a abundância de *Escherichia-Shigella* e *Veillonella*, *Leptotrichia*, *Actinobacillus* (HU et al., 2019), sendo que esses achados corroboram como os resultados de Zhou et al. (2021) que também identificaram benefício da lactoferrina na microbiota intestinal de ratos. Em ensaio com humanos, Konstanti et al. (2022), também concluíram que a suplementação com lactoferrina aumentou a abundância relativa de *Holdemanella* microbiota de mulheres idosas saudáveis. Portanto, conforme será abordado a seguir, a microbiota intestinal de pacientes autistas parece ser

afetada, e a ingestão lactoferrina pode ter impacto positivo na microbiota destes pacientes.

6. Probióticos e prebióticos

A definição de probióticos se dá pelo mecanismo positivo de microrganismos vivos, mais especificamente na microbiota intestinal, que por sua vez devem ser administrados/ingeridos em medidas apropriadas. Dentre os seus benefícios, cabe salienta a importante resistência a patógenos, que desta forma reforça os mecanismos de defesa do organismo. Já os prebióticos são ingredientes que possuem a capacidade de fermentação (carboidratos não-digeríveis), isto que atua na regulação da microflora gastrointestinal, trazendo consigo melhora do bem-estar dos indivíduos. Ambos os compostos bioativos possuem a capacidade de desenvolvimento positivo da saúde do hospedeiro, visto que estimulam a proliferação e atividade de bactérias necessárias ao cólon (NAVARRO et al. 2016; SAAD, 2006).

O TEA pode ter algumas complicações como a síndrome de *leaky gut* ou intestino permeável. Nesse sentido, a função de absorção e metabolização intestinal fica comprometida podendo causar sintomas específicos como distensão abdominal, dor e diarreia em grande quantidade. Em estudo conduzido por Kushak et al. (2016) com o objetivo de avaliar a função intestinal por meio da determinação da permeabilidade intestinal, inflamação da mucosa e atividade da dissacaridase em crianças com ou sem autismo submetidas a uma endoscopia, foi observado que 61% das crianças tiveram alguma inflamação no trato gastrointestinal, mas geralmente leve e não diagnóstica. Ainda, a atividade específica para lactase, sacarase, maltase e palatinase não mostrou nenhuma diferença significativa entre crianças autistas e não autistas. Os autores comentaram que não há evidências para apoiar que distúrbios gastrintestinais causam autismo. Identificar crianças com TEA que apresentam condições médicas concomitantes, como doença inflamatória intestinal, má absorção ou intolerância à lactose, pode ser um desafio porque seus sintomas são atípicos.

Como bem se sabe, existe uma estreita relação entre o intestino e o cérebro, dessa forma, um desequilíbrio na microbiota intestinal, pode tanto

resultar em danos psicológicos, como gastrointestinais (NG, *et al*, 2019). Assim sendo, os probióticos e os prebióticos são administrados para reverter os efeitos negativos da disbiose intestinal, visando fornecer melhora dos sinais e sintomas relacionados ao TEA.

Em um estudo feito por Sanctuary e colaboradores (2019), onde foi realizado um ensaio clínico utilizando como prebiótico um produto do colostro bovino em crianças com TEA, obteve como resultados redução nos sinais comumente encontrados dos comportamentos ritualistas e irritabilidade, com também, dos sintomas gastrointestinais. Em relação ao prebiótico beta-galactoligossacarídeo, realizado um ensaio clínico com crianças portadoras do transtorno do espectro autista, efetuado por Grimaldi e colaboradores (2018), não foi constatado melhorias na microbiota intestinal, no entanto, aliado a uma dieta isenta de caseína e glúten, apresentou melhorias das condições sociais dos indivíduos submetidos ao estudo.

No que diz respeito, a suplementação de probióticos em pessoas portadoras de TEA, tem como objetivo restabelecer a microbiota intestinal normal. No estudo conduzido por Kałuzna-Czapłinska *et al.* (2012), após a suplementação probiótica, teve redução na urina, dos níveis do metabólico da *Candida spp.* em pessoas com TEA. Já na pesquisa feita por Shaaban *et al.* (2018), posteriormente a administração de probiótico, notou-se redução dos níveis de *Clostridium* nas fezes das crianças com autismo. Tais microrganismos quando em grandes proporções induzem a sintomas gastrointestinais.

Além disso, os probióticos apresentam outro mecanismo de ação, atuando na redução do grau de inflamação do intestino, tal atividade é executada por meio do eixo intestino-cérebro, principalmente exercendo influência sobre os neurotransmissores ácido gama-aminobutírico (GABA) e serotonina (NG, *et al*, 2019). Outro fator importante, é constituição de autoanticorpos, associada tanto a disbiose intestinal, como a distúrbios da imunidade, assim sendo, no estudo efetuado por Peltó *et al.* (1998), essa hipersensibilidade poderia ser diminuída por meio da suplementação probiótica de bactérias do tipo *Lactobacillus*, agindo principalmente no aperfeiçoamento do comportamento.

O papel dos probióticos em crianças com transtorno do espectro autista (TEA) foi avaliado por Shaaban *et al.* (2018) em um estudo prospectivo. Trinta

crianças autistas de 5 a 9 anos foram suplementados por 3 meses com uma fórmula probiótica contendo 100×10^6 UFC/g de três cepas probióticas (*L. rhamnosus*, *L. acidophilus* e *B. longum*). A reação em cadeia da polimerase quantitativa (q-PCR) de amostras de fezes mostrou um aumento nas unidades de colônia de níveis de *Lactobacilli* e *Bifidobacteria*, com uma diminuição significativa no peso e melhora na gravidade do autismo, bem como sintomas gastrointestinais, em comparação com resultados básicos (Figura 4).

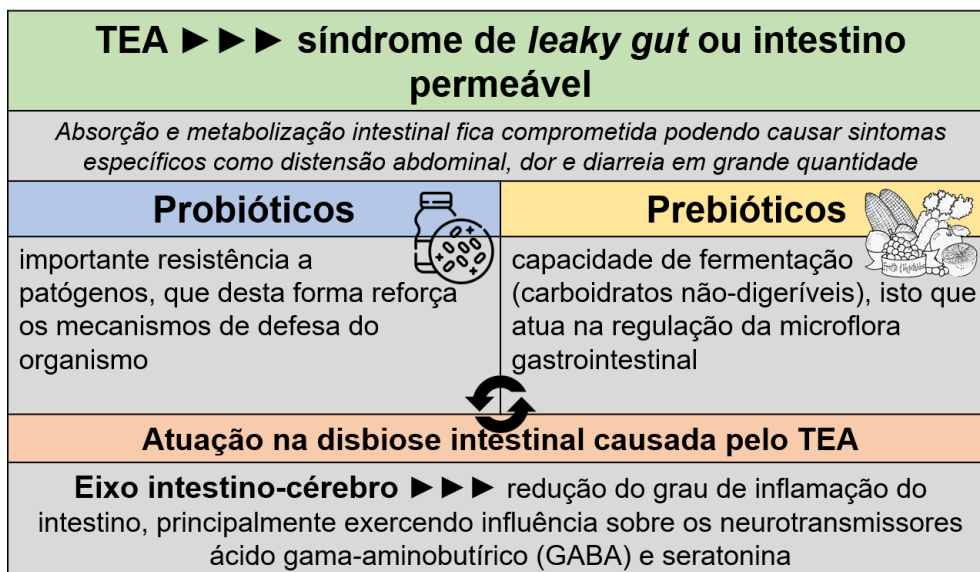


Figura 4. Importância dos pré e probióticos no tratamento do Transtorno do Espectro Autista (TEA). Fonte: As autoras.

7. Considerações finais

O presente capítulo demonstrou que o TEA é um distúrbio multifatorial que afeta vários sistemas do organismo, resultando em sintomas que podem impactar significativamente na saúde e qualidade de vida do indivíduo. Foi demonstrado que ao longo das últimas décadas, as pesquisas têm elucidado conexões significativas entre a nutrição/alimentação e o desenvolvimento do cérebro, bem como os sintomas e progressão dos TEA. O estresse oxidativo parece ser amplamente distribuído no organismo destes indivíduos e o consumo de compostos bioativos por esses indivíduos, em sua maioria visa reduzir a produção de radicais livres, como também reforçar os sistemas antioxidantes corporais. Ficou demonstrado que as vitaminas D, A, C e E, assim como os

compostos fenólicos, glutatona e lactoferrina podem atuar favoravelmente para reduzir o estresse oxidativo e conseqüentemente os sintomas desses pacientes. Também foi demonstrado a importância da modulação do “eixo intestino-cérebro” para atenuação e melhora dos sintomas dos pacientes com TEA, e neste contexto, os probióticos, prebióticos e lactoferrina demonstram bioatividade.

Muitas evidências foram apresentadas, no entanto, é importante reconhecer que o manejo nutricional dos TEA não deve ser considerado uma terapia isolada, mas sim uma abordagem complementar às intervenções tradicionais e multiprofissionais. Portanto, a contínua investigação nessa área é essencial para aprofundar o conhecimento científico sobre como a alimentação pode ser utilizada de forma eficaz para melhorar a qualidade de vida e o bem-estar das pessoas que vivem com TEA. Ao reunir os avanços científicos com a sensibilidade individualizada para cada paciente, pode-se vislumbrar um futuro mais esperançoso e inclusivo para aqueles afetados por essa complexa condição neuropsiquiátrica.

8. Referências

BARBOSA, Aline Braga; FIGUEIRÓ, Ronaldo. Autismo: Como amenizar os sintomas através da alimentação e contribuir no processo ensino-aprendizagem. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15704>. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/15704/14070/202456>>.

BAXTER, A. J. *et al.* The epidemiology and global burden of autism spectrum disorders. **Psychol Med**. v. 45, n. 3, p. 601-13, 2015.

BAMBINI-JUNIOR, V. *et al.* Resveratrol prevents social deficits in animal model of autism induced by valproic acid. **Neurosci. Lett**. v. 583, p. 176–181, 2014.

BELLAVER, B. *et al.* Signaling mechanisms underlying the glioprotective effects of resveratrol against mitochondrial dysfunction. **Biochim. Biophys. Acta**, v. 1862, p. 1827–1838, 2016.

BERTOLINO, B. *et al.* Beneficial Effects of Co-Ultramicronized Palmitoylethanolamide/Luteolin in a Mouse Model of Autism and in a Case Report of Autism. **CNS Neurosci. Ther.** v, 23, p. 87-98, 2017.

BOZZATELLO, P.; BRIGNOLO, E.; DE GRANDI, E.; BELLINO, S. Supplementation with omega-3 fatty acids in psychiatric disorders: A review of literature data. **J. Clin. Med.** v. 5, n. 67, 2016.

CALABRESE, V. *et al.* Hormesis, cellular stress response, and redox homeostasis in autism spectrum disorders. **J. Neurosci. Res.** v. 94, p.1488–1498, 2016.

CARR, L. E.; VIRMANI, M. D.; ROSA, F.; *et al.* Role of Human Milk Bioactives on Infants' Gut and Immune Health. **Frontiers in Immunology**, v. 12, n. February, p. 1–17, 2021.

CARVALHO, Jair Antônio; SANTOS, Cristiane Santiago Sabeça; CARVALHO, Márcio Pedrote; SOUZA, Luciana Sant'ana. Nutrição e autismo: considerações sobre a alimentação do autista. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaína, v. 5, n.1, 2012. Disponível em: < <https://assets.unitpac.com.br/arquivos/revista/51/1.pdf> >.

CASTEJON, A. M.; SPAW, J. A.; ROZENFELD, I.; *et al.* Improving Antioxidant Capacity in Children With Autism: A Randomized, Double-Blind Controlled Study With Cysteine-Rich Whey Protein. **Frontiers in Psychiatry**, v. 12, n. September, p. 1–15, 2021.

COMINETTI, Cristiane; COZZOLINO, Silvia Maria Franciscato. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição: nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueri, SP: Editora Manole, 2020. *E-book*. ISBN 9786555761764.

CROONENBERGHS, J. *et al.* Activation of the inflammatory response system in autism. **Neuropsychobiology**, v. 45, p. 1-6, 2002.

CURATOLO, Eliana. Relacionando alterações metabólicas com Autismo. **Infanto- Rev.Neuropsiq. da Inf. e Adol.** 3(3):07-10, 1995. Disponível em: < http://www.psiquiatriainfantil.com.br/revista/edicoes/Ed_03_3/in_08_03.pdf >.

CRIADO, K. K. *et al.* Overweight and obese status in children with autism spectrum disorder and disruptive behavior. **Autism.** v. 22, n. 4, p. 450-459, 2018. DOI: 10.1177/1362361316683888. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5581311/> >.

CRUCHET, S.; LUCERO, Y.; CORNEJO, V. Truths, Myths and Needs of Special Diets: Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, Autism, Non-Celiac Gluten Sensitivity, and Vegetarianism. **Ann Nutr Metab.** v. 68, n. 1, p. 43-50, 2016. DOI: 10.1159/000445393. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27356007/> >.

DAVINELLI, S.; DE STEFANI, D.; DE VIVO, I.; SCAPAGNINI, G. Polyphenols as Caloric Restriction Mimetics Regulating Mitochondrial Biogenesis and Mitophagy. **Trends Endocrinol. Metab.** v. 31, p. 536-550, 2020.

DEPINO, A. M. Peripheral and central inflammation in autism spectrum disorders. **Mol Cell Neurosci.** v. 53, p. 69-76, 2013. DOI: 10.1016/j.mcn.2012.10.003.

DORESWAMY, S. *et al.* Effects of Diet, Nutrition, and Exercise in Children With Autism and Autism Spectrum Disorder: A Literature Review. **Cureus**, 2020. DOI: 10.7759/cureus.12222. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7815266/#REF7>>.

DUDA-CHODAK, A., TARKO, T., SATORA, P., SROKA, P. Interaction of dietary compounds, especially polyphenols, with the intestinal microbiota: a review. **Eur. J. Nutr.** v. 54, p. 325–341, 2015.

EKICI, B. Combination of Steroid and Flavonoid for the Treatment of Regressive Autism. **J. Neurosci. Rural Pract.** v. 11, p. 216–218, 2020.

