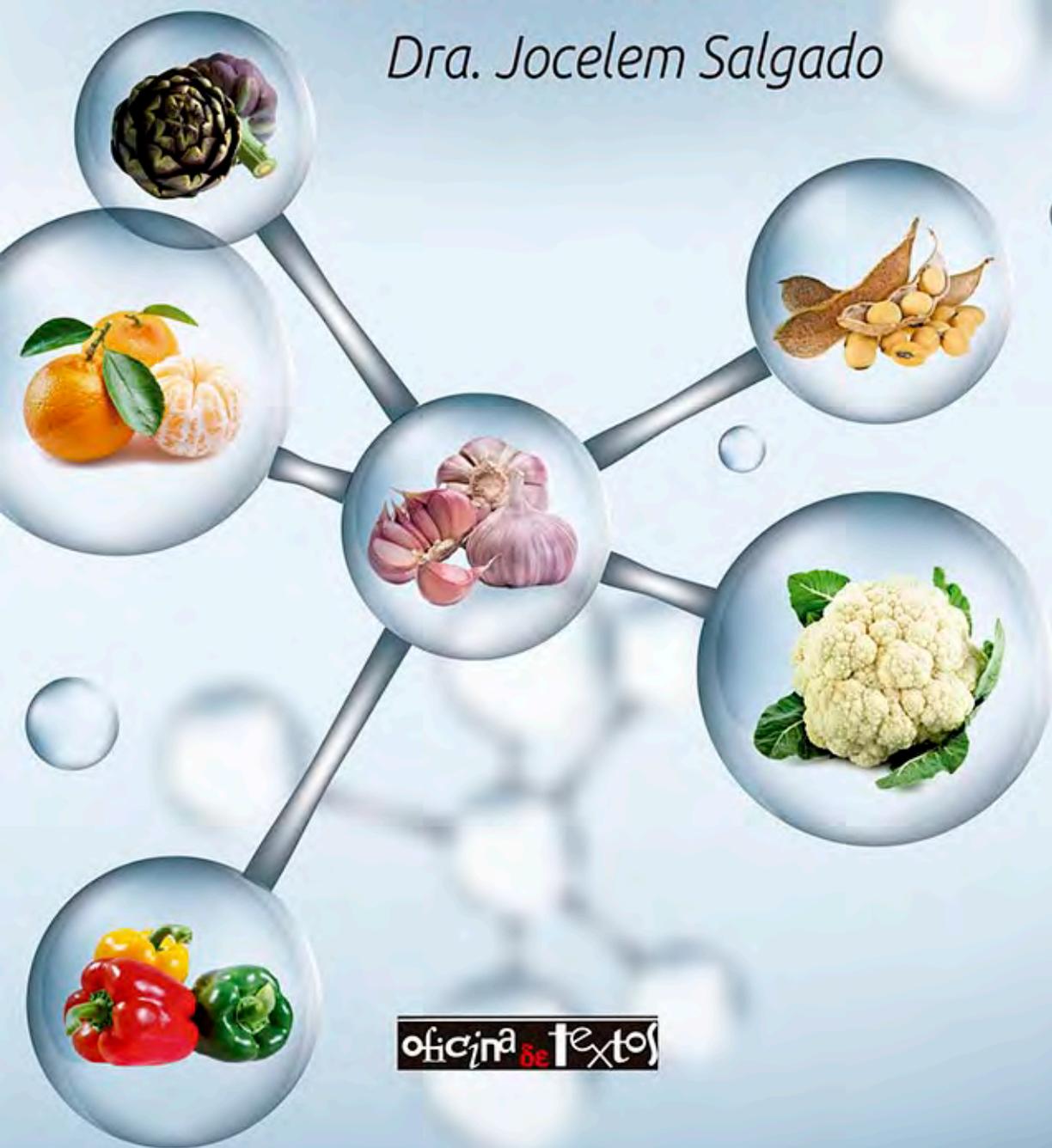


Alimentos funcionais

Dra. Jocelem Salgado



Alimentos funcionais

Dra. Jocelem Salgado

oficina de textos

Copyright © 2017 Oficina de Textos

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

CONSELHO EDITORIAL Arthur Pinto Chaves; Cylon Gonçalves da Silva;
Doris C. C. K. Kowaltowski; José Galizia Tundisi;
Luis Enrique Sánchez; Paulo Helene; Rozely Ferreira
dos Santos; Teresa Gallotti Florenzano

CAPA E PROJETO GRÁFICO Malu Vallim
DIAGRAMAÇÃO Alexandre Babadobulos
PREPARAÇÃO DE FIGURAS Letícia Schneiater e Vinícius Araujo
PREPARAÇÃO DE TEXTO Beatriz Rocha Garcia
REVISÃO DE TEXTO Hélio Hideki Iraha
IMPRESSÃO E ACABAMENTO Bartira Gráfica e Editora Eireli

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Salgado, Joicelem

Alimentos funcionais / Joicelem Salgado. --
1. ed. -- São Paulo : Oficina de Textos, 2017.

ISBN: 978-85-7975-286-5

1. Alimentos funcionais 2. Doenças - Prevenção
3. Nutrição 4. Saúde - Promoção I. Título.

17-09218

CDD-613.2

Índices para catálogo sistemático:

1. Alimentos funcionais : Nutrição aplicada 613.2

Todos os direitos reservados à OFICINA DE TEXTOS
Rua Cubatão, 798
CEP 04013-003 São Paulo-SP – Brasil
tel. (11) 3085 7933
www.ofitexto.com.br
atend@ofitexto.com.br

apresentações

O livro *Alimentos funcionais* oferece ao leitor uma perspectiva muito moderna e bem organizada das substâncias bioativas, suas fontes, absorção e efeitos na saúde.

A abordagem é separada por classes de substâncias bioativas, o que torna a leitura bastante focada na compreensão dos mecanismos inerentes às suas propriedades fisiológicas.

A abordagem realizada permite a compreensão da conexão entre alguns dos problemas mais prementes relacionados às doenças modernas e como os alimentos funcionais podem ser aliados na sua prevenção e na diminuição de alguns dos seus efeitos mais pronunciados.

O capítulo inicial, sobre perspectivas e tendências da área de alimentos funcionais, faz uma abordagem completa e precisa do quadro atual, apresentando as tendências mundiais na área de alimentação e como os alimentos funcionais se inserem nesse contexto.

Os capítulos seguintes se dedicam a um detalhamento maior a respeito de cada classe de substância bioativa presente nos alimentos funcionais, explicando o seu mecanismo de ação de maneira objetiva e didática.

As classes das substâncias bioativas – flavonoides, limonoides, carotenoides, compostos organossulfurosos, lignanas, alimentos probióticos e simbióticos e ácidos graxos essenciais – são tratadas de maneira integrada, com conceitos atuais da área de Ciência de Alimentos e Nutrição.

A autora, Profa. Dra. Jocelyne Salgado, com toda a sua experiência na área, presenteia-nos com um livro preciso e completo sobre alimentos funcionais, o que torna a leitura imperdível para os profissionais que trabalham na área de Alimentos!

Boa leitura!

Prof. Dr. Mário Roberto Maróstica Junior

Professor Associado

Departamento de Alimentos e Nutrição

Faculdade de Engenharia de Alimentos

Universidade Estadual de Campinas

Quando, na intensa velocidade da evolução científica e tecnológica que atualmente vivenciamos e testemunhamos, nos silenciamos e deixamos solta a nossa imaginação, surge diante de nós a figura do homem primitivo assistindo, perplexo, ao aparecimento de toda espécie de alimento. Fosse de origem vegetal ou animal, era dele que obtinha seu sustento, sem noção alguma de como esse alimento se formava em suas fontes e de como se degradava em suas entranhas. Ao longo de milênios, poucas tentativas, ou quase nenhuma, foram feitas para procurar esclarecer esse fenômeno, baseadas principalmente em observações não experimentais. No mundo antigo, Hipócrates, considerado o “pai da medicina ocidental”, foi o revolucionário de então ao estabelecer que, “em vez de uma punição dos deuses, as causas da maioria das doenças seriam fatores climáticos e alimentares e hábitos cotidianos”. É a Hipócrates atribuída a frase “faça do alimento o seu medicamento”, na qual a Autora deste precioso Manual inspirou-se para dar título a um de seus excelentes livros, publicado há algum tempo.

Os anos se alongaram e no século XVIII, quase ao mesmo tempo que Antoine Laurent Lavoisier estabelecia as bases da Química moderna, os experimentos de René-Antoine Reaumur e Lazzaro Spallanzani abordaram a questão da transformação dos alimentos pelo suco gástrico, com resultados surpreendentes para aquela época. A transformação dos alimentos nesse meio seria realizada por *substâncias específicas*. Suas observações lançaram as bases para que, no século XIX, se preconizasse que essas substâncias seriam enzimas e Justus von Liebig defendesse o conceito de que as enzimas seriam “meras substâncias químicas, porém dotadas de alta atividade catalisadora”.

Quase no final da segunda metade do século XIX, os irmãos Eduard Buchner e Hans Ernst August Buchner utilizaram um método caseiro para conservar extratos de células de levedura: mantê-las em presença de alta concentração de açúcar. Para surpresa de ambos, o extrato livre de células de levedura fermentou o açúcar, confirmando que no interior das células realmente existiam substâncias capazes de catalisar reações químicas. Em seguida, foi estabelecida definitivamente a natureza química das enzimas: proteínas capazes de agir como catalisadores de reações químicas que acontecem dentro das células. Nascia então a Enzimologia e, com ela, as bases da Bioquímica como a conhecemos hoje. E maravilha das maravilhas da Biologia: para se formar estruturalmente, as células precisam de substâncias químicas, as quais, para atuar bioquimicamente, necessitam da estrutura celular! O Prêmio Nobel de Química foi outorgado a Eduard Buchner em 1907 “por suas pesquisas bioquímicas e sua descoberta da fermentação livre de células”.

Estava aberto o caminho para estudos mais detalhados sobre o trajeto gastrointestinal dos alimentos, não só a degradação daqueles que são inge-

ridos, mas também a assimilação dos produtos resultantes dessa degradação. Cientificou-se então que toda a cadeia metabólica depende da ação de enzimas. Como consequência de incessantes pesquisas, o conceito de metabolismo bioquímico celular foi estabelecido: proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas, pigmentos, alcaloides, esteróis, fitoesteróis, carotenoides, flavonoides, lignanas, ácidos graxos essenciais e tantas outras substâncias químicas presentes nos alimentos e discutidas neste Manual são ingeridas e degradadas (catabolismo), e seus produtos, reassimilados (anabolismo) pelas células do corpo animal, aí exercendo sua função específica. Reações bioquímicas essas que estão na base da manifestação da vida! E suas unidades são responsáveis pela *dinâmica funcional dos alimentos* dos quais fazem parte.

As técnicas científicas desenvolvidas nas últimas décadas, e principalmente a interpretação dos resultados obtidos experimentalmente, têm demonstrado quão importante é o conhecimento da nutrição humana, tema que tem sido sempre o foco das pesquisas desenvolvidas pela Autora em seus laboratórios na Esalq. Não se duvida hoje que a manutenção de uma vida saudável inicia-se quando o ser está sendo gestado no útero da mãe e prossegue incessantemente ao longo de toda sua vida. E as perspectivas de uma vida longa estão continuamente sendo vislumbradas!

Esse conhecimento está apresentado de modo quase exaustivo neste verdadeiro *vade mecum* de nutrição. “Quase” porque, apesar de ser um texto repleto de informações científicas sobre o atual *estado da arte* da funcionalidade dos alimentos, novos conhecimentos, como se sabe, sempre estão à espreita. E é justamente isso que torna este um livro de referência essencial para estudantes e profissionais da nutrição humana, na medida em que integra e interpreta não somente os resultados já encontrados na vasta literatura pertinente citada, mas também aqueles obtidos pela Autora.

Uma apresentação tem o objetivo não somente de apresentar e motivar, mas também de aplaudir e estimular. Merecem aplausos todos aqueles que, como a Professora Joceleme Salgado, se dedicam ao exaustivo trabalho de elaborar alentada obra didática como esta. Este é o objetivo de todo Professor: não somente “transmitir”, mas, como no caso presente, contribuir para que seus alunos e leitores ampliem e aprofundem seus conhecimentos em temas tão complexos e importantes como os alimentos funcionais, auxiliando no desenvolvimento do pensamento científico dos estudiosos que neste texto se debruçarem.

Piracicaba, no dia do Professor – 15 de outubro de 2017

Otto J. Crocomo

Professor Titular de Bioquímica Aposentado

Professor Emérito – Esalq-USP

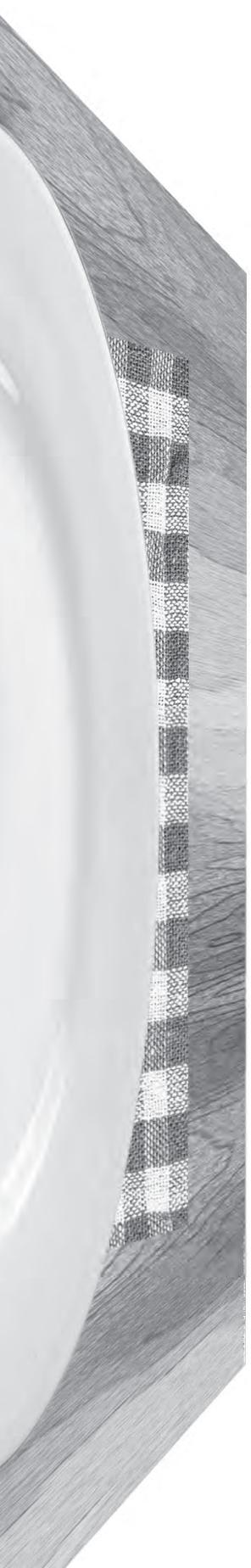
1.	Perspectivas e tendências, 8	
1.1	Transição demográfica, epidemiológica e nutricional.....	11
1.2	Tendências alimentares.....	14
1.3	Alimentos funcionais	22
1.4	O mercado de alimentos funcionais	30
1.5	Tendências e perspectivas para os alimentos funcionais.....	32
1.6	Os consumidores e os alimentos funcionais.....	35
1.7	Considerações finais.....	36
2.	Soja, 38	
2.1	Histórico da soja	40
2.2	Produção e consumo.....	41
2.3	Valor nutricional.....	42
2.4	Fitoestrógenos.....	45
2.5	Isoflavonas	47
2.6	Saponinas	50
2.7	Soja: interação fármaco × nutriente	51
2.8	Benefícios da soja à saúde	51
2.9	Considerações finais	56
3.	Flavonoides, 58	
3.1	Química e síntese	60
3.2	Fontes	64
3.3	Ingestão	71
3.4	Absorção	72
3.5	Efeitos benéficos à saúde	74
3.6	Processamento de alimentos	80
3.7	Interação entre flavonoides e medicamentos.....	81
3.8	Considerações finais	82
4.	Limonoides, 84	
4.1	Química e síntese	86
4.2	Fontes	89
4.3	Metabolismo	90
4.4	Benefícios à saúde.....	92
4.5	Obesidade.....	94
4.6	Doenças cardiovasculares	95
4.7	Efeitos do processamento	96
4.8	Considerações finais	96
5.	Carotenoides, 100	
5.1	Química	102
5.2	Classificação	104
5.3	Fontes	104
5.4	Metabolismo	108
5.5	Biodisponibilidade.....	110
5.6	Importância dos carotenoides	111
5.7	Provitamina A.....	112
5.8	Carotenoides como agentes antioxidantes.....	114
5.9	Câncer	115
5.10	Degeneração macular relacionada à idade e catarata.....	116

SUMÁRIO

5.11	Doenças cardiovasculares	118
5.12	Considerações finais	118
6.	Compostos organossulfurosos: alho e cebola, 122	
6.1	Componentes nutricionais e bioativos	125
6.2	Biossíntese dos compostos organossulfurosos	126
6.3	Estrutura química e características	128
6.4	Metabolismo do alho	129
6.5	Problemas relacionados ao consumo de alho e cebola	131
6.6	Efeito do processamento	133
6.7	Família <i>Allium</i> x prevenção de doenças	135
6.8	Considerações finais	152
7.	Glicosinolatos, 154	
7.1	Química e biossíntese	157
7.2	Produtos de hidrólise	158
7.3	Metabolismo	160
7.4	Efeitos de cozimento e armazenamento	160
7.5	Efeitos benéficos à saúde: proteção contra a carcinogênese	163
7.6	Câncer de pulmão	168
7.7	Câncer de cólon	168
7.8	Câncer de próstata	169
7.9	Câncer de mama	169
7.10	Câncer pancreático	170
7.11	Considerações finais	170
8.	Lignanas, 174	
8.1	Química	176
8.2	Metabolismo e biodisponibilidade	178
8.3	Fonte	180
8.4	Benefícios à saúde	183
8.5	Considerações finais	193
9.	Alimentos probióticos, prebióticos e simbióticos, 196	
9.1	Probióticos	198
9.2	Prebióticos	209
9.3	Simbióticos	215
9.4	Considerações finais	215
10.	Ácidos graxos essenciais, 218	
10.1	Química	220
10.2	Fontes de ômega-3	221
10.3	Relação ômega-6:ômega-3	223
10.4	Benefícios à saúde	223
10.5	Mecanismos de ação	228
10.6	Doses recomendadas	229
10.7	Potenciais efeitos adversos	230
10.8	Efeito do processamento	231
10.9	Considerações finais	232

Perspectivas e tendências

Jocelyn Mastrodi Salgado e Kelvin Schwarz



A população mundial vem passando por processos de transição demográfica, epidemiológica e nutricional. Esses processos têm modificado o perfil das enfermidades, fazendo surgir um novo cenário epidemiológico.

