

Pectinas

Propriedades funcionais e aplicações



Uma das principais propriedades da pectina é o seu poder gelificante, tornando-a ideal para uso nas indústrias processadoras de frutas, na produção de doces e confeitos, em confeitaria industrial e nas indústrias láctea e de bebidas.

PECTINAS INDUSTRIAS

A definição exata de pectina comercial utilizada na indústria alimentícia tem variado ao longo dos anos, à medida que sua estrutura e relação com outros polissacarídeos vegetais contendo unidades de ácido galacturônico se tornaram mais claras. Essa classe mais ampla de substâncias pécicas tem sido estudada extensivamente, tanto em relação a sua biossíntese, quanto ao seu en-

volvimento na estrutura dos tecidos vegetais. Muitos destes materiais contêm quantidades substanciais de uma gama de açúcares neutros, especialmente arabinose e galactose, com quantidades menores de ramnose, xilose e glucose, e estão frequentemente associados a outros polímeros contendo açúcares totalmente neutros. **As pectinas comerciais são caracte-**

rizadas pelo alto teor de ácido galacturônico e isso se tornou parte da definição legal para a pectina usada como aditivo alimentício.

A pectina refere-se a uma família de oligossacarídeos e polissacarídeos com características comuns, todavia extremamente diversos em sua estrutura. O esqueleto pécico é primariamente um homopolímero de ácido galacturônico ligado em





$\alpha(1\rightarrow4)$, com grau variável de grupos carboxilas metil esterificados. A pectina deve ser constituída de, no mínimo, 65% de ácido galacturônico.

Industrialmente, o termo pectina é usado de forma genérica para designar preparações de galacturonoglicanas hidrossolúveis, com graus variáveis de éster metílico e de neutralização que são capazes de formar gel. Alguns dos grupos carboxila da pectina estão metilados, alguns estão na forma livre e outros na forma de sais de sódio, potássio ou amônio, mais frequentemente na forma de sódio.

A pectina é obtida de matérias-primas vegetais, como por exemplo, casca de limão e lima, uva, laranja e maçã. Das diversas matérias-primas pode-se extrair muitas variedades de pectina e, desse extrato de pectina, pode-se obter industrialmente, através de diferentes procedimentos, uma pluralidade de tipos de pectina com propriedades específicas.

As pectinas cítricas são extraídas principalmente das peles do limão e da lima e, em menor propor-

ção, de laranjas e *grapefruits*. Esse bagaço, que é um subproduto da extração do suco e do óleo essencial, contém alto teor de pectina com as propriedades desejadas.

O bagaço da maçã, ou seja, o resíduo da extração do suco, é a matéria-prima utilizada para a produção de pectina comercial de maçã. São normalmente mais escuras (tonalidade marrom) do que as pectinas cítricas, mas as propriedades funcionais não apresentam diferenças essenciais. As pectinas comumente encontradas na natureza apresentam-se sob diversas formas. Nos tecidos dos frutos imaturos, as pectinas presentes são denominadas de protopectinas, que encontram-se ligadas ao cálcio das paredes celulares, formando o pectato de cálcio, o qual é insolúvel em água e tem a maior parte dos seus grupos carboxílicos esterificados. A protopectina é abundante em frutas verdes que já tenham atingido o pleno desenvolvimento. Durante o subsequente amadurecimento, é hidrolisada para pectina; durante o apodrecimento ou o amadurecimento demasiado, a pectina pode ser decomposta e formar álcool metílico e ácido péctico.

Os ácidos pectínicos são obtidos a partir da hidrólise da protopectina pela ação das enzimas poligalacturonases. São considerados substâncias coloidais, não necessariamente solúveis em água e que contém uma proporção variável de grupos metoxilas na forma de ésteres.

Os ácidos pécticos se originam da ação das enzimas pectinametilsterase durante o processo de amadurecimento, promovendo a remoção dos grupos metílicos dos polímeros, dando origem às substâncias pécticas.

As pectinas são subdivididas em função do grau de esterificação ou metoxilação, ou seja, pectinas de alta esterificação (ATM) ou pectinas HM; pectinas de baixa esterificação (BTM) ou pectinas LM; e pectinas amidadas de baixa esterificação ou pectinas amidadas LM.

As pectinas com grau de metoxilação superior a 50% são denominadas pectinas com alto teor de metoxilas (ATM) e as com grau de metoxilação inferior a 50% são as pectinas com baixo teor de metoxilas (BTM). Em ambos os casos, os grupos carboxilas remanescentes estão presentes como uma mistura na forma de ácidos livres (-COOH) e sais (-COO-Na+). O grau de amidação indica a porcentagem de grupos carboxilas na forma amida. Os graus de metoxilação e de amidação influenciam fortemente as propriedades funcionais, tais como solubilidade, capacidade de gelificação, temperatura e condições de gelificação das pectinas.

