

A ERA DOS PROBIÓTICOS E PREBIÓTICOS



Os consumidores estão cada vez mais conscientes da relação entre boa alimentação e saúde e, por isso, tem aumentado a procura por alimentos que, além de nutrir, proporcionam benefícios à saúde. Para atender esse mercado, bactérias probióticas e prebióticas vêm sendo incorporadas em uma grande variedade de alimentos e bebidas que fazem parte de uma dieta normal, como iogurtes, queijos, sorvetes, sucos, chocolates, cereais e produtos cárneos.

PROBIÓTICOS DEFINIÇÃO E PROPRIEDADES

A Organização Mundial de Saúde define probióticos como organismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro. De acordo com a legislação brasileira, probiótico é definido como um suplemento alimentar microbiano vivo que afeta de maneira benéfica o organismo pela melhora no seu balanço microbiano. Já o consumidor conhece os probióticos não pelas suas definições científicas, mas como parte dos alimentos; segundo a definição dada pela EU

em quantidades adequadas, que conferem benefícios à saúde do hospedeiro.

Como função benéfica no organismo, os probióticos têm efeito sobre o equilíbrio bacteriano intestinal, controle do colesterol e de diarreias e redução do risco de câncer.

As culturas probióticas são suplementos microbianos que aumentam de maneira significativa o valor nutritivo e terapêutico dos alimentos. Entre os diversos gêneros que integram esse grupo, destacam-se o *Bifidobacterium* e o *Lactobacillus* e, em particular, a espécie *Lactobacillus acidophilus*.

de apresentar uma boa tolerância ao oxigênio, ao contrário da maior parte das outras do mesmo gênero.

As bifidobactérias estão inseridas na ordem das actinomicetes, dentro do grupo das bactérias gram-positivas, e são caracterizadas por um conteúdo elevado de guanina e citosina que varia, em termos molares, de 54% a 67%. Possuem também algumas diferenças notáveis com relação as suas propriedades fisiológicas e bioquímicas, incluindo os constituintes da parede celular. São organismos heterofermentativos, que produzem ácidos acético e láctico na proporção molar de 3:2, a partir de 2 moles de hexose, sem produção de



*Expert Group on
Functional Foods in Europe*

(FUFOSE), probióticos são preparações viáveis em alimentos ou suplementos dietéticos que melhoram a saúde de humanos e animais.

O termo probiótico é de origem grega e significa “para a vida”. Os probióticos eram classicamente definidos como suplementos alimentares à base de microorganismos vivos que afetam benéficamente o animal hospedeiro, promovendo o balanço de sua microbiota intestinal. Diversas outras definições de probióticos já foram publicadas, entretanto, a definição atualmente aceita internacionalmente é que são microorganismos vivos, administrados

As bifidobactérias foram isoladas pela primeira vez no final do século XIX e são, em geral, caracterizadas por serem microorganismos gram-positivos, não formadores de esporos, desprovidos de flagelos, catalase negativa e anaeróbios. No que diz respeito à sua morfologia, podem ter várias formas, incluindo bacilos curtos e curvados, bacilos com a forma de cacete e bacilos bifurcados. Atualmente, o gênero *Bifidobacterium* inclui 30 espécies, sendo 10 de origem humana, 17 de origem animal, 2 de águas residuais e 1 de leite fermentado; esta última tem a particularidade

de apresentar uma boa tolerância ao CO_2 , exceto durante a degradação do gluconato. A enzima chave desta via metabólica fermentativa é a frutose-6-fosfato fosfoacetolase, a qual pode ser usada como marcador taxonômico na identificação do gênero, mas que não permite a diferenciação entre as espécies. Além da glicose, todas as bifidobactérias de origem humana são capazes de utilizar a galactose, a lactose e a frutose como fontes de carbono.

Já o gênero *Lactobacillus* foi isolado pela primeira vez em 1900. Esses microorganismos são geralmente caracterizados como gram-positivos, incapazes de formar esporos, desprovidos de flagelos, possuindo forma bacilar ou

coco bacilar, e aerotolerantes ou anaeróbios. O gênero compreende 56 espécies oficialmente reconhecidas, sendo que as mais utilizadas para fins de aditivo dietético são *L. acidophilus*, *L. rhamnosus* e *L. casei*. O *L. acidophilus*, o mais comum, é um bacilo gram-positivo com pontas arredondadas que se encontra na forma de células livres, aos pares ou em cadeias curtas, com tamanho típico de 0,6 a 0,9 mm de largura e 1,5 a 6 mm de comprimento. Esta espécie tem a particularidade de ser pouco tolerante a salinidade do meio e ser micro aerofílico, com crescimento em meios sólidos, favorecido por anaerobiose ou pressão reduzida de oxigênio. Uma grande parte das estirpes de *L. acidophilus* degradam amidalina, cenobiose, frutose, galactose, glicose, lactose, maltose, manose, sucrose e esculina. Os dados disponíveis apontam para uma melhor utilização da sucrose do que da lactose por parte do *L. acidophilus*, um comportamento atribuído a diferenças nas atividades da β -galactosidase e da β -frutofuranosidase; enquanto a primeira é uma enzima constitutiva do *L. acidophilus*, a segunda pode ser induzida.

