

Alimentos Funcionais: a Revolução Silenciosa na Alimentação

Renata A. S. Sancho & Glaucia M. Pastore

Os alimentos funcionais representam um domínio intensamente pesquisado e podem fornecer benefícios que vão além da nutrição básica, uma vez que são capazes de promover e melhorar a saúde humana, além de reduzir o risco de diferentes doenças crônico-degenerativas, a maioria delas relacionadas com o processo de envelhecimento. Parte do seu impacto positivo é atribuída à bioatividade, responsável pela atividade antioxidante, ação anti-inflamatória e efeito imunomodulatório. A indústria de alimentos e os pesquisadores podem se beneficiar de uma colaboração próxima neste campo, devido ao grande potencial que esta nova classe de alimentos pode proporcionar.

Palavras-chave: *compostos bioativos; probióticos/prebióticos; polifenóis.*

Functional foods currently compound one of the most intensively researched domains and can provide benefits that go well beyond basic nutrition, as they are capable to promote and improve human health and reduce the risk of different chronic degenerative diseases, most of them related to the aging process. Part of their positive impact is attributed to the bioactivity, responsible for the antioxidant activity, anti-inflammatory action and immunomodulatory effect. Food industry and researchers may take advantage of a close collaboration in this field due to the great potential this new class of foods can provide.

Keywords: *bioactive compounds; probiotics/prebiotics; polyphenols.*

Introdução

Os conceitos relacionados à alimentação e aos alimentos em geral passaram por grandes transformações nas últimas décadas. Os consumidores modernos desenvolveram particular interesse nos temas da saúde e bem-estar. Como consequência, a função básica dos alimentos que, desde tempos imemoriais, foi satisfazer à fome e fornecer os nutrientes necessários para o crescimento e manutenção do corpo, tornou-se incompleta. Para uma grande parte das pessoas, os alimentos, além de seguros e atrativos, passaram a ser identificados com a prevenção de doenças crônicas, o tratamento da obesidade, além de contribuir para o bem-estar físico e mental^{1,2}.

Estas mudanças surgiram em resposta a profundas transformações da sociedade, com especial destaque para:

- a transição demográfica (com o aumento da expectativa de vida e envelhecimento acentuado);
- transição epidemiológica (com a epidemia de condições degenerativas como as doenças cardiovasculares, diabetes e câncer);
- os novos padrões de consumo e estilos de vida, resultantes de estratégias mercadológicas indutoras de hábitos de vida pouco saudáveis;
- a elevação nos custos com cuidados da saúde, derivados da alta prevalência de fatores de risco, como o tabagismo, inatividade física, obesidade, uso excessivo de bebidas alcoólicas e drogas, além de alimentação inadequada^{2,3}.

Dentro deste contexto, surgiu o conceito de alimento funcional, com a finalidade de proporcionar benefícios que vão além da nutrição, ao oferecer uma nova abordagem terapêutica para prevenção das doenças e à manutenção da saúde e bem-estar.

Os alimentos funcionais formam um grupo heterogêneo, composto de iogurtes, leites fermentados, margarinas, frutas, alimentos integrais e bebidas, entre outros³. Diversos estudos indicam que são inúmeros os benefícios atribuídos ao seu consumo, destacando-se o equilíbrio do aparelho digestório, a melhora da saúde cardiovascular e do sistema imune, além de prevenção do diabetes e obesidade^{4,5,6}. A maioria dos efeitos positivos se deve à presença, em sua composição, de substâncias bioativas com propriedades antioxidante, anti-inflamatória e imunomodulatória.

O marco legal que regulamenta os alimentos funcionais ainda não está estabelecido em definitivo, como pode ser observado pelas diferentes legislações presentes em países da União Europeia, Reino Unido, Japão, Estados Unidos e Canadá^{7,8,9,10}. Na América Latina, o Brasil é o único país que possui uma legislação dedicada ao tema cujo foco é a segurança e eficácia desses alimentos¹¹.

Adotando-se uma perspectiva global, os alimentos funcionais representam uma grande oportunidade econômica. O número de empresas voltadas às tendências de consumo relacionadas à saúde e ao bem-estar é crescente, o que tem estimulado o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias nesta área^{12,13}. Este artigo de revisão procura atualizar os conhecimentos sobre os alimentos funcionais e explorar as potencialidades, efeitos e resultados de seu consumo.

Para o Brasil, o potencial é imenso, em razão de sua biodiversidade e recursos naturais. As possibilidades de elaboração de novos produtos voltados à saúde e bem-estar tanto para o mercado interno, que apresenta gostos e preferências peculiares, quanto para o mercado externo, que vincula nossa região ao exotismo e à relação sadia com a natureza, são amplas e merecem ser mais bem exploradas, tendo como base os conhecimentos já consolidados sobre essa classe de alimentos.

Histórico e Regulamentação dos Alimentos Funcionais

O conceito de alimento funcional surgiu no Japão no início dos anos 80, em consequência do aumento importante da expectativa de vida da população. O governo, antevendo a elevação de casos de diabetes, doenças cardiovasculares, hipertensão, câncer e osteoporose, promoveu maciços investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento de alimentos que prevenissem o avanço de doenças ligadas ao envelhecimento⁹. Em 1991, o Ministério da Saúde e Bem-Estar japonês criou a categoria FOSHU (*Food for Specified Health Uses*) - Alimentos para Uso Específico de Saúde. Por meio deste sistema regulatório, os alimentos/produtos recebem um selo de aprovação por conter ingredientes funcionais que, comprovadamente, (i) apresentem efeitos positivos nas funções fisiológicas, (ii) mantenham e promovam a saúde, (iii) melhorem

condições relacionadas à saúde (Yamada, 2008). Em 2002, o selo de aprovação já havia sido concedido a aproximadamente 300 produtos¹⁴.