Devido a grande variedade de matérias-primas existem também grandes diferenças no poder geleificante de preparações de pectina. A pectina comercial em pó pode ser classificada como de alta metoxilação, com percentual de grupamentos esterificados na cadeia (grau



de esterificação ou DE) superior a 50%, porém na prática, apresenta-se entre 50% e 75%, ou de baixa metoxilação, com DE inferior a 50%, na prática, entre 20% e 45%.

As pectinas comerciais são produtos padronizados com sacarose, glicose ou lactose até grau de geleificação de 150°US SAG, para assegurar ao usuário a mesma força de gel. A padronização pode modificar a estrutura química das pectinas, promovendo a saponificação parcial de ésteres ou a amidação de grupamentos ácidos.

Devido a capacidade de geleificação depender da massa molar e grau de esterificação, as pectinas de diferentes fontes não apresentam a mesma habilidade de formação de gel em função das variações nestes parâmetros.

PRODUÇÃO INDUSTRIAL

As primeiras citações sobre pectina datam de um artigo inglês de 1750 sobre preparação de geleia de maçã. A descoberta da pectina, enquanto composto químico, foi feita em 1790 e, no ano de 1824, foi caracterizada como composto das frutas responsável pela formação do gel, tendo o nome sugerido de pectina, proveniente do grego πηκτος, que significa "espesso". A ocorrência de substâncias pécticas diferindo em solubilidade e facilidade de extração é conhecida desde 1848, quando foi reportada a existência de um precursor péctico insolúvel em água, denominado posteriormente de protopectina. Até meados de 1930, a pectina era considerada como uma pequena estrutura cíclica; em 1923, foi sugerido que a pectina era um polímero complexo.

A obtenção de um extrato líquido de pectina foi registrada em 1908, na Alemanha, e o processo propagou-se rapidamente para os Estados Unidos. A produção de pectina desenvolveu-se aos poucos, no início do século XX, na Europa e nos Estados Unidos, usando principalmente o bagaço

de maçã. A primeira fábrica de pectina cítrica foi construída em 1926, na Califórnia, nos Estados Unidos.

O potencial uso e aplicação do bagaço de maçã, subproduto até então descartado da produção do suco, foi descoberto na década de 1930. Já em 1940, cerca de 60% da pectina produzida no mundo era de bagaço cítrico, devido a abundância de matéria-prima gerada pela industrialização de sucos.

A produção industrial brasileira de pectina teve início no ano de 1954, na cidade de Limeira, SP.

A pectina comercial é obtida a partir da extração com ácido do albedo de frutas cítricas (20% a 30% de pectina) e de polpa de maçã (10% a 15% de pectina).

A escolha da matéria-prima influencia nas propriedades específicas do produto acabado. Assim, os critérios para a seleção da matéria-prima são, por exemplo, as propriedades das protopectinas, seu peso molecular, o grau de esterificação com metanol ou ácido acético, respectivamente, ou o conteúdo em açúcar neutro.

Para chegar a determinadas características requeridas para aplicações específicas, os produtores podem misturar as matérias-primas para obter diversas qualidades de pectinas com características gelificantes específicas.

Embora a extração de pectina

varie de acordo com a matéria-prima, em linhas gerais, o processo compreende: extração do vegetal de origem em meio aquoso ácido; purificação desse líquido extraído e isolamento da pectina por precipitação.

A maior parte da pectina solúvel em água permanece no suco e a remanescente é insolúvel. A solubilização dessa fração menos solúvel envolve processos físicos e químicos, sendo acompanhada por inevitável e não controlada remoção de açúcares neutros da cadeia lateral, bem como pela hidrólise de ligações ésteres.

A extração em meio ácido sob aquecimento é o método utilizado industrialmente para obtenção de pectinas a partir de resíduos industriais de sucos de frutas. Diferentes ácidos podem ser utilizados nesse processo.

As condições são variáveis, mas, via de regra, um pH na faixa de 1,5 a 3,0 é utilizado por 0,5 a 6,0 horas, em uma faixa de temperatura de 60°C a 100°C. A razão sólido-líquido é geralmente 1:18, sendo cerca de 1:15 para o bagaço de maçã e 1:35 para o bagaço cítrico, ambos desidratados.