No Brasil não foi diferente. Nos últimos 50 anos, o país passou por importantes transformações no processo saúde/doença. São observadas alterações na qualidade e na quantidade da alimentação, associadas a mudanças no estilo de vida e nas condições econômicas, sociais e demográficas, as quais repercutiram negativamente na saúde da população. As doenças infecciosas e parasitárias, que sempre foram um problema em países menos desenvolvidos, deixaram de ser a causa principal de morte a partir dos anos 1960, sendo substituídas pelas doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes, hipertensão arterial, doenças cardiovasculares e cânceres. Dados relativos a diferentes tipos de câncer no Brasil revelam que o número de óbitos causados por essa doença dobrou nos últimos dez anos em comparação com a década de 1980. São quase 150 mil mortes por ano desde 2001 até 2011. Atrelado a isso, os avanços na medicina permitiram maior expectativa de vida, embora a qualidade de vida na velhice não tenha melhorado.

Hábitos alimentares adequados, como o consumo de alimentos pobres em gorduras saturadas e ricos em fibras presentes em frutas, legumes, verduras e cereais integrais, juntamente com um estilo de vida saudável (exercícios físicos regulares, ausência de fumo e moderação na ingestão de álcool), passam a ser peça-chave na diminuição do risco de doenças e na promoção de qualidade de vida, desde a infância até o envelhecimento.

Nos últimos anos, as exigências dos consumidores em relação aos alimentos mudaram consideravelmente. Cada vez mais, eles acreditam que os alimentos contribuem para a saúde, destinando-se não apenas para satisfazer a fome e fornecer os nutrientes necessários para o ser humano, mas também para evitar doenças relacionadas à nutrição e melhorar o bem-estar físico e mental.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização para Agricultura e Alimentação (FAO), os padrões alimentares, juntamente com os hábitos de vida, constituem fatores modificáveis de extrema importância para a diminuição do risco de doenças cardíacas, câncer, diabetes tipo 2, obesidade, osteoporose e doença periodontal.

Uma alternativa de grande impacto no combate às doenças e que vem conquistando espaço são os alimentos funcionais. Com nutrientes capazes de fornecer algo além da nutrição básica, os alimentos funcionais têm desempenho terapêutico específico à saúde. Pode-se atribuir o crescimento

as tendências para alimentos são vistas de diferentes formas, mas que é possível identificar as principais e mais abrangentes. Desse modo, eles classificaram as tendências alimentares em três categorias: saudabilidade, conveniência e indulgência.

Os autores destacam, ainda, que as outras tendências que aparecem nas quatro fontes podem ser consideradas subtendências ou especializações. Dessa forma, construíram um quadro que mostra cada tendência e suas respectivas derivações ou subtendências (Quadro 1.1).

Quadro 1.1 TENDÊNCIAS ALIMENTARES E SUBTENDÊNCIAS

Saudabilidade	Conveniência	Indulgência
Reforçadas com...	Para micro-ondas	Personalizados
100% naturais	<i>On the go</i>	Extrassabor
Orgânicos	Prontos para comer	Extratextura
Não contém...	Prontos para aquecer	Extrarrefrescante
Com baixo teor de...	Só adicione água	Autenticidade
Sem aditivos/conservantes		
Fortificados com vitaminas		
Integrais		
Funcionais		

Fonte: Ikeda, Moraes e Mesquita (2010).

Os alimentos funcionais aparecem como uma subtendência de saudabilidade. Do ponto de vista de desenvolvimento de novos produtos, há espaço para combinar pelo menos duas das grandes tendências em um só produto. Por exemplo, combinar saudabilidade com conveniência e/ou saudabilidade com indulgência.

Outro estudo mais recente realizado no Brasil pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital) e pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) foi o Brasil Food Trends 2020, que tomou como base diferentes estudos internacionais e buscou identificar as principais tendências da alimentação em nosso país. Nesse estudo, as exigências e tendências dos consumidores de alimentos foram agrupadas em cinco categorias:

- *Sensorialidade e prazer*: em diversos países, os consumidores valorizam as artes culinárias e as experiências gastronômicas, e isso influencia tanto o setor de serviços de alimentação quanto o desenvolvimento de produtos industrializados. Essa tendência está relacionada ao aumento dos níveis de educação, informação e renda da população, entre outros fatores.

et al., 2010). Deve-se destacar também que, nos últimos anos, produtos à base de soja contendo probióticos têm sido desenvolvidos, tendo em vista o crescente número de pessoas intolerantes à lactose (Salgado; Almeida, 2009).

Para que uma cultura probiótica seja considerada de boa propriedade tecnológica, ela deve apresentar multiplicação aceitável no leite, promover alterações sensoriais adequadas no produto e ser estável e viável durante o armazenamento (Saad, 2006), além de resistir à passagem pelo trato gastrointestinal. Para ser considerado um alimento probiótico, não há requisitos específicos ou quantidades mínimas de UFC (unidades formadoras de colônia). Porém, cada produto deverá apresentar evidências que comprovem que a quantidade de probióticos aplicada apresenta os efeitos pretendidos. Deve ser apresentado, ainda, um laudo de análise que comprove a quantidade mínima viável do microrganismo que exercerá a propriedade funcional no final do prazo de validade do produto e nas condições de uso, armazenamento e distribuição (Anvisa, 1999).

1.4 O mercado de alimentos funcionais

Sustentado pela necessidade do mercado, o desenvolvimento de alimentos funcionais está diretamente ligado a três parâmetros: conscientização por parte dos consumidores sobre o papel positivo de uma dieta com alimentos desse gênero; órgãos reguladores cientes dos benefícios trazidos à saúde pública; e governo ciente do potencial econômico desses produtos (Baldissera et al., 2011).

O mercado de alimentos funcionais apresenta algumas características peculiares: é relativamente jovem, com alto potencial de crescimento e diversificação, composto de consumidores mais exigentes e informados; está em constante manutenção da imagem de segurança e alta qualidade dos produtos; demanda uma comunicação eficiente e honesta com o consumidor; necessita apoio científico, que prove os benefícios alegados e justifique seu preço diferenciado (Moraes; Mesquita; Zebinden, 2007).

Essas características ou fatores devem ser uma constante preocupação para que se possa fazer crescer a confiança do governo, do órgão de legislação e do consumidor nesse mercado também crescente. Regulamentação, controle e comunicação baseados em um alto padrão de pesquisa científica ajudarão a construir a confiança de consumidores e produtores em uma cadeia de alimentos mais saudável, segura e eticamente correta (Ikeda; Moraes; Mesquita, 2010).

sários estudos, pois aqueles de que se dispõe até agora apenas suportam a utilização de nutricosméticos como algo que age *de fora para dentro* e, muitas vezes, apresentam uma linguagem vaga (Draelos, 2010).

1.6 Os consumidores e os alimentos funcionais

Conforme mencionado anteriormente, uma das razões mais importantes para a mudança na demanda dos consumidores é a preocupação com a saúde e com produtos insalubres.

Os consumidores demandam produtos de qualidade, seguros e com saudabilidade. Mas nem todos os consumidores têm certeza dos benefícios dos alimentos funcionais, embora eles estejam na moda. Na verdade, a percepção positiva ou negativa de um produto alimentar funcional baseia-se mais fortemente no teor de nutrientes do produto de base e menos em sua alegação de saúde. Dessa forma, os consumidores tendem a preferir alimentos que trazem algum benefício de saúde simples, mas claro, e mesmo aqueles que estão mais preocupados com as questões sobre saúde percebem os produtos intrinsecamente saudáveis (tais como iogurte, cereais e sucos) como portadores preferíveis e de credibilidade sobre a funcionalidade. Além disso, existem grandes diferenças entre os diversos grupos populacionais. Por exemplo, mulheres, pessoas com mais renda e casais tendem a ter uma visão mais positiva sobre os alimentos funcionais. A estrutura familiar (por exemplo, se há crianças na família) também tem um impacto definitivo no processo que resulta na decisão de compra de alimentos funcionais. Estudos ainda indicam que os alimentos funcionais são menos aceitos se a funcionalidade é obtida por meio de modificação genética.

Para a maioria dos consumidores, os atributos mais importantes em um alimento funcional são, em primeiro lugar, o sabor; em segundo, a relação preço/qualidade; e, em terceiro, a funcionalidade. De fato, as características organolépticas ainda estão à frente na preferência da maioria dos consumidores, sendo elas mais importantes do que os possíveis benefícios que possam trazer à saúde. Dessa forma, percebe-se que o consumidor não quer comprometer o sabor dos alimentos funcionais em detrimento de compostos benéficos à saúde.

Em relação ao preço dos alimentos funcionais, os consumidores reconhecem que eles devem ser mais caros do que os convencionais porque proporcionam benefícios adicionais. Mas, na maioria dos casos, acham a diferença excessiva. E, realmente, a atual diferença de preço entre alimentos convencionais e funcionais é muitas vezes demasiado grande para fazer com que os consumidores mudem seus hábitos de compras, embora eles estejam dispostos a pagar uma pequena quantidade extra pelos benefícios. Mesmo

soja

Jocelem Mastrodi Salgado e Gizele Barankevitz





soja é uma planta de origem milenar, consumida há mais de dois mil anos pela população asiática na forma de alimentos tradicionais, como soja integral cozida, *edamame* (soja verde e fresca), extrato hidrossolúvel de soja, *tofu*, *kori-tofu* (*tofu* desidratado a frio), *tofu* fermentado, molho de soja, *missô*, *natto* e *tempeh*. Países ocidentais passaram a mostrar um crescente interesse na realização de estudos tanto de suas sementes quanto de seus produtos derivados, já que a soja possui fitoquímicos fisiologicamente favoráveis à saúde. Considerada um alimento funcional, de composição química quase completa, a soja possui caráter preventivo e fornece muitos dos nutrientes necessários ao organismo. Contém proteínas, ácidos graxos saturados e insaturados (poli-insaturados), e oligossacarídeos; também é fonte de compostos fenólicos como a isoflavona, uma das responsáveis por seus efeitos benéficos. Além disso, apresenta compostos bioativos como saponinas, fitatos e fitoesteróis, os quais auxiliam na redução dos riscos de doenças crônico-degenerativas (Carrão-Panizzi; Kitamura; Reganols, 2000).

Os alimentos à base de soja, que contêm isoflavonas, despertam o interesse dos pesquisadores pelo seu papel na redução do risco de câncer de cólon, mama e próstata, bem como na terapia da osteoporose. Os efeitos antiestrogênicos das isoflavonas, associados ao baixo índice de mortalidade em decorrência de câncer de mama em países asiáticos, reforçam a hipótese de que a ingestão da soja pode estar associada à redução do desenvolvimento dessas doenças (Salgado, 2001). O objetivo deste capítulo é elucidar a atividade preventiva das isoflavonas contra as doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer e osteoporose.

Os principais benefícios do consumo de soja e os mecanismos de ação de seus principais compostos também serão aqui discutidos.

2.1 Histórico da soja

A soja hoje cultivada (*Glycine max* (L.) Merrill) é diferente das sojas ancestrais que lhe deram origem. Sua evolução se iniciou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram melhoradas por cientistas da antiga China. Sua importância na alimentação da antiga civilização chinesa era tal que a soja, juntamente com o trigo, o arroz, o centeio e o mileto, era considerada um grão sagrado, com direito a cerimônias rituais em épocas de semeadura e colheita (Embrapa, 2004).

Tab. 2.1 TEOR DE ISOFLAVONAS EM PRODUTOS À BASE DE SOJA OCIDENTAL E DE SOJA ASIÁTICA

Descrição dos alimentos	Daidzeína mg/100 g	Genisteína mg/100 g	Gliciteína mg/100 g	Total mg/100 g
Subprodutos da soja ocidental				
Farinha de soja, gordura total	72,9	98,8	16,1	178,1
Proteína de soja isolada	30,8	57,3	8,5	91,1
Proteína de soja concentrada, extrato aquoso	38,3	52,8	4,9	94,7
Proteína de soja concentrada, extrato alcoólico	5,8	5,3	1,6	11,5
logurte de soja	13,8	16,6	2,8	33,2
Fórmula infantil à base de soja	7,2	14,8	3,0	25,0
Leite de soja	2,8	5,1	nd	7,9
Alimentos asiáticos				
Soja crua	20,4	22,6	7,6	49,0
Soja germinada cozida no vapor	5,0	6,7	0,8	12,5
<i>Natto</i>	33,2	37,7	10,6	82,3
<i>Tempeh</i>	22,7	36,2	3,8	60,6
Missô	16,4	23,2	3,0	41,5
<i>Tofu</i> cozido	12,8	16,2	2,4	31,4
Sopa de missô	0,8	0,7	0	1,5
Molho de soja	0,8	0,4	0,1	1,2
Observação: o óleo de soja e o <i>shoyo</i> não contêm isoflavonas. Fonte: adaptado de USDA (2008).				

O consumo das isoflavonas beneficia, além da atividade estrogênica, outros aspectos associados aos efeitos estrogênico e antiestrogênico. As propriedades benéficas estendem-se aos efeitos anticâncer, além de proporcionarem um efeito cardiovascular protetor, evitando o desenvolvimento de aterosclerose pela redução de lipoproteínas, como a de baixa densidade (LDL), e inibição de sua oxidação. O consumo dessas substâncias também fortalece o sistema imune e anti-inflamatório.