Como microorganismo heterofermentativo, produz quase exclusivamente ácido láctico a partir da degradação da

glicose pela via de Embden-Meyerhof-Parnas (à taxa de 1,8 mol por mol de glicose), embora também possa produzir algum acetaldeído; este último também pode ser proveniente do metabolismo de compostos azotados (por exemplo, treonina), uma vez que o *L. acidophilus* exibe uma elevada atividade de treonina aldolase.

As condições ótimas para a sua multiplicação eficaz são temperaturas de 35°C a 40°C e valores de pH de 5,5 a 6. O crescimento do *L. acidophilus* pode ocorrer a 45°C e sua tolerância em termos de acidez do meio varia entre 0,3% e 1,9 % (v/v) de acidez titulável.

A constatação dos efeitos probióticos de aditivos bacterianos viáveis data de muitos anos e tem variado ao longo do tempo em função do conhecimento em diferentes momentos. No princípio do século XX, defendia-se que as bifidobactérias eram importantes para a saúde e nutrição das crianças, incluindo os recém-nascidos afetados por diarreias. Tal efeito era atribuído à capacidade das bifidobactérias removerem as bactérias putrefativas responsáveis pelas desordens gástricas e de se restabelecerem ecologicamente como microorganismos intestinais dominantes. Pouco tempo depois, foram atribuídas propriedades

benéficas ao iogurte, capaz de desencadear uma longevidade duradoura, alegando-se que o consumo regular de grandes quantidades de iogurte contendo espécies de *L. acidophilus* resultava em uma capacidade ampliada de controle de infecções por agentes patogênicos entéricos, associada ao controle da toxemia crônica natural, a qual tem papel fundamental no envelhecimento e, conseqüentemente, na mortalidade.

Os alvos do estudo mais comuns na avaliação do valor nutritivo de estirpes probióticas são os laticínios fermentados por lactobacilos e bifidobactérias. Tais produtos contêm elevado teor de nutrientes, que varia com o tipo de leite utilizado, o tipo de microorganismo adicionado e o processo de fabricação escolhido. De forma geral, tais efeitos, ou seja, o aumento da digestibilidade das proteínas e gorduras, a redução do conteúdo em lactose (a qual assume particular importância para os indivíduos com intolerância à lactose, devido à deficiência congênita em β -galactosidase ou a redução da atividade daquela durante desordens intestinais), a absorção acrescida de cálcio e ferro, o equilíbrio de conteúdo em várias vitaminas e a presença de alguns metabólitos secundários, acoplados à



presença de células probióticas viáveis, fazem dos leites fermentados um dos alimentos naturais mais valiosos recomendados para o consumo humano.

Um dos valores terapêuticos atribuídos às bactérias probióticas, o qual está baseado em mecanismos de ação bem estabelecidos e reconhecidos pela comunidade científica, é o efeito benéfico sobre distúrbios e infecções intestinais. O epitélio intestinal desempenha papel de barreira imunológica, estabelecendo a interface entre o conteúdo luminal e as células imunológicas subepiteliais. Qualquer perturbação a essa barreira, desencadeada por antígenos dietéticos, microorganismos patogênicos, agentes químicos ou radiações, conduz a um aumento da permeabilidade intestinal e a alterações estruturais no epitélio, as quais podem ocasionar aumento do fluxo de antígenos e provocar diversos tipos de inflamação. O uso eficaz dos agentes probióticos nessas situações é justificado, não só no tratamento, mas também na prevenção de tais alterações.

Os agentes probióticos também estão relacionados, segundo estudos científicos, a carcinogênese intestinal. Esta situação clínica é mediada por enzimas bacterianas fecais que ativam os compostos pro carcinogênicos em compostos carcinogênicos. Ensaios clínicos evidenciaram que algumas estirpes de *L. acidophilus* e *Bifidobacterium* possuem a capacidade de reduzir os níveis dessas enzimas, diminuindo, assim, o risco de desenvolvimento de tumores. O efeito benéfico é atribuído a mudança favorável que a ingestão de bactérias probióticas desencadeia na composição da flora intestinal.

Alguns probióticos podem exercer efeitos hipocolesterolêmicos, contribuindo para a diminuição do colesterol sanguíneo de maneiras distintas: utilizando o colesterol no intestino e reduzindo a sua absorção; aumentando a excreção de sais biliares e produzindo ácidos graxos voláteis no cólon, os quais podem ser absorvidos e interferir no metabolismo dos lipídios no fígado. O efeito hipocolesterolêmico é, provavelmente, exercido pela inibição da enzima 3-hidroxi 3-metilglutaril (HMG) CoA redutase, que é uma enzima taxa-limitante - que catalisa o passo principal

na biossíntese do colesterol endógeno.

Quanto ao efeito anticarcinogênico, vários mecanismos de atuação são sugeridos, incluindo o estímulo da resposta imune do hospedeiro, a ligação e a degradação de compostos com potencial carcinogênico, alterações qualitativas e/ou quantitativas na microbiota intestinal envolvidas na produção de carcinógenos e de promotores, produção de compostos antitumorígenos ou antimutagênicos no cólon, alteração da atividade metabólica da microbiota intestinal, alteração das condições físico-químicas do cólon e efeitos sobre a fisiologia do hospedeiro.