Industrialmente, a pectina extraída é separada do bagaço utilizando prensas hidráulicas e/ou centrifugação. Algumas vezes, ocorre gelatinização do amido e é necessário tratamento enzimático preliminar com amilases. Subsequentemente, o extrato é filtrado e, finalmente, concentrado. Na preparação de pectinas em pó, o extrato líquido concentrado é tratado com solventes orgânicos ou certos sais metálicos para precipitar os polímeros.

A pectina precipita em concentrações de etanol mais elevadas do que 45% (m/v). Metanol, etanol e 2-propanol podem ser usados.

Para minimizar o volume de álcool, o extrato clarificado pode ser concentrado em evaporadores multiestágio até 3% a 4% de teor de pectina. O precipitado obtido pela adição de etanol é lavado posteriormente para remover contaminantes na forma de metais pesados, resíduos de agrotóxicos, ácidos, açúcares, compostos fenólicos, pigmentos e outros materiais insolúveis em álcool. A pectina precipitada é coletada, seca e moída.

De uma forma geral, no armazenamento, mesmo pulverizadas, as pectinas sofrem algumas despolimerizações e desmetilações, em um processo de auto-hidrólise, mesmo na forma pulverizada, principalmente se a pectina estiver na forma ácida e a taxa de umidade acima de 5%. O pH de estabilidade situa-se entre 3,5 e 4,5.

Pectinas com rápida geleificação, com grau de metoxilação maior do que 70%, são tipicamente extraídas em pH 2,5 e 100°C por 45 minutos. Pectinas com velocidade média ou lenta de geleificação são extraídas em temperaturas mais baixas por períodos mais longos de tempo (por exemplo, 60°C, 4 horas), visto que em baixas temperaturas o procedimento de desesterificação é mais rápido do que a despolimerização. O extrato obtido tipicamente contém entre 0,3% e 0,5% de pectina.

A obtenção de uma pectina de qualidade reológica elevada pode

favorecer o custo/benefício no balanço final para a obtenção de uma pectina comercial, um produto padronizado que visa assegurar aos clientes a força do gel descrita e desejada.

PROPRIEDADES GERAIS.

Um conhecimento detalhado da estrutura da pectina e de suas propriedades é necessário para assegurar um produto adequado a cada processo.

Em todas as pectinas naturais, parte dos grupos carboxilas da cadeia principal de ácido galacturônico está esterificada, sendo os substitutos mais comuns os grupos metila. Essa substituição é expressa como grau de esterificação (DE) ou grau de metilação (DM). Embora na prática sejam utilizados de forma indistinta, o grau de metilação corresponde ao percentual do total de resíduos de ácido galacturônico esterificado apenas com grupo metoxila, enquanto o grau de esterificação corresponde a razão dos grupamentos esterificados de ácido D-galacturônico pelo total de grupamentos de ácido galacturônico. O grau de esterificação inclui outros grupos capazes de promover a esterificação, além dos grupos metila, como os grupos acetila. O valor global de esterificação é um importante fator de influência sobre a geleificação, associado com outras variáveis interdependentes, como massa molar, heterogeneidade, pH, grau de amidação, presença de açúcares e outros solutos.

As pectinas em soluções diluídas apresentam comportamento de fluidos Newtonianos, mas em concentrações moderadas, exibem comportamento não Newtoniano, resultando, neste caso, em medidas de viscosidade aparente. Em geral, as pectinas mostram comportamento pseudoplástico, independente do seu grau de metoxilação. Assim, o decréscimo da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento torna-se mais importante quando a concentração do polímero e a

massa molar aumentam. Para baixas concentrações, a viscosidade é intimamente independente da tensão de cisalhamento.

Os géis de pectina são comumente vistos como sistemas híbridos de duas fases, com alto grau de interface entre o sistema contínuo, sob a forma de rede tridimensional com longas cadeias de ácidos pectínicos, e a fase aquosa aprisionada, igualmente contínua ou finamente dispersa. Em certos casos, as funções acetilas reduzem fortemente o poder geleificante, sendo que 2,6% de acetilas já reduzem quase que completamente essa característica. Já o ácido péctico, fortemente acetilado, pode mostrar uma aptidão à geleificação em meio ácido açucarado. Assim, a geleificação, prejudicada por quantidades relativamente fracas de grupos acetilas, torna-se novamente possível quando uma forte acetilação recria uma nova superfície hidrofóbica de grupos acetilas.