2.5.1 Estrutura química e mecanismo de ação

As isoflavonas são encontradas em sua forma inativa como glicosídeos ligados a uma molécula de açúcar, denominados genistina e daidzina.

dos 15 mg de genisteína por tratamento, e observou-se que os grupos que consumiam esse composto apresentaram diminuição dos fogachos. Em outra pesquisa, as pacientes foram tratadas com doses inferiores a 15 mg de genisteína, sem que tenha ocorrido uma diminuição significativa dos fogachos. A redução desse sintoma, de acordo com esses estudos, estava relacionada com a dose de genisteína, e não com a quantidade de isoflavonas ingerida no tratamento. Esses resultados indicam que o conteúdo individual das isoflavonas, como, por exemplo, o teor de genisteína e sua heterogeneidade, é fundamental quando comparado com a quantidade total de isoflavonas utilizada para o controle e/ou a redução dos fogachos.

2.8.2 Soja × diabetes

Estimativas sugerem que até 2035 a população com diabetes irá dobrar. Inúmeras pesquisas buscam alternativas de tratamento antidiabético a fim de restabelecer mecanismos envolvidos com a hiperglicemia, proporcionando uma melhor qualidade de vida aos pacientes com diabetes.

Uma das propriedades das isoflavonas que tem ganhado espaço nas áreas de pesquisa é sua atividade antidiabética. A genisteína, isoflavona encontrada na soja, demonstra a capacidade de estimular a proliferação de células β -pancreáticas em ratos usados em modelo de diabetes tipo 2, incentivando a secreção de insulina. Esses benefícios estão relacionados com a capacidade de interação da genisteína com os receptores de estradiol. Além disso, a genisteína também estimula a inibição de dissacaridases intestinais, reduzindo a presença de glicose no sangue (Fu; Liu, 2009; Choi et al., 2010; Gilbert; Liu, 2013).

2.8.3 Soja × câncer

Estudos epidemiológicos propõem que o consumo elevado de soja em populações asiáticas está associado a uma menor incidência de alguns tipos de câncer, como o de próstata e mama, em comparação com a incidência desses cânceres em países ocidentais.

A genisteína possui uma maior afinidade de ligação com o receptor de estrogênio- β e uma menor afinidade com o receptor de estrogênio- α em comparação ao estradiol, o que afeta o metabolismo do estrogênio e exerce um papel favorável na prevenção de cânceres dependentes de hormônios.

Os resultados encontrados em uma pesquisa realizada com homens asiáticos que consumiam uma dieta rica em soja mostraram no soro, na urina e no fluido da próstata altos níveis de isoflavonas, o que sugere que

doses seguras para consumo, para que se comprove a capacidade dos compostos bioativos da soja de reduzir o risco de desenvolvimento de outras doenças.

QUESTÕES

- 2.1) O conteúdo proteico da soja é inferior ao da carne, sendo sua qualidade inferior à de outras proteínas vegetais. Você concorda com essa informação? Justificar.
- 2.2) O tratamento térmico é um fator que pode influenciar as perdas de valor nutritivo nos grãos de soja. Como isso pode ocorrer? Explicar.
- 2.3) Um paciente do sexo feminino relatava sofrer com fogachos e inchaço, sintomas típicos da menopausa. Ao procurar atendimento, o médico lhe prescreveu fitoestrógenos como alternativa de reposição hormonal. Por que o médico optou pela recomendação desse composto? Explicar.
- 2.4) As isoflavonas podem ser encontradas em sua forma ativa, aglicona, ou inativa, glicosídica. Explicar as diferenças entre elas.
- 2.5) Sabe-se que para serem absorvidas por nosso organismo as isoflavonas precisam estar em suas formas agliconas, que são mais biodisponíveis. Como ocorre essa transformação em nosso organismo?
- 2.6) Existe um aminoácido presente em grandes quantidades na soja. Que aminoácido é esse e como ele pode ser utilizado?
- 2.7) Dona Maria utiliza fitoestrógenos em sua reposição hormonal. Conte-nos com os resultados, recomendou a suas vizinhas que também os utilizassem, pois ela não havia observado efeitos adversos e tivera grande melhora em sua saúde. Você concorda com o que Dona Maria disse a suas vizinhas?
- 2.8) A soja, assim como a maioria das leguminosas, contém alguns compostos antinutricionais. Como é possível realizar a inativação ou a destruição desses compostos?
- 2.9) Explicar como ocorrem as perdas de saponinas em produtos à base de soja.
- 2.10) Quais argumentos sustentam a evidência de que as isoflavonas possuem a capacidade de reduzir os níveis de colesterol total sanguíneo?

flavo noides

Jocelyn Mastrodi Salgado e Maressa Caldeira Morzelle



Boxe 3.1 O que são metabólitos secundários?

Os metabólitos secundários são compostos gerados por plantas como um mecanismo de defesa contra herbívoros, microrganismos patogênicos e radiação ultravioleta (UV), diferentemente dos metabólitos primários, que estão relacionados ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas. Além disso, funções como sustentação e/ou pigmentação também podem ser atribuídas aos metabólitos secundários. Esses compostos não têm um papel direto no crescimento e no desenvolvimento da planta, e sua distribuição no reino vegetal é restrita. Atualmente, já foram identificados mais de 200 mil metabólitos secundários, sintetizados por meio de quatro vias metabólicas principais: a do ácido malônico, a do ácido mevalônico, a do metileritritol fosfato (MEP) e a do ácido chiquímico, como mostra a Fig. 3.1.

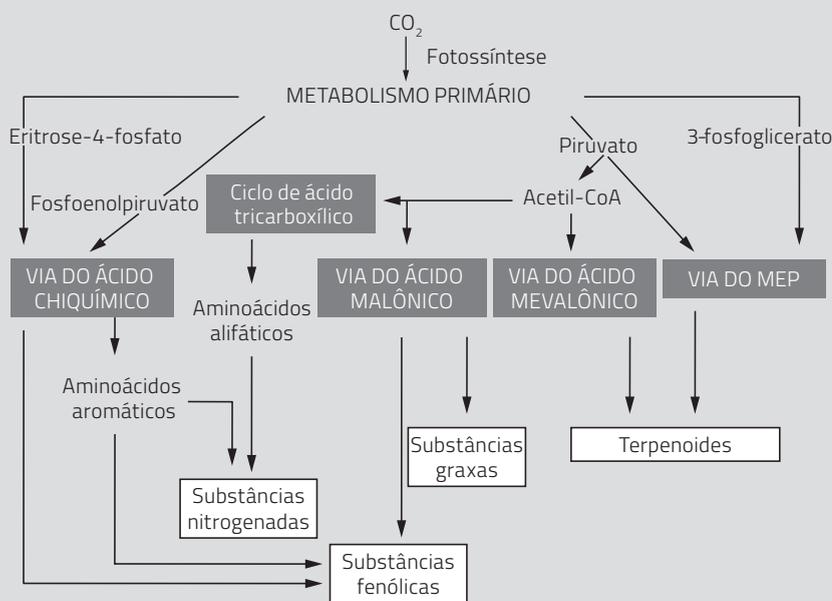


Fig. 3.1 Principais vias de síntese de metabólitos secundários

Fonte: Taiz e Zeiger (2009).

Os flavonoides são biossintetizados na via do metabolismo secundário das plantas. No citosol, os flavonoides são sintetizados por meio de complexos mecanismos metabólicos que atuam, por exemplo, na prevenção da formação de intermediários reativos ou potencialmente tóxicos e sua difusão para

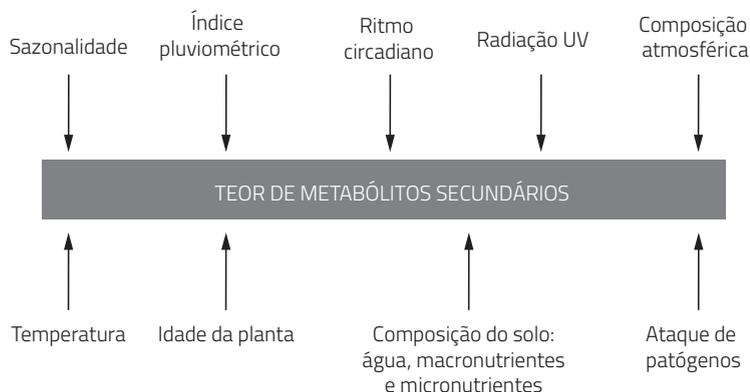


Fig. 3.5 Fatores que afetam o acúmulo de metabólitos secundários nas plantas
Fonte: adaptado de Gobbo-Neto e Lopes (2007).

3.2.1 Frutas

As pesquisas científicas têm mostrado que o elevado consumo de frutas promove uma redução na incidência de doenças crônicas não transmissíveis. A comprovação dessa relação afetou os hábitos do consumidor e, conseqüentemente, os rumos tanto dos centros de pesquisa quanto da indústria de alimentos. Atualmente, os consumidores estão conscientes dos benefícios obtidos pela inserção de frutas na dieta. Esses benefícios ocorrem devido ao elevado conteúdo de compostos bioativos que elas possuem, especialmente flavonoides. Em razão de suas variadas composições químicas, as frutas podem diferir quanto ao subgrupo de flavonoides de maior incidência. A maçã, por exemplo, destaca-se como uma rica fonte de quercetina, enquanto a jabuticaba apresenta elevado teor de antocianinas. Antocianidinas, flavononas, flavonas, flavanolóis e flavanonol são os principais subgrupos encontrados em frutas.

O Quadro 3.2 apresenta o conteúdo dos principais flavonoides presentes em frutas brasileiras.

As chamadas “frutas vermelhas” ou *berries* são fontes de flavonoides, especialmente de antocianinas. As antocianinas são os pigmentos hidrossolúveis responsáveis pelas colorações vermelha, azul, púrpura, rosa, malva e violeta dos alimentos. Os teores mais elevados de antocianinas são encontrados em uva preta, mirtilo, framboesa, ameixa e cereja. Quanto mais forte a coloração do fruto, maior seu teor de antocianinas; por isso, ao comprar ameixas, deve-se escolher sempre as de coloração mais forte. O Boxe 3.2 fornece detalhes do açaí, um fruto com elevado teor de antocianinas que vem ganhando relevância pelos benefícios que pode trazer à saúde.

3.5 Efeitos benéficos à saúde

Os compostos do grupo dos flavonoides, mesmo com suas diversidades estruturais, possuem várias características biológicas e químicas em comum. Essas características lhes conferem potencialidade na prevenção ou na redução do risco de inúmeras doenças crônicas não transmissíveis.

3.5.1 Efeitos antioxidantes

Uma propriedade comum a todos os grupos de flavonoides é sua capacidade de atuar como antioxidante. Os flavonoides podem atuar de diferentes maneiras na proteção do organismo. Os principais mecanismos de ação relacionados a sua capacidade antioxidante serão explorados a seguir.

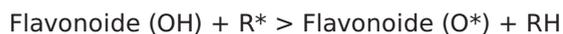
Neutralização e/ou inativação de radicais livres

O primeiro nível de defesa contra os radicais livres é constituído pela ação antioxidante dos flavonoides, que impede sua formação principalmente pela inibição de reações em cadeia com o ferro e o cobre.

Os flavonoides são capazes de estabilizar os radicais livres presentes no organismo por meio da hidrogenação ou da complexação com espécies oxidantes, impedindo que eles ataquem os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, as duplas ligações presentes nos ácidos graxos poli-insaturados e até mesmo o DNA, auxiliando, dessa forma, na proteção de células e tecidos. Conseqüentemente, esse mecanismo de ação contribui para a prevenção do envelhecimento e a redução da incidência de doenças crônicas não transmissíveis, como as neurodegenerativas, as cardiovasculares ou o câncer.

A estrutura química conjugada em anel e rica em grupos hidroxilas faz com que os flavonoides sejam compostos doadores de elétrons. Com isso, tornam-se potenciais antioxidantes por reagirem e inativarem ânions superóxido ($O_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio singlete (1O_2).

Durante o sequestro direto de radicais livres, os flavonoides são oxidados pelos radicais graças à elevada reatividade do grupo hidroxila desses compostos, resultando em um radical mais estável e menos reativo, de acordo com a seguinte equação:



em que R é um radical livre e O^* é um radical livre de oxigênio.

3.5.4 Flavonoides e função cognitiva

Sabe-se que indivíduos com dieta constituída por quantidades elevadas de frutas e vegetais apresentam uma menor incidência de doenças relacionadas ao envelhecimento.

A relação entre a ingestão de flavonoides e a função cognitiva é evidenciada em inúmeros estudos. Entre os benefícios da ingestão de flavonoides, observou-se uma associação com a melhoria do desempenho cognitivo e com uma melhor evolução do desempenho ao longo do tempo (Letenneur et al., 2007).

É de amplo conhecimento que os radicais livres estão associados a muitas doenças relacionadas ao envelhecimento, especificamente a doença de Alzheimer. O estresse oxidativo, condição causada pela prevalência de radicais livres no organismo, enfraquece a plasticidade sináptica e a função cognitiva, desempenhando um papel-chave na doença de Alzheimer. O acúmulo de peptídeos beta-amiloides também provoca um aumento das espécies reativas de oxigênio (ERO). A geração de ERO pode induzir danos estruturais e funcionais nas membranas das células por meio da peroxidação lipídica. Nesse sentido, o consumo de alimentos que são fontes de flavonoides e possuem uma elevada capacidade antioxidante pode possivelmente constituir uma estratégia não medicamentosa interessante.

Diversos estudos demonstram a atividade neuroprotetora de flavonoides como a quercetina, o resveratrol, a mircetina, a fisetina, a apigenina, a luteolina e a rutina. Eles protegem as células contra a disfunção mitocondrial, uma degradação comum em doenças neurodegenerativas, e também são capazes de inibir a enzima acetilcolinesterase, responsável por degradar o neurotransmissor acetilcolina, que desempenha um importante papel em funções cognitivas como memória e aprendizagem. Esses achados sugerem uma nova função protetora dos polifenóis, que é complementar a sua propriedade antioxidante.

A suplementação da dieta com extratos ricos em compostos bioativos poderá ser vantajosa na indução do sistema de defesa antioxidante e na melhoria da função cognitiva durante o envelhecimento. O crescente interesse pelos antioxidantes provenientes da dieta, presentes principalmente em frutas e vegetais, incentivou a pesquisa para o desenvolvimento de produtos ricos em polifenóis, especialmente bebidas à base de frutos.

O consumo de flavonoides totais e suas subclasses também foi associado a um menor risco de desenvolver a doença de Parkinson.

Em geral, o consumo regular de alimentos ricos em flavonoides é vantajoso para a indução de um sistema de defesa antioxidante, a prevenção da deterioração da memória e a melhoria da função cognitiva.

limão noídes

Jocelym Mastrodi Salgado e Maressa Caldeira Morzelle





s frutas cítricas, tais como laranjas, limas, limões, toranjas e tangerinas, são fontes de substâncias nutricionalmente importantes, como a vitamina C, o folato e as fibras. Além desses nutrientes, nos últimos anos uma classe de fitoquímicos conhecidos como limonoides tem atraído a atenção de pesquisadores. É sobre esses compostos que se vai discorrer neste capítulo.

O termo *limonoide* é derivado de limonina, o primeiro composto identificado como responsável pelo sabor amargo em sementes cítricas, em 1841. Posteriormente, foram descobertas propriedades antitumorais desse composto em um teste realizado em células de leucemia. Com isso, a avaliação dos efeitos potenciais de limonoides na saúde humana tornou-se interessante, e os limonoides passaram a ser descritos como eficientes na prevenção de doenças cardíacas e coronarianas. As pesquisas indicam que também existe uma forte relação entre o consumo dos limonoides e a prevenção de diferentes tipos de câncer. Atualmente, 62 limonoides já foram identificados, e há um esforço contínuo para descobrir outros compostos dessa classe.