Os probióticos podem ser componentes de alimentos industrializados presentes no mercado, como leites fermentados e iogurtes, ou podem ser encontrados na forma de pó ou cápsulas.

PREBIÓTICOS DEFINIÇÃO E PROPRIEDADES

Os prebióticos constituem um grupo distinto dos probióticos. São definidos como ingredientes indigeríveis, porém fermentáveis, que afetam o hospedeiro por estimulação eletiva do crescimento e atividade de uma espécie de bactérias ou um número limitado de bactérias no cólon. Comparados com os probióticos, que introduzem bactérias exógenas para o lúmen, os prebióticos estimulam o crescimento preferencial

de um número limitado de bactérias, especialmente, mas não exclusivamente, *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*.

De todos os prebióticos disponíveis, os únicos que possuem estudos para serem classificados como componentes ativos de alimentos funcionais são os frutooligossacarídeos (FOS) e a inulina. Ambos os prebióticos são encontrados no trigo, frutas e vegetais, principalmente na cebola, chicória, alho, alcachofras, batata yacon, aspargos, beterraba, banana e tomate. Devido a sua estrutura, são fermentados no cólon por bactérias endógenas para substratos metabólicos e energéticos e promovem melhoria das funções intestinais por meio do estímulo ao crescimento de bactérias benéficas, resultando em efeitos específicos sobre a fisiologia gastrointestinal, biodisponibilidade de minerais, sistema imune, gênese de tumores e regulação do colesterol sérico.

Adicionalmente, os prebióticos podem inibir a multiplicação de patógenos, garantindo benefícios adicionais à saúde do hospedeiro. Esses componentes atuam mais frequentemente no intestino grosso, embora possam apresentar algum impacto sobre os microorganismos do intestino delgado.

Os principais prebióticos são os carboidratos mais resistentes da dieta, mas não são excluídos desta definição os não carboidratos. Segundo cientis-



tas, qualquer antibiótico que reduz o número de bactérias potencialmente prejudiciais e favorece a proliferação de bactérias que promovem a saúde pode ser considerado um prebiótico. Embora essa definição não se refira a nenhum grupo de bactérias em particular, para serem considerados prebióticos devem estimular de forma seletiva grupos bacterianos, tais como bifidobactérias, lactobacilos e eubactérias residentes no cólon. Esses grupos são considerados como particularmente benéficos para o hospedeiro humano.

Segundo o conceito prebiótico, a fermentação de forma específica de componentes não vivos de alimentos no cólon por bactérias endógenas interfere favoravelmente na saúde. Qualquer alimento que entra no intestino grosso é probiótico em potencial; no entanto, para ser eficaz, a seletividade da fermentação é essencial. O maior sucesso alcançado nesse sentido tem sido obtido com os oligossacarídeos não digeríveis. Os frutooligossacarídeos (FOS) e os galactooligossacarídeos, apesar de resistirem à digestão, são fermentados de forma específica por bifidobactérias. A ingestão desses prebióticos faz com que as bifidobactérias se tornem predominantes nas fezes. Segundo alguns estudos, uma dose de 4g de FOS por dia é considerada prebiótico. A lactose encontrada em produtos de soro também é uma precursora importante de vários compostos prebióticos.

Os galactooligossacarídeos podem ser produzidos como resultado de uma reação de transgalactosilação, que ocorre quando a lactose é hidrolisada por ação enzimática. Esses oligossacarídeos são típicos representantes de uma categoria de substâncias conhecidas como GRAS (*Generally Recognized as Safe*), geralmente consideradas seguras.

Como já mencionado, os efeitos prebióticos relaciona-se aos frutooligossacarídeos (FOS) e a inulina, sendo que diversos produtos comerciais estão disponibilizados há vários anos.

A inulina e a oligofrutose são considerados ingredientes funcionais, uma vez que exercem influência sobre os processos fisiológico e bioquímico no organismo, resultando em melhoria da saúde e em redução no risco de aparecimento de diversas doenças. As principais fontes de inulina e oligofrutose empregadas na indústria de alimentos são a chicória e a alcachofra de Jerusalém.

A inulina é um carboidrato polidisperso, constituído de subunidades de frutose ligadas entre si e a uma glicose terminal, apresentando grau médio de polimerização de 10 ou mais. Divide-se em dois grupos gerais: a inulina e os compostos a ela relacionados, ou seja, a oligofrutose e os frutooligossacarídeos (FOS). A inulina, a oligofrutose e os FOS são quimicamente similares, com as mesmas propriedades nutricionais. Essas semelhanças química e nutricional são consequentes à estrutura básica de

unidades frutossil, algumas vezes terminadas em uma unidade glicosil, bem como a sua via metabólica em comum. A única diferença entre a inulina, a oligofrutose e o FOS sintético é o grau de polimerização, ou seja, o número de unidades individuais de monossacarídeos que compõe a molécula.