Em numerosos casos, observa-se uma estreita relação entre o poder geleificante e o grau de polimerização, bem como a viscosidade intrínseca. Alguns fatores alteram a relação entre a massa molar e o poder geleificante, como a presença de cadeias ou grupos laterais, que ocultam os grupos funcionais necessários para a geleificação. O padrão de distribuição das cadeias laterais influencia a geleificação das pectinas.

A massa molar das pectinas pode ser variável de acordo com a fonte vegetal, matéria-prima e condições de extração, mas sua determinação é um desafio devido aos problemas de heterogeneidade e agregação, além da usual larga distribuição.

Comparativamente, os valores de massa molar das pectinas são notadamente menos elevados do que os da celulose ou do amido. Os valores citados na literatura variam entre 20.000 a 360.000 g.mol⁻¹ e as amostras comerciais entre 35.000 a 120.000 g.mol⁻¹, segundo o tipo de pectina. Em função da polimolecularidade das substâncias



pécticas, os valores médios podem diferir até de um fator de 10.

PROPRIEDADE GELIFICANTE

O uso da pectina em produtos alimentícios como agente geleificante é tradicional e constitui uma das suas principais propriedades.

A associação de cadeias de pectina leva a formação de uma estrutura tridimensional, ou seja, a construção de um gel. Trata-se de tramas largas de sequência regular, as quais se interrompem mediante a incorporação de ramnose e ramificações na cadeia. Duas ou mais tramas da cadeia se sobrepõem mutuamente e interagem reciprocamente.

A formação de um gel, estado onde o polímero é dissolvido completamente, é obtida através de fatores físicos ou químicos que tendem a diminuir a solubilidade da pectina, favorecendo a formação de cristalização local.

Um dos fatores mais importantes que influencia a solubilidade da pectina, ou seja, a tendência para a formação de gel, é a temperatura.

Ao esfriar uma solução quente que contém pectina, os movimentos térmicos das moléculas diminuem e a sua tendência à combinação em

uma rede de gel aumenta.

Qualquer sistema que contém pectina em condição potencial de gelificação tem uma temperatura limite acima da qual a gelificação nunca ocorrerá. Abaixo dessa temperatura crítica, as pectinas com baixo teor de metoxilas gelificam quase que instantaneamente, enquanto que a gelificação de pectinas de alta esterificação depende do fator tempo, ou seja, o tempo necessário para chegar-se à temperatura na qual a gelificação ocorre. Ao contrário das pectinas com baixo teor de metoxilas, os géis formados por pectinas de alta esterificação são termorreversíveis.

As pectinas com teor de grupos metoxílicos superior a 70% são chamadas de pectinas rápidas, por gelificarem em temperatura mais alta do que as pectinas de mais baixo teor de grupos metoxílicos.

Outro fator que influencia a solubilidade da pectina é o tipo de pectina utilizado. A distribuição global dos grupos hidrófilos e hidrofóbicos na molécula de pectina determina a solubilidade (tendência para gel) de uma pectina específica.

O grau de esterificação de uma pectina de éster influencia as propriedades de gelatinização. O grupo éster é menos hidrofílico do que o

grupo ácido e, conseqüentemente, uma pectina com alto grau de esterificação gelifica em mais alta temperatura do que uma pectina com menor grau de esterificação.

A solubilidade do sal de cálcio em pectinas totalmente desesterificadas (ácido poligalacturônico) é extremamente baixa e em pectinas BTM, podendo-se observar uma tendência semelhante para precipitação (formação de gel) na presença de íons de cálcio. A introdução de grupos amida na molécula de pectina BTM tende para que a pectina seja menos hidrófila, aumentando a tendência para formação de géis. Na prática, as pectinas amidadas de baixo grau de esterificação apresentam uma faixa de trabalho maior com relação ao conteúdo em cálcio e, com um grau de amidagem maior, permitem trabalhar com temperaturas de gelificação maiores.

O pH é outro fator de influência na solubilização. A pectina é um ácido com valor pK de aproximadamente 3,5, aumentando a relação entre os grupos ácidos dissociados e grupos ácidos não dissociados. Assim, a tendência para formar géis aumenta fortemente diminuindo-se o pH do sistema. Isso é especialmente evidente nas pectinas ATM, que normalmente requerem um pH abaixo de 3,5 para formar géis.

O açúcar e outros solúveis semelhantes também tem influência na solubilidade da pectina, pois tendem a desidratar as moléculas

de pectina em solução. Quanto mais sólidos tiver, menos água será disponível para agir como solvente para a pectina e a tendência em cristalizar ou gelificar será, então, favorecida.

