

SÉRIE SUSTENTABILIDADE

JOSÉ GOLDEMBERG

COORDENADOR

2

Segurança e Alimento

BERNADETTE D. G. M. FRANCO

SILVIA M. FRANCISCATO COZZOLINO

Blucher



SÉRIE SUSTENTABILIDADE

Segurança e Alimento

Blucher

SÉRIE SUSTENTABILIDADE

JOSÉ GOLDEMBERG

Coordenador

Segurança e Alimento

VOLUME 2

BERNADETTE D. G. M. FRANCO

SILVIA M. FRANCISCATO COZZOLINO

Segurança e alimento
© 2010 Bernadette D. G. M. Franco
Silvia M. Franciscato Cozzolino
Editora Edgard Blücher Ltda.



Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1.245, 4º andar
04531-012 – São Paulo – SP – Brasil
Tel.: 55 (11) 3078-5366
editora@blucher.com.br
www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios, sem autorização escrita da Editora.

Todos os direitos reservados pela
Editora Edgard Blücher Ltda.

Ficha Catalográfica

Franco, Bernadette D. G. M.
Segurança e alimento / Bernadette D. G. M.
Franco, Silvia M. Franciscato Cozzolino
-- São Paulo: Blucher, 2010. --
(Série sustentabilidade;
v.2 / José Goldemberg, coordenador)

Bibliografia.
ISBN 978-85-212-0576-0

1. Alimentos - Contaminação 2. Alimentos -
Manuseio 3. Cuidados de saúde 4. Doenças
causadas pela nutrição 5. Serviços de nutrição
- Higiene I. Cozzolino, Silvia M. Franciscato. II.
Goldemberg, José. III. Título. IV. Série.

10-12160

CDD-613.2

Índices para catálogo sistemático:

1. Alimentos: Segurança: Promoção da saúde:
Ciências médicas 613.2

Apresentação

Prof. José Goldemberg

Coordenador

O conceito de desenvolvimento sustentável formulado pela Comissão Brundtland tem origem na década de 1970, no século passado, que se caracterizou por um grande pessimismo sobre o futuro da civilização como a conhecemos. Nessa época, o Clube de Roma – principalmente por meio do livro *The limits to growth* [*Os limites do crescimento*] – analisou as consequências do rápido crescimento da população mundial sobre os recursos naturais finitos, como havia sido feito em 1798, por Thomas Malthus, em relação à produção de alimentos. O argumento é o de que a população mundial, a industrialização, a poluição e o esgotamento dos recursos naturais aumentavam exponencialmente, enquanto a disponibilidade dos recursos aumentaria linearmente. As previsões do Clube de Roma pareciam ser confirmadas com a “crise do petróleo de 1973”, em que o custo do produto aumentou cinco vezes, lançando o mundo em uma enorme crise financeira. Só mudanças drásticas no estilo de vida da população permitiriam evitar um colapso da civilização, segundo essas previsões.

A reação a essa visão pessimista veio da Organização das Nações Unidas que, em 1983, criou uma Comissão presidida pela Primeira Ministra da Noruega, Gro Brundtland, para analisar o problema. A solução proposta por essa Comissão em seu relatório final, datado de 1987, foi a de recomendar um padrão de uso de recursos naturais que atendesse às atuais necessidades da humanidade, preservando o meio ambien-

te, de modo que as futuras gerações poderiam também atender suas necessidades. Essa é uma visão mais otimista que a visão do Clube de Roma e foi entusiasticamente recebida.

Como consequência, a Convenção do Clima, a Convenção da Biodiversidade e a Agenda 21 foram adotadas no Rio de Janeiro, em 1992, com recomendações abrangentes sobre o novo tipo de desenvolvimento sustentável. A Agenda 21, em particular, teve uma enorme influência no mundo em todas as áreas, reforçando o movimento ambientalista.

Nesse panorama histórico e em ressonância com o momento que atravessamos, a Editora Blucher, em 2009, convidou pesquisadores nacionais para preparar análises do impacto do conceito de desenvolvimento sustentável no Brasil, e idealizou a *Série Sustentabilidade*, assim distribuída:

1. **População e Ambiente: desafios à sustentabilidade**
Daniel Joseph Hogan/Eduardo Marandola Jr./Ricardo Ojima
2. **Segurança e Alimento**
Bernadette D. G. M. Franco/Silvia M. Franciscato Cozzolino
3. **Espécies e Ecossistemas**
Fábio Olmos
4. **Energia e Desenvolvimento Sustentável** M.
José Goldemberg
5. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**
Vahan Agopyan/Vanderley Moeleyr John
6. **Metrópoles e o Desafio Urbano Frente ao Meio Ambiente**
Marcelo de Andrade Roméro/Gilda Collet Bruna
7. **Sustentabilidade dos Oceanos**
Sônia Maria Flores Giancesella/Flávia Marisa Prado Saldanha-Corrêa
8. **Espaço**
José Carlos Neves Epiphânio/Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo/Luiz Augusto Toledo Machado
9. **Antártica e as Mudanças Globais: um desafio para a humanidade**
Jefferson Cardia Simões/Carlos Alberto Eiras Garcia/Heitor Evangelista/Lúcia de Siqueira Campos/Maurício Magalhães Mata/Ulisses Franz Bremer
10. **Energia Nuclear e Sustentabilidade**
Leonam dos Santos Guimarães/João Roberto Loureiro de Mattos

O objetivo da *Série Sustentabilidade* é analisar o que está sendo feito para evitar um crescimento populacional sem controle e uma industrialização predatória, em que a ênfase seja apenas o crescimento econômico, bem como o que pode ser feito para reduzir a poluição e os impactos ambientais em geral, aumentar a produção de alimentos sem destruir as florestas e evitar a exaustão dos recursos naturais por meio do uso de fontes de energia de outros produtos renováveis.