A oligofrutose e os FOS são termos sinônimos utilizados para denominar frutanos do tipo inulina com grau de polimerização inferior a 10. Seus nomes derivam de oligossacarídeos (carboidratos com menos de 10 subunidades de monossacarídeos) compostos predominantemente de frutose. O termo oligofrutose é mais frequentemente empregado na literatura para descrever inulinas de cadeia curta, obtidas por hidrólise parcial da inulina da chicória. O termo FOS tende a descrever misturas de frutanos do tipo inulina de cadeia curta, sintetizados a partir da sacarose. Os FOS consistem de moléculas de sacarose compostas de duas ou três subunidades de frutose adicionais, adicionadas enzimaticamente, através de ligação à subunidade frutose da sacarose.

Alguns efeitos atribuídos aos prebióticos são a modulação de funções fisiológicas chaves, como a absorção de cálcio e o metabolismo lipídico; a modulação da composição da microbiota intestinal, a qual exerce papel primordial na fisiologia gastrointestinal; e a redução do risco de câncer de cólon. Diversos estudos demonstraram a aplicação da inulina e da oligofrutose como fator bifidogênico, ou seja, que estimula a predominância de bifidobactérias no cólon. Consequentemente, há estímulo do sistema imunológico do hospedeiro, redução nos níveis de bactérias patogênicas no intestino, alívio da constipação e diminuição do risco de osteoporose, resultante da absorção diminuída de minerais, particularmente o cálcio. Adicionalmente, há redução do risco de arteriosclerose, através da diminuição na síntese de triglicérides e ácidos graxos no fígado, e diminuição do nível desses compostos no sangue.

Assim como ocorre com outros carboidratos não digeríveis, os prebióticos exercem efeito osmótico no trato gastrointestinal, enquanto não são fermentados. Quando fermentados



pela microbiota endógena, o que ocorre no local em que exercem o efeito prebiótico, aumentam a produção de gás. Portanto, os prebióticos apresentam o risco teórico de aumentar a diarreia em alguns casos (devido ao efeito osmótico) e de serem pouco tolerados por pacientes com síndrome do intestino irritável. Entretanto, a tolerância de baixas doses de prebióticos é geralmente excelente.

Os prebióticos, como a inulina e a oligofrutose, são resistentes a digestão na parte superior do trato intestinal, sendo, subsequentemente, fermentados no cólon. Exercem efeito de aumento de volume, como consequência do aumento da biomassa microbiana que resulta de sua fermentação, bem como promovem aumento na frequência de evacuações, efeitos estes que confirmam a sua classificação no conceito atual de fibras da dieta. Quando adicionados como ingredientes funcionais em produtos alimentícios normais, os prebióticos típicos, como a inulina e a oligofrutose, modulam a composição da microbiota intestinal, a qual exerce papel primordial na fisiologia gastrointestinal. Essa modulação da microbiota intestinal por esses prebióticos é consequente a alteração da composição dessa microbiota por uma fermentação específica, a qual resulta em uma comunidade em que há predomínio de bifidobactérias.

SIMBIÓTICOS DEFINIÇÃO E PROPRIEDADES

Não podemos falar de probióticos e prebióticos sem mencionar os simbióticos.

Simbióticos (do grego, “sim” = conjunto, reunião) são alimentos ou suplementos alimentares que contêm microorganismos probióticos e ingredientes prebióticos, resultando em produtos com características funcionais dos dois grupos que, em sinergia, beneficiam o hospedeiro.

A interação entre o probiótico e o prebiótico *in vivo* pode ser favorecida pela adaptação do probiótico ao substrato prebiótico anterior ao consumo. Isso pode, em alguns casos, resultar em uma vantagem competitiva para o probiótico, se este for consumido juntamente com o prebiótico.

Alternativamente, esse efeito simbiótico pode ser direcionado às diferentes regiões “alvo” do trato gastrointestinal, os intestinos delgado e grosso. O consumo de probióticos e de prebióticos selecionados apropriadamente pode aumentar os efeitos benéficos de cada um deles, uma vez que o estímulo de cepas probióticas conhecidas leva à escolha dos pares simbióticos substrato/microorganismo ideais.

Dentre as funções dos simbióticos, a resistência aumentada das cepas contra patógenos é a melhor caracterizada. O emprego de culturas probióticas exclui microorganismos potencialmente patogênicos que têm o crescimento inibido pela produção de ácidos orgânicos (lactato, propionato, butirato e acetato) e bacteriocinas, reforçando os mecanismos naturais de defesa do organismo.

A microflora intestinal é um dos importantes constituintes da barreira de defesa intestinal, promovendo resposta imune local e em nível sistêmico, com intensa resposta inflamatória. O uso de simbióticos otimiza o sistema imunológico intestinal e favorece o controle da flora, diminuindo a incidência de infecções, devido aos probióticos aumentarem os linfócitos circulantes e citocinas, que estimulam a fagocitose.