FENG, C. *et al.* Redox proteomic identification of carbonylated proteins in autism plasma: insight into oxidative stress and its related biomarkers in autism. **Clin Proteomics.** v. 14, p. 1-8, 2017. DOI: 10.1186/s12014-017-9138-0.

GARCÍA-SERNA, A. M.; MORALES, E. Neurodevelopmental effects of prenatal vitamin D in humans: systematic review and meta-analysis. **Mol. Psiquiatria**, v. 25, n. 10, p. 2468–2481., 2020. DOI: 10.1038/s41380-019-0357-9. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30696940/> >.

GEIER, D. A. *et al.* A prospective study of transsulfuration biomarkers in autistic disorders. **Neurochem. Res.** v. 34, p. 386-393, 2009.

GHANIZADEH, A.; AKHONDZADEH, S.; HORMOZI, M.; *et al.* Glutathione-Related Factors and Oxidative Stress in Autism, A Review. **Current Medicinal Chemistry**, v. 19, n. 23, p. 4000–4005, 2012.

GRIMALDI, R. *et al.* A prebiotic intervention study in children with autism spectrum disorders (ASDs). **Microbiome**, v. 6, n. 1, p. 133, 2019. DOI: 10.1186/s40168-018-0523-3.

GOTTFRIED, A.; QUINCOZES-SANTOS, K.; BASLI, T.; RICHARD, T. Resveratrol and Neuroprotection. **Nova Publisher**, 2011.

GOTTFRIED, C. *et al.* The impact of neuroimmune alterations in autism spectrum disorder. **Front. Psychol.** v. 6, n. 95, 2015.

HALL, B. The role of brain lipids in the causal model of autism: Re-interpretation of the existing data. **Hypothesis**, v. 14, p. 1–6, 2016.

HALLIWELL, B. Dietary polyphenols: good, bad, or indifferent for your health? **Cardiovasc. Res.** v. 73, p. 341–347, 2007.

HAMSALAKSHMI ALEX, A. M.; AREHALLY MARAPPA, M.; JOGHEE, S.; CHIDAMBARAM, S. B. Therapeutic benefits of flavonoids against neuroinflammation: A systematic review. **Inflammopharmacology**, v. 30, p. 111-136, 2022.

HILL, A. P.; ZUCKERMAN, K. E.; FOMBONNE, E. Obesity and Autism. **Pediatrics**, 2015. DOI: 10.1542/peds.2015-1437. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4657601/>.

HU, P.; ZHAO, F.; ZHU, W.; WANG, J. Effects of early-life lactoferrin intervention on growth performance, small intestinal function and gut microbiota in suckling piglets. **Food and Function**, v. 10, n. 9, p. 5361–5373, 2019.

ISAÍAS, Jorge Miguel dos Reis. **Prevalência e etiologia de Transtorno do Espectro do Autismo: O que mudou nos últimos cinco anos?** 2019. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Universidade de Beira Interior, Covilhã, 2019. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/8707/1/6964_14763.pdf>.

IZADI, A.; KHEDMAT, L.; MOJTAHEDI, S. Y. Nutritional and therapeutic perspectives of camel milk and its protein hydrolysates: A review on versatile biofunctional properties. **Journal of Functional Foods**, v. 60, n. March, p. 103441, 2019. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103441>>.

JAMES, S. J.; CUTLER, P.; MELNYK, S.; et al. Metabolic biomarkers of increased oxidative stress and impaired methylation capacity in children with autism. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 80, n. 6, p. 1611–1617, 2004.

JARDIM, F. R. *et al.* Resveratrol and brain mitochondria: a review. **Mol. Neurobiol.** v. 55, p. 2085–2101, 2018.

JENSSEN, H.; HANCOCK, R. E. W. Antimicrobial properties of lactoferrin. **Biochimie**, v. 91, n. 1, p. 19–29, 2009.

KALUZNA-CZAPLINSKA, J.; BLASZCZYK, S. The level of arabinitol in autistic children after probiotic therapy. **Nutrition**. v. 28, p. 124-126, 2012. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.002.

KARRAS, S. N.; WAGNER, C. L.; CASTRACANE, V. D. Understanding vitamin D metabolism in pregnancy: From physiology to pathophysiology and clinical outcomes. **Metabolism**, v. 86, p. 112-123, 2018. DOI: 10.1016/j.metabol.2017.10.001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29066285/>>.

KONSTANTI, P.; VAN SPLUNTER, M.; VAN DEN BRINK, E.; et al. The Effect of Nutritional Intervention with Lactoferrin, Galactooligosaccharides and Vitamin D on the Gut Microbiota Composition of Healthy Elderly Women. **Nutrients**, v. 14, n. 12, p. 1–12, 2022.

KUSHAK, R.I. *et al.* Evaluation of Intestinal Function in Children With Autism and Gastrointestinal Symptoms. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 62, n.5, p. 687-91, 2016.

LI, X. *et al.* Elevated immune response in the brain of autistic patients. **J. Neuroimmunol.** v. 207, p. 111-116, 2009.

LIU, Xukung.; LIN, Jing.; ZHANG, Huagie, et al. Oxidative stress in Autism Spectrum Disorder - current progress of mechanisms and biomarkers. **Frontiers in psychiatry**, v. 13, 2022.

LIU, Zhonghui, *et al.* Research progress in vitamin a and Autism Spectrum Disorder. **Behav Neurol**. 2021. DOI: 10.1155/2021/5417497. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34917197/>>.

LÓPEZ-VICENTE, M. *et al.* Maternal circulating Vitamin D₃ levels during pregnancy and behaviour across childhood. **Sci Rep**. v. 9, n. 1, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-51325-3. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31616023/>>.

MADORE, C. *et al.* Neuroinflammation in autism: Plausible role of maternal inflammation, Dietary omega 3, and microbiota. **Neural Plasticity**, p. 1-15, 2016.

MATTA, S. M.; HILL-YARDIN, E. L.; CRACK, P. J. The influence of neuroinflammation in Autism Spectrum Disorder. **Brain Behav. Immun**. v, 79, p. 75-90, 2019.

MAZAHERY, H. *et al.* Relationship between long chain n-3 polyunsaturated fatty acids and autism spectrum disorder: Systematic review and meta-analysis of case-control and randomised controlled trials. **Nutrients**, v. 9, n. 155, 2017.

MEGUID, N. A. *et al.* Expression of reactive oxygen species-related transcripts in Egyptian children with autism. **Biomark Insights**, v. 12, 2017.

NASCIMENTO, Priscila Kelly da Silva Bezerra do. Status de zinco e o transtorno do espectro autista em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/50893/1/Statuszincotranstorno_Nascimento_2021.pdf>.

NAVARRO, F. LIU, Y. RHOADS, J.M. Os probióticos podem beneficiar crianças com transtornos do espectro do autismo?. **World Journal of Gastroenterology** 2016, 22(46). Disponível em: <[file:///C:/BKP/Downloads/2016_Navarro.%20Suplementa%C3%A7%C3%A3o%20de%20probiotico%20pode%20beneficiar%20no%20autismo%20\(1\)%20\(2\).pdf](file:///C:/BKP/Downloads/2016_Navarro.%20Suplementa%C3%A7%C3%A3o%20de%20probiotico%20pode%20beneficiar%20no%20autismo%20(1)%20(2).pdf)>.

NG, Q. X. *et al.* A Systematic Review of the Role of Prebiotics and Probiotics in Autism Spectrum Disorders. **Medicina (Kaunas)**, v. 55, n. 5, p. 129, 10 mai. 2019. DOI: 10.3390/medicina55050129.

OZDEMIR, OGUZHAN. The green tea polyphenol EGCG modulates NGF, BDNF, and CAMKII-A pathways to alleviate neurological damage in autism-induced rats. **Acta Poloniae Pharmaceutica and Drug Research**, v. 77, n. 6 p. 889-895, 2020.

PANGRAZZI, L.; BALASCO, L.; BOZZI, Y. Oxidative stress and immune system dysfunction in autism spectrum disorders. **Int. J. Mol. Sci**. v. 21, n. 3293, 2020a.

PANGRAZZI, L.; BALASCO, L.; BOZZI, Y. Natural Antioxidants: A Novel Therapeutic Approach to Autism Spectrum Disorders? **Antioxidants**, v. 9, n. 1186, 2020b. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/antiox9121186>>.

PELTO, L. *et al.* Probiotic bacteria down-regulate the milk-induced inflammatory response in milk-hypersensitive subjects but have an immunostimulatory effect in healthy subjects. **Clin. Exp. Allergy J. Br. Soc. Allergy Clin. Immunol.** v. 28, p. 1474-1478, 1998. DOI: 10.1046/j.1365-2222.1998.00449.x.

PENAFORTE, Nathália de Freitas; VASCONCELOS, Carlos Augusto Carvalho; FLÔR, Angélica de Kassia Barbosa. Possível relação das alterações dietéticas de micronutrientes com a sintomatologia comportamental no distúrbio do espectro autista. **Jornal Memorial da Medicina**, v. 1, n. 2, p. 37–45, 2019 DOI: 10.37085/jmmv1.n2.2019.pp.37-45. Disponível em: <<https://jornalmemorialdamedicina.com/index.php/jmm/article/view/16>>.

RAHMAN, M. M. Role of Phenolic Compounds in Human Disease: Current Knowledge and Future Prospects. **Molecules**. v. 27, n. 1, p. 233, 30 dez. 2021. DOI: 10.3390/molecules27010233. PMID: 35011465; PMCID: PMC8746501.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira De Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 1-16, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-9332200600010000>>.

SANCTUARY, M. R. *et al.* Pilot study of probiotic/colostrum supplementation on gut function in children with autism and gastrointestinal symptoms. **PLoS One**, v. 14, n. 1, 09 de jan, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0210064.

SGARBIERI, V. C.; ZIEGLER, F. L. F.; CASTRO, G. Componentes do Leite e Sistema Imune. **Leite para Adultos - Mitos e Fatos Frente à Ciência**. p.391–329, 2009.

SAVINO, R. *et al.* The Emerging Role of Flavonoids in Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. **J Clin Med**. v. 12, n. 10, p. 3520, 17 may 2023. DOI: 10.3390/jcm12103520. PMID: 37240625; PMCID: PMC10219283.

SHAABAN, S. Y. *et al.* The role of probiotics in children with autism spectrum disorder: A prospective, open-label study. **Nutr. Neurosci.** v. 21, p. 676-681, 2018. DOI: 10.1080/1028415X.2017.1347746.

SHERMAN, M. P.; BENNETT, S. H.; HWANG, F. F. Y.; YU, C. Neonatal small bowel epithelia: Enhancing anti-bacterial defense with lactoferrin and Lactobacillus GG. **BioMetals**, v. 17, n. 3, p. 285–289, 2004.

SERRA, D.; ALMEIDAA L. M.; DINIS, T. C. P. Polyphenols as food bioactive compounds in the context of Autism Spectrum Disorders: A critical mini-review. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 102, p. 290-298, 2019.

SERRA, D. *et al.* Attenuation of Autism-like Behaviors by an Anthocyanin-Rich Extract from Portuguese Blueberries via Microbiota-Gut-Brain Axis Modulation in a Valproic Acid Mouse Model. **Int. J. Mol. Sci.** V. 23, p. 9259, 2022.

SILVA, M.; MULICK, J.A. Diagnosticando o transtorno autista: aspectos fundamentais e considerações práticas. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 29, n. 1, p. 116-131, 2009.

SINISCALCO, D.; SCHULTZ, S.; BRIGIDA, A.; ANTONUCCI, N. Inflammation and neuro-immune dysregulations in autism spectrum disorders. **Pharmaceuticals**, v. 11, n. 56, 2018.

STAAL, W. G. KROM, de M.; JONGE, M. V. de. Brief report: the dopamine-3-receptor gene (DRD3) is associated with specific repetitive behavior in autism spectrum disorder (ASD). **J Autism Dev Disord**, v. 42, n. 5, p. 885-888, 2012. DOI: 10.1007/s10803-011-1312-z. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3324694/>>.

SIRACUSANO, M. *et al.* Vitamin D Deficiency and Autism Spectrum Disorder. **Curr Pharm Des.** v. 26, n. 21, p. 2460-2474, 2020. DOI: 10.2174/138161282666200415174311. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32294031/>>.

TALIOU, A.; ZINTZARAS, E.; LYKOURAS, L.; FRANCIS, K. An open-label pilot study of a formulation containing the anti-inflammatory flavonoid luteolin and its effects on behavior in children with autism spectrum disorders. **Clin. Ther.** v. 35, p. 592-602, 2013.

THEOHARIDES, T. C.; ASADI, S.; PANAGIOTIDOU, S. A case series of a luteolin formulation (NeuroProtek®) in children with autism spectrum disorders. **Int. J. Immunopathol. Pharmacol.** v. 25, p. 317-323, 2012.

TROVÒ, L.; FUCHS, C.; DE ROSA, R.; BARBIERO, I.; TRAMARIN, M.; CIANI, E.; RUSCONI, L.. The green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate (EGCG) restores CDKL5-dependent synaptic defects in vitro and in vivo. **Neurobiol. Dis.** 2020, 138, 104791.

TSILIONI, I.; TALIOU, A.; FRANCIS, K.; THEOHARIDES, T. C. Children with autism spectrum disorders, who improved with a luteolin-containing dietary formulation, show reduced serum levels of TNF and IL-6. **Transl. Psychiatry**, 2015.

VALENZUELA-ZAMORA, A. F.; RAMÍREZ-VALENZUELA, D. G.; RAMOS-JIMÉNEZ, A. Food selectivity and its implications associated with gastrointestinal disorders in children with Autism Spectrum Disorders. **Nutrients**, v. 14, n. 13, 2022. DOI: 10.3390/nu14132660. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9268444/> >.

VACCA, R. A. Plant polyphenols as natural drugs for the management of Down syndrome and related disorders. **Neurosci. Biobehav. Rev.** v. 71, p. 865–877, 2016.

WAKABAYASHI, H.; YAMAUCHI, K.; TAKASE, M. Lactoferrin research, technology and applications. **International Dairy Journal**, v. 16, n. 11, p. 1241–1251, 2006.