Swinbanks e O'Brien utilizaram, pela primeira vez, em 1993, na revista Nature, o termo "alimento funcional" com a publicação "O Japão explora a fronteira entre os alimentos e os medicamentos"¹⁵. Desde então, inúmeros conceitos de alimentos funcionais, variando dos simples aos mais complexos, foram apresentados pela academia científica, indústria e órgãos governamentais (Tabela 1). Todavia, mesmo após quase vinte cinco anos desses trabalhos pioneiros, ainda não existe consenso sobre uma definição abrangente e definitiva.

Tabela 1. Definições de alimentos funcionais^{16,17}.

Organização	Definição
<i>Health Canada</i>	Alimento com a aparência similar ao alimento convencional, consumido como parte da dieta habitual, com benefícios fisiológicos demonstrados e/ou para reduzir o risco de doenças crônicas além das funções nutricionais básicas.
<i>International Life Sciences Institute of North America</i>	Alimentos que, em virtude dos componentes fisiologicamente ativos que apresentam, fornecem benefícios para a saúde além da nutrição básica.
<i>European Commission</i>	Alimento que afeta de modo benéfico uma ou mais funções alvo no organismo, além dos efeitos nutricionais adequados, de forma que seja relevante para melhora do estado de saúde e bem estar e/ou redução do risco de doença. Faz parte de um padrão alimentar normal. Não pode ser um comprimido, uma cápsula ou qualquer outra forma de suplemento dietético.
<i>International Food Information Council</i>	Alimentos ou componentes alimentares que podem fornecer benefício à saúde, além da nutrição básica.
<i>Academy of Nutrition and Dietetics</i>	Alimentos integrais ou fortificados ou enriquecidos ou aperfeiçoados com efeitos potencialmente benéficos à saúde, quando consumidos regularmente e em níveis eficazes, como parte de uma dieta variada.
<i>Institute of Food Technologists</i>	Alimentos e componentes alimentares que fornecem benefício à saúde, além da nutrição básica (para a população proposta).

O conceito prevalente nos dias atuais explica que "um alimento funcional é qualquer alimento saudável, com aparência similar aos alimentos convencionais que, além das funções nutricionais básicas, proporciona benefícios metabólicos e/ou fisiológicos como a promoção da saúde e prevenção de doenças, quando consumido como parte de uma dieta habitual, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica"^{3,8,18}

Logo após a introdução do FOSHU, outros termos relacionados surgiram, entre os quais se destacam: nutracêuticos, suplementos dietéticos, alimentos medicinais, ingredientes funcionais e compostos bioativos (Tabela 2). Entretanto, os significados são distintos e não devem ser confundidos.

Tabela 2. Termos relacionados aos alimentos funcionais^{8,16,18}.

Termo	Definição
Nutracêuticos	Qualquer substância considerada alimento ou parte de um alimento que proporcione benefícios médicos ou de saúde, incluindo a prevenção e tratamento de doenças, podendo ser utilizadas na forma de cápsulas, pílulas e líquidos.
Suplementos dietéticos	Produto para complementação da dieta que contenha um ou mais ingredientes alimentares (vitaminas, minerais, amino ácidos).
Alimentos medicinais	Formulação para consumo ou administração, sempre sob supervisão médica, destinada a satisfazer às necessidades nutricionais específicas de uma doença ou patologia com necessidades nutricionais específicas (baseadas em princípios científicos reconhecidos).
Compostos bioativos	Compostos naturalmente presentes ou derivados de plantas, animais ou fontes marinhas, que apresentem efeitos benéficos de saúde e/ou bem-estar.
Ingredientes funcionais	Preparações ou frações ou extratos padronizados que contenham compostos bioativos com variado grau de pureza.

Os critérios de aprovação dos alimentos funcionais variam em função da regulamentação de cada país. Apenas no Japão, esta categoria distinta de alimentos é aceita⁹. Na Europa, os alimentos funcionais são considerados um conceito e não uma classe específica de alimentos. Por esta razão, as regras são inúmeras e dependentes do tipo de alimento. Atualmente, os esforços legislativos se concentram mais na restrição do uso de alegações de saúde nas embalagens e no marketing do que na regulação do produto⁸.

Nos Estados Unidos, a FDA (*Food and Drug Administration*) aprova apenas as alegações de saúde nos rótulos dos alimentos¹⁰. No Canadá, igualmente, são permitidas apenas as alegações de saúde e a sua legislação é considerada restritiva⁷.

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a possuir legislação referente a alimentos funcionais. As alegações de propriedade funcional ou de saúde de alimentos foram definidas e regulamentadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em 1999^{11,19}. As diretrizes fornecidas pelo órgão visam à segurança dos alimentos e também que a alegação seja comprovada cientificamente e não induza o consumidor ao engano. A alegação de propriedade funcional descreve o papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano. A alegação de saúde afirma, sugere ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente e doença ou condição relacionada à saúde¹⁹. Na mais recente atualização realizada pela ANVISA, datada de março de 2016, estão autorizadas doze alegações referentes a 18 ingredientes e uma alegação referente aos probióticos (Tabela 3)²⁰.

Os alimentos que anunciam a alegação de propriedade funcional ou de saúde devem ter obrigatoriamente o registro na ANVISA. A avaliação é feita individualmente e para a aprovação da alegação é necessário o envio de um relatório técnico científico que contemple ensaios clínicos e/ou epidemiológicos e revisão da literatura científica para comprovação do efeito relatado¹¹. Determinados nutrientes e não nutrientes já possuem alegações padronizadas e requisitos específicos.

Tabela 3. Alegações funcionais e de saúde autorizadas pela ANVISA [20].