Os prebióticos, por sua vez, aumentam a liberação de altos níveis de ácido láctico e promovem consequente redução do pH do cólon. A ação de microorganismos, principalmente de

bifidobactérias no trato digestório, influencia favoravelmente a quantidade, a biodisponibilidade e a digestibilidade de alguns nutrientes da dieta. Isso ocorre pela diminuição do pH intestinal ou pela presença do lactato de ferro no intestino ou, ainda, pela liberação, por bactérias lácticas, de diversas enzimas no lúmen intestinal, que exercem efeitos sinérgicos sobre a digestão, aliviando sintomas de deficiência na absorção de vários nutrientes, entre os quais estão o cálcio, o magnésio e o ferro, quadro comum em pacientes com pancreatite crônica. O uso de simbióticos leva ao aumento da absorção do cálcio e, provavelmente, o mecanismo dessa otimização se dá pelo aumento do pH intestinal e influência na absorção do fósforo e magnésio. O estímulo à absorção de cálcio ocorre quando substâncias prebióticas são fermentadas no cólon pela microbiota local, especialmente as bifidobactérias, produzindo gases, ácidos orgânicos e ácidos graxos de cadeia curta. Esses ácidos graxos de cadeia curta são responsáveis pela diminuição do pH do lúmen intestinal, o que ocasiona aumento da concentração de minerais ionizados e, como consequência, há aumento na solubilidade do cálcio e subsequente estímulo à sua difusão passiva e ativa.

Já o aumento da biodisponibilidade do ferro é explicado pela diminuição do pH intestinal devido à presença dos produtos de fermentação (propionato, butirato e acetato) das bifidobactérias



que ocasionam a solubilização dos minerais e de seus complexos previamente formados, aumentando a absorção de ferro solubilizado, que é melhor absorvido pela borda em escova do enterócito.

Outras hipóteses para essa melhora na absorção de ferro podem ser levantadas, como a presença do lactato de ferro, derivado do ácido láctico produzido pelos probióticos, que é melhor absorvido pelas membranas celulares do que o ferro ionizado; o aumento da biodisponibilidade do ferro pode, ainda, estar correlacionado com o aumento da absorção de cálcio, que diminui a formação de complexos insolúveis entre esse mineral e o ferro; e, ainda, o fato dos probióticos aumentarem o tempo do trânsito intestinal.

Em relação a presença de diarreia, os simbióticos atuam com sua porção probiótica por excluir as bactérias patogênicas por meio da competição pelos sítios de ligação na mucosa intestinal, bem como impedindo a adesão das bactérias patogênicas à mucosa intestinal; e com sua porção prebiótica, com a ação dos FOS, por meio de mecanismo de ação seletiva, promovendo o crescimento somente das bifidobactérias e, com isso, auxiliando no equilíbrio da microbiota intestinal.

O uso de simbióticos, entre outros benefícios, pode promover aumento do número de bifidobactérias; controle glicêmico; redução da taxa de colesterol sanguíneo; balanceamento da microbiota intestinal saudável, que auxilia na redução da obstipação e/ou diarreia; melhora da permeabilidade intestinal; e estimulação do sistema imunológico.

Os simbióticos, portanto, proporcionam a ação conjunta de probióticos e prebióticos, podendo ser classificados como componentes dietéticos funcionais que podem aumentar a sobrevivência dos probióticos durante sua passagem pelo trato digestório superior, pelo fato de seu substrato específico estar disponível para a fermentação.

MECANISMOS DE AÇÃO

Embora os probióticos e os prebióticos possuam mecanismos de atuação em comum, especialmente quanto à modulação da microbiota endógena,

diferem em sua composição e em seu metabolismo.

O destino dos prebióticos no trato gastrointestinal é mais conhecido do que o dos probióticos. Assim como ocorre no caso de outros carboidratos não digeríveis, os prebióticos exercem um efeito osmótico no trato gastrointestinal, enquanto não são fermentados. Quando fermentados pela microbiota endógena, o que ocorre no local em que exercem o efeito prebiótico, aumentam a produção de gás.

Três possíveis mecanismos de atuação são atribuídos aos probióticos, sendo o primeiro deles a supressão do número de células viáveis, através da produção de compostos com atividade antimicrobiana, a competição por nutrientes e a competição por sítios de adesão. O segundo desses mecanismos é a alteração do metabolismo microbiano, através do aumento ou da diminuição da atividade enzimática. O terceiro é o estímulo da imunidade do hospedeiro, através do aumento dos níveis de anticorpos e o aumento da atividade dos macrófagos.

O espectro de atividade dos probióticos pode ser dividido em efeitos nutricionais, fisiológicos e antimicrobianos.

Assim como ocorre no caso de outras fibras da dieta, os prebióticos, como a inulina e a oligofrutose, são resistentes à digestão na parte superior do trato intestinal, sendo, subsequentemente, fermentados no cólon. Exercem efeito de aumento de volume, como consequência do aumento da biomassa microbiana que resulta de sua fermentação, bem como promovem aumento na frequência de evacuações, efeitos estes que confirmam a sua classificação no conceito atual de fibras da dieta. Quando adicionados como ingredientes funcionais em produtos alimentícios normais, os prebióticos típicos, como a inulina e a oligofrutose, modulam a composição da microbiota intestinal, a qual exerce papel primordial na fisiologia gastrointestinal. Essa modulação da microbiota intestinal pelos prebióticos é consequente a alteração da composição dessa microbiota por uma fermentação específica, a qual resulta em uma comunidade em que há predomínio de bifidobactérias.