Este é um dos volumes da *Série Sustentabilidade*, resultado de esforços de uma equipe de renomados pesquisadores professores.

Referências bibliográficas

MATTHEWS, Donella H. et al. *The limits to growth*. New York: Universe Books, 1972.

WCED. *Our common future*. Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press, 1987.

Prefácio

Bernadette D. G. M. Franco
Sílvia M. Franciscato Cozzolino

Prezados leitores, esta monografia foi elaborada com o objetivo de se tornar um material de referência para consulta relacionada a alimentos e sua segurança, tanto voltada aos aspectos dos seus perigos quanto de sua importância nutricional. Aborda os principais aspectos destas vertentes, discutindo, na parte 1 – *Inocuidade alimentar*, com detalhes sobre os *perigos químicos* naturalmente presentes nos alimentos; dos contaminantes dos alimentos; dos perigos indiretos; e de substâncias alergênicas presentes nos mesmos. Em seguida, trata dos *perigos biológicos* e dos *perigos físicos*, e, para finalizar, discorre sobre estratégias industriais para a garantia de alimentos seguros. Na parte 2 – *Segurança nutricional* – apresenta aspectos de segurança alimentar e nutricional, mostrando a importância de cada componente dos alimentos para a formação, desenvolvimento e manutenção do organismo, incluindo os *Macronutrientes* (proteínas, carboidratos, lipídeos, e fibra alimentar); os *Micronutrientes* (cálcio, ferro, cobre, iodo, zinco, selênio, vitamina A, vitamina D, ácido fólico, vitamina B₁₂ e ácido ascórbico); discorre sobre a importância da escolha adequada dos alimentos e de estilos de vida saudáveis para a melhoria das condições de saúde e longevidade da população; e, finalmente, faz um resumo das políticas públicas de alimentação e nutrição atualmente em vigor no Brasil. Dessa forma, esperamos despertar no leitor uma maior conscientização para os problemas que envolvem a segurança alimentar em

sua forma mais ampla, ou seja, de garantir o alimento para toda a população em condições adequadas de consumo, tanto em quantidade como em qualidade. Além disso, espera-se também que sirva como guia para escolhas alimentares mais saudáveis, a partir do conhecimento da função de cada um dos componentes dos alimentos (nutrientes e substâncias bioativas) e sua relação com a saúde e redução do risco de doenças. Estas ações, associadas a estilos de vida mais saudáveis, garantirão melhores condições de nutrição e saúde da população, que certamente refletirão no maior desenvolvimento social e econômico do nosso país. O que desejamos é que, em um futuro próximo, o Brasil deixe de ser um país em desenvolvimento e venha a pertencer ao grupo dos países mais desenvolvidos. Boa leitura.

Conteúdo

Introdução, 15

Parte I – Inocuidade alimentar

1 Perigos químicos, 19

1.1 Perigos naturalmente presentes nos alimentos, 19

1.2 Perigos contaminantes dos alimentos, 22

1.3 Perigos indiretos nos alimentos, 26

1.4 Substâncias alergênicas em alimentos, 30

2 Perigos biológicos, 33

3 Perigos físicos, 41

4 Estratégias industriais para a garantia de alimentos seguros, 43

Parte II – Segurança nutricional

1 Introdução, 49

2 Alimentos, 53

3 Referências para ingestão de nutrientes, 55

4 Macronutrientes, 57

4.1 Proteínas, 57

4.2 Carboidratos, 58

4.3 Lipídeos, 59

4.4 Fibra alimentar, 60

5 Micronutrientes, 65

5.1 Cálcio, 65

5.2 Ferro, 68

5.3 Cobre, 72

5.4 Zinco, 73

5.5 Iodo, 75

5.6 Selênio, 79

5.7 Vitamina A, 81

5.8 Vitamina D, 83

5.9 Ácido fólico e vitamina B₁₂, 85

5.10 Ácido ascórbico, 88

6 Estilos de vida saudáveis, 91

7 Políticas públicas de alimentação e nutrição, 97

8 Conclusões, 105

Referências bibliográficas e leitura complementar, 107

Não é todo dia que se quer ouvir uma crocante fuga de Bach, ou amar uma linda mulher, mas todos os dias se quer comer. A fome é o único desejo permanente, pois a visão acaba, a audição acaba, o sexo acaba, o poder acaba – mas a fome continua.

Luís Fernando Veríssimo, “A gula”.

Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), entende-se como segurança alimentar a condição em que a população, de maneira contínua, tem acesso físico e econômico a um alimento inócuo (seguro), em quantidade e valor nutritivo adequados para satisfazer às exigências alimentares e garantir uma condição de vida saudável e segura. No Brasil, o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Consea), em seus princípios e diretrizes para uma política de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), define: SAN é a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo, como bases, práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis.

Assim, o conceito segurança alimentar engloba dois componentes distintos: o alimento inócuo, que não causa dano à saúde, e o alimento nutricionalmente adequado, que atende as necessidades de uma condição de vida saudável. Esta monografia é apresentada em duas partes: a primeira aborda o alimento do ponto de vista de sua inocuidade, e a segunda, os aspectos nutricionais.

PARTE I

INOCUIDADE ALIMENTAR

1 Perigos químicos

Os alimentos estão expostos a uma enorme variedade de perigos¹. Como se trata de um tema muito vasto, este texto apresenta apenas um quadro geral dos perigos mais importantes, devendo o leitor consultar a bibliografia listada ao final do livro para obter informações mais detalhadas.

Os perigos químicos de maior importância em alimentos são os compostos tóxicos naturalmente presentes, os que estão presentes em decorrência de alguma contaminação involuntária, e os indiretos, que aparecem nos alimentos durante a produção ou o processamento industrial. Em algumas circunstâncias, é difícil estabelecer a qual categoria um composto químico detectado em um alimento pertence, visto que um mesmo perigo pode ser colocado em mais de uma categoria.

1.1 Perigos naturalmente presentes nos alimentos

Esses compostos fazem parte da constituição natural dos alimentos e variam quanto à estrutura química, aos alimentos em que são encontrados e ao mecanismo da ação tóxica. Os principais são os glicosídeos cia-

¹ Que podem afetar a saúde de quem os consome. Estes perigos podem ser de natureza química, biológica ou física.

nogênicos, os glicosinolatos, os glicocalcoides, o ácido oxálico e seus sais, as lectinas e o ácido fítico e seus sais.

Os glicosídeos cianogênicos podem ser encontrados em uma grande variedade de plantas utilizadas na alimentação humana. Esses compostos podem liberar cianeto, um potente inibidor enzimático que bloqueia o transporte de oxigênio no metabolismo celular. Esse composto tóxico pode ser formado quando há agressão aos tecidos da planta ou após o processo digestivo normal no trato gastrointestinal. No organismo humano, os glicosídeos cianogênicos são hidrolisados por enzimas produzidas pelas bactérias da microbiota intestinal normal, ou por enzimas – presentes no próprio vegetal ou em outros alimentos, simultaneamente ingeridos – que chegam ativas ao intestino. Os glicosídeos cianogênicos mais conhecidos são a linamarina, encontrada na mandioca, e a amigdalina, encontrada em amêndoas. Na mandioca, esses compostos são na maior parte removidos durante o processamento (cozimento, fritura, torrefação e moagem etc.). Em países africanos, onde a mandioca é um importante componente da dieta, essas intoxicações são mais comuns, bem como sua associação com casos de bócio, cretinismo e neuropatias. No Brasil, as diversas formas de preparo da mandioca garantem um consumo seguro.

Os glicosinolatos, também chamados de glicosídeos tiocianogênicos, são encontrados em uma grande variedade de plantas, sobretudo da família *Cruciferae*, gênero *Brassica*, e podem estar presentes nas raízes, caules, folhas, inflorescências e sementes desses vegetais. Os glicosinolatos são hidrolisados no intestino ou no próprio vegetal quando este é submetido aos procedimentos comuns de preparo de alimentos (maceração, trituração, cozimento etc.), liberando glicose e agliconas, que, por sua vez, produzem tiocianato e isotiocianato, responsáveis pelo sabor picante característico de alimentos como nabo, repolho, couve-flor, brócolis e mostarda. A ingestão frequente desses alimentos por tempo prolongado leva a um aumento no teor plasmático do tiocianato, que inibe a captura de iodo pela tireoide, levando a um quadro de bócio.

Os glicocalcoides são compostos esteroides presentes em diversas variedades de batatas e causam intoxicação aguda, iniciando-se com dores abdominais, vômitos e diarreia, podendo se agravar causando febre, alucinações, convulsões, paralisia e até a morte. Os glicocalcoides já foram associados a efeitos teratogênicos. Os glicocalcoides

mais importantes são solanina e chaconina. A toxicidade desses compostos é decorrente de sua capacidade de interagir com membranas celulares que contêm esteróis, causando sua ruptura. Nas variedades modernas de batatas, os teores de glicoalcaloides são muito inferiores aos que causam essas intoxicações. Vale ressaltar que o cozimento de batatas conforme utilizado na culinária e no processamento industrial elimina o risco de intoxicação por glicoalcaloides. No entanto, quando batatas são expostas a fatores de estresse, como lesões decorrentes de agressão, extremos de temperatura, alagamento e seca, bem como manejo inadequado pós-colheita, os níveis de glicoalcaloides podem aumentar.