Ingrediente	Alegação
Ácidos graxos da família ômega-3: EPA (ác. eicosapentaenoico) DHA (ác. docosaexaenoico)	“O consumo de ácidos graxos ômega-3 auxilia na manutenção de níveis saudáveis de triglicerídeos, desde que associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Licopeno (Carotenoide)	“O licopeno tem ação antioxidante que protege as células contra os radicais livres. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Luteína (Carotenoide)	“A luteína tem ação antioxidante que protege as células contra os radicais livres. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Zeaxantina (Carotenoide)	“A zeaxantina tem ação antioxidante que protege as células contra os radicais livres. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Fibras alimentares	“As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Beta-glucana em farelo de aveia, aveia em flocos e farinha de aveia (Fibras alimentares)	“Este alimento contém beta glucana que pode auxiliar na redução do colesterol. Seu consumo deve estar associado à uma alimentação equilibrada e baixa em gorduras saturadas e a hábitos de vida saudáveis.”
Dextrina resistente (Fibras alimentares)	“As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Goma guar parcialmente hidrolisada (Fibras alimentares)	“As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Polidextrose (Fibras alimentares)	“As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Psyllium ou psyllium (Fibras alimentares)	“O psyllium auxilia na redução da absorção de gordura. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.

Principais Categorias de Alimentos Funcionais

Os alimentos funcionais podem ser classificados de diferentes maneiras.

Segundo Henri *et al.*¹⁶, esses alimentos podem ser agrupados em:

1. Alimentos convencionais contendo naturalmente compostos bioativos. Fazem parte desta categoria a maioria das hortaliças e frutas, grãos, laticínios, carnes e peixes, os quais contêm compostos bioativos e fornecem benefícios que vão além da nutrição básica. As vitaminas antioxidantes presentes em frutas, os flavonoides da soja, as beta-glucanas da aveia e os carotenoides de cenouras e tomates são exemplos desta categoria.
2. Alimentos modificados, que recebem compostos bioativos através de processos de enriquecimento ou fortificação. O enriquecimento pode ocorrer da forma tradicional, ou ainda através de alimentação especial dos animais ou engenharia genética. Exemplos destes alimentos seriam as margarinas enriquecidas com ácidos graxos ômega-3 e fitosteróis, as farinhas fortificadas com ferro e farelo de aveia com alto teor de beta-glucanas.
3. Ingredientes alimentares sintetizados, podendo ser citados como exemplo alguns tipos de oligossacarídeos sintetizados por micro-organismos com propriedades prebióticas.

Uma segunda forma de classificação leva em conta o tipo de alimento: alimentos naturais, alimentos com adição de um ingrediente, alimentos com remoção de um ingrediente, alimentos com um ou mais componentes modificados e alimentos com a biodisponibilidade modificada²¹.

Finalmente, os alimentos funcionais podem ser classificados em função do tipo de ingrediente bioativo: probióticos/prebióticos/simbióticos, fibras dietéticas, antioxidantes (carotenoides, flavonoides), ácidos graxos, fitosteróis²¹.

PROBIÓTICOS, PREBIÓTICOS E SIMBIÓTICOS

Probióticos

Dentre os alimentos com apelo funcional, destacam-se os alimentos que contêm probióticos, os quais

representam um dos principais mercados desta categoria²². Os probióticos são definidos como micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro²³.

As espécies bacterianas probióticas, através de atividade antimicrobiana, melhoria da função da barreira intestinal e imunomodulação, induzem o aumento da defesa contra patógenos. O emprego de culturas probióticas promove a multiplicação de micro-organismos benéficos impedindo ao mesmo tempo a proliferação de bactérias potencialmente prejudiciais. Adicionalmente, os probióticos estimulam os mecanismos naturais de defesa do organismo^{1,24}.

Os benefícios atribuídos ao consumo de probióticos são inúmeros. O controle da microbiota intestinal, o favorecimento da resistência gastrointestinal à colonização por patógenos, o reestabelecimento do equilíbrio da microbiota intestinal após tratamento com antibióticos, a diminuição do número de patógenos, a redução da constipação, o estímulo da imunidade, a produção de vitaminas e o favorecimento da absorção de minerais estão entre os efeitos positivos descritos²⁵. Estudos mais recentes sugerem que os probióticos podem desempenhar um papel no combate a exposições a metais pesados²⁶, na prevenção da febre reumática²⁷ e na saúde cardiovascular, através da redução dos níveis de colesterol plasmático e da hipertensão²⁸.

Os probióticos devem ser seguros para o consumo. Também devem possuir determinadas propriedades tecnológicas para que não acarretem perda de viabilidade e funcionalidade durante a sua produção, incorporação a produtos alimentares, armazenamento e uso, além de apresentar boas características sensoriais (Figura 1)^{1,29}. Cepas dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são as mais frequentemente empregadas para o consumo humano. O exemplo de cadeia de produção de iogurte com probiótico pode ser observado na Figura 2.

Devido aos seus efeitos positivos, a inclusão de probióticos em alimentos tem sido cada vez mais difundida. Inicialmente, os probióticos eram adicionados principalmente a iogurtes e leites fermentados¹. Entretanto, em virtude do potencial apresentado, a gama de produtos contendo estes micro-organismos expande-se cada vez mais. Atualmente, os probióticos

também podem ser encontrados em queijos, sorvetes e produtos não derivados do leite como sucos frutas e vegetais, produtos à base de soja e de cereais. Entretanto, a variedade é bem menor quando comparada com os produtos tradicionais e, por esta razão, representam um desafio para a indústria de alimentos. Os produtos não lácteos são importantes no mercado devido à alta prevalência de pessoas com intolerância à lactose e com necessidade de dietas com baixo teor de colesterol, além da crescente onda de consumidores veganos^{22,25}.