Os benefícios à saúde do hospedeiro atribuídos à ingestão de culturas probióticas que mais se destacam são: controle da microbiota intestinal; estabilização da microbiota intestinal após o uso de antibióticos; promoção da resistência gastrointestinal à colonização por patógenos; diminuição da população de patógenos através da produção dos ácidos acético e láctico, de bacteriocinas e de outros compostos antimicrobianos; promoção da digestão da lactose em indivíduos intolerantes à lactose; estimulação do sistema imune; alívio da constipação; aumento da absorção de minerais; e produção de vitaminas. Outros efeitos atribuídos a essas culturas são a diminuição do risco de câncer de cólon e de doenças cardiovasculares. São sugeridos, também, como benefícios à saúde do hospedeiro, a diminuição das concentrações plasmáticas de colesterol, efeitos anti-hipertensivos, redução da atividade ulcerativa de *Helicobacter pylori*, controle da colite induzida por rotavírus e por *Clostridium difficile*, prevenção de infecções urogenitais, além de efeitos inibitórios sobre a mutagenicidade.

Alguns efeitos atribuídos aos prebióticos são a modulação de funções fisiológicas-chaves, como a absorção de cálcio e, possivelmente, o metabolismo lipídico, a modulação da composição da microbiota intestinal, a qual exerce um papel primordial na fisiologia gastrointestinal, e a redução do risco de câncer de cólon. Diversos estudos experimentais mostraram a aplicação da inulina e da oligofrutose como fatores bifidogênicos, ou seja, que estimulam a predominância de bifidobactérias no cólon. Consequentemente, há estímulo do sistema imunológico do hospedeiro, redução nos níveis de bactérias patogênicas no intestino, alívio da constipação e diminuição do risco de osteoporose resultante da absorção diminuída de minerais, particularmente o cálcio. Adicionalmente, pode haver redução do risco de arteriosclerose, através da diminuição da síntese de triglicérides e ácidos graxos no fígado, bem como diminuição do nível desses compostos no sangue.

O MERCADO DE ALIMENTOS PROBIÓTICOS E PREBIÓTICOS

Hoje, uma dieta adequada é constituída não apenas de nutrientes necessários para a sobrevivência do indivíduo, mas também de nutrientes capazes de assegurar a saúde, reduzir o risco de doenças e apresentar efeito terapêutico frente a determinados processos. Os alimentos com tais características são denominados funcionais e dentre eles podem-se destacar os probióticos, prebióticos e a combinação de ambos (simbióticos).

Estima-se que os alimentos probióticos representam cerca de 65% do mercado mundial de alimentos funcionais; e essa porcentagem continua a crescer. Os exemplos mais conhecidos de alimentos probióticos são leites fermentados e iogurtes, no entanto, outros derivados lácteos como queijos, sorvetes e sobremesas já podem ser encontrados no mercado. Nos países desenvolvidos é crescente a popularidade dos alimentos funcionais contendo probióticos e isso se deve aos avanços nas pesquisas em desenvolvimento de novos produtos, que resultaram na incorporação de probióticos não só em produtos lácteos, mas também em bebidas, cereais, chocolates e, até mesmo, em produtos cárneos. A maioria dos produtos contendo probióticos protegidos é disponível em tabletes, cápsulas ou em forma de pó.

A maioria dos microorganismos probióticos são bactérias produtoras de ácido lático, que são normalmente parte de uma flora intestinal saudável. As cepas *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são comumente adicionadas em alimentos e suplementos. Estirpes de *Enterococcus spp.*, *Bacillus spp.*, *Escherichia coli* e *Saccharomyces boulardii* (levedura não patogênica) são comumente comercializadas como suplementos, mas também podem ser adicionadas aos alimentos. A viabilidade dos probióticos na alimentação depende de várias condições encontradas durante o processamento e armazenamento. A perda de probióticos durante os processos térmicos depende da capacidade da estirpe de resistir ao calor.

A maioria das bactérias probióticas são sensíveis ao calor, de modo que a



sua sobrevivência durante os processos térmicos é um grande obstáculo. O calor envolvido nos processos de cozimento pode gerar perdas significativas na viabilidade durante o processo de produção e armazenamento de pão, por exemplo. A *B. subtilis* é uma bactéria formadora de esporos, tendo a capacidade de esporular quando exposta a condições ambientais severas. Essa propriedade confere uma grande vantagem quando utilizada como probiótico em processos com temperaturas elevadas. Quando se encontra em sua forma esporulada, a *B. subtilis* pode sobreviver a choques térmicos, pH baixos, alta compressão, elevada acidez, elevada atividade de água e alto teor de açúcar e raios UV. Portanto, pode ser incorporada em qualquer etapa no processo de produção de pães, biscoitos ou outro produto cozido.

Os microorganismos probióticos, quando empregados em alimentos com alegação de propriedade funcional, devem apresentar resistência às operações de processamento e viabilidade durante o período de armazenamento do produto. Estes microrganismos devem estar presentes no produto em concentração significativa e, para que ocorra ação benéfica no intestino, devem ser capazes de sobreviver à acidez estomacal e aos sais biliares.

Os produtos lácteos são os mais comumente utilizados como veículos de bactérias probióticas, com apelo de alimento funcional.

Os leites fermentados produzidos com bactérias probióticas, tais como *Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* e *Lactobacillus casei*, em conjunto ou não com as culturas iniciadoras

de iogurte, *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, constituem, atualmente, o maior grupo de alimentos probióticos.