Durante as últimas décadas, investigou-se a natureza bioquímica desse grupo de compostos naturais, além de suas funções biológicas, possíveis aplicações em alimentos, e importância na fisiologia vegetal, na recuperação de subprodutos e em aplicações comerciais. No entanto, o maior interesse está em seu potencial como um composto bioativo atuante na prevenção e/ou na redução do risco de inúmeras doenças crônicas não transmissíveis, com destaque para o câncer.

4.1 Química e síntese

Os terpenoides, também conhecidos como isoprenoides, são formados por cinco moléculas de isopreno e podem ser classificados como hemi- (C_5), mono- (C_{10}), sesqui- (C_{15}), di- (C_{20}), tri- (C_{30}) e tetraterpenos (C_{40}).

Os limonoides constituem terpenoides policíclicos altamente oxigenados que podem conter de 7 a 11 átomos de oxigênio em sua estrutura e que são produzidos pelo metabolismo secundário de plantas das famílias *Rutaceae* e *Meliaceae*.

Em geral, são componentes alimentares não nutritivos encontrados em óleos essenciais de frutas cítricas, como cereja, menta e ervas, que funcionam fisiologicamente como quimioatrativos e quimiorrepelentes, e são amplamente responsáveis pela fragrância de muitas plantas. Os terpenoides de dez carbonos são derivados da via do mevalonato em plantas, mas não são produzidos por mamíferos, fungos ou outras espécies.

ção do TGR5 pela nomilina preveniu a obesidade e a hiperglicemia em ratos. No estudo, ratos machos alimentados com uma dieta rica em gordura durante nove semanas receberam 0,2% de nomilina durante 77 dias, apresentando menor peso corporal, bem como um nível menor de glicose e insulina no soro. Os resultados sugerem que a nomilina exerce a função biológica de agente contra a obesidade, com efeitos anti-hiperglicêmicos que podem ter sido provocados pela ativação do receptor TGR5 (Ono et al., 2011).

Recentemente, foram avaliados os efeitos preventivos e terapêuticos do D-limoneno em distúrbios metabólicos em ratos induzidos à obesidade por uma dieta com alto teor de gordura. No tratamento preventivo, o D-limoneno foi eficaz na diminuição do tamanho dos adipócitos brancos e marrons, bem como dos triglicerídeos séricos (TG) e da glicemia, além de ter impedido o acúmulo de lipídeos no fígado. Já no tratamento terapêutico, o D-limoneno reduziu TG, LDL, glicemia e tolerância à glicose. Adicionalmente, ele foi efetivo no aumento da lipoproteína de alta densidade (HDL) em ratos obesos. Dessa forma, a ingestão de D-limoneno pode beneficiar pacientes com dislipidemia e hiperglicemia e se tornar um alvo terapêutico para a prevenção e a melhora de distúrbios metabólicos (Jing et al., 2013).

4.6 Doenças cardiovasculares

Estudos indicam a potencialidade dos limonoides em proteger as células contra o estresse oxidativo induzido por H_2O_2 e também em evitar a morte de células neuronais PC12 (Almaliti et al., 2013).

Ao mesmo tempo, outras pesquisas descrevem que o consumo frequente de frutas cítricas está significativamente associado com a reduzida incidência de doenças cardiovasculares. Em particular, seu consumo em quantidades consideráveis promove reduções significativas do risco de infarto, mas não no risco de AVC hemorrágico e de infarto do miocárdio (Yamada et al., 2011).

Yamada et al. (2011) avaliaram o efeito da ingestão de frutas cítricas sobre a incidência de doenças cardiovasculares e seus subtipos em uma população japonesa. O estudo englobou 10.623 participantes de ambos os sexos que não tinham histórico de doenças cardiovasculares nem de carcinoma, e os resultados associaram a ingestão frequente de frutas cítricas com uma menor incidência de doenças cardiovasculares. Adicionalmente, o consumo de frutas cítricas também foi associado à menor incidência de AVC, mas não mostrou relação com as ocorrências de AVC hemorrágico e de infarto do miocárdio.

partes residuais destas, como cascas e sementes. Evidências científicas apontam que esses compostos estão relacionados à prevenção de inúmeras doenças crônicas não transmissíveis, especialmente os diferentes tipos de câncer, demonstrando que existe um potencial a ser explorado em termos de alimentação humana. Novas tecnologias que visem ao aproveitamento dessas fontes potenciais de limonoides devem ser desenvolvidas.

Boxe 4.2 Etileno: contribuições vão além dos aspectos sensoriais

Para melhorar os atributos sensoriais das frutas cítricas e prolongar sua *shelf life*, utilizam-se alguns tratamentos pós-colheita. Normalmente, a coloração dos frutos é determinante na escolha do consumidor, que acredita que os frutos com casca verde não estão aptos ao consumo. Para eliminar esse problema, os citros são tratados com etileno para que desenvolvam uma coloração vermelha/laranja uniforme atrativa. Esse procedimento é bastante avaliado quanto à otimização da concentração de etileno, à temperatura e ao tempo de processo, e também quanto aos efeitos do etileno na concentração de carotenoides na polpa e no suco dos cítricos.

Poucos estudos avaliam a influência desse processo no conteúdo de limonoides. No entanto, é importante entender como o tratamento pós-colheita com etileno afeta os níveis de limonina e nomilina.

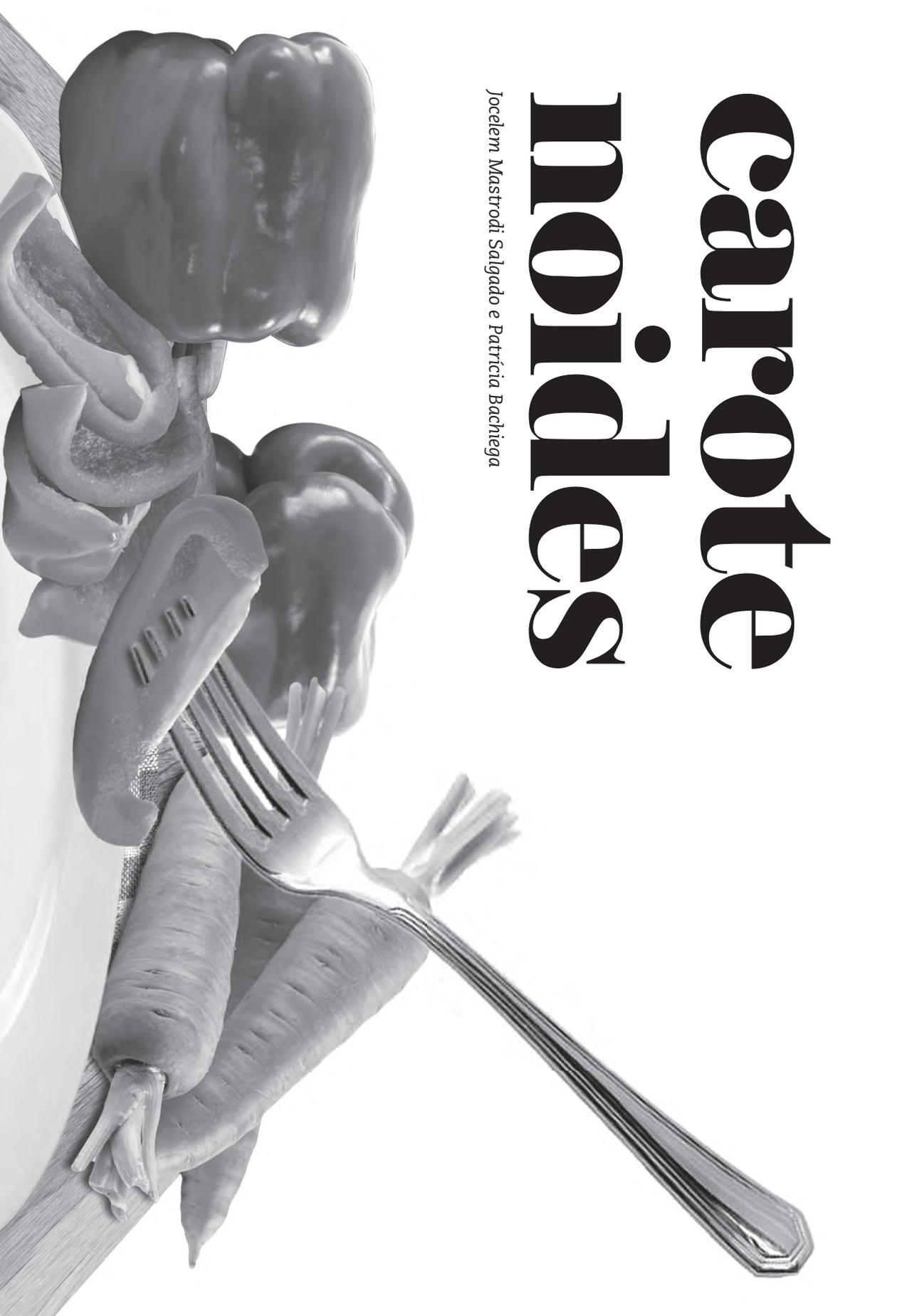
Chaudhary et al. (2012) verificaram que os frutos submetidos ao tratamento com etileno apresentavam níveis de nomilina e limonina significativamente superiores aos de frutos que não recebiam o tratamento. Esse comportamento se manteve inalterado durante 14 dias de estocagem. Os resultados indicam que o tratamento com etileno, além de melhorar o aspecto sensorial dos frutos, também promove o aumento dos compostos de interesse biológico.

QUESTÕES

- 4.1) Onde se pode encontrar limonoides?
- 4.2) Que motivo leva algumas espécies de laranja, como a laranja-de-umbigo, a serem usadas somente como fruta de mesa?
- 4.3) Como detectar a solubilidade de um limonoide por meio de sua estrutura química?

caipote noides

Jocelyn Mastrodi Salgado e Patricia Bachiega



Os carotenoides são uma família de compostos pigmentados naturalmente sintetizados por plantas, bactérias fotossintéticas e algas. Eles são responsáveis, principalmente, pelas colorações vermelha, alaranjada e amarela de frutas e vegetais, gema de ovo, crustáceos cozidos e alguns peixes. Embora sejam considerados micronutrientes por estarem presentes em níveis muito baixos (microgramas/grama) em suas fontes, esses compostos estão entre os constituintes alimentícios mais importantes.

Há mais de 700 carotenoides distribuídos na natureza. Esses metabólitos secundários das plantas exercem funções complexas, que vão desde a de moléculas de sinalização, camuflagem e comunicação entre animais até a de redutores do risco de desenvolvimento de diferentes doenças em humanos, como câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular relacionada à idade e cataratas.

Diante da importância desses compostos, o objetivo deste capítulo é oferecer uma visão geral dos carotenoides e de seus principais mecanismos de ação, responsáveis por muitos benefícios à saúde.

5.1 Química

Nas plantas, os carotenoides estão localizados principalmente nas membranas lipídicas ou armazenados nos vacúolos do plasma. Eles desempenham funções variadas, fazendo, por exemplo, captação de luz, fotoproteção, transferência de elétrons e captação de espécies reativas de oxigênio. Também exercem um papel estrutural nas membranas.

Quimicamente, os carotenoides são compostos lipofílicos com uma estrutura básica de tetraterpeno de 40 carbonos, simétrico e linear, formado a partir de oito unidades isoprenoides de cinco carbonos (Fig. 5.1). Os carotenoides crocetina e bixina apresentam-se como exceção, uma vez que possuem menos de 40 átomos de carbono em sua cadeia. Alguns carotenoides possuem um ou dois anéis betaionona nas extremidades de sua cadeia carbônica, o que lhes confere propriedades de provitamina A.

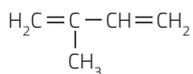


Fig. 5.1 Estrutura de um isopreno
Fonte: Rao e Rao (2007).

A estrutura dos carotenoides pode ser modificada por meio de várias reações químicas (de-hidrogenação, ciclização, migração de dupla ligação, encurtamento ou extensão da cadeia, reordenamento e isomerização) e dar origem a vários compostos.

Ao longo de sua cadeia encontram-se ainda duplas ligações conjugadas, as

fícios é utilizar tomates cozidos. O molho de tomate é considerado uma fonte de licopeno ainda melhor do que o tomate *in natura*. É interessante também relatar que a presença de alguns carotenoides, como o betacaroteno e a luteína, pode afetar negativamente a biodisponibilidade dele. Isso ocorre porque a presença desses carotenoides nos alimentos pode levar a uma competição durante a absorção intestinal do licopeno.

5.6 Importância dos carotenoides

Valorizados não só pelas cores características que proporcionam aos alimentos, muitos estudos têm comprovado a relação entre uma ingestão maior de carotenoides compostos e um risco menor de desenvolver doenças (Fig. 5.3).

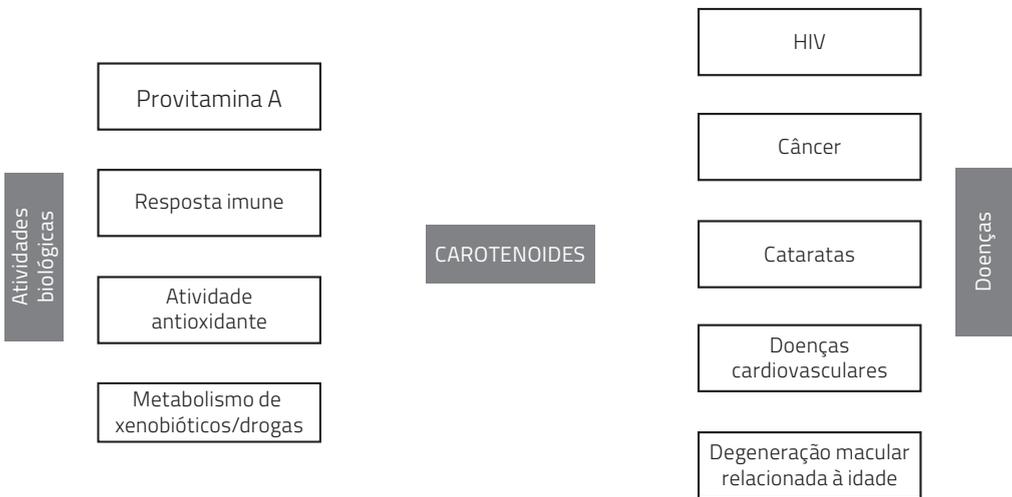


Fig. 5.3 Papel dos carotenoides na prevenção de doenças crônicas

Fonte: Rao e Rao (2007).

Além de suas propriedades antioxidantes, que contribuem para a estabilidade dos alimentos, pesquisas atuais têm atribuído aos carotenoides diversas propriedades funcionais e ações biológicas. Eles são considerados importantes imunomoduladores, auxiliando na redução dos riscos de desenvolvimento de doenças degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares, cataratas e degeneração macular.

Seus mecanismos de ação envolvem não apenas sua capacidade antioxidante, mas também a modulação do metabolismo carcinogênico, a regulação do crescimento celular, a inibição da proliferação celular, o aumento da diferenciação celular, a estimulação da comunicação célula a célula e a sinalização dependente de retinoides.

5.7 Provitamina A

Para que cresçam e se desenvolvam normalmente, os seres humanos necessitam de diferentes nutrientes essenciais. Caso esses nutrientes não estejam presentes em sua dieta, além do aumento nas taxas de mortalidade e morbidade (porcentagem de portadores de uma determinada doença em relação ao número de habitantes sadios), sua capacidade de desenvolver e trabalhar normalmente também é comprometida.