Acima de 85% dos sólidos solúveis, o efeito de desidratação é tão forte que dificilmente pode-se controlar a gelatinização de qualquer tipo de pectina comercial. As pectinas ATM formam géis em presença de sólidos solúveis da ordem de 55%. Para cada valor de sólidos solúveis acima dessa porcentagem existe um valor de pH para o qual a gelificação é ótima e uma faixa de pH na qual a gelificação pode ser obtida na prática.

As pectinas do tipo BTM podem gelificar para qualquer nível de sólidos solúveis. A pectina de alto éster forma géis com sólidos solúveis até aproximadamente 55% para cada sólido solúvel.

A solubilidade da pectina também é influenciada pelos íons de cálcio. Diferente da pectina ATM, a pectina BTM forma géis na presença de cátions divalentes, como o cálcio. As pectinas BTM desmetoxiladas demandam uma quantidade razoavelmente alta de cálcio, dentro de limites bastante estreitos, para produzir um gel de consistência ótima. As pectinas BTM amidadas mostram maior flexibilidade nesse aspecto. Para ambos os tipos de pectinas, um aumento na concentração de cálcio

resulta em aumento na força do gel e temperatura de gelificação maior, até o ponto onde ocorre uma pré-gelatinização, ou seja, a temperatura de gelificação perto do ponto de ebulição.

MULTIFUNCIONALIDADE DE APLICAÇÕES

As pectinas sempre foram um constituinte natural dos alimentos. São usadas como agente gelificante, espessante, texturizante, emulsificante e estabilizante, nas indústrias processadoras de frutas, na produção de doces e confeitos, em confeitaria industrial, na indústria láctea e na indústria de bebidas. Nos últimos anos, também tem sido usadas como substituto de gordura ou açúcar em alimentos de baixa caloria.

A multifuncionalidade da pectina origina-se da natureza de suas moléculas, nas quais existem regiões polares e não polares que permitem sua incorporação em diferentes sistemas alimentares. A funcionalidade da molécula de pectina é determinada por vários fatores, incluindo o grau de metoxilação e o tamanho molecular. Como esses parâmetros são muito complicados para serem determinados no uso industrial de pectinas, a funciona-





lidade para uso comercial é avaliada pelos graus de pectina. Os graus de pectina baseiam-se no número de partes de açúcar que uma parte de pectina gelificará até uma firmeza aceitável sob condições padrão de pH 3,2 a 3,5, açúcar 65% a 70% e pectina nos limites de 1,5% a 2,0%. Pectinas de 100 a 500 graus estão disponíveis no mercado. Sua aplicação como hidrocolóide alimentar baseia-se principalmente em suas propriedades gelificantes. A seleção de pectina para um determinado alimento depende de muitos fatores, incluindo a textura necessária, o pH, a temperatura de processamento, a presença de íons, as proteínas e o prazo de validade esperado do produto.

Doces e geleias são os principais tipos de alimentos que usam grandes quantidades de pectinas. A confecção de geleia consiste em um breve cozimento da fruta para liberar suco e pectina através da conversão em protopectina para pectina solúvel. Dependendo dos requisitos, pectinas adicionais podem ser adicionadas a qualquer momento durante este processo. A pectina pode ser adicionada como um pó seco misturado com açúcar como meio dispersan-

te ou como uma solução. É, no entanto, desejável utilizar soluções concentradas de pectina devido a sua conveniência e dissolução completa da pectina e porque a pectina pode ser adicionada no final do processo, sujeitando-a a menos aquecimento. Soluções de pectina de concentrações variando de 4% a 8% podem ser preparadas pela adição de pectina misturada com açúcar a água em um misturador de alta velocidade. Quando o pó seco é usado, é importante dissolvê-lo completamente antes de adicionar açúcar, pois os açúcares acima de 20% retarda a hidratação da pectina.

A demanda por compotas e geleias com menos ou mesmo sem açúcar está aumentando, em parte devido a consumidores preocupados com calorias e em parte para suprir a necessidade de produtos sem açúcar para diabéticos. Em tais produtos, é utilizada a pectina LM que forma os géis de pectina-cálcio nos produtos. Outras gomas naturais, como agar e carragenina, também são usadas em produtos com baixo teor de açúcar. As vantagens das pectinas LM sobre estas gomas é a sua maior estabilidade sob condições ácidas, embora a dificuldade

de controlar o tempo de endurecimento dos géis de pectina LM possa ser uma desvantagem.