O ácido oxálico e os seus sais (oxalatos), encontrados sobretudo em espinafre, ruibarbo, beterraba, cenoura, feijão, alface e amendoim, são nocivos à saúde humana, podendo provocar intoxicações agudas quando ingeridos em excesso, ou intoxicações crônicas quando ingeridos por longos períodos nas dietas pouco variadas. Os principais sintomas são irritação gástrica acompanhada de ardor, dor, náuseas e vômitos. Os oxalatos ligam-se ao cálcio no sangue, formando oxalato de cálcio, que resulta no aumento da irritabilidade do sistema nervoso central e músculos esqueléticos em virtude da hipocalcemia (baixo teor de cálcio sérico). O oxalato de cálcio formado produz obstrução dos túbulos renais, e os cristais depositados nos ureteres e na bexiga urinária (cálculos renais) causam hematúria e dores.

As lectinas são substâncias tóxicas presentes em vários tipos de cereais como feijão, soja, ervilhas, lentilhas, amendoim, batatas e outros. A maioria das lectinas tem efeitos tóxicos mínimos ou mesmo inexistentes. Outras são mais tóxicas, mas o cozimento normal desses alimentos elimina sua toxicidade. As lectinas não são digeridas pelas enzimas digestivas do trato gastrointestinal humano, e seu acúmulo pode provocar distúrbios como náuseas, vômitos e diarreia. O mecanismo de ação ainda não está bem compreendido.

O ácido fítico e os seus sais (fitatos), encontrados em quantidades muito variáveis em cereais, nozes, legumes e algumas frutas (morangos, figos), interferem na capacidade do intestino em absorver importantes metais como cálcio, magnésio, zinco e cobre, podendo causar deficiência desses compostos. Em regiões geográficas nas quais esses cereais são componentes importantes da dieta, a deficiência de minerais é uma constante preocupação.

1.2 Perigos contaminantes dos alimentos

Neste grupo merecem destaque as micotoxinas produzidas por fungos, os compostos N-nitrosos, as toxinas dos moluscos, os contaminantes ambientais e os metais pesados tóxicos.

Micotoxinas são metabólitos tóxicos secundários produzidos por algumas espécies de fungos que contaminam os alimentos e se multiplicam nesses substratos quando as condições são favoráveis. A temperatura e a umidade ambiente e as características intrínsecas dos alimentos (nutrientes, acidez, presença de antimicrobianos etc.) são os principais fatores que controlam o desenvolvimento de fungos e a produção das micotoxinas nos alimentos. Casos de intoxicação por micotoxinas são conhecidos desde a Idade Média, e hoje há mais de uma centena de substâncias tóxicas diferentes produzidas por diversas espécies de fungos. Alguns fungos são capazes de produzir mais de uma micotoxina.

Os fungos do gênero *Aspergillus* produzem uma grande variedade de micotoxinas. As aflatoxinas, que são as mais estudadas, são comumente encontradas em castanhas e grãos de cereais, sobretudo milho, amendoim e algodão (aflatoxinas B1, B2, G1, G2). Podem ser encontradas também no leite (aflatoxina M), na carne e em ovos, quando o animal consome ração contaminada com fungos produtores de micotoxinas. As aflatoxinas são bastante resistentes ao tratamento térmico, podendo manter grande parte de sua atividade após o processamento industrial e doméstico de alimentos. Sua produção é favorecida pela temperatura de 23 a 26 °C, sendo produzidas em maior quantidade quando a umidade é elevada e quando o alimento é rico em carboidratos, gorduras e proteínas. As aflatoxinas têm propriedades hepatocarcinogênicas, desempenhando atividade tóxica aguda em animais e no homem, sendo que pequenas quantidades são suficientes para causar danos hepáticos e hemorragias no trato gastrointestinal e na cavidade peritoneal.

As ocratoxinas (A e B), também produzidas por *Aspergillus* e causadoras de lesões hepáticas e renais em animais, são frequentemente encontradas em nozes, castanhas, grãos de cereais (cevada, milho, trigo, aveia, soja, arroz, amendoim) e frutas. A esterigmatocistina é outra micotoxina hepatocarcinogênica, com ocorrência em trigo, aveia e café.

Os fungos do gênero *Penicillium*, comuns no ambiente, podem ser produtores de micotoxinas, como patulina, citrinina, citreoviridina e inúmeras outras. A patulina é um problema em produtos derivados de maçãs, pêssegos, uvas, peras e outras frutas contaminadas com o fungo *P. patulinum*, embora outros fungos sejam também capazes de produzir essa micotoxina. Trata-se de outra micotoxina carcinogênica, que causa hemorragias no trato gastrointestinal de animais. A citrinina e a citreoviridina são encontradas em alimentos fermentados que fazem parte da dieta de povos orientais, como o arroz amarelo, cuja cor deriva da produção concomitante de pigmentos pelo fungo. A citrinina é tóxica para os rins de animais, causando glomerulonefrite, e a citreoviridina desencadeia convulsões, paralisia dos membros traseiros, vômitos e problemas respiratórios e cardiovasculares.