A deficiência de minerais e vitaminas constitui um problema sério de saúde. Mesmo quando ela se encontra em graus leves, não acarretando qualquer tipo de sintoma clínico aparente, pode afetar negativamente a saúde do indivíduo. Entre as deficiências vitamínicas, a mais comum é a de vitamina A.

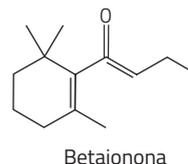
O Instituto de Medicina dos Estados Unidos estabeleceu os níveis recomendados de ingestão diária para a população de acordo com a idade, com uma distinção entre mulheres grávidas (770 µg de retinol/dia) e lactantes (1.300 µg de retinol/dia); durante esses períodos, a mãe necessita de uma maior quantidade de vitamina A, já que o feto e o recém-nascido utilizam suas reservas dessa vitamina. Para adultos de 19 a mais de 70 anos de idade, a quantidade recomendada para ingestão é de 900 µg de retinol/dia para homens e 700 µg de retinol/dia para mulheres (Institute of Medicine, 2001).

A vitamina A tem sido apontada como a responsável por importantes processos biológicos no organismo humano. Ela é um fator essencial na embriogênese; na diferenciação e na regulação da proliferação da maioria das células (principalmente células de divisão rápida); na reprodução; na hematopoese; na modulação do sistema imune, que envolve elementos dos sistemas imunes inato e adquirido; e na manutenção da função visual, sendo necessária para a visão colorida e para a visão com baixos níveis de luz.

Dos 700 carotenoides já identificados na natureza, apenas 50 deles apresentam atividade provitamina A. Essa atividade se refere à capacidade de alguns carotenoides de formar vitamina A (retinol e retinal) por ação da enzima caroteno dioxigenase.

O requisito mínimo de um carotenoide com atividade provitamina A é possuir um anel betaionona (Fig. 5.4) não substituído com uma cadeia de polieno de 11 átomos de carbono.

Fig. 5.4 Estrutura química do anel betaionona



Estudos de metanálise têm demonstrado que a ingestão de carotenoides também está relacionada a uma redução do risco de desenvolvimento de câncer de mama. Os principais carotenoides envolvidos nesse caso são o alfacaroteno, a betacriptoxantina, luteína + zeaxantina e o licopeno.

O consumo de betacriptoxantina e betacaroteno tem demonstrado também possuir uma relação inversa com os casos de câncer de pulmão e de esôfago, respectivamente.

5.10 Degeneração macular relacionada à idade e catarata

Principal causa de cegueira em pessoas com idade superior a 65 anos, a degeneração macular relacionada à idade é uma doença multifatorial. Inicialmente, essa doença acarreta embaçamento da visão central e distorção ou deformação das linhas retas, progredindo até o aparecimento de pontos negros dentro do campo visual central.

Entre os fatores de risco, os mais influentes envolvem determinantes genéticos e ambientais, como exposição à luz solar, idade, tabagismo e estado nutricional.

O pigmento macular é responsável pela atenuação dos comprimentos de onda curtos da luz visível, os quais são mais perigosos do que os comprimentos de onda mais longos. O comprimento de onda curto é considerado mais energético, gerando assim espécies reativas de oxigênio a partir de fotossensibilizadores endógenos, como, por exemplo, a lipofuscina.

A luteína e a zeaxantina constituem exclusivamente os pigmentos de cor amarela da mácula da retina humana, sendo os únicos carotenoides transportados do soro para a retina. Na retina, suas concentrações estão mais elevadas do que em qualquer outra parte do corpo, exercendo um efeito protetor por atuarem tanto como antioxidantes quanto como filtros da luz azul de alta energia. Além delas, outro carotenoide presente em quantidades substanciais na mácula é a *mesozeaxantina*, um esteroisômero da zeaxantina que normalmente não está presente na dieta nem no sangue e que se localiza exclusivamente na mácula central (Fig. 5.5).

A razão entre a luteína e a zeaxantina é de aproximadamente 1:24,4 na retina central e 2:1 na região periférica. Essa razão é maior em crianças com menos de dois anos de idade do que em adultos, o que sugere que a distribuição de luteína é alterada para se adaptar à maturação da retina e à exposição ambiental.

Uma das primeiras comprovações de que a luteína e a zeaxantina influenciam o risco de desenvolvimento de degeneração macular relacionada à idade foi publicada em Seddon et al. (1994). Os resultados desse estudo

compostos orgânicos sulfú rosos: alho e cebolaa

Jocelem Mastrodi Salgado
e Fúvia Biazotto



Existem diversas evidências provenientes de investigações científicas que indicam as ações fisiológicas e medicinais derivadas do consumo de compostos organossulfurosos. Esses compostos são moléculas orgânicas que contêm em sua estrutura química um ou mais átomos de enxofre. Encontram-se amplamente distribuídos nos vegetais, porém, ocorrem predominantemente no gênero *Allium*, conferindo sabor e odor característicos.

O cultivo de cebola (*Allium cepa*) e alho (*Allium sativum*) caminha junto com a história da humanidade. Existem referências sobre ambos em livros como a Bíblia e o Alcorão, o que de certo modo reflete a importância que nossos antepassados atribuíam a esses alimentos, tanto sob o aspecto culinário – *flavor* conferido às diversas preparações – quanto sob aspectos nutricionais e curativos (Boxe 6.1).

Boxe 6.1 Você sabia?

Durante os primeiros jogos olímpicos na Grécia, os atletas ingeriam alho para melhorar seus desempenhos esportivos. Na Índia, o alho vem sendo usado há séculos como loção antisséptica no cuidado de ferimentos e ulcerações. Na China, chá de cebola e alho é recomendado para dores de cabeça, febre, cólera e disenteria. E, durante a Segunda Guerra Mundial, o alho foi utilizado como antisséptico na prevenção de gangrena. Atualmente, esses vegetais bulbosos ainda são muito utilizados na medicina popular em todo o mundo na cura de diversas doenças.

Botanicamente, a cebola e o alho são membros do gênero *Allium*, uma vez que ambos compartilham da presença de bulbos e de odores característicos. Inclusive, o termo *Allium* (de origem grega) é um alerta sobre o odor e o sabor pungentes típicos desses vegetais. Os odores fortes advêm da presença de compostos sulfurosos em seu óleo essencial.

Em virtude do clima frio, os vegetais do gênero *Allium* são amplamente cultivados em países de clima temperado, com exceção de algumas espécies que se desenvolvem no Chile (*Allium juncifolium*), no Brasil (*Allium sellovianum*) e na África tropical (*Allium spathaceum*). Em geral, são plantas bulbosas anuais e bianuais, com cerca de 1,0 m a 1,5 m de altura. O tamanho do bulbo é variável entre as espécies, podendo até ser formado por bulbilhos (dentes), como é o caso do alho. Além do bulbo e do odor, as espécies de alho podem ser reco-

biotina, ácido nicotínico, ácidos graxos, glicolipídeos e glicoproteínas, fosfolipídeos, aminoácidos essenciais, compostos fenólicos e, principalmente, compostos sulfurosos característicos dessa família (Fig. 6.1) (Corzo-Martínez; Corzo; Villamiel, 2007).

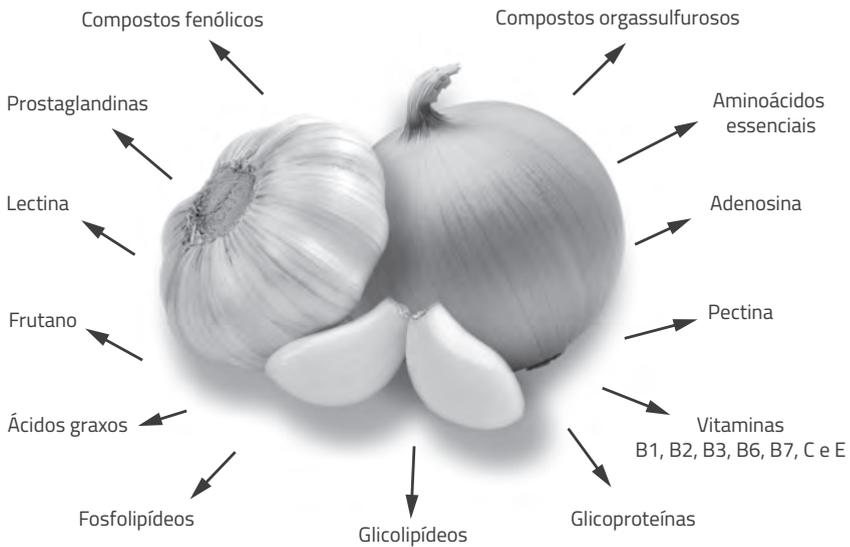


Fig. 6.1 O gênero *Allium* e sua composição nutricional

Apesar de tanto o alho quanto a cebola serem fontes de compostos sulfurosos, sabe-se que o alho contém uma concentração três vezes maior dessas substâncias (Rana et al., 2011; Fenwick; Hanley, 1985).

6.2 Biossíntese dos compostos organossulfurosos

Evidências provenientes de diversas investigações científicas indicam que as ações biológicas e medicinais derivadas do consumo de *Allium* resultam, em sua maioria, da presença de compostos organossulfurosos no gênero.

O bulbo intacto tem como substâncias principais os sulfóxidos de cisteína, especialmente a aliina, a metiina, a isoaliina e as gamaglutamilcisteínas. No alho, essas substâncias são reservas de cisteínas e estão associadas à proteção do vegetal contra microrganismos agressores. Durante a vida do vegetal, esses compostos são gradualmente biotransformados e depois oxidados para a formação dos sulfóxidos de cisteína pelo aumento dos níveis enzimáticos de gamaglutamiltranspeptidase. O mais importante composto organossulfuroso inicial encontrado no bulbo intacto de alho é a aliina (sulfóxido S-alil-cisteína). São encontrados também gamaglutamil-S-alil-cisteína (GSAC), sulfóxido S-metil-cisteína (metiina), sulfóxido S-trans-1-propenil-

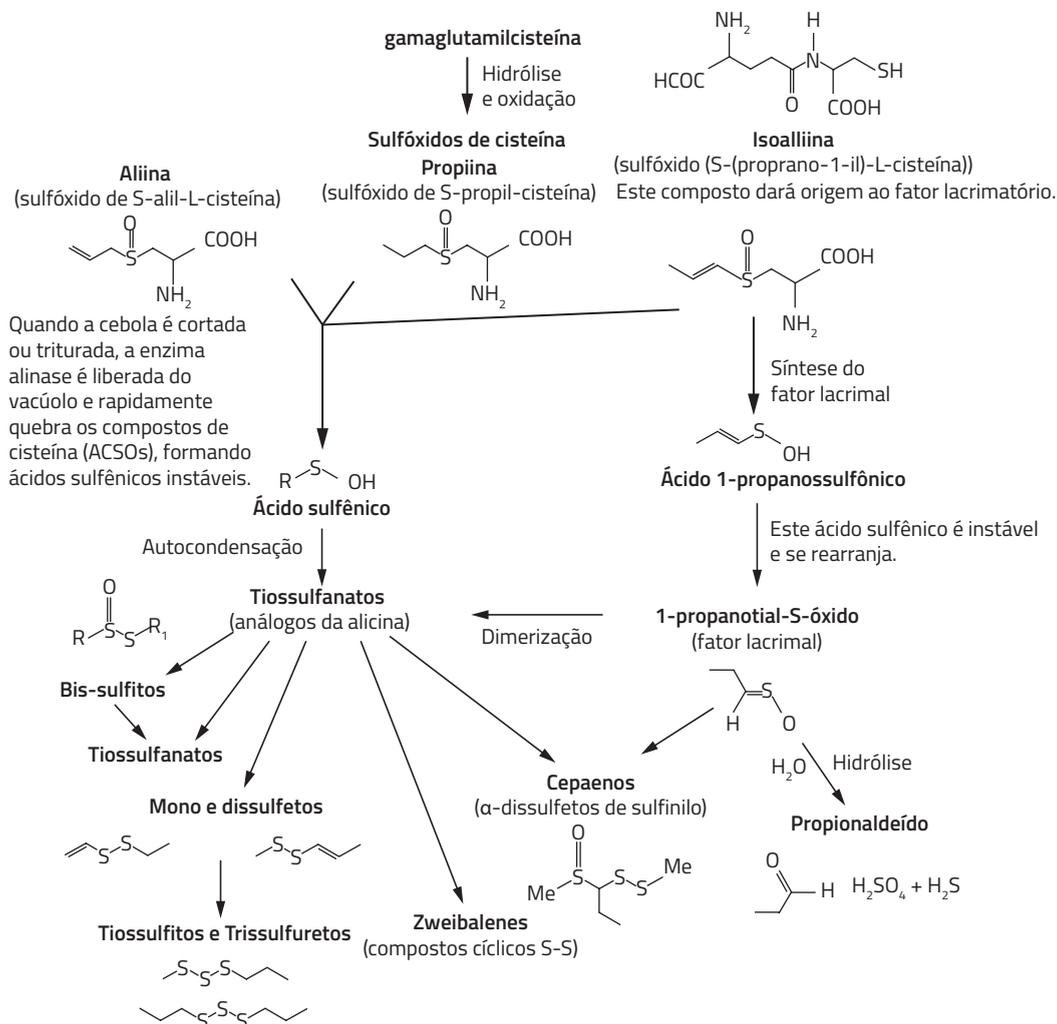


Fig. 6.4 Formação dos principais compostos organossulfurosos presentes na cebola
Fonte: Corzo-Martínez, Corzo e Villamiel (2007).

minados tecidos-alvo. O Quadro 6.1 mostra os componentes organossulfurosos hidrossolúveis e lipossolúveis presentes no alho. Todos os compostos apresentados são responsáveis pelo odor, sabor e pungência característicos do alho. Na Fig. 6.5 são demonstradas as fórmulas químicas dos principais derivados da alicina.

6.4 Metabolismo do alho

Pouco se sabe a respeito do metabolismo do alho e de seus compostos sulfurosos no organismo humano. Contudo, sabe-se que o processo de ruptura dos tecidos é fundamental para a formação dos fitoquímicos associados aos benefícios à saúde.

6.5 Problemas relacionados ao consumo de alho e cebola

Apesar dos benefícios advindos do consumo desses vegetais, há um grande complicador relacionado a eles: o sabor intenso característico que dificulta seu consumo. No caso do alho, o odor é exalado inclusive pelo suor em até 72 horas após o consumo. A seguir, são relatadas as razões pelas quais esses alimentos são pungentes e conferem halitose; também se explica por que as cebolas provocam lágrimas.

6.5.1 Pungência do alho e da cebola

Cortar o alho e colocá-lo cru na boca ou sobre os lábios causa uma queimação dolorosa, similar àquela provocada por cebola fatiada, pimenta, gengibre, mostarda, *wasabi* e canela. Cortar alho e cebola pode também causar irritações e inflamações na pele e na mucosa (Boxes 6.2 e 6.3).

Boxe 6.2 Por que as cebolas nos fazem chorar?

É sugerido que o fator lacrimal ativa as terminações nervosas das *fibras de dor* (nociceptores) presentes na camada superior da córnea. Quando ativadas, as fibras enviam sinais para o cérebro, o que resulta na sensação de dor e na liberação de lágrimas em resposta aos sinais emitidos à glândula lacrimal.