Os microorganismos probióticos são geralmente introduzidos em leites fermentados, iogurtes, sobremesas lácteas, sorvetes e queijos. Para o desenvolvimento de um alimento probiótico, aspectos tecnológicos devem ser considerados, tais como a composição e o processamento do alimento, a viabilidade da cultura e as condições de armazenamento do produto final.

Os produtos lácteos contêm proteínas, gorduras, lactose, minerais e vitaminas; são considerados nutritivos e veículos adequados para o desenvolvimento e a sobrevivência dos probióticos. Alimentos com baixo valor nutritivo, reduzida atividade de água e baixo pH, como os sucos, cereais e queijos duros, porém, apresentam condições desfavoráveis para a sobrevivência dos probióticos.

O desenvolvimento de produtos probiótico não lácteos é um desafio para a indústria de alimentos, devido à dificuldade de crescimento e de sobrevivência de microorganismos probióticos em ambientes considerados adversos.

As culturas probióticas devem manter elevadas populações durante a produção e armazenamento do alimento, de forma que no momento do consumo, estejam presentes acima de 106 UFC por grama de produto, para que os efeitos benéficos sejam obtidos.

Diversos tipos de queijo foram testados como veículos para cepas probióticas de *Lactobacillus* e de *Bifidobacterium*, revelando-se apropriados, entre eles, o Cheddar, o Gouda, o Crescenza, o Árzúa-Ulloa, o Caciocavallo Pugliese e queijos frescos, incluindo o Minas frescal.

Entretanto, é importante salientar que um produto probiótico deve conter uma ou mais cepas bem definidas, uma vez que os efeitos probióticos são específicos para determinadas cepas em especial. Assim sendo, a validação da função probiótica ou o monitoramento do impacto probiótico de uma preparação de microorganismos com uma composição desconhecida é cientificamente inaceitável.

LA ERA DE LOS PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS

Los consumidores son cada vez más conscientes de la relación entre una buena nutrición y la salud y, en consecuencia, ha aumentado la demanda de alimentos que, además de nutrir, proporcionan beneficios para la salud. Para atender este mercado, las bacterias probióticas y prebióticas han sido incorporadas en una amplia variedad de alimentos y bebidas que forman parte de una dieta normal, como los yogures, quesos, helados, jugos, chocolates, cereales y productos cárnicos.

La Organización Mundial de la Salud define probióticos como organismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren beneficios a la salud del huésped. De acuerdo con la legislación brasileña, el probiótico se define como un suplemento alimenticio microbiano vivo que afecta de manera benéfica al organismo por la mejora en su balance microbiano. El consumidor conoce los probióticos no por sus definiciones científicas, sino como parte de los alimentos; De acuerdo con la definición dada por el EU *Expert Group on Functional Foods in Europe* (FUFOSE), los probióticos son preparaciones viables en alimentos o suplementos dietéticos que mejoran la salud de los seres humanos y los animales.

El término probiótico es de origen griego y significa “para la vida”. Los probióticos son clásicamente definida como suplementos alimenticios a base de microorganismos vivos que influyen beneficiosamente el animal hospedador, promoviendo el balance de su microbiota intestinal. Varias otras definiciones de los

probióticos ya han sido publicados, sin embargo, la definición internacionalmente aceptada actualmente es que son microorganismos vivos administrados en cantidades adecuadas, que confieren beneficios a la salud del huésped.

Como una función benéfica en el organismo, los probióticos tienen efecto sobre el equilibrio bacteriano intestinal, el control del colesterol y las diarreas y la reducción del riesgo de cáncer.

Los cultivos probióticos son suplementos microbianos que aumentan de manera significativa el valor nutritivo y terapéutico de los alimentos. Entre los diversos géneros que integran ese grupo, se destacan el *Bifidobacterium* y el *Lactobacillus* y, en particular, la especie *Lactobacillus acidophilus*.

Los probióticos pueden ser componentes de los alimentos industrializados presentes en el mercado, tales como la leche fermentada y yogur, o pueden encontrarse en forma de polvo o cápsulas.

Ya los prebióticos constituyen un grupo distinto de los probióticos. Se definen como ingredientes indigeribles, sin embargo fermentables, que afectan al huésped por estimulación electiva del crecimiento y actividad de una especie de bacterias o un número limitado de bacterias en el colon. En comparación con los probióticos que introducen bacterias exógenas al

lumen, los prebióticos estimulan el crecimiento preferencial de un número limitado de bacterias, especialmente, pero no exclusivamente, *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*.

No podemos hablar de probióticos y prebióticos sin mencionar los simbióticos, definidos como alimentos o

suplementos alimenticios que contienen microorganismos probióticos e ingredientes prebióticos, resultando en productos con las características funcionales de los dos grupos que, en sinergia, benefician al huésped.

Aunque los probióticos y los prebióticos poseen mecanismos de actuación en común, especialmente en cuanto a la modulación de la microbiota endógena, difieren en su composición y en su metabolismo.