Além dessas micotoxinas, merecem destaque as que são produzidas por fungos do gênero *Fusarium*, como os tricotecenos, a zearalenona e as fumonisinas. Os tricotecenos são um grupo de micotoxinas encontradas na cevada, no trigo, no milho, na aveia e no feno, e a mais comum é o deoxinivalenol (DON), também chamado de vomitoxina, por causa de seu efeito no trato gastrointestinal de animais monogástricos. Em humanos, esse grupo de micotoxinas causa náusea, febre, cefaleia e vômitos. A zearalenona é uma micotoxina com propriedades estrogênicas, afetando principalmente suínos, nos quais causa a síndrome estrogênica, caracterizada por útero e vulva edemaciados, atrofia dos ovários e infertilidade. A zearalenona é termoestável e encontrada em vários cereais, como milho, aveia, cevada, trigo, arroz e sorgo. As fumonisinas (B₁ e B₂) são hepatóxicas e nefrotóxicas, afetando sobretudo equinos, nos quais causam uma enfermidade denominada (leucoencefalomalácia equina) Leme, e suínos, em que causam edema pulmonar porcino (EPP). A Leme é fatal, por ação nos hemisférios cerebrais, e os animais apresentam hiperexcitabilidade, enfurecimento, ataxia, cegueira, paralisia, depressão e parada cardíaca. As fumonisinas são encontradas no milho, no trigo e em outros cereais.

Os compostos N-nitrosos compreendem uma grande variedade de substâncias, sendo as mais importantes as nitrosaminas e as nitrosamidas. Esses dois compostos são resultantes da reação química entre grupamentos aminas, amidas ou aminoácidos com agentes nitrosantes em meio ácido ou neutro, em condições adequadas de temperatura. Os agentes nitrosantes estão presentes principalmente no ar, na forma

de óxido de nitrogênio; no organismo humano, na forma de nitritos endógenos; nos alimentos, na forma de nitritos resultantes da ação de bactérias do alimento sobre nitratos, e nos alimentos que contêm nitritos e nitratos, que são aditivos tecnológicos que servem para a inibição da bactéria causadora do botulismo (*Clostridium botulinum*) e a estabilização da cor vermelha de produtos cárneos. Os nitratos podem estar presentes naturalmente em alimentos de origem vegetal e animal e na água. As nitrosaminas têm grande potencial carcinogênico, sendo o fígado, rins, pulmões e esôfago os principais órgãos-alvo. As nitrosaminas são encontradas em carnes curadas e defumadas, peixes e seus derivados (sobretudo os defumados), em leite em pó, certos queijos (gruyère, emmental, prato, gouda, parmesão e provolone), bebidas alcoólicas fermentadas ou destiladas, vegetais em conserva (picles) e especiarias.

Os moluscos (ostras, mariscos, mexilhões, vieiras) podem conter uma variedade de toxinas: toxinas neurotóxicas (NSP), toxinas diarreicas (DSP), toxinas paralisantes (PSP), toxinas amnésicas (ASP) e toxina ciguatera (CFP). A toxina paralisante mais importante é a saxitoxina e seus derivados. Essas toxinas não são produzidas pelos moluscos, mas retiradas do ambiente. Quando as condições ambientais são favoráveis (nutrientes, temperatura, luz solar), as algas produtoras dessas toxinas multiplicam-se de modo descontrolado, formando as “marés”². Os moluscos, que se alimentam por meio da filtração de grandes volumes de água, acumulam em seu interior essas algas, que chegam a atingir níveis perigosos. As toxinas persistem nos moluscos por várias semanas, e são destruídas apenas em parte pela cocção. Portanto, a descontaminação não é muito eficiente, e a prevenção dessas intoxicações só é possível por meio do monitoramento da qualidade da água de cultivo ou de coleta de moluscos.

Entre os contaminantes ambientais, deve ser destacada a dioxina, os PCB (policloretos de bifenila) e os HAP (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos), todos com atividade carcinogênica. A dioxina e os PCB são produtos secundários da combustão e de alguns processos industriais. Embora bastante controlados pelas autoridades, esses compostos estão presentes no ambiente, onde permanecem por longos períodos e contaminam os alimentos, sobretudo aqueles ricos em gordura (peixes,

² Como a “maré vermelha”, onde há um crescimento descontrolado de microalgas dinoflageladas com pigmentação avermelhada.

carne e leite). Os HAP são formados principalmente em processos de combustão incompleta de matérias orgânicas (petróleo, carvão e outros) e encontram-se na natureza como contaminantes de solo, ar e alimentos. O HAP de maior relevância é o benzopireno. Os alimentos podem contaminar-se com HAP por meio da exposição ambiental, por meio da migração, a partir de embalagens, e durante o processamento térmico, como defumação, fritura e grelhagem. Embora seja comum em frutas, vegetais e cereais, as concentrações são baixas. No entanto, carnes defumadas podem ter índices elevados de HAP, principalmente se forem derivadas de animais provenientes de áreas contaminadas. Os pescados podem contaminar-se quando há derramamento de óleo na água. O aquecimento excessivo de óleo ou de alimentos ricos em gordura pode resultar em níveis elevados de HAP nesses produtos.