WANG, J. *et al.* Research Progress on the Role of Vitamin D in Autism Spectrum Disorder. **Front Behav Neurosci.** v. 10, n. 16, 2022. DOI: 10.3389/fnbeh.2022.859151. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9128593/#B40>>.

WALLE, F.; HSIEH, M. H. DELEGGE, J. E. OATIS, J. R.; U. K. Walle, High absorption but very low bioavailability of oral resveratrol in humans, *Drug Metab. Dispos.* v. 32, p. 1377–1382, 2004.

YANG, Y. *et al.* Transport of active flavonoids, based on cytotoxicity and lipophilicity: an evaluation using the bloodbrain barrier cell and Caco-2 cell models. *Toxicol. In Vitro*, v. 28, p. 388–396, 2014.

ZEKEYA, N. *et al.* Potential of natural phenolic antioxidant compounds from *Bersama abyssinica* (Meliathacea) for treatment of chronic diseases. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 29, n. 6, 2022.

ZHOU, H.; WANG, G.; LUO, L.; *et al.* Dietary lactoferrin has differential effects on gut microbiota in young versus middle-aged APP^{swe}/PS1^{dE9} transgenic mice but no effects on cognitive function. *Food & nutrition*, v. 1, p. 1–14, 2021.

ZHOU, Shao-Huai *et al.* Influence of vitamin D deficiency on T cell subsets and related indices during spinal tuberculosis. *Exp Ther Med*, v. 16, n. 2, p. 718-722, 2018. DOI: 10.3892/etm.2018.6203. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6090312/> >.

Autores

Gabriela Datsch Bennemann*, Caryna Eurich Mazur, Daniela Miotto Bernardi, Luana Minussi, Vanessa Souza Rippel

Colegiado de Nutrição, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Centro de Ciências da Saúde, Rodovia Vitorio Traiano (Contorno Leste) KM02, Bairro Água Branca, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

* Autor para correspondência: gabibennemann@gmail.com

Encapsulação de antocianinas a partir da secagem por atomização: a revisão

Mariane Igansi Alves, Elizangela Gonçalves de Oliveira

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-17-6.c2>

Resumo

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica apresentando uma das formas de viabilizar através da microencapsulação, as antocianinas pela secagem por atomização (*spray dryer*) para aumentar sua estabilidade e viabilidade diante da possível aplicação em diferentes matrizes alimentícias. As variáveis mais estudadas para se obter partículas vão desde a concentração do material de parede, o tipo de material, assim como a temperatura de entrada e saída da secagem, além disso, a obtenção e caracterização das antocianinas se torna importante, pois as mesmas são consideradas valiosas fontes de antioxidante, em que seu consumo resulta em benefícios à saúde. Os resultados indicaram que as melhores temperaturas de entrada no equipamento encontram-se acima dos 100°C, já para a saída, é necessário que haja uma redução para em torno de 70°C, além disso, pode-se atingir uma eficiência das antocianinas encapsuladas de até 95%, podendo serem armazenadas em temperaturas de até 35 °C. A revisão mostrou que é possível realizar a secagem por atomização para encapsular antocianinas de diversas fontes tendo uma resposta eficiente na estabilização e liberação destes compostos no organismo. A utilização da encapsulação de compostos bioativos em diversas matrizes alimentares constituiu um ganho para a indústria de alimentos pois oferece um alimento rico em nutrientes e para o consumidor que têm a sua disposição produtos com qualidade.

Palavras-chave: alimentos; biodisponibilidade; compostos bioativos; compostos fenólicos; material de parede; processo.

1. Introdução

Buscando uma alternativa para a obtenção de produtos alimentícios com uma maior segurança e redução de efeitos colaterais (Aranha, 2013), vem se estudando há alguns anos os compostos bioativos que possuem como características as propriedades nutracêuticas e funcionais com o objetivo de enriquecer o produto e torná-lo mais saudável para o consumidor (Santos, 2010). Porém, um dos grandes desafios encontrados é a sua instabilidade frente à alguns processos.

Para reduzir tal problema, o método de encapsulação foi sendo utilizado devido ao fato que reduz a reatividade dos compostos com o ambiente (água, luz e oxigênio) e diminui a taxa de transferência para o ambiente exterior, proporcionando uma proteção contra a sua oxidação, fotólise ou interação com outros componentes de formulação do meio, além disso, é possível com esse processo a incorporação de agentes antimicrobianos e antioxidantes auxiliando na proteção de produtos alimentares contra o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes (El Asbahani, 2015).

As antocianinas fazem parte do grupo dos flavonoides, compostos fenólicos que são caracterizados pela presença do cátion *flavilium*. Estruturalmente, podem ser encontradas sob duas formas: na forma ligada ou glicona (ligada a uma ou mais moléculas de açúcar) denominada antocianina, e na forma livre ou aglicona (sem açúcar) chama-se antocianidina (Sautter et al., 2005).

Além de conferir cor, que ajuda na polinização e dispersão de sementes, as antocianinas ainda desempenham outras funções, como proteção à ação da luz, mecanismos de defesa, função biológica, e ainda apresentam propriedades farmacológicas (Lopes et al., 2013).

A secagem por atomização é uma das técnicas mais utilizadas para a encapsulação, devido ao baixo custo de processo, possibilidade de emprego de uma ampla gama de agentes encapsulantes e pequeno tamanho de partículas formadas, o que torna o material produzido altamente solúvel (Pagani, 2010).

A revisão descreve o processo, bem como o seu uso na encapsulação de antocianinas através do processo de *spray-dryer*.

2. Metodologia da pesquisa bibliográfica

O trabalho foi desenvolvido através de pesquisas nos portais dos periódicos CAPES, assim como, nos sites do *ScienceDirect* e Scielo utilizando como palavras-chave: antocianinas, encapsulação, compostos bioativos e secagem por atomização (*anthocyanins, encapsulation, bioactive compounds and spray drying*). Encontrou-se 2600 resultados (artigos, teses, dissertações e tccs), priorizou-se 30 relacionados ao assunto os quais foram utilizados na revisão.

3. Antocianinas

Um dos compostos que podem ser encapsulados, são as antocianinas. Caracterizadas por pertencerem a família dos Flavonoides, são pigmentos responsáveis pela grande maioria das cores azul, violeta e quase todas as tonalidades existentes do vermelho, podendo ser encontradas em frutos como amora-preta, mirtilo, algumas folhas, caules e raízes de plantas e possuem solubilidade em água e instabilidade em temperaturas elevadas (Malacrida & Motta, 2006).

Apresenta um esqueleto estrutural de carbonos C6-C3-C6, totalizando 15 carbonos em sua estrutura básica, atualmente, mais de 700 estruturas foram encontradas em fontes naturais e mais de 200 identificadas (Santos- Buelga & González- Paramás, 2019). Em sua estrutura básica pode ser encontrado uma derivação do cátion flavilium (cátion 2-fenilbenzopropílico), que é formado por dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos, esses condensados por um oxigênio (Delgado-Vargas et al., 2010).

As antocianinas possuem muitas ligações duplas que são facilmente excitadas, expressando assim suas cores através das moléculas em luz visível e como sua sensibilidade ao pH é alta, em solução ácida, apresentam coloração vermelha e em solução alcalina a cor passa a ser azul (Sinopoli et al., 2019).

Em alimentos, as antocianinas sofrem transformações estruturais reversíveis com o pH, manifestadas na mudança de cor e, por isso, podem se apresentar em 4 formas estruturais diferentes em equilíbrio químico, dependendo do pH em meio aquoso. Em pH abaixo de 2, o cátion flavilium (AH⁺) (vermelho) predomina. Em pH mais elevado, ocorre uma rápida hidratação do

cátion flavilium em C2 para formar a pseudobase carbinol (B) (incolor), que pode sofrer abertura do anel a uma chalcona (C) (incolor – pouco amarela). Em condições de pH 4 a 6, a desprotonação do cátion flavilium gera a base quinoidal (A) (azul) (Rodriguez-Amaya, 2018).

Além do pH, a estabilidade das antocianinas referentes à sua cor depende de fatores como a coexistência de compostos incolores (flavonas e flavonoides), da temperatura de armazenamento, da estrutura química, da concentração de oxigênio, presença de luz, solventes, enzimas, proteínas, íons metálicos, vitamina C e dióxido de enxofre. Outro fator a ser considerado, é quando se encontram isolados, já que se tornam altamente instáveis e muito suscetíveis a degradação (Rodriguez-Amaya, 2018).

Além de conferirem cor, a principal característica para o uso das antocianinas é a atividade antioxidante, devido à sua capacidade de doar prótons a radicais livres altamente reativos. A atividade antioxidante das antocianinas é dada pela sua estrutura química: o número e a organização dos grupos fenila, a disponibilidade de grupos de doação de elétrons e de retirada de elétrons na estrutura do anel, o grau de conjugação estrutural e a sua carga positiva (Castañeda-Ovando et al., 2009). As antocianinas ocorrem para impedir a geração de mais radicais e proteger as células contra danos oxidativos, que é frequentemente associada ao envelhecimento e várias doenças causadas pelo estresse oxidativo (Sui et al., 2019).

Robert et al. (2010) avaliaram a estabilidade das antocianinas do suco de romã (*Punica granatum* L.) “in natura” e do suco microencapsulado durante 56 dias de armazenamento na temperatura de 60 °C. Os autores verificaram que a degradação de antocianinas no suco “in natura” foi mais rápida do que a degradação no suco microencapsulado, o que demonstra a importância da microencapsulação na proteção de compostos bioativos.

Favaro e colaboradores (2020) realizaram a extração e avaliação sensorial de barra de cereal com extrato de antocianinas da fruta da palmeira jussara (*Euterpe edulis*) onde foram desenvolvidas três formulações e a partir da mais adequada, adicionou-se o extrato, tendo o melhor resultado o de 2% (m/m). Como resultado, a incorporação tornou a barra de cereal um produto com alto valor de fibras e poder antioxidante.

4. Processo de Encapsulação

O processo é baseado no empacotamento de partículas como pigmentos, acidulantes, nutriente, enzimas, conservantes e bioativos e consiste no carregamento desses compostos por matrizes poliméricas, mantendo a sua estabilidade química com o resultado de promover a liberação no momento e na concentração de cada sistema. O material a ser encapsulado é denominado de recheio ou núcleo e o material responsável pela forma é denominado de encapsulante, cobertura ou parede. (Azeredo, 2005; Nedovic et al., 2011).

O objetivo da utilização dessa técnica se dá pela estabilização dos materiais a serem encapsulados, do controle de suas reações oxidativas e sua liberação, da possibilidade de mascarar qualquer tipo de sabor, cor e/ou odor, prolongar sua vida útil, reduzir sua volatilidade e reatividade, além da proteção dos componentes contra a perda nutricional, o aumento da estabilidade em ambientes diversos tais como a luz, oxigênio e valores de pH (Silva & Meireles, 2014).

Na área de alimentos, a tecnologia tem sido amplamente utilizada para proteger os ingredientes alimentares contra a deterioração, perdas voláteis ou interação com os demais, além de permitirem a produção de alimentos na forma de pó (Kaderides, et al., 2015).

A escolha adequada da técnica a ser empregada, decorre principalmente do tipo de material a ser encapsulado, compreensão de suas propriedades físico-químicas, e das características do produto onde a encapsulação será aplicada (Augustin & Hemar, 2009; Dias et al., 2017). No entanto, Labuschagne (2018) ressalta que a secagem por atomização e a liofilização são os métodos de encapsulação mais utilizados, estando presentes em cerca de 84 % das publicações, enquanto outras tecnologias de encapsulação têm ganhado destaque apenas nos últimos anos.

Desse modo, é de grande importância selecionar apropriadamente a técnica de encapsulação, assim como os materiais de parede ativos, maximizando desta forma a incorporação e a retenção dos compostos funcionais dentro da matriz (Ballesteros et al., 2017).

Idham e colaboradores (2012) avaliaram a estabilidade das antocianinas de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.) microencapsuladas pela técnica de *spray-dryer* com amido solúvel, maltodextrina, goma arábica e mistura de maltodextrina com goma arábica durante 105 dias nas temperaturas de 4, 25 e 37 °C. Após o período de armazenamento, os autores verificaram que a mistura de maltodextrina e goma arábica apresentou menor taxa de degradação das antocianinas, quando comparado ao uso de somente um tipo de material de parede. Esse resultado indica a vantagem do uso de misturas de biopolímeros na microencapsulação.

Foi avaliada a estabilidade das antocianinas de pétalas de açafrão (*Crocus sativus* L.) microencapsuladas por liofilização com maltodextrina e goma arábica durante 10 semanas na temperatura de 35 °C, os autores observaram que não houve perdas significativas de antocianinas após o período de armazenamento, o que demonstra o efeito protetor do material de parede (Mahdavee Khazaei et al., 2014).

4.1. Secagem por atomização (*spray-dryer*)

Em relação as demais técnicas de encapsulação, a de atomização caracteriza-se por ser um método econômico e que resulta na formação de pós estáveis, operando em temperaturas acima das demais técnicas e por um período de tempo menor (Flores et al., 2014).

A Tabela 1 mostra as variáveis utilizadas na encapsulação de antocianinas pela secagem de atomização.