As pectinas são responsáveis, em grande parte, pelas propriedades atraentes das geleias de frutas: geleia lisa, sinérese mínima, superfície brilhante, boa untabilidade, distribuição homogênea das frutas e o gosto típico e naturalmente frutado. Os processadores procuram, particularmente, pectinas que permitem ligar de forma homogênea os pedaços de frutas, que facilitem o envasamento e que formem o gel a baixa temperatura. As geleias e compotas são preparadas à base de frutas ou de suco de frutas, de açúcar, de ácidos alimentícios e de pectinas. Para produtos com teor de açúcar com mais de 60% e pH de cerca de 3,0, as pectinas com alta esterificação (ATM) são as mais adequadas, na dosagem de 0,2% a 0,4%, oferecendo condições ótimas de gelificação. Em contrapartida, nos produtos com teor reduzido de açúcar, a melhor opção é utilizar pectinas do tipo BTM. As propriedades de textura e realçador de gosto natural das frutas fazem das pectinas, desde muito tempo, o ingrediente indissociável das geleias e compotas. Cerca de 80% da produção mundial de pectinas ATM é usada na fabricação de geleias e compotas.

A pectina é usada para fazer geleias instantâneas que são aplicadas em muitos produtos de panificação. A pectina HM, sendo termicamente estável, é usada para fazer geleias que são colocadas na massa e assadas sem que seja fluidificada. Se o teor de fibras da fórmula for aumentado, os emaranhamentos de fibras reforçarão ainda mais a estrutura do gel, tornando-o mais estável. A pectina LM pode ser usada para produzir geleias ou geleias de padaria com uma ampla gama de sólidos solúveis e acidez aplicáveis. O uso de pectina LM requer uma maior quantidade de pectina na fórmula, em comparação com a pectina HM, para aproximar a mesma firmeza.

No setor de confeitaria indus-

trial as pectinas são utilizadas, principalmente, em preparação de frutas resistentes ao cozimento. Os recheios, quase sempre fornecidos em lotes industriais, devem ter para o processo uma consistência elástica, pastosa, de fácil bombeamento e dosagem. As operações mecânicas, como o enchimento, não podem alterar a estrutura do gel, de forma indesejável. No caso de preparados de frutas resistentes ao calor, é conveniente assegurar uma temperatura de fusão elevada e uma perfeita estabilidade dimensional no forno para evitar qualquer deformação ou dessecação. Os produtos guardam, assim, na saída do forno, todo seu atrativo e gosto típico de frutas.

O nappage, chamado de cobertura, protege as frutas do ressecamento e confere aos produtos sua superfície brilhante. A textura dessas coberturas deve atender a exigências particularmente rígidas e é controlada com precisão graças ao uso de pectinas amidadas, estandardizadas sob medida para esse tipo de aplicação.

Em doces e confeitados as pectinas dão a textura elástica e estética, bem como fortalecem naturalmente o aroma da fruta e propiciam uma quebra lisa e brilhante. Para o confeiteiro é importante ter uma solubilidade excelente das pectinas e uma “regulação” precisa no que tange a temperatura e tempo de gelificação. As aplicações das pectinas nesse setor são praticamente ilimitadas: pastas de frutas, molhos para sobremesas, recheios tenros e cremosos para bombons de chocolate e açúcar cozido, pastas para revestimentos, etc.

A pectina HM é usada para fazer doces aromatizados. A pectina de sabor neutro (sem aroma da fruta) pode ser usada para fazer produtos de confeitaria aos quais possa ser adicionado um sabor de escolha. A pectina também é usada para fazer cerejas artificiais, onde o meio completamente sintético torna possível controlar as condições de ajuste. A pectina é usada em revestimentos comestíveis para inibir a

migração de lipídios em produtos de confeitaria.

Nos iogurtes de frutas, a pectina confere uma distribuição homogênea das frutas e uma bela superfície lisa. Nos iogurtes com frutas e geleias no fundo do pote é a pectina que assegura a estabilização necessária e, conseqüentemente, a separação entre frutas e iogurte.

Nos iogurtes de beber, as pectinas ATM protegem, em pH pouco elevado, as proteínas contra sua desnaturação na ocasião do tratamento térmico, impedindo, assim, qualquer precipitação ou floculação. Pode-se obter, assim, um produto estável com propriedades sensoriais ótimas, sem nenhuma perda de qualidade, mesmo após longo período de estocagem.

Como carboidratos pobres em calorias e devido a sua propriedade de estabilizar a polpa (ou turbidez) e a viscosidade, as pectinas são particularmente indicadas no preparo de bebidas refrescantes não alcoólicas. Nestas, o teor de açúcares é total ou parcialmente substituído por diferentes edulcorantes ou associações dos mesmos e a perda de corpo inevitável é compensada pela pectina.