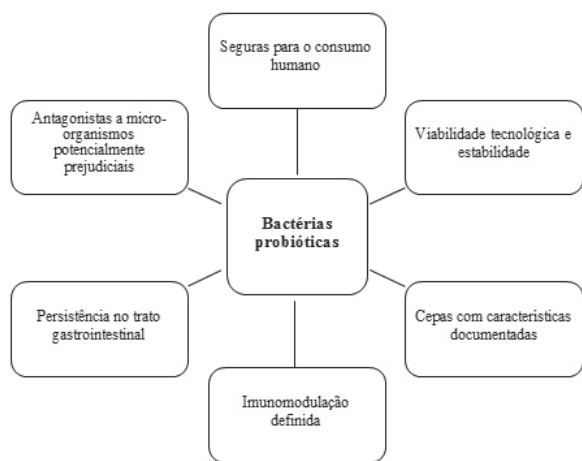


Figura 1. Características fundamentais das bactérias probióticas^{1,29}

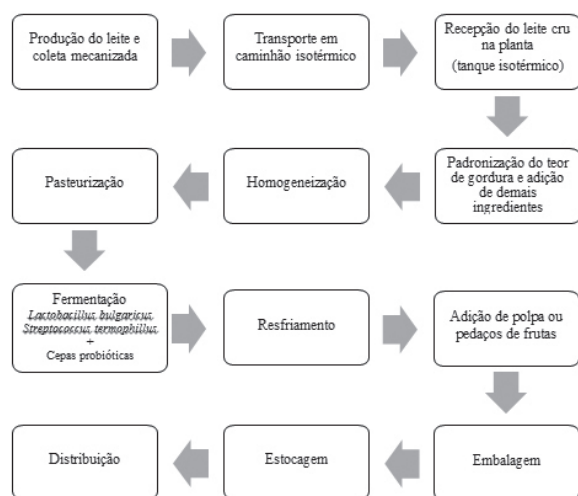


Figura 2. Cadeia de produção de iogurte com probióticos^{30,31}

Prebióticos

Os prebióticos são definidos como ingredientes que sofrem fermentação seletiva e permitem alterações específicas na composição e/ou atividade da microbiota gastrointestinal, conferindo benefício à saúde e bem-estar do hospedeiro²⁹.

Estes compostos afetam positivamente os processos fisiológicos e bioquímicos, resultando em melhora da saúde e redução do risco de doenças (Figura 3). Os prebióticos podem promover a redução dos níveis de bactérias intestinais patogênicas, o alívio da constipação, a diminuição dos episódios de diarreia associada ao consumo de antibióticos, a produção de vitaminas do complexo B, o estímulo do sistema imunológico, a redução do risco de osteoporose através do aumento da absorção de Cálcio, efeitos positivos em pacientes com doença inflamatória do cólon, redução da incidência de câncer de cólon e redução do risco de diabetes pela melhora no metabolismo de carboidratos^{29,32}.

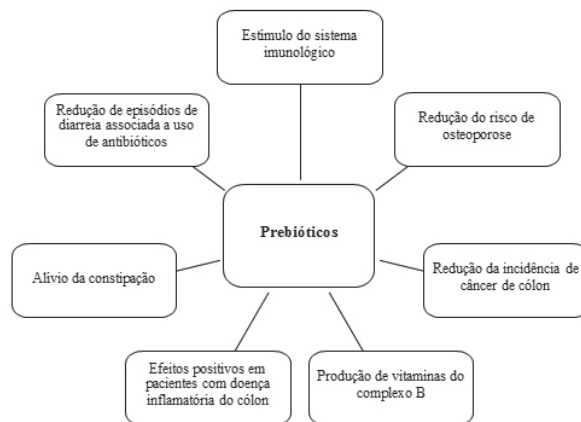


Figura 3. Benefícios associados ao consumo de prebióticos^{29,32}

Os prebióticos apresentam como características: resistência à acidez gástrica, à ação das enzimas digestivas humanas e absorção no trato gastrointestinal, possibilidade de fermentação pela microbiota colônica e estímulo seletivo do crescimento e/ou atividade das bactérias associadas à saúde e ao bem-estar²⁹.

As fibras dietéticas solúveis são os principais representantes dos prebióticos. Estão incluídos a inulina e outros oligossacarídeos não digeríveis como os fruto-oligossacarídeos (FOS), os isomalto-oligossacarídeos, os galacto-oligossacarídeos (GOS), os xilo-oligossacarídeos (XOS), a lactulose e a lactosacarose. Estes compostos estão naturalmente presentes em alguns alimentos ou podem ser obtidos através de síntese enzimática, a partir de açúcares simples ou por hidrólise controlada de carboidratos com alto grau de polimerização^{33,34}.

Os FOS e XOS são encontrados em hortaliças como yacon, alcachofra de Jerusalém, chicória, cebola, alho, alho-poró e alcachofra, em bananas e também no mel³². Por outro lado, os GOS são encontrados nos leites humano e bovino.

Os prebióticos são utilizados na produção de bebidas esportivas, produtos lácteos, cárneos e de panificação, em alimentos para bebês. Além de seus efeitos positivos na saúde, estes compostos melhoram as características sensoriais dos alimentos e podem proporcionar uma composição nutricional mais equilibrada, devido ao aumento no teor de fibras e possibilidade de redução de gorduras³⁵.

Simbióticos

Um produto que apresenta a combinação de probióticos e prebióticos é chamado de simbiótico. A seleção realizada de modo apropriado leva ao sinergismo aumentando os benefícios que cada um dos componentes pode oferecer. Esta associação pode aumentar tanto a viabilidade como a atividade dos micro-organismos probióticos³⁵. Os simbióticos são encontrados normalmente na forma de iogurtes e leites fermentados. Porém, no Brasil, ainda são poucos os produtos disponíveis no mercado.