Metais pesados recebem essa denominação porque tem massa atômica elevada. Esses metais são tóxicos mesmo em baixas quantidades, representando, portanto, um perigo à saúde. Considera-se metal tóxico todo aquele que pertence a um grupo de elementos que não possui características benéficas e nem essenciais para o organismo humano, produzindo efeitos danosos para as funções metabólicas normais, mesmo quando presentes em baixíssimas quantidades. Vale ressaltar, no entanto, que mesmo metais essenciais, quando ingeridos em quantidades acima do nutricionalmente desejável, podem tornar-se nocivos. A concentração de metais nos alimentos, qualquer que seja sua origem, depende das condições ambientais onde o alimento foi produzido, das técnicas de processamento e das condições de armazenamento. Os metais contaminantes de alimentos de maior relevância são chumbo, arsênico, cádmio e mercúrio.

Intoxicações graves por chumbo incluem efeitos decorrentes da ação no sistema nervoso central e no sistema renal, onde ele provoca lesão tubular e nefropatia. O chumbo pode estar presente em alimentos e bebidas, em decorrência da contaminação ambiental de culturas agrícolas (fertilizantes e praguicidas no solo e na atmosfera) e do processamento industrial (embalagens). Alguns fatores individuais e da dieta podem influenciar a absorção do chumbo no trato gastrointestinal, mas de modo geral a absorção do chumbo presente nos alimentos é inferior a 10%, sendo o restante eliminado com as fezes. Felizmente, as intoxicações por chumbo são cada vez menos frequentes em virtude da legislação rigorosa no seu emprego industrial.

O arsênico é um metal amplamente encontrado na natureza (solo, rochas, água) e faz parte da composição da crosta terrestre. A fonte alimentar mais importante na contaminação por arsênico são os alimentos de origem marinha, como os peixes e os mariscos. Outros alimentos podem conter arsênico, mas os dados da literatura indicam que a concentração é sempre baixa. O arsênico inorgânico é teratogênico, mutagênico e cancerígeno, afetando sobretudo a pele. Os sinais típicos de intoxicação crônica são melanose, queratose e descamação da pele. Podem ocorrer alterações hematológicas (anemia, leucopenia) e alterações hepáticas. Entre 91% e 94% do arsênico nos alimentos é absorvido pelo trato gastrointestinal. De uma maneira geral, a ingestão de arsênico pela população é muito baixa.

O cádmio é um metal pesado encontrado no ambiente, sendo os alimentos a principal fonte para indivíduos não fumantes, já que a fumaça do tabaco é uma fonte importante desse metal. Os miúdos (rins e fígado) utilizados como alimentos são os que têm níveis mais altos de cádmio. Frutos do mar e peixes acumulam o cádmio que é retirado da água, e vegetais retiram cádmio do solo, ligando-se a proteínas. Sua absorção pelo organismo humano é baixa, mas é retido no fígado e nos rins, onde se acumula, podendo causar disfunção renal. A exposição ao cádmio está associada a um risco maior de câncer nos pulmões, no endométrio, na bexiga e nas mamas.

O mercúrio é encontrado naturalmente no ambiente e liberado no ar pela poluição industrial. Pode se acumular em rios e oceanos. Na água, se transforma em metilmercúrio, sendo absorvido por peixes grandes, como atum, peixe-espada, tubarão e cavala, que vivem mais e, por isso, acumulam mais mercúrio no organismo. A ação tóxica do mercúrio é consequência de sua afinidade por grupamentos sulfidrila de proteínas e enzimas, afetando principalmente o sistema renal (nefropatia mercurial).

1.3 Perigos indiretos nos alimentos

Os perigos indiretos englobam uma ampla variedade de compostos, e aqui receberão algum destaque os chamados **promotores de crescimento**, os defensivos (pesticidas, antiparasitários, inseticidas, fungicidas), os aditivos alimentares, os contaminantes advindos do processamento industrial e os contaminantes migrantes de embalagens.

Os **promotores de crescimento** são assim chamados porque promovem o rápido crescimento e a engorda de animais produtores de alimentos, de maneira direta ou indireta. Esse grupo de compostos é bastante variável em termos de natureza química e ação biológica, mas os mais importantes são os hormônios e os antibióticos (agentes quimioterápicos e anti-infecciosos).

Enquanto hormônios são essenciais para o bom funcionamento do organismo humano e de animais, quantidades excessivas ou a ausência deles podem trazer consequências graves à saúde. O uso de hormônios promotores do crescimento em animais é bastante controverso, sendo permitido em alguns países e proibido em outros. O seu objetivo é aumentar a massa muscular dos animais, com redução no teor de gordura, aumentando o rendimento e reduzindo o custo do produto final para o consumidor. Os principais são os hormônios androgênicos, os estrogênicos e os progestogênicos.

Os corticosteroides são usados na prática veterinária para o tratamento de processos inflamatórios dos animais, principalmente mastite e cetose bovina. Os mais utilizados são os glicocorticoides sintéticos, que têm atividade anabolizante. O mecanismo de ação desses compostos ainda não é bem compreendido.