Existem diversos conselhos oferecidos por donas de casa referentes a como evitar o “choro” ao cortar cebolas, tais como acender um fósforo ou uma lâmpada (que “queimam” o fator lacrimal), segurar um fósforo apagado entre os dentes (ideia sem fundamento; sugere-se, nesse caso, que o enxofre presente no fósforo atrai o fator lacrimal), colocar uma colher de madeira ou um pedaço de pão entre os dentes, ou respirar pela boca. O uso de lentes de contato também é aclamado por supostamente diminuir a lacrimação. Entretanto, até mesmo respirar os vapores da cebola pode desencadear o “choro”, já que o nariz está fisiologicamente ligado aos olhos. Opções mais razoáveis incluem refrigerar a cebola (o que reduz a síntese do fator lacrimatório), colocá-la em água fervente por 5 a 10 segundos (tempo suficiente para provocar perda ou inativação da atividade sintética do composto), ou fatiá-la a cebola embaixo da água ou próximo a uma nuvem de vapor, com o intuito de solubilizar os voláteis lacrimatórios, ou embaixo de um exaustor ou ventilador, para dispersar ou aspirar o fator lacrimal.

glicosí nolatos

*Jocelem Mastrodi Salgado
e Patrícia Bachiega*



Cerca de 200 glicosinolatos diferentes já foram identificados em diversas plantas. Destes, a maioria produz isotiocianatos. Porém, apenas um pequeno número deles pode ser consumido por seres humanos.

Além da mirosinase, microrganismos presentes na flora intestinal humana, mesmo em pequenas quantidades, também podem contribuir para o processo de conversão. Dessa forma, interferências na microbiota, como tratamentos com antibióticos, podem prejudicar a conversão. Ainda não há estudos muito desenvolvidos a respeito de enzimas degradadoras da microbiota intestinal; no entanto, segundo Bones e Rossiter (2006), três espécies de *Bifidobacterium* (*B. pseudocatenulatum*, *B. adolescentis* e *B. longum*) são as principais envolvidas na degradação de glicosinolatos no trato intestinal humano.

7.3 Metabolismo

O metabolismo dos isotiocianatos nos tecidos animais se dá por meio do ácido mercaptúrico. Primeiramente, ocorre a conjugação da glutathiona catalisada pela glutathiona transferase (GST); em seguida, ocorre clivagem sucessiva do resíduo γ -glutamil por γ -glutamyltransferase, remoção da glicina por citeinilglicinase e, por fim, N-acetilação por N-acetiltransferases, que origina a N-acetilcisteína (conjugados de ácidos mercaptúricos) (Dinkova-Kostova; Kostov, 2012).

Como dito anteriormente, após o consumo de vegetais fontes de glicosinolatos, estes serão primeiramente convertidos em isotiocianatos pela ação da mirosinase vegetal presente no intestino delgado ou pela ação da mirosinase bacteriana presente no cólon. Posteriormente, em cerca de 2 a 3 horas, os metabólitos oriundos dessa degradação poderão ser detectados na urina humana.

7.4 Efeitos de cozimento e armazenamento

A quantidade de glicosinolatos nos alimentos é variável devido à presença desses compostos ser influenciada por diferentes fatores, tais como variedade da planta, condições de crescimento, fatores climáticos, épocas de cultivo, distribuição nas partes da planta (sementes, caules, folhas e raízes) e condições de armazenamento (tipo e duração).

Entre os principais vegetais que contribuem para a inserção de glicosinolatos na dieta, destacam-se os brócolis, a couve-de-bruxelas, a couve-flor e o rabanete (Boxe 7.2). Alguns outros vegetais podem ser ingeridos na forma crua, como a rúcula, a couve, o agrião, o rabanete, o repolho e a mostarda. No entanto, de maneira geral, as brássicas são consumidas após algum procedimento de preparação, o que pode influenciar o teor de glicosinolatos e seus produtos de degradação.

Boxe 7.2 Compostos bioativos presentes nos subprodutos de brócolis

O cultivo de brócolis está associado a uma elevada produção de resíduos, já que seus subprodutos (folhas e caules), que representam 70% de seu peso total, são descartados (Fig. 7.5). No entanto, pesquisas têm se voltado a comprovar que esses subprodutos apresentam uma composição bioativa semelhante às partes tradicionalmente comestíveis. Sendo assim, há um maior incentivo à utilização dos subprodutos e, conseqüentemente, à redução do impacto ambiental e ao aumento de seu valor econômico.

Os glicosinolatos encontrados nas folhas de brócolis de diferentes cultivares são: glicoiiberina, glicorafanina, glicocerucina, gliconapina, glicotropaeolina, glicobrassicina, gliconasturtina, glicolissina, 4-hidroxiglicobrassicina, 4-metoxiglicobrassicina, neoglicobrassicina e sinigrina (Ares et al., 2014). Os brócolis são um dos principais vegetais fonte de sulforafano, composto bioativo com grande atividade anticarcinogênica. Amplamente encontrado nas inflorescências ($585 \mu\text{g g}^{-1}$ de matéria seca), as folhas e os caules de brócolis também demonstraram ser fontes importantes desse composto, apresentando, respectivamente, teores de 420 e $229 \mu\text{g g}^{-1}$ de matéria seca (Campas-Baypoli et al., 2010).



Fig. 7.5 Folhas e inflorescência de brócolis

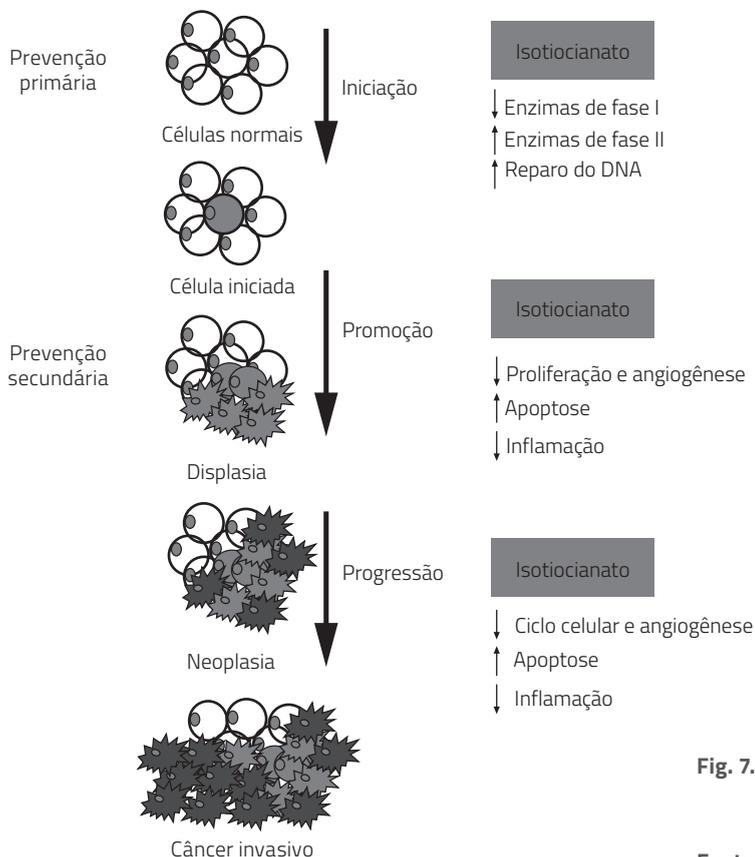


Fig. 7.6 Mecanismos de ação dos isotiocianatos na prevenção do câncer

Fonte: Hanschen et al. (2014).

As enzimas celulares – e mais particularmente as enzimas do citocromo P450 – são responsáveis por transformações em diversos produtos químicos carcinogênicos, os quais, a partir dessas transformações, podem se tornar prejudiciais ao DNA ou a outras moléculas celulares. Diversos estudos têm demonstrado a ação dos isotiocianatos sobre tais enzimas, em que provoca inibição direta, por meio de competição, ou inibição irreversível.

Entre os isotiocianatos, o sulforafano é o que mais se destaca devido a sua capacidade de induzir potentes enzimas que desintoxicam carcinogênicos nas células humanas, como, por exemplo, a quinona redutase-1 (QR-1), a glutatona transferase (GST), a UDP-glucuronosiltransferase (UGT), a γ -glutamil-cisteína-sintetase (γ -GCS), a tioredoxina redutase (TR) e a heme oxigenase-1 (HO-1).

Com relação à atividade de cada uma dessas enzimas, observa-se que as enzimas de fase I (enzimas do citocromo P450) são responsáveis por aumentar, na maioria das vezes, a reatividade dos compostos solúveis em gordura e, como consequência, formar moléculas reativas que podem apre-

acarretar a liberação de espécies reativas de oxigênio, causando mutação nas células próximas e acelerando a evolução da doença.

Os compostos bioativos das brássicas, além de terem a capacidade de modular o desenvolvimento tumoral pelo aumento da expressão das enzimas de fase II, também têm se mostrado importantes moduladores da resposta inflamatória. Seus efeitos anti-inflamatórios devem-se, principalmente, a sua capacidade de suprimir as vias de sinalização do fator nuclear kappa B (NF- κ B), que é o responsável pela transcrição de mais de 500 genes que controlam a inflamação, a imunorregulação, a proliferação, a adesão, o crescimento celular e a formação do tumor.

7.6 Câncer de pulmão

O câncer de pulmão ainda é uma das principais causas de morte no mundo, mesmo havendo inúmeras campanhas de conscientização da população sobre os malefícios do tabaco. Estudos demonstram que um consumo maior de brássicas (mais de três porções semanais) está associado a reduções significativas no risco de desenvolver câncer de pulmão. Outro fato interessante é que em mulheres que nunca fumaram a incidência desse tipo de câncer foi menor em decorrência da inserção de brássicas em suas dietas (Herr; Büchler, 2010; Wu et al., 2013).

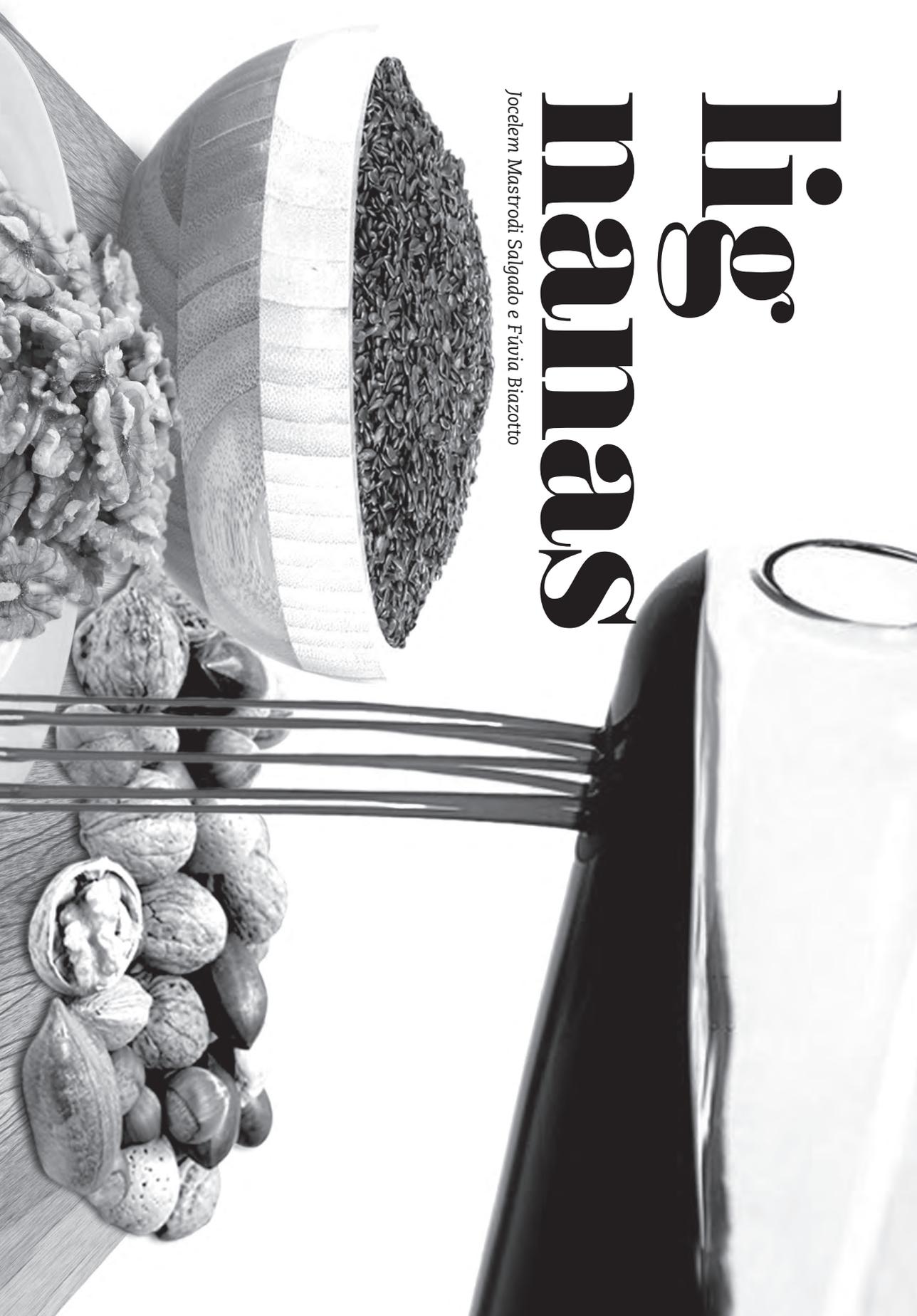
Entre os isotiocianatos, o de maior destaque na prevenção e/ou redução de risco de desenvolver câncer de pulmão é o fenetil isotiocianato. Em modelos animais, esse composto bioativo tem demonstrado resultados importantes na redução de tumores induzidos por 4-(metilnitrosamino)-1-(3-piridil)-1-butanona e benzopireno, principais agentes cancerígenos existentes na fumaça do cigarro. Além disso, ele foi capaz de reduzir os danos ao DNA e as alterações moleculares provocadas pelo cigarro, levando a uma redução significativa da incidência do câncer de pulmão.

7.7 Câncer de cólon

Atualmente, os tratamentos para o câncer de cólon já estão bem estabelecidos e envolvem cirurgia, radioterapia, quimioterapia ou uma combinação de radioterapia com quimioterapia. Entretanto, além de as taxas de mortalidade ainda serem muito elevadas, essas intervenções acarretam inúmeros efeitos colaterais que inviabilizam o bem-estar do paciente. Tais efeitos enfatizam a alternativa de uma alimentação rica em vegetais fontes de glicosinolatos, uma vez que diversas pesquisas já demonstraram que eles também são eficientes no combate ao câncer colorretal.

lis' **maznas**

Jocelem Mastrodi Salgado e Fúvia Biazotto



Estudos têm sugerido que dietas ricas em carboidratos complexos – presentes em grãos, frutas e vegetais – e pobres em gorduras, principalmente as saturadas, estão associadas com a redução do risco de doenças crônico-degenerativas (DCD). Os benefícios à saúde, primordialmente atribuídos à presença de fibras solúveis e insolúveis nesses alimentos, advêm também da presença de compostos bioativos a elas associados, como é o caso das lignanas.

Lignanas são compostos bioativos, não nutrientes, não calóricos, que designam um grupo diverso de compostos naturais presentes em uma infinidade de vegetais superiores. Foram identificadas e descritas pela primeira vez por Haworth em 1936 e ganharam destaque, principalmente devido a sua importância à saúde humana, a partir da descoberta das lignanas mamíferas enterolactona e enterodiol.

Em dois trabalhos independentes realizados em 1979, pesquisadores identificaram na urina de humanos e de macacos (*Chlorocebus pygerythrus*), durante o ciclo menstrual, dois compostos fenólicos até então desconhecidos.

Análises subseqüentes desse material demonstraram que os compostos encontrados eram de origem vegetal e possuíam um comportamento semelhante ao das moléculas de hormônios; receberam o nome de lignanas mamíferas ou lignanas animais, de maneira a distingui-las das lignanas vegetais.