FIBRAS DIETÉTICAS

As fibras dietéticas correspondem à parte não digerível de alimentos de origem vegetal, que resistem à digestão e absorção intestinal, podendo ou não ser fermentadas no cólon [36]. Considerando a sua solubilidade, as fibras podem ser classificadas como solúveis e insolúveis. Embora os oligossacarídeos sejam considerados fibras solúveis, eles não serão discutidos, pois já foram citados no item dos prebióticos. Como pode ser observado na Tabela 4, as fibras dietéticas estão presentes em um grande número de alimentos³⁷.

A ingestão adequada de fibras dietéticas pode ser obtida através do consumo de hortaliças e frutas, cereais, leguminosas, farelo de trigo, farelo de aveia. Por outro lado, estes tipos de fibras podem ser adicionados a inúmeros produtos alimentares como produtos de panificação e confeitaria, massas, bebidas, laticínios, carnes e sopas, sendo que os mais conhecidos e consumidos são os cereais matinais³⁸. No Brasil, além da diversidade de alimentos contendo naturalmente fibras dietéticas, inúmeros produtos enriquecidos com fibras estão disponíveis no mercado.

O consumo das fibras dietéticas está associado a diversos benefícios à saúde e melhora do quadro de doenças (Figura 4). Durante o processo digestivo, devido ao alto poder de retenção de água, as fibras solúveis aumentam a viscosidade do bolo alimentar. Como consequência, o contato entre as enzimas digestivas e os respectivos substratos é reduzido, diminuindo a taxa de digestão e absorção carboidratos e lipídeos. O consumo de beta-glucana e psillium está relacionado com o controle da glicemia pós-prandial e reposta da insulina e diminuição do colesterol, sendo de grande interesse para portadores de diabetes e obesidade.^{36,37}

Tabela 4. Tipos de fibras encontradas nos alimentos de origem vegetal ³⁷.

Grupos	Solubilidade	Fermentabilidade	Fontes
Amido resistente, pectinas, goma guar	Alta	Alta	Legumes, leguminosas, pães de centeio e cevada, bananas firmes, massas cozidas e refrigeradas, arroz e batata
Beta-glucanas	Intermediária	Intermediária	Semente de psillium e farelo de aveia
Farelo de trigo, lignina, frutas e legumes	Insolúvel	Lenta	Vegetais e frutas, farelo de trigo, cereais integrais, arroz e farinha integrais, semente de linhaça
Celulose e metilcelulose	Insolúvel	Não fermentável	Grãos e cereais ricos em fibras, castanhas e sementes, casca de frutas e legumes



Figura 4. Efeitos benéficos das fibras dietéticas^{36,37,38}.

A melhora da função intestinal, promovida pelo consumo de fibras insolúveis, ocorre tanto pelo aumento do volume fecal causado pela retenção de água como pela diminuição do tempo de trânsito intestinal, promovida por estímulos mecânicos, os quais induzem o aumento da secreção e do peristaltismo³⁷.

CAROTENOIDES

Os carotenoides são pigmentos naturais sintetizados por plantas, algas, bactérias, fungos e leveduras, responsáveis pelas cores que variam entre amarelo, laranja e vermelho. Estes compostos estão entre os principais pigmentos presentes na dieta humana. O licopeno, α -caroteno, β -caroteno, luteína e zeaxantina são considerados carotenoides funcionais por apresentarem atividade antioxidante, atividade pró-vitáminica A, efeitos positivos na saúde cardiovascular, acuidade visual e prevenção contra determinados tipos de câncer³⁹.

LICOPENO

A principal fonte de licopeno é o tomate e seus produtos derivados. Entretanto, também pode ser encontrado em frutas vermelhas como melancia, goiaba vermelha e mamão vermelho³⁹. Estudos sugerem que o consumo de alimentos com licopeno pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares⁴⁰ e de câncer de próstata⁴¹. No entanto, mais estudos são necessários para que esses efeitos sejam realmente comprovados, visto que as evidências ainda não são definitivas.

LUTEÍNA E ZEAXANTINA

Os carotenoides luteína e zeaxantina, além de fundamentais para a saúde dos olhos, são os principais pigmentos encontrados na retina humana. Possuem como funções a proteção da mácula frente às lesões provocadas pela luz azul, a melhora da acuidade visual e também são capazes de neutralizar espécies reativas de oxigênio. O consumo de luteína e zeaxantina está associado à redução do risco de degeneração macular relacionada com a idade (DMRI) e catarata⁴².

Ambos os pigmentos são os carotenoides mais frequentes em vegetais com folhas verdes como couve, espinafre, brócolis e salsa. Também estão presentes na gema de ovo, no milho e em algumas variedades de trigo⁴². A luteína e zeaxantina também podem ser encontradas na forma de suplementos e aditivos alimentares⁴³. Como representam 70% dos carotenoides do milho, isto torna este grão um ingrediente promissor para o desenvolvimento de alimentos funcionais com alto teor de luteína. O desenvolvimento destes produtos é relevante na elaboração de estratégias preventivas da catarata e DMRI principalmente em idosos⁴².

B-CAROTENO

Dentre os carotenoides, o β -caroteno é o mais distribuído nos alimentos. Pode ser encontrado em mamão, acerola, cenoura, abóbora e em vegetais folhosos de cor verde-escura. É o precursor da maior importância da vitamina A. Por esta razão, é de grande importância no combate à carência desta vitamina³⁹.

POLIFENÓIS

Os polifenóis são compostos encontrados em alimentos vegetais e são os antioxidantes alimentares mais amplamente encontrados na natureza. Tendo como fontes principais as frutas e bebidas, estes compostos exercem influência nas características de muitas frutas, como amargor, adstringência, cor, sabor, odor^{44,45}.