Tres posibles mecanismos de acción son atribuidos a los probióticos, siendo la primera a la supresión del número de

células viables, a través de la producción de compuestos con actividad antimicrobiana, la competencia por nutrientes y la competencia por sitios de adhesión. El segundo de estos mecanismos es la alteración del metabolismo microbiano, a través del aumento o de la disminución de la actividad enzimática. El tercero es el estímulo de la inmunidad del huésped, a través del aumento de los niveles de anticuerpos y el aumento de la actividad de los macrófagos.

Hoy en día, una dieta adecuada se compone no sólo de nutrientes necesarios para la supervivencia del individuo, sino también de nutrientes capaces de asegurar la salud, reducir el riesgo de enfermedades y presentar un efecto terapéutico frente a determinados procesos. Los alimentos con tales características se denominan funcionales y entre ellos se pueden destacar los probióticos, prebióticos y la combinación de ambos (simbióticos). Se estima que los alimentos probióticos representan alrededor del 65% del mercado mundial de alimentos funcionales; y este porcentaje sigue creciendo. Los ejemplos más conocidos de alimentos probióticos son leches fermentadas y yogures, sin embargo, otros derivados lácteos como quesos, helados y postres ya se pueden encontrar en el mercado. En los países desarrollados es creciente la popularidad de los alimentos funcionales que contienen probióticos y esto es debido a los avances en la investigación en desarrollo de nuevos productos, que resultaron en la incorporación de los probióticos no sólo en los productos lácteos, sino también en bebidas, cereales, chocolates, y incluso en productos cárnicos. La mayoría de los productos que contienen probióticos protegidos están disponibles en tabletas, cápsulas o en polvo.

La mayoría de los microorganismos probióticos son bacterias productoras de ácido láctico, que normalmente son parte de una flora intestinal sana. Las cepas *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* se agregan comúnmente en los alimentos y los suplementos. Las cepas de *Enterococcus spp.*, *Bacillus spp.*, *Escherichia*

coli y *Saccharomyces boulardii* (levadura no patógeno) son comúnmente comercializados como

suplementos, pero también pueden añadirse a los alimentos. La viabilidad de los probióticos en la alimentación depende de varias condiciones encontradas durante el procesamiento y el almacenamiento. La pérdida de probióticos durante los procesos térmicos depende de la capacidad de la cepa para resistir el calor.

La mayoría de las bacterias probióticas son sensibles al calor, de modo que su supervivencia durante los procesos térmicos es un gran obstáculo. El calor involucrado en los procesos de cocción puede generar pérdidas significativas de viabilidad durante el proceso de producción y almacenamiento de pan, por ejemplo. La *B. subtilis* es una bacteria que forma esporas, teniendo la capacidad para esporular cuando está expuesto a condiciones ambientales. Esta propiedad confiere una gran ventaja cuando se utiliza como probiótico en procesos con temperaturas elevadas. Cuando se encuentra en su forma esporulada, la *B. subtilis* puede sobrevivir a choques térmicos, pH bajos, alta compresión, elevada acidez, elevada actividad de agua y alto contenido de azúcar y rayos UV. Por lo tanto, puede ser incorporada en cualquier etapa en el proceso de producción en pan, galletas u otro producto cocido.

Los microorganismos probióticos, cuando se emplean en alimentos con declaración de propiedades funcional, deben presentar resistencia a las operaciones de procesamiento y de viabilidad durante el período de almacenamiento del producto. Estos microorganismos deben estar presentes en el producto en una concentración significativa y, para que ocurra acción benéfica en el intestino, deben ser capaces de sobrevivir a la acidez estomacal y a las sales biliares.

Los productos lácteos son los más comúnmente utilizados como vehículos de bacterias probióticas, con llamamiento de alimento funcional.

La leche fermentada producida con bacterias probióticas, tales como

Bifidobacterium, *Lactobacillus acidophilus* e *Lactobacillus casei*, en conjunto o no con los cultivos iniciadores de yogurt, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, constituyen actualmente el mayor grupo de alimentos probióticos.

Los microorganismos probióticos son generalmente introducidos en leches fermentadas, yogures, postres lácteos, helados y quesos. Para el desarrollo de un alimento probiótico, aspectos tecnológicos deben ser considerados, tales como la composición y el procesamiento de los alimentos, la viabilidad de la cultura y las condiciones de almacenamiento del producto final.

Los productos lácteos contienen proteínas, grasas, lactosa, minerales y vitaminas; se consideran nutritiva y vehículos apropiados para el desarrollo y la supervivencia de los probióticos. Los alimentos con bajo valor nutritivo, poca actividad de agua y bajo pH, como los jugos, cereales y quesos duros, sin embargo, presentan condiciones desfavorables para la supervivencia de los probióticos.

El desarrollo de producto probiótico no lácteo es un desafío para la industria de alimentos, debido a la dificultad de crecimiento y de supervivencia de microorganismos probióticos en ambientes considerados adversos.

Los cultivos probióticos deben mantener altas poblaciones durante la producción y el almacenamiento del alimento, de forma que en el momento del consumo, estén presentes por encima de 10⁶ UFC por gramo de producto, para que los resultados benéficos sean obtenidos. Se han probado varios tipos de queso como vehículos para cepas probióticas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, que se revelan apropiados, entre ellos, el Cheddar, el Gouda, el Crescenza, el Árzúa-Ulloa, el Caciocavallo Pugliese y quesos frescos, incluyendo el Minas fresco.