Os principais difenólicos encontrados na urina e também em outros fluidos biológicos foram a enterolactona (ENL) [*trans*-2,3-bis(3-hidroxibenzil)- γ -butirolactona] a seu derivado enterodiol (END) [*trans*-2,3-bis(3-hidroxibenzil)-butano-1,4,-diol].

Desde então, diversos trabalhos foram realizados com o intuito de compreender melhor essa classe de compostos. Mais recentemente, as lignanas passaram também a ser foco de pesquisas para cientistas de alimentos, nutricionistas, médicos e farmacêuticos mediante a descoberta de diversas propriedades de interesse à saúde, como antioxidante, anti-inflamatória, fitoestrogênica e anticâncer.

Neste capítulo, em virtude da importância fisiológica das lignanas e das novas informações obtidas sobre o seu papel no organismo, todos os seus aspectos serão discutidos mais profundamente.

8.1 Química

As lignanas e as ligninas são ambas compostos derivados do ácido hidroxicinâmico. Nos vegetais, atuam no sistema de defesa como antioxidantes, biocidas ou fitoalexinas. Contudo, as semelhanças terminam

metóxi ou metilenodióxi nos anéis aromáticos (Bannwart et al., 1989). Outra peculiaridade das lignanas animais é sua similaridade ao estrogênio, característica que lhes confere atividade hormonal.

Entre os 62 tipos de lignanas encontradas na natureza, em sua maioria sob a forma glicosídica, as de maior interesse são as lignanas vegetais pinoresinol (PINO), lariciresinol (LARI), secoisolariciresinol (SECO), matairesinol (MAT), siringaresinol (SIR), medioresinol (MED), arctigenina (ARG), 7-hidroxi-matairesinol (HMR), sesamina (SES), e as lignanas animais enterolactona (ENL) e enterodiol (END) (Fig. 8.1) (Hanhineva et al., 2012).

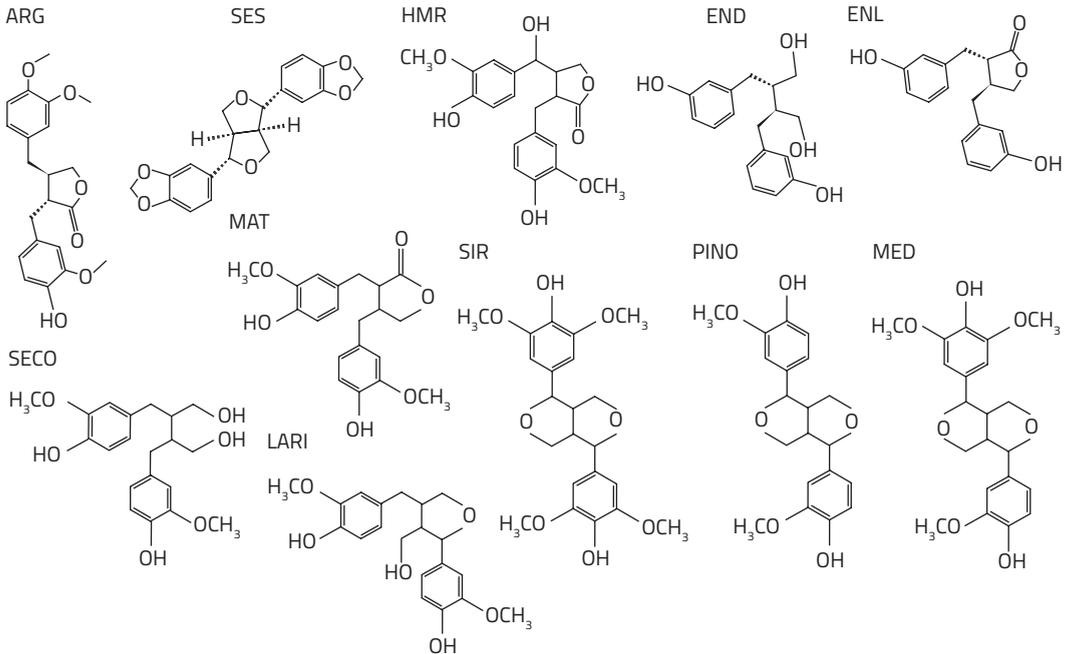


Fig. 8.1 Fórmulas estruturais das principais lignanas vegetais e animais
Fonte: adaptado de Landete (2012).

8.2 Metabolismo e biodisponibilidade

Após a descoberta das lignanas, foram necessários anos até que os pesquisadores desvendassem que as lignanas animais presentes nos fluidos corporais eram provenientes da ação microbiana sobre as lignanas vegetais obtidas via dieta. Foi de fato somente em 1981 e 1982 que se comprovou a importância das bactérias intestinais para a bioconversão das lignanas vegetais em animais.

Pouco ainda se sabe sobre a relevância da contribuição dos processos de mastigação, salivação e hidrólises químicas e enzimáticas para a biodisponibilidade das lignanas no organismo. Em virtude do breve período em

presentes em menores quantidades em vegetais, frutas e bebidas, como o café, o suco de laranja, o vinho tinto e chás. Apesar de os alimentos conterem, em geral, 2 mg lignana/100 g de alimento, a linhaça e o gergelim contêm mais de 300 mg/100 g de semente (Peterson et al., 2010).

Devido a sua ocorrência em diversos grupos alimentares, a ingestão de lignanas na alimentação é frequente, mas não em concentrações suficientes para exercer seus benefícios. No entanto, se houver consumo diário de vários alimentos que contenham esses compostos, a quantidade consumida poderá ser suficiente para que os benefícios atribuídos a eles sejam sentidos.

O consumo de lignanas na alimentação ocidental deriva de fontes como grãos e cereais integrais, feijões, vegetais, frutas e bebidas como vinho e café, fontes estas com baixo teor de lignanas, porém de consumo frequente. Já os orientais consomem frequentemente alimentos ricos em lignanas, como gergelim, amendoim e derivados de soja. Além disso, é habitual o consumo de produtos submetidos a processos fermentativos, que possivelmente proveem maior biodisponibilidade desses ativos. Alguns valores de lignanas nos alimentos são dados na Tab. 8.1.

Tab. 8.1 TEOR DE LIGNANAS NOS ALIMENTOS EXPRESSOS EM µg/100 g DE BASE FRESCA

Fonte alimentar	SECO	PIN	LARI	MAT	SIR	MED	TOTAL
Sementes e castanhas							
Semente de linhaça	294.210	3.324	3.041	553	-*	-	301.129
Semente de gergelim	66	29.331	9.470	481	-	-	39.348
Semente de girassol	7,3	6.814,5	1.052	123,1	-	-	7.997,2
Amendoim	53	0	41	0	-	-	0
Castanha de caju	133	0	496	0	-	-	629
Cereais							
Centeio	462	1.547	1.505	729	3.540	858	-
Trigo	868	138	672	410	882	232	-
Aveia	90	567	766	440	897	112	-
Milho	125	33	69	21	2,4	-	-
Frutas in natura							
Damasco	31	105	314	0	-	-	450
Uva verde	0,2	-	-	1,3	-	-	-
Toranja	26,3	-	-	0	-	-	-
<i>Kiwi</i>	174,6	-	-	7,2	-	-	-
Pera asiática	7	0	21	-	1	1	31
Azeitona	55,9	-	-	2,7	-	-	-
Pera	9,9	-	-	0,7	-	-	-

compostos fenólicos, entre outras substâncias, também podem estar presentes. Nos itens que se seguem, serão discutidos os principais benefícios das lignanas à saúde e os mecanismos de ação propostos.

8.4.1 Atividade fitoestrogênica

Assim como outros compostos fitoestrogênicos, as enterolignanas podem atuar no organismo humano exercendo atividade estrogênica ou antiestrogênica. A peculiaridade desses compostos deve-se a sua semelhança estrutural com o 17- β -estradiol, isto é, o estrógeno feminino. Além de enterolignanas e isoflavonas, alguns fitoquímicos, tais como os cumestanos, os estilbenos (resveratrol) e os prenilflavonoides, também exercem ação estrogênica no organismo humano. Entre os compostos fitoestrogênicos existentes, os mais consumidos no Ocidente são as lignanas.

Os fitoestrógenos são compostos vegetais secundários, não esteroides, que auxiliam na manutenção do equilíbrio hormonal. Analogamente ao hormônio 17- β -estradiol, possuem pelo menos um anel fenólico; porém, em geral, são difenólicos, exceto as lignanas constituídas por duas unidades de álcool coniferílico (Wiseman, 2012).

Evidências dos benefícios do consumo de lignanas advêm de estudos com ensaios biológicos, *in vitro*, *in vivo* e epidemiológicos. Assim como outros fitoestrógenos, as lignanas têm sido mencionadas como aliadas na prevenção de doenças cardiovasculares, osteoporose, sintomas da menopausa e câncer. Entre as propriedades anticâncer, incluem-se as ações antiestrogênica, antiangiogênica, antioxidante e pró-apoptótica (induz o processo de morte celular).

Após a bioconversão, as enterolignanas podem se ligar aos receptores de estrogênio (REs), ocasionando efeitos estrogênicos ou antiestrogênicos; a atividade dependerá da concentração de estrógeno presente no sangue.

Durante a menopausa ou em indivíduos que sofrem de deficiência estrogênica, as enterolignanas agem equilibrando os níveis de hormônio ao suprirem os REs, proporcionando a reposição hormonal natural ou a atividade estrogênica. Porém, na presença de estrógeno, as enterolignanas exercem uma atividade antiestrogênica, seja por competirem com o estrógeno pelo mesmo sítio de ligação, seja por inibirem a rota de síntese do estrógeno. Neste caso, as enterolignanas, assim como as isoflavonas, abrandam os efeitos carcinogênicos provocados principalmente pelo excesso de estrógeno nos tecidos mamário e uterino.

Uma longa exposição ao estrógeno durante todo o período reprodutivo da mulher é reconhecidamente um fator de risco quando se fala de câncer de

alimentos probióticos, prebióticos e simbióticos

Jocelem Mastrodi Salgado e Marina Leopoldina Lamounier Campidelli





tualmente, há um considerável número de pesquisas sendo realizadas a fim de se conhecerem as relações existentes entre microbiota intestinal, saúde e doença e uso de microrganismos vivos e de substratos não digeríveis que possam modular positivamente a microbiota intestinal visando à prevenção e/ou ao tratamento de algumas doenças.

O intestino humano é um ecossistema complexo em que microrganismos, nutrientes e células hospedeiras interagem uns com os outros, e as bactérias que compõem a microbiota intestinal têm muitas funções importantes. Assim, um desequilíbrio nessa microbiota pode gerar consequências negativas na saúde e muitas doenças podem se estabelecer (Butel, 2014; Clau-son; Crawford, 2015).

Visando a benefícios proporcionados pelo uso de substâncias com apelo à saúde, foram criados os probióticos e os prebióticos, que são evidenciados como veículos fomentadores da redução do risco de doenças crônicas degenerativas e não transmissíveis. A combinação dessas substâncias é denominada simbiótica e beneficia a saúde do hospedeiro, melhorando o crescimento e o desenvolvimento do metabolismo das bactérias benéficas presentes no trato gastrointestinal.

Neste capítulo serão abordados os conceitos de alimentos probióticos, prebióticos e simbióticos e também os principais mecanismos de ações responsáveis pelos benefícios desses compostos à saúde.

9.1 Probióticos

De origem grega, o termo *probiótico* significa *para a vida*. Inicialmente, foi usado como antônimo de antibiótico, referindo-se aos compostos capazes de estimular o crescimento de bactérias benéficas. De acordo com a legislação brasileira, probióticos são microrganismos vivos que, por meio da administração de quantidades adequadas, podem proporcionar benefícios à saúde do hospedeiro (hospedeiro é um organismo que abriga outro em seu interior). Apresentam como vantagem a capacidade de sobreviver no ambiente ácido do estômago e são conhecidos por serem capazes de colonizar o intestino e proporcionar um equilíbrio microbiano que impede a multiplicação de substâncias patogênicas prejudiciais à saúde.

Os benefícios das bactérias probióticas foram estudados e comprovados pela primeira vez em 1907, pelo pesquisador Élie Metchnikoff. Os resultados desse estudo mostraram que as bactérias ácido-láticas promoviam benefícios à saúde e que a autointoxicação intestinal e o envelhecimen-

Infecção por *Helicobacter pylori*

Os probióticos não possuem a propriedade de erradicar o *H. pylori*, mas reduzem o aparecimento de bactérias em pacientes infectados por esse microrganismo. Pesquisas em humanos comprovaram o efeito salutar da ingestão de *Lactobacillus casei* Shirota e *L. acidophilus*, os quais reduziram o crescimento da bactéria patogênica (Shah, 2007). Em outra pesquisa *in vivo*, foi demonstrado também que o pré-tratamento com probióticos pode reduzir substancialmente a infecção por *H. pylori* e que, portanto, eles podem ser usados como terapia profilática em infecções por essa bactéria (Francavilla et al., 2008). Assim, o consumo regular de alimentos probióticos pode ser favorável no combate à infecção por *H. pylori* em seres humanos principalmente pelo fato de esses alimentos exercerem um efeito bactericida por meio da liberação de ácidos orgânicos que impedem a aderência dessa bactéria às células epiteliais.

Imunidade e alergias

Certos produtos probióticos têm sido utilizados na prevenção e na terapia da alergia. Isso ocorre porque probióticos acionam o sistema imune e, portanto, ajudam na proteção e no tratamento dessas doenças (Vandenbulcke et al., 2006; Butel, 2014; Fiocchi et al., 2015). Também exercem efeitos de reforço imunológico, aumentando tanto as respostas inespecíficas quanto as respostas específicas imunes do hospedeiro. Eles são capazes de melhorar a função imune defeituosa por estimulação das citocinas, que desempenham um suposto efeito supressivo sobre a resposta imune antígeno-específica (Santiago-López et al., 2015).

Estudos relatam o desenvolvimento de doenças alérgicas a partir do desequilíbrio na relação de linfócitos Th1/Th2 em favor da linhagem Th2 (Fölster-Holst et al., 2009). Os probióticos promovem o desvio da resposta imune para o perfil Th1, promovendo a redução de doenças alérgicas devido à produção de citocinas, que aumentam a ativação de macrófagos. A atuação no sistema imunológico ocorre devido à ativação dos macrófagos, já que eles, uma vez ativados, apresentam maior eficiência para fagocitar bactérias e eliminar organismos invasores (Budiño, 2007).

Carcinogênese

Os probióticos apresentam efeitos benéficos sobre a toxicidade da terapia anticâncer, pois ajudam a fortalecer a homeostase. Assim, reduzem



Fig. 9.3 Principais fontes de ingredientes prebióticos (da esquerda para a direita: alcachofra, alho, cebola, tomate, banana, chicória)

Fonte: Google Imagens.

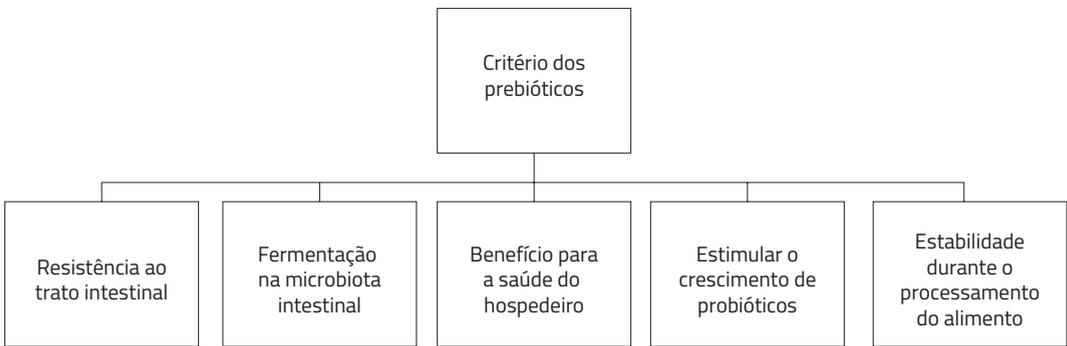


Fig. 9.4 Critérios para a classificação dos prebióticos para uso como ingrediente em alimentos

Fonte: adaptado de Aida et al. (2009).