Os flavonoides são os polifenóis mais conhecidos e estudados. Sua classificação, bem como suas principais fontes podem ser observadas na Tabela 5.

O envelhecimento e hábitos de vida pouco saudáveis podem provocar acúmulo de dano oxidativo ao DNA, componentes celulares, lipídios e proteínas. Os flavonoides, através de sua ação antioxidante e da

Tabela 5. Classificação e fontes de flavonoides^{44,45}.

Grupos	Compostos	Fontes
Flavonóis	Quercetina, miricetina, kaempferol	Cebolas, maçãs, chá, vinho tinto, azeite de oliva, berries
Flavanóis	Catequina, epicatequina	Chá, cacau
Flavanonas	Hesperidina, naringenina	Frutas cítricas
Isoflavonas	Daidzeina, genisteína	Soja
Flavonas	Luteolina, apigenina	Vinho tinto, casca de frutas, casca de tomate, pimenta vermelha
Antocianinas	Cianidina 3-glicosídeo, Delfinidina 3-glicosídeo, Pelargonidina 3-glicosídeo	Açaí, jabuticaba, morango, amora e outras berries

estimulação do sistema de defesa endógeno, podem prevenir esse dano^{44,45,46}. Pesquisas sugerem que, em longo prazo, o consumo de dietas ricas em polifenóis pode contribuir na prevenção de doenças crônico-degenerativas relacionadas ao estresse oxidativo como diabetes, doenças cardiovasculares, osteoporose, câncer e doenças neurodegenerativas^{44,46,47}.

Portanto, dietas com frutas e vegetais variados e, portanto contendo polifenóis, podem apresentar efeitos benéficos à saúde. Além disso, a característica antioxidante dos polifenóis faz com que sejam ingredientes potencialmente interessantes para o desenvolvimento de alimentos funcionais, indo ao encontro das novas necessidades da população que deseja um estilo de vida mais saudável.

ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA-3

Os ácidos graxos ômega-3 são encontrados em óleo de semente de linhaça, canola e soja (ácido α -linolênico) e principalmente em peixes (ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosaenoico (DHA), tais como atum, sardinha e salmão.

O consumo de EPA e DHA está associado à prevenção de doenças como dislipidemias, hipertensão arterial e DMRI e também com a redução do risco de doenças cardiovasculares e de acidente vascular cerebral isquêmico⁴⁸.

FITOSTERÓIS

Os fitosteróis são compostos de origem vegetal que apresentam semelhança estrutural com o colesterol. Os fitosteróis, quando ingeridos com outros alimentos, diminuem a absorção do colesterol através de mecanismos de competição e podem eventualmente induzir uma redução do colesterol total e LDL plasmáticos⁴⁹.

São encontrados principalmente em óleos vegetais, castanhas, sementes, farelo e germe de trigo. Inicialmente, os fitosteróis foram incorporados a margarinas, mas com o avanço da tecnologia, foram desenvolvidos sorvetes, sucos, iogurtes e produtos de panificação contendo fitosteróis⁴⁹.

Frutas e Hortaliças como Alimentos Funcionais

As frutas e hortaliças são alimentos ricos em fibras dietéticas, vitaminas, minerais, fitosteróis e antioxidantes, como carotenoides e polifenóis. Portanto, podem ser consideradas alimentos naturalmente funcionais.

A conexão existente entre estresse oxidativo, envelhecimento e doenças degenerativas fornece uma justificativa admissível para os benefícios de uma dieta com abundância em frutas e hortaliças. Estudos demonstram que o consumo regular de destes alimentos proporciona efeitos positivos na saúde e reduz o risco de obesidade e inúmeras doenças⁵⁰.

Apesar dos benefícios comprovados das frutas e hortaliças, seu consumo pela população brasileira situa-se muito abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (400 g, equivalente a cinco porções diárias), fato esse paradoxal em função da abundância e variedade desses alimentos em nosso país⁵¹.

Estratégias bem elaboradas e direcionadas tanto à divulgação dos efeitos benéficos da ingestão desses alimentos, como à geração de soluções que facilitem seu consumo (alimentos minimamente processados, desidratados ou na forma de sucos, adicionados a iogurtes

entre outros) são essenciais para a reversão da situação atual e aprimoramento do estado de saúde da população.

Desafios e Perspectivas Futuras

Os alimentos funcionais são uma realidade e a sua ciência avança rapidamente. O desafio da indústria de alimentos é converter esta ciência em produtos reais, considerando as regulamentações, as realidades práticas e tecnológicas e o comportamento do consumidor.

Pesquisas indicam as principais tendências que conduzirão o desenvolvimento de produtos funcionais nos anos futuros^{52; 53}:

- preferência por uma alimentação mais natural, feita com alimentos saudáveis (menores teores de gordura, sódio, ricos em fibras e antioxidantes) e menor quantidade de frituras;
- escolha de alimentos naturalmente funcionais tais como sucos feitos à base de frutas, água de coco, superfrutas (açaí e outras berries), temperos e especiarias;
- petiscos funcionais como produtos à base de cereais com menores teores de gordura, sódio e calorias;
- alimentos que colaborem na redução do colesterol, glicemia, pressão arterial e com maiores concentrações de cálcio, para a população idosa;
- produtos mais saudáveis para crianças e adolescentes, devido à preocupação crescente com o aumento alarmante de casos de sobrepeso ou obesidade;
- produtos destinados a serviços de alimentação, para atrair os consumidores que preferem fazer escolhas mais saudáveis.