Tabela 1. Encapsulação de antocianinas por secagem por atomização

Fonte	Material de parede	Variáveis estudadas	Aplicação	Autores
<i>Beberis vulgaris</i>	Goma arábica+ Maltodextrina Maltodextrina + gelatina Maltodextrina	150 °C de entrada e 100 °C saída	Extrato de bérberis (<i>Berberis vulgaris</i>)	Mahdawi et al., 2016
<i>Black coat</i> de soja	Maltodextrina Goma arábica Leite em pó	140 °C de entrada e 70 °C de saída	<i>Black coat</i> de soja	Kalušević et al., 2017
Uva bordo	Polidextrose Goma guar	75-90% de umidade; 35,45 e 55 dias/35 °C	Extrato aquoso da casca da uva Bordo	Kuck et al., 2017
Polpa de juçara	Goma arábica Amido modificado Soro de leite ou isolado proteico de soja	150 °C de entrada e 90-98 °C de saída	Polpa de juçara	Santana et al., 2016
Casca da jabuticaba	Quitosana	140 °C	Extrato fenólico da casca de jabuticaba	Cabral et al., 2018
Suco de maqui	Inulina ou Alginato de sódio	60 °C-160 dias	Suco de maqui	Fredes et al., 2018
Juçara	Maltodextrina e Goma arábica	126 °C de entrada e 89 °C de saída	Polpa da juçara	Mazuco et al., 2018
Farelo de arroz roxo	Amido de arroz glutinoso	140-180 °C e pressão de 2,76 a 5,52 MPa	Farelo de arroz roxo	Das & Goud, 2019
<i>Salanum melongena</i> L.	Goma arábica	130-180 °C	logurte	Barretto et al., 2020
Barragem iraniana	Maltodextrina+ Amido de milho modificado	1:0; 1:1,0,25; 1:0,5; 1:1	Extrato de borragem iraniana	Mehran et al., 2020
Extrato de batata roxa	Maltodextrina	92-188 °C	Extrato de batata	Vergara et al., 2020
<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Goma arábica e Maltodextrina	150-190 °C	Extrato de cálices de <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Campos-Fernandez et al., 2021

Seu funcionamento tem o princípio da remoção da fase líquida pela aplicação de calor ao produto e o controle da umidade do meio de secagem do material a ser encapsulado (Gharsallaoui et al., 2007). O solvente adicionado será evaporado através da pulverização do produto a ser encapsulado numa atmosfera aquecida sendo dividida em quatro fases: atomização da solução a ser encapsulada; contato da dispersão com o gás quente; evaporação do solvente; e separação e recolhimento das partículas. Esses estágios são responsáveis pelas transformações que a dispersão que entra no secador de pulverização passa antes de se tornar pó através da retirada do solvente (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2015) (Figura 1).

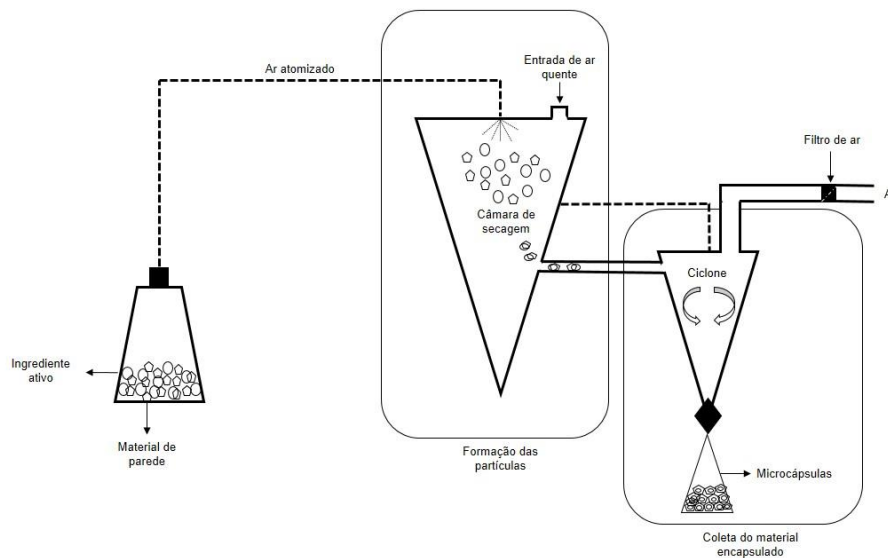


Figura 1. Processo de secagem por atomização. Fonte: Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2015

As partículas são separadas em um ciclone, e o ar sai do sistema com uma temperatura mais baixa e uma umidade mais elevada (Dias et al., 2017). Essa técnica deve ser realizada adequadamente, escolhendo cuidadosamente a temperatura de secagem, tipo de atomização, material encapsulante e condições de armazenamento (Alexe & Dima, 2014).

Uma etapa de homogeneização da dispersão a ser encapsulada deve ser realizada previamente antes da secagem, pois desempenha um papel

fundamental na eficiência da encapsulação, garantindo que o material do núcleo fique completamente encapsulado na matriz (Cano-Higueta et al., 2015).

Diferentes materiais podem ser utilizados para a encapsulação, tais como, proteínas lácteas e isolados proteicos vegetais; e polissacarídeos, como goma arábica, maltodextrina, amido modificado, inulina, goma de caju, polidextrose, goma guar parcialmente hidrolisada, e pectina (Dias et al., 2017).

Este método pode ser aplicado em escala industrial, devido aos altos rendimentos, e por ser um sistema relativamente barato, rápido e eficiente para a encapsulação de componentes bioativos, tais como, óleos essenciais, corantes naturais, vitaminas e probióticos (Alexe & Dima, 2014; Dias et al., 2017).

Para o uso desta técnica deve-se considerar os fatores como a solubilidade e a sensibilidade ao calor dos compostos bioativos a serem encapsulados, assim como a estrutura química e natureza do material da parede, presença de outros componentes como açúcares e proteínas, bem como aspectos econômicos (Ozkan et al., 2019).

Ao avaliarem três materiais de parede diferentes, maltodextrina e goma arábica (MD + GA), maltodextrina e gelatina (MD + GE), e maltodextrina (MD) para a encapsulação do extrato de bérberis (*Berberis vulgaris*), com temperatura de entrada de 150 °C e saída de 100 °C, Mahdavi et al., (2016) verificaram que os melhores resultados foram obtidos nas amostras produzidas com MD + GA alcançando a maior eficiência de processo e melhor qualidade de pó. As condições ótimas do processo de microencapsulação para as antocianinas de bérberis foram 24,54% de conteúdo de material de parede e 13,82% de carga de antocianina. Nessas condições, a eficiência de microencapsulação das antocianinas chegou a 92,83%.

Kalušević et al., (2017) avaliaram as propriedades físico-químicas do extrato seco por *spray* de *Black coat* de soja em relação aos materiais de parede maltodextrina, goma arábica e leite em pó desnatado. O *Black coat* de soja é um resíduo insuficientemente valorizado da produção de alimentos, rico em antocianinas. As micropartículas obtidas de maltodextrina e goma-arábica obtiveram formato esférico e não poroso, enquanto as de leite em pó desnatado, formato irregular. A temperatura utilizada no processo de secagem por

atomização de entrada e saída foram de 140°C à 70 °C, respectivamente. Todas as micropartículas exibiram capacidade antioxidante significativa (243-386 µmolTE / g), boa estabilidade de cor após três meses de armazenamento e atividade antimicrobiana. A liberação *in vitro* de antocianinas de micropartículas foi mantida, particularmente de goma de base arábica.

Kuck et al. (2017) produziram microcápsulas de extrato aquoso da casca da uva Bordo por *spray-dryer* com povidexose (5%) e goma guar parcialmente hidrolisada (5%). A estabilidade foi avaliada em condições aceleradas (75 e 90% de umidade relativa, a 35, 45 e 55 °C por 35 dias) e digestão gastrointestinal simulada. A temperatura teve efeito significativo na redução do teor de fenólicos, com retenções variando de 82,5 a 93,5%. A retenção de antocianinas monoméricas totais estava na faixa de 3,9-42,3%. A atividade antioxidante teve uma retenção final de 38,5-59,5%. Na digestão gastrointestinal simulada, foi observada uma liberação máxima dos compostos fenólicos na fase intestinal (90,6%), bem como a atividade antioxidante de 69,4%.

Santana et al., (2016) estudaram a secagem por atomização da polpa de juçara utilizando misturas de goma arábica (GA) e amido modificado (MS) juntamente com concentrado proteico de soro de leite (WPC) ou isolado de proteína de soja (SPI), como agentes carreadores com temperatura de entrada 150 °C e as de saída entre 90-98 °C. Foi demonstrado que as formulações ternárias apresentaram maiores rendimento de processo (76%), solubilidade (78-93%) e retenção de antocianinas (55-95%) do que as formulações puras e binárias, bem como bons resultados para eficiência de encapsulação (80-99%) e baixo teor de umidade (>3%), mostrando que o uso de GA e MS em conjunto com WPC ou SPI proporcionam melhor microencapsulação da polpa de juçara.

O estudo relacionado a microencapsulação do extrato fenólico da casca de jabuticaba e avaliação da estabilização dos compostos antioxidantes proporcionados pelas micropartículas resultantes, Cabral et al., (2018) obtiveram as micropartículas pelo método de *spray-dryer* e utilizaram quitosana em diferentes quantidades de polímero e extrato e em diferentes condições de secagem onde a temperatura de entrada no equipamento foi de 140 °C e de saída 100°C. O melhor sistema apresentou encapsulação altamente eficiente de polifenóis totais (~79%), atividade antioxidante significativa (387,08 ± 4,02 e

830,36 ± 27,39mM TEAC para DPPH e ABTS, respectivamente). As micropartículas podem ser armazenadas em temperatura refrigerada e temperatura ambiente para preservar o teor de polifenol total por 60 dias (97 ± 9% e 83 ± 4%, respectivamente) e em temperatura de estresse por 30 dias (74 ± 19%), promovendo a estabilidade desses compostos durante o armazenamento, o que viabiliza sua aplicação em alimentos ou produtos cosméticos.

Fredes et al., (2018) avaliaram a microencapsulação do suco de maqui por *spray-dryer* como estratégia de proteger as antocianinas em novas formulações de valor agregado. O objetivo desta pesquisa foi estudar a influência de cada maqui-antocianina e agente encapsulante (inulina ou alginato de sódio) na eficiência de encapsulação da antocianina, na estabilidade durante o armazenamento (160 dias a 60 °C) e na bioacessibilidade no modelo de digestão *in vitro*. A maior eficiência de encapsulação de antocianinas (65,6-78,6%) foi obtida com inulina, os autores relataram que a estrutura química das antocianinas influenciou na eficiência de encapsulação. Para as micropartículas de suco de maqui-inulina e suco de maqui-alginato, os valores de meia-vida de delphinidina-3-sambubiosídeo (198 dias), delphinidina-3-glicosídeo (173-182 dias) e cianidina-3-glicosídeo (154-133 dias) mostrou a estabilidade mais baixa de antocianinas 3-O-glicosiladas. A bioacessibilidade de antocianinas das micropartículas de suco de maqui foi 10% maior do que o suco de maqui.

Ao preservarem as antocianinas da polpa da fruta juçara através da microencapsulação por *spray-dryer* com maltodextrina (dextrose equivalente 16,5 a 19,5) e goma arábica em diferentes proporções, Mazuco et al., (2018) à 126 °C a temperatura de entrada e 89 °C a de saída, formaram micropartículas com a mistura 2:3 e apresentaram maior teor de antocianinas (150,76 ± 5,79 (mg / 100 g)). As micropartículas obtidas apresentaram formato esférico sendo uma possível alternativa para melhorar a estabilidade das antocianinas desta fruta.

Das & Goud (2019) microencapsularam o extrato de farelo de arroz roxo com amido de arroz glutinoso modificado para fornecer antocianina em pó por *spray-dryer*, sendo o amido de arroz glutinoso modificado utilizado como material de parede tendo a variação de temperatura entre 140-180 °C e a pressão no

atomizador de 2,76 a 5,52MPa. A estabilidade de armazenamento da antocianina microencapsulada mostrou-se maior a 4 °C por um período de 90 dias.

Barretto et al (2020), avaliaram a estabilidade das antocianinas em iogurte elaborado com corante natural obtido da casca da *Solanum melongena* L. encapsulado através da secagem por atomização e não encapsulado. A extração foi realizada utilizando álcool de cereais a 70%, acidificado com ácido cítrico a pH 2, a secagem teve a variação de temperatura de 130 a 180 °C e a concentração de goma arábica de 10 e 20% nas concentrações de 1,0; 1,5 e 2,0 g de extrato/100mL de iogurte. O melhor resultado foi encontrado na encapsulação das antocianinas em 64% na temperatura de 150 °C com a concentração de goma de 15%.

Mehran et al., (2020) avaliaram combinações de maltodextrina (MD) /amido de milho modificado (MMS) em quatro proporções (1:0, 1:0,25, 1:0,5, 1:1 m/m%) para proteger as antocianinas do extrato de borragem iraniana (IBE) por encapsulação. Os pós microencapsulados com diferentes proporções de material de parede apresentaram eficácia de encapsulação entre 93,1 e 97,4% onde a combinação MD/MMS 1:1 melhorou a estabilidade das antocianinas 43,8% em relação ao extrato bruto. Além disso, a microcápsula criada neste tratamento proporcionou grande estabilidade antioxidante. A liberação no trato gastrointestinal simulado revelou que as antocianinas ficavam principalmente retidas dentro das micropartículas no estômago para depois serem liberadas. Os resultados demonstraram que a microencapsulação com MD e MMS pelo método de *spray-dryer* pode melhorar a estabilidade, as características antioxidantes e funcionais do extrato de borragem, o que pode ser útil na indústria alimentícia e farmacêutica.

O efeito da maltodextrina (MD) e das condições de secagem por atomização na eficiência de encapsulação (EE) e bioacessibilidade das antocianinas do extrato de batata cultivado com polpa roxa foram estudadas por Vergara et al., (2020). O extrato rico em antocianina foi microencapsulado por *spray-dryer*, utilizando maltodextrina como agente encapsulante variando as temperaturas de entrada entre 92 a 188 °C. As micropartículas obtidas em condições ótimas apresentaram 86% de EE. Observou-se que o efeito protetor

da microencapsulação das antocianinas é estável durante o armazenamento e a digestão *in vitro*.

Ao realizarem o estudo sobre a encapsulação de secagem por atomização a partir de um extrato de cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. Campo-Fernandez et al. (2021), utilizaram como variáveis para o processo: temperatura de entrada (150 °C; 190 °C) e mistura dos encapsulantes goma arábica e maltodextrina. Verificaram ao final que a temperatura de 150 °C em uma concentração de goma 40% e maltodextrina 60%, atingiu o maior teor de fenóis e antocianinas totais, concluindo que as microcápsulas obtidas podem ser usadas como matéria-prima além da possível estabilidade e seu valor antioxidante.