Boxe 9.3 Benefícios dos prebióticos

O uso de substâncias prebióticas deve ser estimulado, pois são muitos os benefícios proporcionados por elas, tais como:

- seu efeito bifidogênico promove a formação de probióticos;
- estimulam a absorção de minerais, como cálcio e magnésio;
- reduzem o colesterol e a gordura corporal;
- protegem contra infecções e proporcionam maior integridade à parede da mucosa intestinal;
- modulam o metabolismo de lipídeos, reduzindo os níveis de colesterol e de triglicerídeos;

área científica, tanto no que diz respeito à comprovação dos benefícios *in vivo* como no que diz respeito ao reconhecimento de doses eficientes e à determinação da segurança e de possíveis efeitos colaterais.

É necessária a realização de novas pesquisas para a produção de prebióticos, probióticos e simbióticos, para que se descubram novos processamentos, mais baratos, e se obtenham propriedades sensoriais específicas para cada produto.

QUESTÕES

- 9.1) Por que os probióticos são considerados bactérias que fazem bem à saúde? Explicar como isso acontece.
- 9.2) Citar os lactobacilos mais utilizados no processamento de alimentos e explicar por que isso ocorre.
- 9.3) Descrever as principais características das bifidobactérias.
- 9.4) Um membro da família de Beatriz está sendo tratado com antibióticos. Explicar por que os probióticos podem auxiliar na minimização dos efeitos colaterais que esses medicamentos causam na saúde.
- 9.5) Patrícia deseja consumir bactérias probióticas. Entretanto, ela quer saber quais são os requisitos para que apresentem essa funcionalidade. Ajudar Patrícia a definir os principais pontos que devem ser observados para que esses microrganismos sejam eficazes.
- 9.6) Maria sofre com problemas de prisão de ventre e foi indicado a ela o uso diário de fibras prebióticas. Como esses ingredientes podem combater o intestino preguiçoso?
- 9.7) Elisa ingere uma quantidade considerável de fibras prebióticas diariamente. Que funções essas fibras desempenham no corpo? O que o consumo exagerado de fibras prebióticas pode acarretar ao organismo de Elisa?
- 9.8) A nutricionista de Isabela indicou-lhe o uso de alimentos prebióticos com o objetivo de reduzir seu consumo de calorias. Por que os probióticos podem ser utilizados em produtos para redução calórica?
- 9.9) José deseja regular o funcionamento de seu intestino e foi indicado a ele o uso de alimentos simbióticos. Qual a vantagem de consumir esses ingredientes?
- 9.10) Na sua opinião, quais são os principais desafios que esse mercado enfrenta? Por que o consumo de alimentos probióticos e prebióticos deve ser impulsionado?

ácidos graxos essenciais

Joacem Mastrodi Salgado e Marressa Calderira Morzelle



Os ácidos graxos são substâncias indispensáveis para o funcionamento do organismo, uma vez que desempenham funções fisiológicas específicas, como a formação de alguns hormônios e o transporte das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K. Além disso, são componentes fundamentais em todas as membranas neuronais, estando relacionados ao bom crescimento e desenvolvimento.

Os mamíferos sintetizam determinados ácidos graxos saturados e insaturados, mas, em se tratando de ácidos graxos poli-insaturados, essa capacidade é limitada. Eles possuem uma considerável importância no organismo por transformarem-se em substâncias biologicamente mais ativas, com funções no equilíbrio homeostático, e em componentes estruturais das membranas celulares e do tecido cerebral e nervoso. Contudo, esses ácidos graxos não podem ser sintetizados pelo organismo humano, precisando ser obtidos por meio da dieta alimentar.

Os ácidos graxos poli-insaturados pertencentes à série do ômega-3 estão entre os compostos biologicamente ativos mais pesquisados da atualidade. Estudos reportam seus efeitos sobre doenças cardiovasculares, câncer, Alzheimer, depressão, autismo, aterosclerose, doenças inflamatórias, entre outras.

Neste capítulo, serão revistos os conceitos de ácidos graxos, a importância da série ômega-3 e suas fontes, e funções e aplicabilidades na indústria, na alimentação, na prevenção de doenças e na manutenção do organismo humano.

10.1 Química

Os ácidos graxos são classificados em saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (PUFAs), dependendo da presença e do número de ligações duplas insaturadas na cadeia.

Os ácidos graxos saturados, como o ácido esteárico, não apresentam ligações duplas em sua cadeia. Os ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oleico, conhecido como ômega-9, apresentam uma dupla ligação em sua estrutura. Os PUFAs apresentam pelo menos duas ligações duplas e são divididos em ácidos graxos da série ômega-3, derivados do ácido alfa-linolênico (ALA, C18: 3n-3), e ácidos graxos da série ômega-6, derivados do cis-ácido linoleico (LA, C18: 2n-6), dependendo da localização da primeira ligação dupla, contando a partir do final metil da molécula de ácido graxo. A classificação dos ácidos graxos está bem clara na Fig. 10.1.

Ácidos graxos ômega-3 têm sua primeira ligação dupla entre o terceiro e o quarto átomos de carbono, enquanto ácidos graxos ômega-6 têm sua primeira ligação dupla entre o sexto e o sétimo átomos de carbono a partir do grupo metila terminal, como pode ser observado na Fig. 10.2.

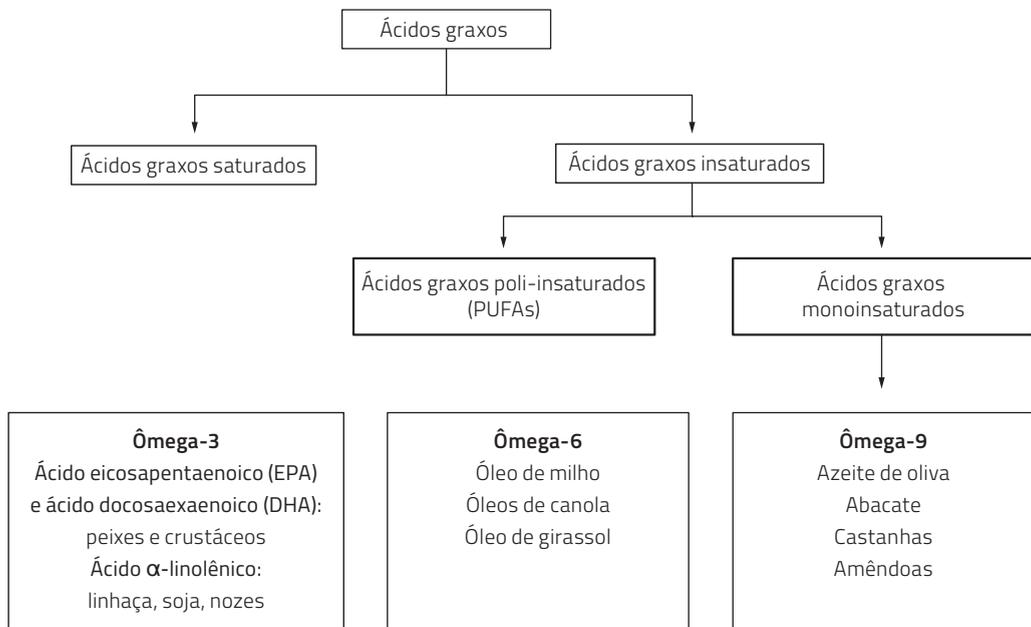


Fig. 10.1 Classificação dos ácidos graxos de acordo com o número de duplas ligações

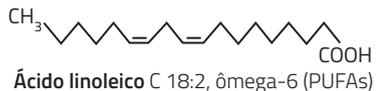


Fig. 10.2 Estruturas de ácidos graxos

Na série ômega-3, pode-se destacar os ácidos graxos de cadeia longa eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA), com 20 e 22 átomos de carbono, respectivamente, os quais estão naturalmente presentes em frutos do mar e têm sido amplamente pesquisados por seus possíveis benefícios à saúde.

10.2 Fontes de ômega-3

Os ácidos graxos da série ômega-3 envolvem ácido linolênico, EPA e DHA.

O ácido linolênico está presente tanto em espécies vegetais quanto animais. Pode ser encontrado em hortaliças com folhas de coloração verde-escura, nozes, óleo de canola e também no óleo e na semente de linhaça (o

Peixes e outros animais marinhos, bem como os seus respectivos óleos, são as principais fontes de EPA e DHA. No entanto, o Brasil é um dos países com menor consumo de pescado de origem marinha no mundo. Desse modo, a suplementação dietética aparece como a única forma eficaz de cumprir as recomendações de ingestão de EPA e DHA. Assim, esforços têm sido direcionados para a inclusão de lipídeos marinhos populares em alimentos para aumentar o consumo do PUFA n-3. Exemplos de alimentos enriquecidos com PUFA n-3 e comercializados em nível mundial são produtos de padaria, maionese, leite, margarinas, ovos e massas.

10.3 Relação ômega-6:ômega-3

Uma das principais descobertas sobre os processos inflamatórios no organismo é que eles são estritamente influenciados pelos ácidos graxos ômega-3 e ômega-6, fazendo com que seja necessário considerar as quantidades apropriadas desses dois ácidos para o consumo diário.

Como possuem funções fisiológicas opostas e são metabolicamente diferentes, é importante balancear as proporções de ômega-6 e ômega-3 consumidas na dieta. A proporção de consumo de 5:1 parece ser atualmente a mais aceita, ou seja, deve-se consumir 5 g de ômega-6 para cada 1 g de ômega-3. No entanto, o consumo atual da população está longe do recomendado, já que a proporção de consumo chega a 20:1, especialmente devido ao aumento no consumo de óleos vegetais ricos em ômega-6 e ao baixo consumo de pescado fonte de ômega-3.

10.4 Benefícios à saúde

Diversos estudos concluíram que o principal papel biológico do ácido alfa-linolênico é, de fato, o de precursor de EPA e DHA. Estudos mostram claramente que a eficiência de conversão do ácido alfa-linolênico em EPA é muito baixa, especialmente em homens, e que frequentemente a transformação em DHA é mínima. A conversão de ácido alfa-linolênico em EPA e DHA é maior nas mulheres, possivelmente como resultado de um efeito regulatório do estrogênio. Em termos gerais, concluiu-se que o ácido alfa-linolênico é provavelmente uma fonte de EPA e DHA muito limitada para homens. Dessa forma, EPA e DHA são as formas bioativas do ômega-3 e devem ser obtidos por meio da alimentação.

As evidências dos benefícios dos ácidos graxos da série ômega-3 à saúde são inequívocas, de forma que diversos países, como a Dinamarca, o Canadá e o Japão, além do Reino Unido, têm estabelecido *recomendações diárias*

O consumo de ácidos graxos da série ômega-3, especialmente EPA e DHA, durante a gestação e o período de amamentação é uma prática interessante que pode influenciar tanto o desenvolvimento físico quanto o neurológico da criança.

10.5 Mecanismos de ação

Diversos mecanismos têm sido propostos para explicar como os PUFAs ômega-3 influenciam significativamente a redução na incidência de inúmeras doenças crônico-transmissíveis. Esses mecanismos incluem a regulação da síntese de eicosanoides, a alteração de vias intracelulares de sinalização, a regulação da atividade de fator de transcrição e a alteração do estado antioxidante.

Entre todos os mecanismos, acredita-se que o principal mecanismo do ômega-3 envolvido na prevenção de doenças seja o da regulação da síntese de eicosanoides, por meio do qual, conseqüentemente, há um controle no processo inflamatório. A família dos eicosanoides, produtos do metabolismo dos ácidos graxos essenciais, inclui prostaglandinas, leucotrienos, prostaciclina, tromboxanos e derivados dos ácidos graxos hidroxilados.

O consumo de ácidos graxos essenciais é o modo mais significativo de regular a formação de eicosanoides. O ácido araquidônico, gerado pelo metabolismo do ômega-6, e o EPA competem pelas enzimas cicloxigenase e lipoxigenase na conversão em eicosanoides. Os derivados do ácido araquidônico são eicosanoides das séries 2 e 4 e apresentam atividade pró-inflamatória e pró-agregante, enquanto os eicosanoides das séries 3 e 5, derivados de ácidos graxos ômega-3, são anti-inflamatórios e inibem a agregação de plaquetas. Esse mecanismo pode ser visualizado na Fig. 10.3.

O aumento da ingestão do óleo de peixe, rico em EPA e DHA, promove uma diminuição da concentração plasmática de ácido araquidônico. Conseqüentemente, a disponibilidade e a competição pela cicloxigenase diminuem, formando uma menor quantidade de eicosanoides a partir do metabolismo do ácido araquidônico em relação aos prostanoídeos formados a partir do ácido eicosapentaenoico. A diferença entre as atividades biológicas desses eicosanoides é que é de grande importância: a PGE3 e o TXA3 são menos potentes do que a PGE2 e o TXA2 em relação ao mecanismo inflamatório.

Muitos dos efeitos anti-inflamatórios e cardiovasculares propostos pelos ácidos graxos da série ômega-3 interferem no metabolismo final do araquidônico. Os compostos são agentes homeostáticos e estão envolvidos na manutenção da integridade dos sistemas inflamatório, cardiovascular e renal. O desequilíbrio na homeostase de leucotrienos pode resultar em

Diabetes, hipertensão arterial, doenças cardiovasculares e cânceres são as doenças modernas da sociedade urbana industrializada. Hábitos alimentares adequados, juntamente com um estilo de vida saudável, são chaves na diminuição do risco de doenças e na promoção de qualidade de vida, inclusive no envelhecimento. Cada vez mais a população, ciente, busca nos alimentos não apenas a nutrição, mas meios de prevenir doenças e promover o bem-estar. Neste cenário, os alimentos funcionais são a nova fronteira da alimentação: têm o importante papel de aliar sua função nutricional a comprovados benefícios à saúde e redução do risco de doenças.

Alimentos funcionais explica os benefícios à saúde e as propriedades da soja, flavonoides, limonoides, carotenoides, compostos organossulfuros, glicosinolatos, lignanas, ácidos graxos e alimentos probióticos. Trata da química e síntese desses compostos, principais fontes de obtenção, metabolismo e mecanismos de ação.

Cada capítulo propõe questões para que o leitor consolide e aprofunde o conhecimento dos assuntos apresentados. Casos, exemplos e curiosidades, que vão desde o problema do amargor em frutas cítricas para a indústria de alimentos até as propriedades do açaí e de frutas típicas do Cerrado, complementam e dão mais vida à obra. Uma referência fundamental para estudantes e profissionais nas áreas de Nutrição, Nutrologia (Medicina), Tecnologia de Alimentos e Engenharia de Alimentos.

Jocelem Mastrodi Salgado possui graduação pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), e mestrado e doutorado em Agronomia pela USP. Obteve o título de Livre-Docente em Nutrição Humana e atualmente é Professora Titular em Nutrição e Alimentos da Esalq-USP, pelo Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Foi presidente da Sociedade Brasileira de Alimentos Funcionais (SBAF) e é assessora científica de diversas revistas e empresas e autora de inúmeros trabalhos científicos, artigos e livros na área.

ISBN 978-85-7975-286-5