Os defensivos agrícolas, utilizados para proteger plantações e animais de agentes agressores indesejáveis (insetos, roedores, nematoides, fungos e ervas daninhas), podem ser tóxicos às plantas, aos animais e ao homem. Alguns são tão tóxicos que podem levar à morte, e outros podem, com uma exposição mínima, provocar o desencadeamento de vários sintomas, como irritação de pele, olhos, nariz e boca. Os defensivos podem adentrar o organismo humano pela pele, que é a via mais comum, por inalação ou por via oral, por meio do consumo de água e alimentos contendo quantidades acima do tolerável desses compostos. De acordo com a permanência no ambiente, os defensivos pertencem a três categorias: os não persistentes (ou ligeiramente residuais), como os organofosforados, carbamatos e piretroides; os moderadamente persistentes (ou moderadamente residuais), como os herbicidas derivados da ureia; e os persistentes (ou altamente residuais), como os inseticidas organoclorados. A toxicidade dos defensivos é assunto de constante estudo, mas sabe-se que os casos agudos de intoxicação envolvem trabalhadores das indústrias de fabricação, formulação e distribuição do produto, além dos aplicadores e dos indivíduos que trabalham na lavoura.

Os defensivos que interessam, por contaminarem os alimentos, são os inseticidas (inorgânicos e orgânicos), os fungicidas e os herbicidas. Entre os inseticidas inorgânicos mais utilizados estão a fosfina e o enxofre, e, entre os orgânicos, as piretrinas e os derivados sintéticos denominados piretroides (bifenato, cipermetrina, fenvalerato, esfenvalerato, deltametrina e permetrina). Em virtude das baixas concentrações das formulações aplicadas na agricultura e da rápida degradação no ambiente, resíduos em alimentos, quando presentes, costumam ser baixos. Os inseticidas de maior relevância como contaminantes de alimentos são os organoclorados (DDT e outros), hoje não mais permitidos para uso em aplicação direta na agricultura, em virtude da elevada neurotoxicidade e prolongada permanência no meio ambiente. Os fungicidas de maior relevância são o enxofre, os compostos derivados do cobre (óxido cuproso, hidróxido de cobre, oxiclreto de cobre) e os ditiocarbamatos, todos seguros se aplicados nas doses recomendadas. Os herbicidas (desfolhantes, dessecantes e reguladores de crescimento) são bastante utilizados, apesar das propriedades mutagênicas, carcinogênicas e teratogênicas. A intoxicação por meio de alimentos é rara e, por isso, pouco relevante.

Aditivos alimentares, empregados para corrigir deficiências de um ou mais nutrientes no alimento, ou para conferir características sensoriais (cor, aparência, consistência, palatabilidade) ou ainda para aumentar a estabilidade dos alimentos (conservantes), nem sempre são isentos de atividade tóxica. Para uso em alimentos, esses aditivos necessitam ser *generally recognized as safe* (Gras), ou seja, seguros para uso humano quando utilizados nas quantidades preconizadas pelas boas práticas de fabricação de alimentos. A fortificação de alimentos com vitaminas, aminoácidos, sais minerais, fibras e outras substâncias ainda é alvo de grandes discussões porque, ao mesmo tempo em que esses elementos conferem vantagens nutricionais e solução de deficiências crônicas, apresentam um risco intrínseco quando utilizados em excesso. Os realçadores de sabor, como o glutamato monossódico e os edulcorantes como ciclamatos, aspartame, sacarina, acesulfame, esteviosídeos e sucralose, são bastante utilizados pela indústria alimentícia, não havendo, no entanto, unanimidade quanto aos benefícios que possam trazer. Os ciclamatos, por exemplo, são banidos em alguns países (Canadá e Grã-Bretanha, por exemplo), mas permitidos em outros (o Brasil, por exemplo).

O processamento de alimentos, feito de maneira adequada, garante a produção de alimentos seguros para consumo. Entretanto, alguns compostos inesperados podem ser formados. Além dos HAP (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos) já citados, um dos mais importantes é a acrilamida, sabidamente carcinogênica. A acrilamida é produzida durante o tratamento térmico de alguns alimentos em temperatura acima de 120 °C), sobretudo durante fritura. O cozimento não resulta em produção desse composto. Os alimentos com alto teor de amido, como batatas (*chips* e fritas), café, *snacks*, cereais torrados, pão e produtos de panificação, são os mais susceptíveis. Outros dois compostos tóxicos carcinogênicos formados durante o processamento de alimentos são o 3-monocloropropano-1,2-diol (MCPD), encontrado em carnes e peixes curados e cozidos, queijos, pão, torradas, extrato de malte e produtos de panificação, e também em invólucros de alimentos (salsichas e linguças, por exemplo), e os furanos, encontrados em alimentos enlatados e engarrafados, e em conservas, como sopas, molhos, massas e alimentos infantis.