5. Considerações finais

O processo de secagem por atomização (*spray-dryer*), é um processo vantajoso ao ser utilizado como proteção para inúmeros compostos bioativos. A revisão traz uma visão ampla dos estudos relacionados à preservação de antocianinas por esse processo, bem como a possibilidade de aplicação deste composto bioativo em diversas matrizes alimentares, apresentando como características a estabilidade, baixa umidade, maior vida de prateleira e a liberação do composto no organismo, podendo trazer inúmeros benefícios quando consumidos. Além disso, pode-se observar que temperaturas mais elevadas na entrada do equipamento (em torno de 150-190 °C) e de saída com a temperatura de em média 70°C utilizando-se os polissacarídeos como a maltodextrina e a goma arábica, resulta em um pó com uma boa concentração de compostos.

6. Referências Bibliográficas

ALEXE, P.; & DIMA, C. (2014). Microencapsulation in food products. **AgroLife Scientific Journal**, 3 (1), 9-14. <http://agrolifejournal.usamv.ro/pdf/Vol3/art1.pdf>

ANANDHARAMAKRISHNAN, C.; & ISHWARYA, S. P. (2015). *Spray drying techniques for food ingredient encapsulation*. **Wiley-Blackwell**.

AUGUSTIN, M. A.; & HEMAR, Y. (2009) Nano- and micro-structured assemblies for encapsulation of food ingredients. *Chemical Society Reviews*, 38, 902-912, 2009. <https://doi.org/10.1039/B801739P>

ARANHA, E. M. Encapsulação da α - bixina em PHBV empregando tecnologia supercrítica e o controle de sua liberação in vitro. (**Dissertação de Mestrado**) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

AZEREDO, H. M. C. (2005) Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. *Alimentos e Nutrição*, 16 (1), 89-97. <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/106/119>

BALLESTEROS, L. F.; RAMIREZ, M. J.; ORREGO, C. E.; TEIXEIRA, J. A.; & MUSSATTO, S. I. (2017) Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chemistry*, 237 (15), 623-631. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.142> .

BARETTO, F. J. DE. F. P.; CLEMENTE, H. A.; SANTANA, A. L. B. D.; & VASCONCELO, M. A. DA S. (2020). Stability of encapsulated and non-encapsulated anthocyanin in yogurt produced with natural dye obtained from *Solanum melongena* L. Bark. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42 (3), 1-13. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020137> .

CABRAL, B. R. P., DE OLIVEIRA, P. M., GELFUSO, G. M., QUINTÃO, T. D. E. S. C., CHAKER, J. A., KARNIKOWSKI, M. G. D. E. O., & GRIS, E. F. (2018). Improving stability of antioxidant compounds from *Plinia cauliflora* (jabuticaba) fruit peel extract by encapsulation in chitosan microparticles. *Journal of Food Engineering*, 238, 195–201. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.06.004>.

CAMPO-FERNÁNDEZ, M.C.; GRANJA-RIZZO, D.F.; MATUTE-CASTRO, N.L.; CUESTA-RUBIO, O.; & MÁRQUEZ-HERNÁNDEZ, I. (2021) Microencapsulación mediante secado por atomización a partir de um extracto de los cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. *Revista Colombiana de Química*, 50 (1), 40-50. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v50n1.88424>.

CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNÁNDEZ M. L.; PÁEZ-HERNÁNDEZ M. E.; & RODRÍGUEZ, J. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113 (4), 859-871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>.

DAS A.B.; GOUD V. V.; & DAS C. (2019). Microencapsulation of anthocyanin extract from purple rice bran using modified rice starch and its effect on rice dough rheology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124 (1), 573-581. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.247>.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A. R.; & PAREDES-LÓPEZ, O. (2010). Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains — Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability (2010). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40 (3), 173–289. <https://doi.org/10.1080/10408690091189257> .

DIAS, D. R.; BOTREL, D. A.; FERNANDES, R. V. B.; & BORGES, S. V. Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods (2017). **Current Opinion in Food Science**, 13, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.02.001>.

EL ASBAHANI, A.; MILADI, K.; BADRI, W.; SALA, M.; AÏT ADDI, E. H.; CASABIANCA, H.; EL MOUSADIK, A.; HARTMANN, D.; JILALE, A.; RENAUD, F. N.R.; & ELAISSARI, A. Essential oils: from extraction to encapsulation (2015). **International Journal of Pharmaceutics**, 483 (1-2), 220–243. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>

FAVARO, L.I.L.; SOUZA, M.S.M.; ROCHA, L.K.H.; JARDIM, T.O.; CINTO, E.C.; PEREIRA, J.C.; BALCÃO, V.M.; & VILA, M.M.D.C. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereal com extrato de antocianinas da fruta da palmeira jussara (*euterpe edulis*). **Brazilian Journal of Development**, 6 (10), 75546-75560, 2020. <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/17851/14462>

FLORES, F. P.; SINGH, R. K.; KERR, W. L.; PEGG, R. B.; & KONG, F. (2014). Total phenolics content and antioxidant capacities of microencapsulated blueberry anthocyanins during in vitro digestion. **Food Chemistry**, 153 (15), 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.063>.

FREDES, C., OSORIO, M. J., PARADA, J., & ROBERT, P. (2018). Stability and bioaccessibility of anthocyanins from maqui (*Aristotelia chilensis* [Mol.] Stuntz) juice microparticles. **LWT - Food Science and Technology**, 91(June 2017), 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.090>.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; & SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. (2007) **Food Research International**, 40 (9), 1107-1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>.

IDHAM, Z.; MUHAMAD, I. I.; & SARMIDI, M. R. Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulated anthocyanins from *Hibiscus Sabdariffa* L. (2012) **Journal of Food Process Engineering**, 35 (4), 522-542. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2010.00605.x>

KADERIDES, K.; GOULA, A. M.; & ADAMOPOULOS, K. G. (2015). A process for turning pomegranate peels into a valuable food ingredient using ultrasound-assisted extraction and encapsulation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 31, 204-215. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.08.006>.

KALUŠEVIĆ, A.; LEVIĆ, S.; ČALIJA, B.; PANTIĆ, M.; BELOVIĆ, M.; PAVLOVIĆ, V.; BUGARSKI, B.; MILIĆ, J.; ŽILIĆ, S.; NEDOVIĆ, V. (2017). Microencapsulation of anthocyanin-rich black soybean coat extract by spray drying using maltodextrin, gum Arabic and skimmed milk powder. **Journal of Microencapsulation**, 475-487. <https://doi.org/10.1080/02652048.2017.1354939>.

- KUCK, L. S.; WESOLOWSKI, J. L.; & NOREÑA, C. P. Z. (2017). Effect of temperature and relative humidity on stability following simulated gastrointestinal digestion of microcapsules of Bordo grape skin phenolic extract produced with different carrier agents. **Food Chemistry**, 230, 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.038>
- LABUSCHAGNE, P. (2018). Impact of wall material physicochemical characteristics on the stability of encapsulated phytochemicals: A review. **Food Research International**, 107, 227-247. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.026>.
- LOPES, L. D. (2013). Desenvolvimento e avaliação de subprodutos de uva e sua utilização como ingrediente alimentício. 71 f. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.
- MAHDAVI, SA, JAFARI SM, ASSADPOOR E, DEHNAD D. (2016). Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. **Internation Journal of Biological Macromolecules**, 85, 379-385. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.011>.
- MAHDAVEE KHAZAEI, K.; JAFARI, S. M.; GHORBANI, M.; & HEMMATI KAKHKI, A. (2014) Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color. **Carbohydrate Polymers**, 105 (25), 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.01.042>.
- MALACRIDA, C. R.; & MOTTA, S. D. A. (2006). Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, 24(1), 59–82. <https://doi.org/10.5380/cep.v24i1.5294>
- MAZUCO, R.A.; CARDOSO, P. M. M.; BINDACO, É.S.; SCHERER, R.; CASTILHO, R.O.; FARACO, A. A. G.; RUAS, F. G.; OLIVEIRA, J.P.; GUIMARÃES, M. C. C.; DE ANDRADE, T. U.; LENZ, D.; BRAGA, F.C.; & ENDRINGER, D.C. (2018). Maltodextrin and Gum Arabic-Based Microencapsulation Methods for Anthocyanin Preservation in Juçara Palm (*Euterpe edulis* Martius) Fruit Pulp. **Plant Foods for Human Nutrition**, 73(3) 209-215. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0676-z>.
- MEHRAN, M.; MASOUM, S.; & MEMARZADEH, M. (2020). Improvement of thermal stability and antioxidant activity of anthocyanins of *Echium amoenum* petal using maltodextrin/modified starch combination as wall material. **Internation Journal of Biological Macromolecules**, 1, 148-768. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.197>.
- OZKAN, G.; FRANCO, P.; DE MARCOB I., XIAO, J.; & CAPANOGLU, E. (2019). A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. **Food Chemistry**, 272, 494-506. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.205>.

- PAGANI, M. M. (2010). Obtenção de suco de acerola (*Malpighia emarginata* d.c.) concentrado e pós estáveis através da integração dos processos de separação por membranas e microencapsulação por atomização. 183 f. **Tese (Doutorado)** - Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. (2018). Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. **Food Research International**, 124, 200-205. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.028>.
- SANTANA, A.A.; CANO-HIGUITA, D.M.; DE OLIVEIRA, R.A.; & TELIS, V.R.(2016). Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. **Food Chemistry**, 2012 91), 1-9 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.148> .
- SANTOS-BUELGA, C.; & GONZÁLEZ-PARAMÁS A. M. Anthocyanins. **Encyclopedia of Food Chemistry**, 10-21, 2019.
- SANTOS, D. T.; VEGGI, P. C.; & , M. A. A. (2010). Extraction of antioxidant compounds from Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) skins: Yield, composition and economical evaluation. **Journal of Food Engineering**, 101 (1), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.005>.
- SAUTTER, C. K.; DENARDIN, S.; ALVES, A. O.; MALLMANN, C. A.; PENNA, N. G.; HECKTHEUER, L. H. (2005). Determinação de resveratrol em sucos de uva no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 25 (3), 437-442. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000300008>.
- SILVA, E. K.; & MEIRELES, M. A. A. (2014). Encapsulation of food compounds using supercritical technologies: applications of supercritical carbon dioxide as an antisolvent. **Food and Public Health**, 4 (5), 247–258. <https://doi.org/10.5923/j.fph.20140405.06>.
- SINOPOLI, A.; CALOGER, G.; & BARTOLOTTA, A. (2019). Computational aspects of Anthocyanidins and Anthocyanins: a review. **Food Chemistry**, 297 (1), 124898. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.172>.
- SUI X.; ZHANG Y.; JIANG L. ET AL. Anthocyanins in Food. **Encyclopedia of Food Chemistry**, p. 10-17, 2019.
- VERGARA, C.; PINO, M.T.; ZAMORA, O.; PARADA, J.; PÉREZ, R.; URIBE, M.; & KALAZICH, J. (2020). Microencapsulation of Anthocyanins. Extracted from Purple Flesh Cultivated Potatoes by Spray Drying and Its Effects on In Vitro Gastrointestinal Digestion. **Molecules**, 25 (3), 722. <https://doi.org/10.3390/molecules25030722>.

Autores

Mariane Igansi Alves, Elizangela Gonçalves de Oliveira*

Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Pelotas-
Campus Capão do Leão, 96010-900, Pelotas – RS, Brasil.

* Autor para correspondência: elizangelagoliveira1@gmail.com

A importância das proteínas vegetais na promoção da saúde: Uma revisão

Thalita Faleiros Demito Santos, Beatriz Paes Silva, Francielle Cristina Nakamura Manicardi, Gustavo Henrique Souza, Milena Thais Francisco da Silva

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-17-6.c3>

Resumo

Atualmente a proteína vegetal é muito consumida por veganos e vegetarianos em todo o mundo, elas possuem aminoácidos essenciais para o bom funcionamento do organismo e ajudam na produção de hormônios, anticorpos e enzimas, e a deficiência proteica pode causar desequilíbrio em todo o corpo. A soja por exemplo é o grão que fornece o maior número de aminoácidos, sendo assim a proteína vegetal mais completa, mas também existem misturas proteicas com ótima qualidade no mercado, como as que utilizam o arroz e a ervilha como fontes de aminoácidos. Uma fonte de proteína vegetal completa é aquela que fornece todos os nove aminoácidos essenciais que precisamos ingerir. Os aminoácidos essenciais são a histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e a valina. Ao contrário dos aminoácidos não essenciais, os essenciais não podem ser produzidos pelo organismo, sendo obtidos por meio da dieta. As fontes de proteína incompleta precisam ser ingeridas com outros alimentos complementares, sendo a mistura de arroz e feijão um bom exemplo nesse sentido. A proteína vegetal encontrada em muitos alimentos naturais vem sendo um produto promissor para auxiliar em tratamentos de doenças e prevenção das mesmas assim como um excelente substituto para a proteína animal na dieta.

Palavras-chave: Proteína vegetal. Aminoácidos. Bioatividade. Soja. Dieta.

Abstract

Vegetable protein is currently widely consumed by vegans and vegetarians worldwide, they have essential amino acids for the proper functioning of the body and help in the production of hormones, antibodies and enzymes, and protein deficiency can cause imbalance throughout the body. Soy for example is the grain that provides the greatest number of amino acids, thus being the most complete vegetable protein, but there are also protein mixtures with excellent quality on the market, such as those that use rice and peas as sources of amino acids. A source of complete plant protein is one that provides all nine essential amino acids that

we need to eat. The essential amino acids are histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan and valine. Unlike non-essential amino acids, the body, being obtained through the diet, cannot produce essential ones. Incomplete protein sources need to be eaten with other complementary foods, the mixture of rice and beans being a good example in this regard. The vegetable protein found in many natural foods has been a promising product to assist in the treatment of diseases and their prevention, as well as an excellent substitute for animal protein in the diet.

Keywords: Vegetable protein. Amino acids. Bioactivity. Soy. Diet.