No Brasil, os principais produtos disponíveis no mercado são os iogurtes probióticos, bebidas à base de soja, margarinas com fitosteróis e produtos enriquecidos com fibras, como pães, biscoitos e cereais matinais. No mercado internacional, a variedade de produtos é muito maior. Como exemplo de funcionais encontrados em outros países, podemos citar produtos enriquecidos com prebióticos (refrescos, açúcar de mesa, pudins, biscoitos, chocolates, vinagre e sopas instantâneas) e

fibras dietéticas (gelatinas, refrescos, molhos), entre outros [54]. Portanto, o espaço no mercado brasileiro para alimentos funcionais tradicionais ainda é amplo e as possibilidades para produtos de inovação são muitas.

A diversidade de frutas encontradas nas mais diversas regiões brasileiras possibilita o desenvolvimento de sucos ricos em antioxidantes e vitaminas adequadas aos hábitos locais e também com caráter exótico, levando em consideração a extensão do país.

O desenvolvimento de sucos de frutas enriquecidos com probióticos já é uma realidade em alguns países. No Brasil, seria do maior interesse, considerando, mais uma vez, a grande variedade de frutas disponíveis. O desenvolvimento de produtos desta linha é desafiador, tanto para a ciência como para a indústria²². A busca por cepas probióticas locais é uma recomendação de pesquisadores da área⁵⁵.

Enfim, a pesquisa por produtos com apelo funcional, derivados de alimentos habitualmente consumidos no Brasil pode, ao mesmo tempo, representar um grande desafio e uma grande perspectiva para a indústria de alimentos.

Referências

1. Puupponen-Pimiä, R. A. M. A.; Aura, A. M.; Oksman-Caldentey, K. M.; Myllärinen, P.; Saarela, M.; Mattila-Sandholm, T.; Poutanen, A. K. Development of functional ingredients for gut health. *Trends Food. Sci. Tech.* **2002**, *13*, 3-11.
2. Roberfroid, M. B. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *Am. J. Clin. Nutr.* **2000**, *71*, 1660s-1664s.
3. Kaur, N.; Gupta, A. K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J. Bioscience.* **2002**, *27*, 703-714.
4. Sikand, G.; Kris-Etherton, P.; Boulos, N. M. Impact of functional foods on prevention of cardiovascular disease and diabetes. *Curr. Cardiol. Rep.* **2015**, *17*, 1-16.
5. Marangoni, F.; Poli, A. Phytosterols and cardiovascular health. *Pharmacol. Res.* **2010**, *61*, 193-199.
6. Abuajah, C. I.; Ogbonna, A. C.; Osuji, C. M. Functional components and medicinal properties of food: a review. *J. Food. Sci. Technol.* **2015**, *52*, 2522-2529.
7. Doyon, M.; Labrecque, J. Functional foods: a conceptual definition. *Brit. Food. J.* **2008**, *110*, 1133-1149.
8. Siró, I.; Kopolna, E.; Kopolna, B.; Lugasi, A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance - A review. *Appetite.* **2008**, *51*, 456-467.