De modo geral, as embalagens utilizadas no acondicionamento de alimentos são seguras, pois seus componentes são inócuos. Mas, apesar do rigoroso controle exigido pelos órgãos fiscalizadores, há situações em que pode ocorrer a migração de substâncias prejudiciais a saúde ou que afetam a qualidade do produto (sabor, textura, aparência). A maioria das embalagens de alimentos de aplicação industrial é produzida com resinas termoplásticas, com grande versatilidade quanto à composição química, às características físicas, e às aplicações. A esse grupo pertencem o polietileno, o polipropileno, o poliestireno, o policloreto de vinila (PVC) e o politereftalato de etileno (PET). O polietileno é produzido a partir do gás etileno, que, polimerizado, adquire estrutura tridimensional, podendo ser de baixa ou de alta densidade. As ramificações no polímero são responsáveis pela variação em suas propriedades como densidade, dureza, flexibilidade, viscosidade e transparência. O polipropileno é obtido por polimerização do propileno, dando origem a diferentes polímeros com diferentes características. O poliestireno é uma resina sintética obtida pela polimerização do estireno, que tem diversos derivados (poliestireno expandido, poliestireno de alto impacto, estireno-acrilonitrila – SAN –, acrilonitrila-butadieno-estireno – ABS). Os plásticos vinílicos (PVC) são polímeros do cloreto de vinila, processados após a mistura com aditivos (plastificantes, estabilizantes, lubrificantes e pigmentos), sendo os de maior versatilidade no mercado. O

PET é um copolímero do ácido tereftálico e etilenoglicol. Os aspectos toxicológicos das resinas plásticas estão relacionados com a presença de monômeros – quando a polimerização não é feita corretamente – que podem migrar para o alimento. A migração depende da composição e da espessura da resina, das características do alimento (acidez, teor lipídico e teor alcoólico no caso de bebidas), da temperatura e do tempo de contato, da relação superfície/volume do alimento e das demais condições do acondicionamento (vácuo, atmosfera modificada etc.). O cloreto de vinila é um carcinógeno para humanos e animais, sendo o fígado o principal órgão atingido. O estireno, ao ser biotransformado no organismo, forma epóxidos, que têm atividade carcinogênica. A acrilonitrila, empregada na fabricação de ABS e SAN, é biotransformada no organismo em cianeto tóxico, e pode induzir efeitos teratogênicos e embriotóxicos quando em altas doses. O ácido tereftálico também tem potencial genotóxico. Entre os aditivos utilizados na fabricação dessas embalagens, merecem destaque, sob o ponto de vista toxicológico, os corantes, por causa dos metais pesados em sua composição (chumbo e cádmio, principalmente).

O estanho está presente na folha-de-flandres, utilizada na embalagem de alimentos enlatados. Trata-se de um material laminado estanhado composto por ferro e aço de baixo teor de carbono, revestido com estanho. Sabe-se que o estanho é um composto seguro, mas sua ingestão em quantidades elevadas (acima de 250 µg/g) causa problemas gastrointestinais, o que pode ocorrer quando as latas de alimentos têm falhas no revestimento interno, cuja finalidade é proteger o ferro e evitar a corrosão.

1.4 Substâncias alergênicas em alimentos

As substâncias nos alimentos capazes de provocar reações alérgicas são, em geral, proteínas pertencentes a duas categorias: na primeira estão as que induzem reações adversas de base imunológica, como as mediadas por imunoglobulinas E (IgE) e a doença celíaca (ou síndrome de intolerância ao glúten), que envolve um mecanismo de imunidade celular. À outra categoria pertencem as reações de intolerância sem o envolvimento do sistema imune, como as reações alérgicas à histamina e outras aminas encontradas em alimentos, e a intolerância à lactose, na qual os indivíduos não têm a enzima (lactase) responsável pela me-

tabolização desse açúcar no intestino. Na verdade, a alergia a alimentos é um problema bem mais amplo, pois envolve aspectos psicológicos e respostas específicas a não alérgenos.

As alergias mediadas por imunoglobulinas E (IgE) iniciam-se na infância, na fase de sensibilização. O alérgeno dispara uma sequência de eventos, levando à resposta imune envolvendo leucócitos Th2 e produção de imunoglobulinas específicas do tipo IgE. Uma vez sensibilizado, a exposição do indivíduo ao agente desencadeia a reação alérgica. As alergias da infância normalmente cessam ao se atingir a idade adulta, mas algumas permanecem por toda a vida, como as alergias a amendoim, a nozes e a frutos do mar. As reações alérgicas podem ser causadas por quantidades muito pequenas de alérgenos e variam desde um ligeiro desconforto (vermelhidão da pele e coceira) até choque anafilático (dificuldade respiratória, queda brusca de pressão e edema de glote), perda da consciência e morte. Não há cura para reações alérgicas ou intolerância a alimentos, cabendo ao consumidor o cuidado de não ingerir alimentos alergênicos e, à indústria alimentícia, fornecer informação nos rótulos acerca da possível presença de substâncias alergênicas nos produtos de sua fabricação. Admite-se que os principais alimentos potencialmente alergênicos são cereais que contêm glúten (trigo, centeio, cevada e aveia), crustáceos (caranguejo, camarão, lagosta), ovos, pescados (perca, linguado, bacalhau), amendoim, soja, leite, nozes (amêndoas, avelãs, caju, nozes pecan, castanha-do-pará e macadâmia), aipo, mostarda, gergelim, dióxido de enxofre e sulfitos, tremço, moluscos e todos os respectivos derivados.