1. Introdução

Consumir boas fontes de proteína vegetal faz bem para a manutenção do organismo principalmente para os indivíduos que não consomem proteína animal, ajuda a perder peso, eliminar a gordura da barriga, aumentar a massa e a força muscular. Os alimentos ricos em proteínas ajudam a reduzir a pressão arterial, combater o diabetes e a redução do colesterol (NG, M.; *et al.*,2013).

A ingestão diária recomendada (IDR) de proteínas é de 46 gramas para mulheres e 56 gramas para homens, mas essa proporção varia de acordo com o peso e objetivos pessoais. Os atletas, por exemplo, precisam ingerir mais proteínas do que uma pessoa normal. (ABENUTRI, 2021).

A proteína vegetal é simplesmente uma proteína na dieta de fontes não animais. Por exemplo, aqui estão alguns dos tipos mais populares de proteínas vegetais: feijões pretos, proteínas isoladas de trigo, ervilha, arroz, proteína de ervilha, soja, tofu, vários produtos vegetarianos e veganos. As dez melhores fontes de proteína vegetal estão na lentilha, tofu, sementes de abóbora, aveia, seitan, beans, amêndoas, tempeh, quinoa e grão-de-bico (COIMBRA; JORGE, 2011).

O objetivo do presente trabalho de revisão foi apresentar a importância e os benefícios das proteínas vegetais para a saúde e os principais alimentos que são compostos por elas.

A literatura atual vem propondo a exploração e uso dos resíduos agroindustriais como potenciais fontes de biomoléculas, com alto valor agregado e nutricional, como as proteínas vegetais, antioxidantes, vitaminas, fibras e carboidratos, que podem ser extraídas, isoladas e aproveitadas em diversos

setores industriais na área de alimentos, fármacos, cosméticos e química, tornando a cadeia agroindustrial sustentável (SARI, 2015).

A maior fonte de proteínas da alimentação humana é constituída por proteína de origem animal, advindas principalmente da carne de bovinos, suínos, aves e peixes, além dos ovos. Já a proteína vegetal tem como principais fontes as oleaginosas e os cereais, com destaque para a soja, o amendoim e o girassol, sendo que, industrialmente, são consideradas fontes de proteínas vegetais os produtos de origem agrícola cujo teor de proteínas seja superior a 5% em base seca (CHIESA; GUANANSOUNOU, 2011; SARI, 2015).

No processamento industrial de oleaginosas para extração de óleos vegetais para a indústria química, de alimentos, cosméticos e fármacos, e atualmente com destaque para a produção de biodiesel, elevadas quantidades de tortas e farelos são geradas como subprodutos. Contudo, devido à composição rica destes resíduos, os mesmos tornam-se fontes de diferentes compostos de interesse industrial para aplicação não só na alimentação humana e animal, mas em outras áreas. Sendo assim, a exemplo da cadeia agroindustrial da soja, cuja viabilidade e importância econômica estão associadas ao aproveitamento integral do grão, sabe-se que do processamento da soja para a produção de óleos obtém-se aproximadamente 79% de farelo e 19% de óleo. A priori, o farelo de soja não seria o principal produto obtido na indústria de processamento de óleos, porém, devido ao montante gerado e à sua nobre composição, este subproduto passou a ser aproveitado industrialmente como a mais importante fonte de proteínas vegetais, contendo cerca de 50% de proteínas. Logo, o lucro obtido com a venda de farelo de soja é cerca de 2,5 vezes maior do que o obtido com a venda do óleo de soja (WWF, 2014).

Contudo, cerca de $\frac{3}{4}$ da soja produzida no mundo é destinada à produção animal, 6% para consumo humano e o restante usado pela indústria de processamento de óleo, de onde se obtém também os farelos. A maior parte do óleo de soja produzido, cerca de 80%, vem sendo destinada para a indústria de biodiesel, e somente a parte restante é destinada à indústria de alimentos e outras. Dos produtos processados obtidos a partir do farelo de soja para alimentação humana e animal, destacam-se farinhas proteicas, ração, isolado, concentrado e hidrolisado proteicos (WWF, 2014).

No entanto, devido à grande disponibilidade de soja e a composição em aminoácidos essenciais, em especial a lisina, e não essenciais, associando excelente qualidade nutricional aos farelos, os produtos proteicos de soja tornaram-se ingredientes indispensáveis na formulação de rações e a principal fonte comercial de proteína vegetal para a indústria de alimentos (REGITANO-D'ARCE, 2006; RODRIGUES; COELHO; CARVALHO, 2012).

Logo, pode-se dizer que uma forma de minimizar a dependência pela soja como fonte principal de proteína vegetal, diminuindo também a pressão sobre a demanda, diversidade e disponibilidade de alimentos, com consequências nos custos de produção, seria explorar o potencial de oleaginosas alternativas e emergentes como fonte de biomoléculas de valor agregado, além dos lipídeos, com destaque para as proteínas, com objetivo de aproveitamento na alimentação humana. Além do farelo de soja, outras oleaginosas com menor expressão também são utilizadas industrialmente como fonte de proteínas vegetais, a saber, amendoim, canola, girassol, entre outras.

2. Metodologia

Este é um estudo de revisão descritiva, desenvolvido com produção científica indexada nas seguintes bases eletrônicas de dados: MEDLINE, SCIELO e TESES de Instituições que enfocam o tema proposto.

3. Principais tecnologias para a extração de proteínas vegetais e os produtos proteicos obtidos

De um modo geral, os processos industriais empregados para extração, isolamento ou fracionamento de biomoléculas de valor agregado de resíduos agroindustrial baseiam-se nos princípios da química analítica. Portanto, industrialmente são realizadas modificações e adaptações às metodologias analíticas tradicionais, a fim de viabilizar o processo em grande escala e atingir objetivos industrial como máximo rendimento de extração, alta pureza, manutenção de funcionalidades, entre outros (GALANAKIS, 2012).

Desta forma, a literatura reporta diferentes técnicas para determinação e extração de proteínas de diferentes fontes vegetais e animal, dentre estas, as técnicas mais usuais para extração de proteínas de matrizes vegetais compreendem a extração química; em meio aquoso alcalino, ácido, salino e com solventes orgânicos e a extração enzimática; empregando diferentes tipos de hidrolases. Dependendo da técnica empregada e dos tratamentos dados aos extratos obtidos, diferentes produtos podem ser produzidos, com diferentes teores de pureza e aplicações.

O processo de extração química é o mais comumente utilizado ao nível industrial para a extração de proteínas de matrizes vegetais e farelos de oleaginosas, devido à versatilidade, facilidade e aos custos operacionais. No entanto, a extração enzimática vem ganhando espaço, principalmente devido ao barateamento da produção de enzimas em larga escala, além disso, o emprego de enzimas em processos industriais associa especificidade, e por isso, bons rendimentos com mínima geração de efluentes poluentes, sendo um processo mais sustentável (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; BOYE; BARBARA, 2012).

3.1. Extração Química

O processo que emprega a extração química em meio alcalino ou ácido tem por objetivo extrair as proteínas de uma matriz sólida por solubilização das mesmas em meio aquoso, manipulando o pH da solução de extração fora do ponto isoelétrico (pI) das proteínas, ou seja, em pH onde apresentam maior solubilidade. O pI é a região de pH onde a solubilidade da proteína é mínima, devido a neutralização das cargas superficiais global da mesma, ou seja, a proteína, em determinado $\text{pH} = \text{pI}$, apresenta-se com cargas positivas e negativas, associadas a molécula, iguais (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; BOYE; BARBARA, 2012).

De um modo geral, a maioria das proteínas vegetais apresentam maior solubilidade na faixa de pH alcalino, devido ao maior teor de aminoácidos do tipo ácido aspártico e ácido glutâmico compondo as proteínas de origem vegetal. Adicionalmente, soluções salinas também são utilizadas para maximizar o

rendimento de extração em meio alcalino, devido ao fenômeno de *salting-in* que promove a solubilização das proteínas em meio salino neutro de baixa concentração (inferior a 0,5 M). O fenômeno contrário, de *salting-out* ou precipitação proteica, ocorre na presença de soluções salinas neutras e sais bivalentes em altas concentrações (acima de 1 M). Os principais solventes usados nestes processos são NaCl, NaOH, Na₂SO₄, Na₂CO₃, além de MgCl₂ e CaCl₂ (BOYE; BARBARA, 2012).

Os fenômenos descritos acima, da mesma forma que o ponto isoelétrico, altera o equilíbrio iônico das proteínas favorecendo ou não a solvatação das moléculas com consequência sobre a solubilidade da mesma no meio aquoso de extração (CHIESA; GUANANSOUNOU, 2011; BOYE; BARBARA, 2012).

Para a extração química, a literatura reporta a importância do controle de alguns parâmetros de processo que influenciam na extração das proteínas como, razão sólido: solução de extração (faixa entre 1:5 a 1:20 (m/v)), pH (faixa entre 8 a 11 – extração alcalina e pH inferior a 4 - extração ácida), tempo de extração (30 a 180 minutos), agitação do sistema e temperaturas de extração de até 65°C (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; BOYE; BARBARA, 2012).

Contudo, dependendo do produto proteico que se deseja obter, o objetivo do processo de extração pode ser a solubilização das proteínas da matriz sólida na solução de extração (isolado proteico), ou a insolubilização das proteínas e a extração de outros componentes da matriz solúveis em meio aquoso (concentrado proteico). Qualquer que seja o objetivo, os extratos obtidos podem passar por processos posteriores de separação e purificação que envolve centrifugação, filtração, secagem, precipitação por solventes orgânicos ou no ponto isoelétrico, entre outros.

3.2. Extração Enzimática

Outro processo para a extração de proteínas de matrizes vegetais é a extração enzimática que emprega enzimas hidrolíticas ao invés de reagentes químicos, e por isso, é considerado um processo mais eficiente, rápido e ambientalmente sustentável. A principal vantagem no uso de enzimas é que as reações ocorrem em condições moderadas de temperatura e pH, apresentam

maior especificidade, e por isso, são mais eficientes, reduzindo o risco de ocorrência de reações paralelas indesejáveis e formação de subprodutos no processo de extração o que acaba por diminuir o rendimento e dificulta a purificação (CHIESA; GUANANSOUNOU, 2011).

A escolha das enzimas adequadas para a extração das proteínas depende da composição da matéria prima e dos produtos proteicos que se deseja obter ao final do processo. Desta forma, se o objetivo é obter isolado proteico, as enzimas mais usadas para a extração das proteínas são as celulases, amilases e pectinases, cujo objetivo principal é degradar partes da matriz vegetal, ou seja, fibras e carboidratos, expondo as proteínas para uma extração mais eficiente com consequente aumento do rendimento e qualidade das proteínas (BOYE; BARBARA, 2012).

Contudo, se o objetivo do processo industrial é obter hidrolisado proteico, as enzimas comumente utilizadas são proteases como a tripsina e quimotripsina de origem animal, alcalase de origem microbiana, papaína, bromelina e ficina de origem vegetal, além de diversos extratos comerciais enzimáticos, que possuem a função de hidrolisar as proteínas presentes na matriz e facilitar a extração dos fragmentos proteicos. O hidrolisado proteico também pode ser obtido a partir do isolado proteico, quando as proteases atuam como modificador das proteínas, e não mais como agente de extração de proteínas (CHIESA; GUANANSOUNOU, 2011; BOYE; BARBARA, 2012).

Para a maioria dos processos de extração de proteínas por método enzimático, a literatura reporta o controle de parâmetros de processos como a concentração de enzima em relação ao seu substrato, na faixa de 1 a 5% (massa enzima/massa matriz a ser tratada), a proporção sólido: solução de extração, entre 1:5 a 1:50, o pH e a temperatura do sistema de extração, entre 8 - 10 e 40 a 70°C, respectivamente, e tempo de extração variando entre 1 hora e 4 horas, dependendo dos objetivos do processo, atividade e tipo de enzima (SARI, 2015).

3. Revisão bibliográfica

Cada vez mais a população mundial tem optado por reduzir o consumo de proteína de origem animal (carnes, leites, ovos) por motivos de saúde ou de princípios pessoais. Para garantir que a retirada desses produtos da alimentação

não resulte em uma queda indesejada da ingestão de proteínas no dia a dia, é importante garantir no seu cardápio algumas fontes de proteína vegetal para fazer essa substituição.

Vamos explicar aqui sete fontes de proteínas vegetais que podemos estar substituindo pela proteína animal em nossa alimentação:

4.1. Feijão

O feijão é provavelmente a fonte de proteína vegetal mais popular e consumida no Brasil, já que faz parte do nosso dia a dia. Todos os tipos de feijão contam com boa concentração de proteínas em sua composição. O feijão de corda, por sua vez, é o considerado “mais proteico”, chegando a quase 9g de proteína em 100g do alimento (ABENUTRI, 2021) (Figura 1).



Figura 1. Fotografia de feijão. Fonte: ABENUTRI, 2021.

4.2. Soja

A soja, apesar de não tão popular nos países ocidentais, é uma das fontes mais importantes de proteína vegetal do mundo. Em 100g desse alimento é possível encontrar mais de 30g de proteínas – quantidade similar ao encontrado em filés pequenos de carne de frango, por exemplo. É exatamente por isso que a soja é utilizada como substituta da carne com uma grande frequência. Ela também é utilizada para produzir queijos (como o tofu) que servem como alternativa para o cardápio vegetariano (ABENUTRI, 2021) (Figura 2).



Figura 2. Fotografia de soja. Fonte: ABENUTRI, 2021.

4.3. Grão de bico

O grão-de-bico (da mesma família do feijão e da soja) contém alto valor de proteínas vegetais. Em 100g é possível encontrar cerca de 8g de proteínas nesse alimento que é versátil e fácil de usar em várias receitas (ABENUTRI, 2021) (Figura 3).



Figura 3. Fotografia de grão de bico. Fonte: ABENUTRI, 2021.

4.4. Lentilha

Outra leguminosa dessa lista de alimentos ricos em proteínas vegetais é a lentilha, que é muito consumida no Brasil em substituição ao feijão e também na culinária árabe. Em 100g desse alimento é possível encontrar aproximadamente 9g de proteínas vegetais (ABENUTRI, 2021) (Figura 4).



Figura 4. Fotografia de lentilha. Fonte: ABENUTRI, 2021.