Os refrigerantes dietéticos desfrutam de uma parte significativa do mercado de bebidas. A redução na quantidade de edulcorante (sacrose, xarope de milho com alto teor

de frutose ou uma combinação de ambos) priva a bebida de uma certa sensação na boca ou corpo presente nos refrigerantes convencionais. Esta perda de *mouthfeel* pode ser restaurada pela adição de 0,05% a 0,10% de pectina HM. A adição de pectina a uma bebida dietética de suco de frutas contendo polpa de fruta reduz a “embalagem” (deposição de polpa de fruta em uma massa dura que é difícil de dispersar) nelas. A pectina também é usada como um agente de embaciamento da bebida.

A pectina é usada em alimentos congelados para retardar o crescimento de cristais, perda de xarope durante o descongelamento e para melhorar sua forma. O maior efeito de firmeza nos frutos congelados e descongelados é devido ao Ca²⁺ e às pectinas. Frutas fatiadas são firmadas mais do que frutas inteiras pelo tratamento com Ca²⁺ e pectina. O peso drenado também é reduzido pela pectina, Ca²⁺, sacarose e vácuo em frutos congelados e descongelados. Revestimentos contendo pectinas LM são usados para melhorar a textura e a qualidade dos frutos para uso em sorvetes. A pectina melhora a textura dos alimentos congelados, controlando o tamanho do cristal de gelo neles. Em picolés, a pectina também reduz a tendência do sabor e a cor serem sugados para fora da estrutura. A



pectina é usada na preparação de sobremesas de pudim gelificado, que envolve a mistura de xarope de frutas contendo pectina com leite frio. Isso resulta em uma sobremesa com a consistência de um pudim sem refrigeração. O uso de pectina HM tem sido sugerido para a estabilização de certos produtos lácteos azedos. A pectina LM é usada para evitar a flutuação e a distribuição desigual dos pedaços de frutas em iogurte agitado ou de estilo suíço. Uma viscosidade desejada do produto pode ser obtida por mistura de pós-fermentação de iogurte agitado com pectina e concentrado de frutas. Comparado ao amido e goma, acredita-se que uma preparação de iogurte-fruta estabilizada por pectina tenha propriedades superiores de liberação de sabor. A pectina LM em combinação com a gelatina tem sido sugerida para uso no fabrico de uma mistura de nata azeda para prevenir a remoção do leite e fornecer corpo.

INGREDIENTE ALIMENTÍCIO FUNCIONAL

A pectina é usada na indústria alimentícia como ingrediente devido as suas propriedades funcionais, incluindo a atividade gelificante, fornecimento de viscosidade, estabilização de proteínas e atuação como substituto de gordura. As principais aplicações da pectina na indústria alimentícia incluem gelificação e espessamento de compotas, geleias, recheios de panificação, confeitaria e preparações de frutas, bem como estabilização de bebidas à base de leite e frutas. **Outras novas aplicações da pectina empregam o seu potencial prebiótico, propriedades anticancerígenas e capacidade de desintoxicação de metais pesados.**

Uma das características da capacidade de formação de gel pela pectina está relacionada à distribuição dos grupamentos ao longo da cadeia pectica e à composição das cadeias laterais. Com efeitos prebióticos, a cadeia pectica pode ser transformada em ácidos graxos de cadeia curta



(acético, butírico e propiônico), bem como em dióxido de carbono, pela ação de bactérias produtoras de enzimas pectinolíticas dos gêneros *Aerobacillus*, *Lactobacillus*, *Micrococcus* e *Enterococcus*. Assim, a pectina apresenta fraca tendência laxativa e estimula o crescimento da microbiota no cólon.

Pesquisas tem relatado que as pectinas exercem impacto positivo no trato gastrointestinal humano, devido as suas capacidades de retenção de água e capacidade de gelificação. Os efeitos positivos da pectina no trato gastrointestinal humano incluem retardamento do trânsito intestinal e do esvaziamento gastrointestinal, bem como diminuição da absorção de glicose. A pectina passa através do trato gastrointestinal superior até o intestino grosso em sua forma intacta e é extensamente fermentada no cólon. Pesquisas demonstraram que as pectinas com baixo éster são degradadas mais rapidamente do que as pectinas com éster elevado.