9. Yamada, K.; Sato-Mito, N.; Nagata, J.; Umegaki, K. Health claim evidence requirements in Japan. *J. Nut.* **2008**, *138*, 1192S-1198S.
10. Humpf, H. U.; Schneider, C.; Stevens, J. F. Functional food - where do we go? *Mol. Nutr. Food Res.* **2014**, *58*, 5-6.
11. Figueiredo, M. C.; Lajolo, F. M. Supplements and functional foods legislation in Brazil. Em *Nutraceutical and functional food regulations in the United States and around the world*; Bagchi, D., ed.; Elsevier, **2008**, cap. 23.
12. Binns, N.; Howlett, J. Functional foods in Europe: international developments in science and health claims. *Eur. J. Nut.* **2009**, *48*, 3-13.
13. Khan, R. S.; Grigor, J.; Winger, R.; Win, A. Functional food product development - Opportunities and challenges for food manufacturers. *Trends Food Sci. Tech.* **2013**, *30*, 27-37.
14. Hasler, C. M. Functional foods: Benefits, concerns and challenges - A position paper from the American Council on Science and Health. *J. Nut.* **2002**, *132*, 3772-3781.
15. Swinbanks, D.; O'Brien, J. Japan explores the boundary between food and medicine. *Nature.* **1993**, *364*, 180.
16. Henry, C. J. Functional foods. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2010**, *64*, 657-659.
17. Crowe, K. M.; Francis, C. Position of the academy of nutrition and dietetics: functional foods. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2013**, *113*, 1096-1103.
18. Gibson, G.R.; Williams, C.M. *Functional Foods: concept to product*. Cambridge: Woodhead Publishing, **2000**.
19. BRASIL. Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde alegadas em Rotulagem de Alimentos. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/815ada0047458a7293e3d73fbc4c6735/RESOLUCAO_18_1999.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em 10/05/2016.
20. BRASIL. ANVISA atualiza lista de alegações de propriedades funcionais e de saúde. 14 de março de **2016**. Disponível em: <http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/wwr>, Acesso em 10/05/2016.
21. Arvanitoyannis, I. S.; Van Houwelingen-Koukaliaroglou, M. Functional foods: a survey of health claims, pros and cons, and current legislation. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2005**, *45*, 385-404.
22. Granato, D.; Branco, G. F.; Nazzaro, F.; Cruz, A. G.; Faria, J. A. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2010**, *9*, 292-302.
23. FAO/WHO. Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. FAO Food and Nutrition Paper No. 85. Rome, **2006**.
24. Ng, S. C.; Hart, A. L.; Kamm, M. A.; Stagg, A. J.; Knight, S. C. Mechanisms of action of probiotics: recent advances. *Inflamm. Bowel Dis.* **2009**, *15*, 300-310.
25. Saad, S. M. I. Probiotics and prebiotics: the state of the art. *Braz. J. Pharm. Sci.* **2006**, *42*, 1-16.
26. Bisanz, J. E.; Enos, M. K.; Mwanga, J. R.; Chagalucha, J.; Burton, J. P.; Gloor, G. B.; Reid, G. Randomized open-label pilot study of the influence of probiotics and the gut microbiome on toxic metal levels in Tanzanian pregnant women and school children. *MBio.* **2014**, *5*, e01580-14.
27. Yeoh, N.; Burton, J. P.; Suppiah, P.; Reid, G.; Stebbings, S. The role of the microbiome in rheumatic diseases. *Curr. Rheumatol. Rep.* **2013**, *15*, 1-11.
28. Ettinger, G.; MacDonald, K.; Reid, G.; Burton, J. P. The influence of the human microbiome and probiotics on cardiovascular health. *Gut microbes.* **2014**, *5*, 719-728.
29. Gibson, G. R.; Scott, K. P.; Rastall, R. A.; Tuohy, K. M.; Hotchkiss, A.; Dubert-Ferrandon, A., et al. Dietary prebiotics: current status and new definition. *Food Sci. Technol.* **2010**, *7*, 1-19.
30. Danone. Processo de Fabricação do Iogurte. Disponível em <http://danone.com.br/tudo-sobre-iogurte/processo-de-producao/>. Acesso em 12/05/2016.
31. Hui, Y. H.; Meunier-Goddik, L.; Josephsen, J.; Nip, W. K.; Stanfield, P. S. *Handbook of food and beverage fermentation technology*. CRC Press, **2004**.
32. Mussatto, S. I.; Mancilha, I. M. Non-digestible oligosaccharides: a review. *Carbohydr. Polym.* **2007**, *68*, 587-597.
33. Crittenden, R. G.; Playne, M. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends Food Sci. Tech.* **1996**, *7*, 353-361.
34. Carvalho, A. F. A.; de Oliva Neto, P.; Da Silva, D. F.; Pastore, G. M. Xylo-oligosaccharides from lignocellulosic materials: chemical structure, health benefits and production by chemical and enzymatic hydrolysis. *Food Res. Int.* **2013**, *51*, 75-85.
35. Al-Sheraji, S. H.; Ismail, A.; Manap, M. Y.; Mustafa, S.; Yusof, R. M.; Hassan, F. A. Probiotics as functional foods: A review. *J. Funct. Foods.* **2013**, *5*, 1542-1553.
36. Mello, V. D. D.; Laaksonen, D. E. Dietary fibers: current trends and health benefits in the metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Arq. Bras. Endocrinol. Metabol.* **2009**, *53*, 509-518.
37. Eswaran, S.; Muir, J.; Chey, W. D. Fiber and functional gastrointestinal disorders. *Am. J. Gastroenterol.* **2013**, *108*, 718-727.
38. Yangilar, F. The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: a review. *J. Food Nut. Res.* **2013**, *1*, 13-23.
39. Rodrigues-Amaya, D. B.; Kimura, M.; Amaya-Farfan, J. Fontes brasileiras de carotenóides: Tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, **2008**.
40. Müller, L.; Caris-veyrat, C.; Lowe, G.; Böhm, V. Lycopene and

its antioxidant role in the prevention of cardiovascular diseases - a critical review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2015, doi:10.1080/10408398.2013.801827.

41. Vance, T. M.; Su, J.; Fontham, E. T.; Koo, S. I.; Chun, O. K. Dietary antioxidants and prostate cancer: a review. *Nutrition Cancer*. **2013**, 65, 793-801.
42. Abdel-Aal, E. S. M.; Akhtar, H.; Zaheer, K.; Ali, R. Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. *Nutrients*. 2013, 5, 1169-1185.
43. Berman, J.; Zorrilla-López, U.; Farré, G.; Zhu, C.; Sandmann, G.; Twyman, R. M., . Capell, T; Christou, P. Nutritionally important carotenoids as consumer products. *Phytochem. Rev.* **2015**, 14, 727-743.
44. Scalbert, A.; Manach, C.; Morand, C.; Rémésy, C.; Jiménez, L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2005**, 45, 287-306.
45. Kumar, S.; Pandey, A. K. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *Sci. World J.* **2013**, doi: 10.1155/2013/162750.
46. Sancho, R. A. S.; Pastore, G. M. Evaluation of the effects of anthocyanins in type 2 diabetes. *Food Res. Int.* **2012**, 46, 378-386.
47. Pandey, K. B.; Rizvi, S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid. Med. Cell. Longev.* **2009**, 2, 270-278.
48. Simopoulos, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acids ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp. Biol. Med.* **2008**, 233, 674-88.
49. Marangoni, F.; Poli, A. Phytosterols and cardiovascular health. *Pharmacol. Res.* **2010**, 61, 193-199.
50. Skinner, M.; Hunter, D. Bioactives in fruit: health benefits and functional foods. John Wiley & Sons, **2013**.
51. Brasil. Pesquisa Nacional de Saúde 2013: percepção do estado de saúde, estilos de vida e doenças crônicas. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, **2014**.
52. Sloan, A. E. The top ten functional food trends. *Food Technology*. **2010**, 64, 22-41.
53. Bigliardi, B.; Galati, F. Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. *Trends Food. Sci. Tech.*, **2013**, 31, 118-129.
54. Arai, S. Global view on functional foods: Asian perspectives. *Br. J. Nutr.*, **2002**, 88, S139-S143.
55. Saxelin, M. Probiotic formulations and applications, the current probiotics market, and changes in the marketplace: a European perspective. *Clin. Infect. Dis.* **2008**, 46, S76-S79.

Renata A. S. Sancho & Glaucia M. Pastore*

Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.

*E-mail: glaucia.pastore@reitoria.unicamp.br