4.5. Quinoa

A quinoa é um produto de origem andina, muito consumida em regiões como a Bolívia, Colômbia, Peru e Chile. Sua principal característica é seu alto valor biológico, já que a quinoa é um alimento com alta concentração de aminoácidos que são essenciais para a saúde humana. Em 100g desse alimento, pelo menos 14g deles representam proteínas de origem vegetal (ABENUTRI, 2021) (Figura 5).

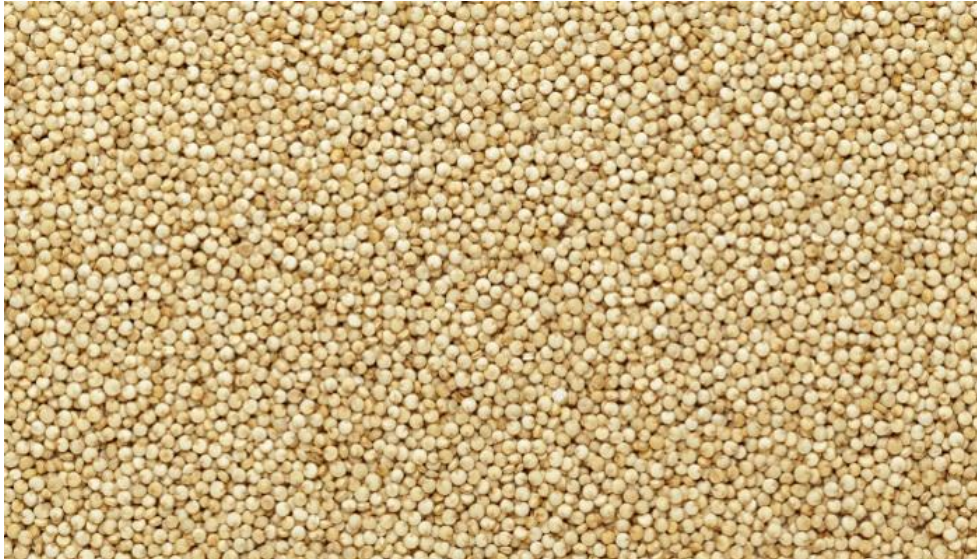


Figura 5. Fotografia de quinoa. Fonte: ABENUTRI, 2021.

4.6. Aveia

A aveia é uma importante fonte de carboidratos e fibras alimentares da nossa dieta diária, porém, esse cereal é também riquíssimo em proteínas de origem vegetal. São pelo menos 14g de proteína em 100g de um alimento extremamente versátil e saudável (ABENUTRI, 2021) (Figura 6).

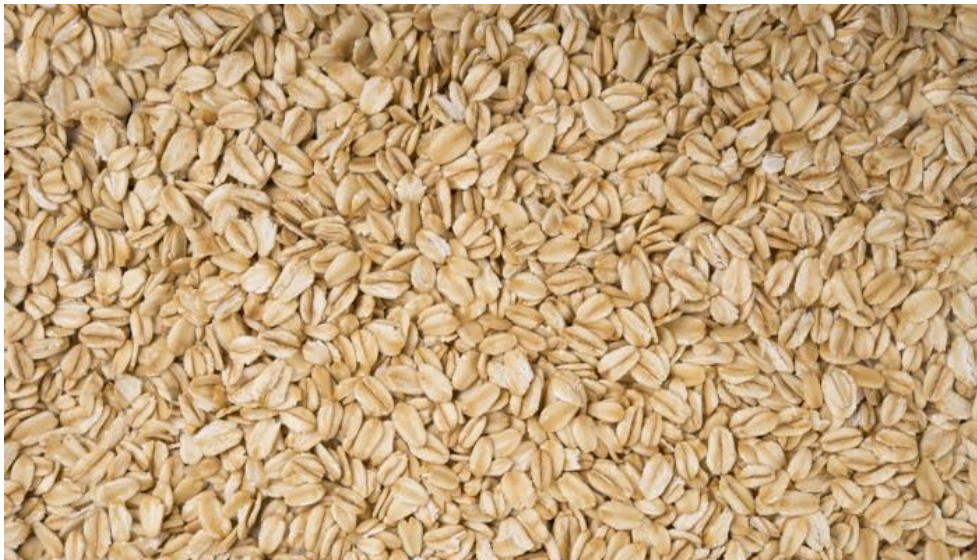


Figura 6. Fotografia de aveia. Fonte: ABENUTRI, 2021.

4.7. Oleaginosas

Para quem é fã das oleaginosas (como a castanha de caju, amêndoas e pistache) vale saber que esses alimentos também podem ser uma boa opção de fonte de proteínas vegetais. É possível encontrar, em média, cerca de 20g de proteínas vegetais em 100g desses alimentos. Importante ressaltar que as oleaginosas também têm alto valor calórico (por causa de sua alta concentração de gorduras) e, por isso, devem ser consumidas com cautela (ABENUTRI, 2021) (Figura 7).



Figura 7. Fotografia de oleaginosas. Fonte: ABENUTRI, 2021.

Aumentar o consumo de proteínas de origem vegetal na alimentação diária não é uma tarefa difícil. Os alimentos apresentados acima podem ser acrescentados em saladas, massas e acompanhamentos de um modo geral.

Uma das fontes de proteínas vegetais também é encontrada na palmeira de macaúba do gênero *Acrocomia* e família *Arecaceae*, é uma planta arbórescente, perene, frutífera, nativa e muito predominante em toda região das florestas tropicais da América do Sul, estando presente desde o sul do México até as regiões do Brasil e Argentina. Especificamente no Brasil, ela predomina em quase todo território nacional, com destaque para região do cerrado brasileiro, principalmente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Ceará e Minas Gerais (REVELLO, 2014).

A macaúba vem despertando grande interesse industrial, principalmente como fonte alternativa de óleos para a produção de biodiesel, devido a sua apreciável produtividade em óleo, superior à da soja e comparável a produtividade de óleo de palma, oleaginosa está mais produzida no mundo, com uma produtividade média de 5.000 kg/ha, sendo por isso, a principal fonte de óleos vegetais (REVELLO, 2014).

Destaca-se ainda, que a partir dos óleos dos frutos da macaúba é possível obter um rendimento na reação de transesterificação para a produção de biodiesel de alta qualidade entre 70 e 99 %, valores estes similares aos reportados para o rendimento de biodiesel obtido a partir de óleo de soja (AGUIEIRAS *et al.*, 2014; MICHELIN *et al.*, 2015; SCHERER, 2015).

5. Proteínas e peptídeos bioativos

As proteínas vegetais contêm peptídeos bioativos com diversos benefícios para a saúde. Muitos desses peptídeos contêm promessa de uso na prevenção de doenças relacionadas à idade e doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, câncer, obesidade e diminuição da função imunológica. Há evidências em estudos com proteínas vegetais isoladas, hidrolisados e peptídeos que podem reduzir as concentrações de colesterol no sangue em experimentos com animais e humanos.

Cada proteína, além de sua função básica, também funciona como um reservatório para peptídeos que regulam processos vitais do organismo (KARELIN; BLISHCHENKO; IVANOV, 1998). Anteriormente, o principal critério aplicado para avaliar os efeitos das proteínas no organismo incluía-se perfis de aminoácidos essenciais para função adequada do organismo, o efeito das proteínas sobre a massa corporal, suas propriedades alergênicas e seu teor de composto de transição (BUSH; HEFLE, 1996). Um critério adicional agora existe para abordar o valor das proteínas como potenciais fontes de peptídeos bioativos (DZIUBA *et al.*, 1999), os hidrolisados de proteína e sua bioatividade (NAGAOKA *et al.*, 1999), e estudos recentes identificaram peptídeos únicos identificados com bioatividades específicas (JANG; LEE, 2005; MA *et al.*, 2006; DAREWICZ *et al.*, 2011). Há uma tendência crescente e interesse no uso de peptídeos derivados

de proteínas alimentares como agentes de intervenção contra doenças humanas crônicas e para manutenção de bem-estar geral. Esses peptídeos são produzidos por hidrólise enzimática de proteínas alimentares para liberar as sequências de peptídeos, seguido por processamento pós-hidrólise para isolar peptídeos bioativos de um complexo de mistura de outras moléculas inativas (HARTMANN; MEISELI, 2007). Peptídeos derivados de proteínas alimentares que possuem propriedades farmacológicas benéficas além do normal e nutrição adequada (Hidrolisados de proteína alimentar exibiram atividades biológicas potentes, como anti-hipertensivo, antioxidante, imunomodulador, anticâncer, atividades antimicrobianas e hipoglicemiantes (KORHONEN; PIHLANTO, 2006; RUTHERFURD-MARKWICK; MOUGHAN, 2005), que são em grande parte devido aos seus peptídeos constituintes.

Ingestão de proteína vegetal em vez de animal proteína está aparentemente associada com menor risco de doença cardíaca, um efeito que pode refletir diminuições em concentração de colesterol sérico (MANSON; TOSTESON; RIDKER, 1992). Existem amplas evidências indicando que a proteína de soja causa menos hipercolesterolemia e menos aterosclerose em animais de laboratório do que proteína animal (LARSON; DONOVAN; POTTER, 1996). A bioatividade específica de peptídeos alimentares contra vários alvos de doenças moleculares dependem principalmente de suas propriedades estruturais, como comprimento da cadeia e características físico-químicas dos aminoácidos que o compõe, por exemplo, hidrofobicidade, carga e volume da cadeia lateral (PRIPP *et al.*, 2005).

Os Centros de Controle e Prevenção de Doenças estimam que 35,6% dos adultos com idade ≥ 20 anos são obesos e mais de 1,4 bilhão de adultos estão acima do peso em todo o mundo (NG *et al.* 2014; OGDEN *et al.*, 2014). A obesidade pode encurtar a vida humana em 4-7 anos, presumivelmente devido ao aumento associado dos riscos de doenças crônicas para diabetes mellitus tipo II (DM2), doença cardiovascular (DCV) e câncer (PEETERS *et al.*, 2003; WHITLOCK *et al.*, 2009; ADAMS *et al.*, 2014). Enquanto uma variedade de fatores ambientais influencia no desenvolvimento da obesidade, a dieta tem uma influência significativa sobre adiposidade (KAILA; RAMAN, 2008).

Há muitas evidências de pesquisas experimentais que muitos vegetais foram eficazes na prevenção de doenças cardiovasculares, como batata, soja, gergelim, tomate, cebola, aipo, brócolis, alface e aspargos. Alguns componentes bioativos são responsáveis pelos efeitos cardioprotetores dos vegetais, como vitaminas, elementos essenciais, fibras alimentares, proteínas botânicas e fitoquímicos. Os potenciais mecanismos de ação podem envolver antioxidação, antiinflamação, antiplaquetário, regular a glicose no sangue, o perfil lipídico e a pressão sanguínea, atenuando assim o dano ao miocárdico (RODRIGUES *et al.*, 2005).

Alimentos à base de plantas são uma fonte rica em fitoquímicos, que podem servir como ligantes, substratos, inibidores e cofatores para uma variedade de enzimas em nosso organismo (DILLARD; GERMAN, 2000). O consumo de fitoquímicos, particularmente polifenóis, que estão presentes em uma variedade de alimentos vegetais (por exemplo, frutas vermelhas, uvas, cebolas, maçãs, cacau, chá verde, soja, grãos inteiros, etc.), estão associados à redução da mortalidade e ao risco de doenças crônicas (RIENKS; BARBARESKO; NOTHLINGS, 2017; NACHVAK *et al.*, 2019; KIMBLE *et al.*, 2019; KNEKT *et al.*, 2002).

A soja é um vegetal comum que pode ser usado para extrair óleo e fazer leite de soja. Polifenóis, principalmente incluindo ácido fenólico e flavonóides como flavonas e flavonóis, estão entre os mais importantes componentes bioativos extraídos da soja. Foi relatado que o ácido fenólico principalmente contribuiu para as capacidades antioxidantes de muitos produtos naturais. Muitos pesquisadores sugeriram que os polifenóis possuem efeitos biológicos como antioxidação e antiinflamatório, que por sua vez forneceu proteção cardiovascular (GUO *et al.*, 2012).

Estudos mostram que a soja contém fitoestrógenos consideráveis, como as isoflavonas (principalmente genisteína e daidzeína) e lignanas, que são moduladores do receptor de estrogênio seguro e é uma alternativa natural à terapia hormonal e possuem efeitos antioxidantes e cardioprotetores (HU *et al.*, 2013). Os pesquisadores analisaram os efeitos funcionais e anatomopatológicos do extrato de soja e da isoflavona no pós-infarto do miocárdio. Assim,

pesquisadores chegou à conclusão de que a soja tem efeitos na promoção da saúde, incluindo anti-diabetes e anti-hipertensão (MIGUEZ *et.al.*, 2012).

Dois produtos derivados de proteína de soja, LunaSoy TM ® e Lunasin XP ® foram comercializados como ingredientes adequados para a formulação de redução de colesterol de alimentos. Os dois produtos são feitos de lunasin um componente bioativo de proteína de soja. O primeiro produto é comercializado como um complexo proteico para a formulação de alimentos funcionais. O segundo produto é comercializado como um extrato de peptídeo formulado para uso como suplemento dietético. Lunasina é um peptídeo composto por 43 aminoácidos. Estudos anteriores em animais mostraram que a lunasina não é totalmente digerido no sistema gastrointestinal, mas é absorvido intacto atingindo assim os tecidos-alvo (MEJIA; BRADFORD; HASLER 2003; de LUMEN, 2005).

Apesar de todos estes benefícios das proteínas vegetais, elas também apresentam compostos antinutricionais que são: as *saponinas* caracterizadas pelo sabor amargo e pela formação de espuma em soluções aquosas, sendo responsáveis por modificações na permeabilidade da mucosa intestinal, inibindo o transporte de nutrientes para diversos órgãos; as *proteínas alergênicas* (*conglícinina* e *β-conglícinina*) que reduzem a absorção de nutrientes causando efeitos deletérios no intestino delgado; os *inibidores de proteases* (*kunitz* e *bowman-birk*) que inibem a atividade da tripsina e quimiotripsina, reduzindo o valor nutritivo das proteínas nas leguminosas e as *lectinas* que são proteínas que se encontram na maioria das leguminosas e atuam combinando-se com células da parede intestinal, causando interferência não específica na absorção e diminuição da digestibilidade dos nutrientes (CHIESA; GUANANSOUNOU, 2011).