Outra descoberta é o seu potencial prebiótico. Um prebiótico é um ingrediente alimentício não digerível, capaz de aumentar seletivamente o crescimento e a atividade da microflora intestinal que beneficia o hospedeiro. Estes efeitos benéficos incluem imunestimulação, melhor absorção de minerais, redução do colesterol,

síntese de vitaminas e prevenção do câncer de cólon. Prebióticos típicos são carboidratos de cadeia curta, como os frutooligossacarídeos (FOS, produzidos a partir de frutose via biossíntese ou de inulina via hidrólise) ou polissacarídeos, como a inulina. Os prebióticos industriais são oligossacarídeos de ocorrência natural ou produzidos por degradação enzimática de matérias-primas.

A avaliação do potencial prebiótico baseia-se na estimulação seletiva do crescimento de bactérias benéficas, como as cepas de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, e/ou declínio no crescimento de bactérias patogênicas, como o *Clostridium*. Estudos anteriores se concentraram na modificação da razão entre *Bacteroidetes* e *Firmicutes*, dois filos intestinais dominantes em humanos que podem estar relacionados ao desenvolvimento da obesidade.

A pectina foi previamente pesquisada por seus potenciais prebióticos. A produção de oligossacarídeos derivados da pectina a partir de biomassa vegetal envolve tipicamente pré-tratamento de material de parede celular, extração de polissacarídeos de pectina, geração de oligossacarídeos e a sua purificação por cromatografia. Estudos constataram que as pectinas promovem o crescimento e a atividade das bifidobactérias, inibem o crescimento de patóge-

nos e causam apoptose de células de câncer no intestino. Os estudos também revelaram que os oligossacarídeos derivados das pectinas LM e HM apresentaram mais atividade prebiótica do que as pectinas das quais foram derivados. Além disso, os oligossacarídeos LM se mostraram mais prebióticos do que os oligossacarídeos HM. O tamanho da pectina também apresentou efeito sobre as propriedades prebióticas, indicando que o potencial prebiótico da pectina pode ser melhorado por hidrólise.

De acordo com vários estudos, os oligossacarídeos derivados da pectina têm a capacidade de prevenir várias doenças crônicas graves. Foi demonstrado que a pectina de baixo peso molecular induz a apoptose em células de câncer do cólon e da próstata, bem como aumenta a qualidade de vida e diminui a dor em muitos tipos de câncer.

Além da atividade anticancerígena, as pectinas têm demonstrado ajudar na desintoxicação de metais pesados. Estudos demonstraram que o consumo de pectina cítrica modificada por crianças chinesas hospitalizadas por níveis tóxicos de chumbo resultou na diminuição dos níveis de chumbo no sangue e

aumento da excreção urinária de chumbo. Além disso, a excreção urinária de metais tóxicos não foi acompanhada pela liberação de minerais essenciais. As pesquisas indicam que a presença de RGII na pectina cítrica modificada é a responsável pela quelação seletiva de metais tóxicos no organismo. Portanto, a pectina pode ser um agente quelante seguro de metais pesados, especialmente para crianças, que são mais vulneráveis aos efeitos duradouros da exposição a metais pesados.

As pectinas também mostraram propriedades benéficas de adesão bacteriana. As propriedades da pectina HG foi relatada para prevenir a adesão de cepas patogênicas de *E. coli* à células uroepiteliais intestinais. Os dímeros e trímeros do ácido galacturônico se mostraram os melhores agentes bloqueadores de patógenos. Além disso, as pectinas e os oligossacarídeos pécicos derivados da hidrólise enzimática inibiram as toxinas do tipo Shiga, produzidas pela *E. coli* patogênica O157: H7.

Embora os estudos citados apresentem resultados promissores em relação as aplicações da pectina na área da saúde, é necessário uma

melhor compreensão das relações estruturais-funcionais das pectinas para explicar os seus efeitos bioativos (e dos oligômeros derivados), o que pode ser difícil devido a sua complexidade e heterogeneidade.

Existem outras propriedades de promoção à saúde, comprovadas cientificamente, associadas às substâncias pécicas. Dentre essas, podem ser destacadas a redução do colesterol total, pelo decréscimo da absorção do colesterol exógeno, em função do caráter hidrofóbico dos grupamentos metiléster; a ligação com produtos de degradação no cólon, aumento da excreção de ácidos biliares e redução da reabsorção de ácidos biliares no intestino e no fígado; a diminuição das frações popularmente conhecidas como mau colesterol (LDL) e, embora não altere o bom colesterol (HDL), também pode ser protetora contra a aterosclerose, por melhorar a razão HDL/LDL; o aumento da viscosidade do liquor da digestão e da espessura da camada da parede intestinal interna, reduzindo a absorção de glucose; e a redução do peso corporal pela imobilização de nutrientes nos intestinos, aumento da sensação de saciedade e diminuição da atividade de certas enzimas, que leva à menor digestão e absorção.