6. Conclusão

As proteínas vegetais são excelentes fontes de vitaminas para o organismo humano e também apresenta muitos benefícios à saúde além de ajudar e prevenir doenças. Já se encontra na literatura casos de redução de lipídios, o uso sustentável de plantas, estratégias dietéticas que substituem proteína

vegetal por proteína animal, bem como redução no peso corporal. A proteína vegetal especialmente em combinação com outras fontes de alimentos se torna muito benéfica também por ser rica em fibras e auxiliar no trato gastrointestinal da maioria das pessoas. Observou-se, neste estudo, algumas fontes importantes e simples de serem consumidas estas proteínas em nossa dieta diária.

5. Referências

ABENUTRI – Associação Brasileira de Empresas de Produtos Nutricionais. Disponível em: www.abenutri.org. Acesso em: 15 maio 2021.

ADAMS, K. F.; LEITZMANN, M. F.; BALLARD-BARBASH, R.; ALBANES, D.; HARRIS, T. B.; HOLLENBECK, A.; KIPNIS, V. Body mass and weight change in adults in relation to mortality risk. **American Journal of Epidemiology**, v. 179, n. 2, p. 135-144, 15 jan. 2014. DOI: 10.1093/aje/kwt254

AGUIEIRAS, E. C. G.; CAVALCANTI-OLIVEIRA, E. D.; CASTRO, A. M.; LANGONE, M. A. P.; FREIRE, D. M. G. Biodiesel production from *Acrocomia aculeata* acid oil by (enzyme/enzyme) hydroesterification process: Use of vegetable lipase and fermented solid as low-cost biocatalyst. **Fuel**, v. 135, p. 315-321, nov. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.06.069>

BOYE, J. I.; BARBARA, C. Protein processing in food and bioproduct manufacturing and techniques for analysis. In: **Food and Industrial Bioproducts and Bioprocessing**. Edited by Nurhan Turgut Dunford, John Wiley & Sons, Ltd., 2012. <https://doi.org/10.1002/9781119946083.ch3>

BUSH, R. K.; HEFLE, S. L. Food allergens. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 36, sup. 001, p. 119-163, 1996. DOI: 10.1016/j.jaci.2010.10.007

CHIESA, S.; GNANSOUNOU, E. Protein extraction from biomass in a bioethanol refinery - Possible dietary applications: use as animal feed and potential extension to human consumption. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 427-436, jan. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.07.125>

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jervá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**, v. 44, p. 2139-2142, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.032>

DAMODARAN, S.; PARKIN, N. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.

DAREWICZ, M.; DZIUBA, B.; MINKIEWICZ, P.; DZIUBA, J. The preventive potential of milk and colostrum proteins and protein fragments. **Food Reviews International**, v. 27, n. 4, p. 357-88, 2011. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.563396>

De LUMEN, B. O. Lunasin: a cancer-preventive soy peptide. **Nutrition Reviews**, v. 63, n. 1, p. 16-21, jan. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2005.tb00106.x>

MEJIA, E. G.; BRADFORD, T.; HASLER, C. The anticarcinogenic potential of soybean lectin and lunasin. **Nutrition Reviews**, v. 61, n. 7, p. 239-46, jul. 2003. DOI: 10.1301/nr.2003.jul.239-246

DILLARD, C. J.; GERMAN, J. B. Phytochemicals: nutraceuticals and human health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1744-1756, jul. 2000. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(20000915\)80:12<1744::AID-JSFA725>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/1097-0010(20000915)80:12<1744::AID-JSFA725>3.0.CO;2-W)

DZIUBA, J.; MINKIEWICZ, P.; NAŁEŃCZ, D.; IWANIAK, A. Database of biologically active peptide sequences. **Nahrung**, v. 43, n. 3, p. 190-5, jun. 1999. DOI: 10.1002/(SICI)1521-3803(19990601)43:3<190::AID-FOOD190>3.0.CO;2-A

GALANAKIS, C. Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, Emerging technologies and commercialized applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 26, p. 68-87. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020210505>

GUO, Y.J.; DENG, G. F.; XU, X. R.; WU, S.; LI, S.; XIA, E. Q.; LI, F.; CHEN, F.; LING, W. H.; LI, H. B. Antioxidant capacities, phenolic compounds and polysaccharide contents of 49 edible macro-fungi. **Food and Function**, v. 3, n. 11, p. 1195-1205, nov. 2012. DOI: 10.1039/c2fo30110e

HARTMANN, R.; MEISELI, H. Food-derived peptides with biological activity: from research to food applications. **Current Opinion in Biotechnology**, v.18, n. 2, p. 163-169, abr. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2007.01.013>

HU, W.S.; LIN, Y.M.; HO, T.J.; CHEN, R.J.; LI, Y.H.; TSAI, F.J.; TSAI, C.H.; DAY, C.H.; CHEN, T.S.; HUANG, C.Y. Genistein suppresses the isoproterenol-treated H9c2 cardiomyoblast cell apoptosis associated with P-38, Erk1/2, JNK, and NFkB signaling protein activation. **The American Journal of Chinese Medicine**, v. 41, n. 5, p. 1125-1136, 2013. doi: 10.1142/S0192415X13500766.

KAILA, B.; RAMAN, M. Obesity: A review of pathogenesis and management strategies. **Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology**, v. 22, n. 1, p. 61-68, jan. 2008. DOI: 10.1155/2008/609039

KARELIN, A. A.; BLISHCHENKO, E. Y.; IVANOV, V. T. A novel system of peptidergic regulation. **FEBS Letters**, v. 428, n. 1-2, p. 7-12, may. 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1020756202644>

KIMBLE, R.; KEANE, K.; LODGE, J. K.; HOWATSON, G. Dietary intake of anthocyanins and risk of cardiovascular disease: A systematic review and metaanalysis of prospective cohort studies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 18, p. 3032-3043, 2019. doi: 10.1080/10408398.2018.1509835

KNEKT, P.; KUMPULAINEN, J.; JARVINEN, R.; RISSANEN, H.; HELIOVAARA, M.; REUNANEN, A.; HAKULINEN, T.; AROMAA, A. Flavonoid intake and risk of chronic diseases. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 3, p. 560–568, rep. 2002. DOI: 10.1093/ajcn/76.3.560

KORHONEN, H.; PIHLANTO, A. Bioactive peptides: production and functionality. **International dairy journal**, v. 16, n. 9, p. 945-60, 2006. DOI:10.1016/j.idairyj.2005.10.012

LARSON, M. R.; DONOVAN, S. M.; POTTER, S. M. Effects of dietary protein source on cholesterol metabolism in neonatal pigs. **Nutrition Research**, v. 16, n. 9, p. 1563-1574, sep. 1996. [https://doi.org/10.1016/0271-5317\(96\)00169-8](https://doi.org/10.1016/0271-5317(96)00169-8)

JANG, A.; LEE, M. Purification and identification of angiotensin converting enzyme inhibitory peptides from beef hydrolysates. **Meat Science**, v. 69, n. 4, p. 653-61, apr. 2005. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.10.014

MANSON, J. E.; TOSTESON, H.; RIDKER, P. M.; Satterfield, S.; Hebert, P.; O'Connor, G. T.; Buring, J. E.; Hennekens, C. H. The primary prevention of myocardial infarction. **New England Journal of Medicine**, v. 326, n.21, p. 1406-1416, may 1992. DOI: 10.1056/NEJM199205213262107

MA, M. S.; BAE, I. Y., LEE, H.; YANG, C. B. Purification and identification of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). **Food Chemistry**, v. 96, n. 1, p. 36-42, may 2006. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.01.052

MICHELIN, S.; PENHA, F. M.; SYCHOSKI, M. M.; SCHERER, R. P; TREICHEL, H.; VALERIO, A.; LUCCIO, M. D.; OLIVEIRA, D.; OLIVEIRA, J. V. Kinetics of ultrasound-assisted enzymatic biodiesel production from Macauba coconut oil. **Renewable Energy**, v. 76, p. 388-393, abr. 2015. [dx.doi.org/10.1590/0104-6632.20190362s20180455](https://doi.org/10.1590/0104-6632.20190362s20180455)

MIGUEZ, A. C.; FRANCISCO, J. C.; BARBERATO, S. H.; SIMEONI, R.; PRÉCOMA, D.; do AMARAL, V. F.; RODRIGUES, E.; OLANDOSKI, M.; de NORONHA, L.; GRECA, F. H.; de CARVALHO, K. A.; FARIA-NETO, J. R.; GUARITA-SOUZA, L. C. The functional effect of soybean extract and isolated isoflavone on myocardial infarction and ventricular dysfunction: The soybean extract on myocardial infarction. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 23, n. 12, p. 1740-1748, dec. 2012. doi: 10.4062/biomolther.2020.093

NACHVAK, S. M.; MORADI, S.; ANJOM-SHOAE, J.; RAHMANI, J.; NASIRI, M.; MALEKI, V.; SAGEGHI, O. Soy, soy isoflavones, and protein intake in relation to mortality from all causes, cancers, and cardiovascular diseases: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 119, n. 9, p. 1483-1500, sep. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2019.04.011>

NAGAOKA, S.; MIWA, K.; ETO, M.; KUZUYAY, Y.; HORI, G.; YAMAMOTO, K. Soy protein peptic hydrolysate with bound phospholipids decreases micellar

solubility and cholesterol absorption in rats and caco-2 cells. **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 9, p. 1725-30, sep. 1999. doi: 10.1093/jn/129.9.1725.

NG, M.; *et al.* Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: A systematic analysis for the global burden of disease study 2013. **Lancet**, v. 384, n. 9945, p. 766-781, aug. 2014. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60460-8.

OGDEN, C. L.; CARROL, M. D.; KIT, B. K.; FLEGAL, K. M. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012. **JAMA**, v. 311, n. 8, p. 806-814, feb. 2014. doi: 10.1001/jama.2014.732.

PEETERS, A.; BARENDREG, J. J.; WILLEKENS, F.; MACKENBACH, J. P.; AL MAMUN, A.; BONNEUX, L. NEDCOM, the Netherlands epidemiology and demography compression of morbidity research group. Obesity in adulthood and its consequences for life expectancy: a life-table analysis. **Annals of Internal Medicine**, v. 138, n. 1, p. 24-32, jan. 2003. doi: 10.7326/0003-4819-138-1-200301070-00008.

PRIPP, A. H.; ISAKSSON, T.; STEPANIAK, L.; SØRHAUG, T.; ARDO, Y. Quantitative structure activity relationship modelling peptides and proteins as a tool in food science. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 11, p. 484-94, nov. 2005. doi: 10.1021/jf000718y.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Produtos Proteicos de Soja. In: **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Editado por Oetterer, M; Regitano-d'Arce, M. A. B; Spoto, M. H. F. 2006. DOI:10.18540/jcecvl2iss3pp190-214

RIENKS, J.; BARBARESKO, J.; NOTHLINGS, U. Association of polyphenol biomarkers with cardiovascular disease and mortality risk: A systematic review and meta-analysis of observational studies. **Nutrients**, v. 9, n. 4, p. 415, apr. 2017. doi: 10.3390/nu9040415.

RODRIGUES, H. G.; DINIZ, Y. S.; FAINE, L. A.; GALHARDI, C. M.; BURNEIKO, R. C.; ALMEIDA, J. A.; RIBAS, B. O.; NOVELLI, E. L. Antioxidant effect of saponin: potential action of a soybean flavonoid on glucose tolerance and risk factors for atherosclerosis. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 56, n. 2, p. 79-85, 2005. doi: 10.1080/09637480500081738.

RODRIGUES, I. M.; COELHO, J. F. J.; CARVALHO, M. G. V. S. Isolation and valorization of vegetable proteins from oilseed plants: Methods, limitations and potential. **Journal of Food Engineering**, v.109, n. 3, p.337-346, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.027>

RUTHERFURD-MARKWICK K. J.; MOUGHAN P. J. Bioactive peptides derived from food. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 3, p. 955-66, may-jun. 2005. DOI:10.1093/jaoac/88.3.955

SARI, Y. W. **Biomass and its potential for protein and amino acids: valorizing agricultural by-products**. 2015. 146f. PhD thesis, Wageningen University, 2015.

WHITLOCK, G.; LEWINGTON, S.; SHERLIKER, P.; CLARKE, R.; EMBERSON, J.; HALSEY, J.; QIZIBASH, N.; COLLINS, R.; PETO, R. Prospective Studies Collaboration. Body-mass index and cause-specific mortality in 900,000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. **Lancet**, v. 373, n. 9669, p. 1083-1096, mar. 2009. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60318-4

REVELLO, C. Z. P. **Avaliação do valor nutricional de resíduos do processamento da macaúba (*Acrocomia aculeata*) e de seus produtos de bioconversão**. 2014. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2014. ISSN 2236-7934

SCHERER, R. P. **Produção enzimática de ésteres etílicos em sistema livre de solvente em banho de ultrassom empregando óleo do fruto de macaúba (*Acrocomia aculeata*) e óleo de fritura como substratos**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI - Campus de Erechim, RS, 2015. DOI: 10.5151/chemeng-cobeqic2015-104-32263-263595

WWF. **The growth of Soy: Impacts and Solutions**. In: WWF-INTERNATIONAL, Gland, Suíça. 2014. ISBN: 978-2-940443-79-6. Disponível em: https://awsassets.panda.org/downloads/wwf_soy_report_final_jan_10.pdf. Acesso em 10 maio 2021.

Autores

Thalita Faleiros Demito Santos*, Beatriz Paes Silva, Francielle Cristina Nakamura Manicardi, Gustavo Henrique Souza, Milena Thais Francisco da Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM; Centro de Ciências agrárias-Pós-graduação em Ciências de Alimentos

*Autor para correspondência: thalita.idealcursos@hotmail.com



www.meridapublishers.com