

REOLOGIA DOS HIDROCOLÓIDES



Amplamente utilizados como aditivos alimentícios, os hidrocolóides possuem como funções a melhoria da textura, retardamento da retrogradação do amido e aumento da retenção de umidade.

OS HIDROCOLÓIDES

Os hidrocolóides podem ser definidos como uma série de polissacarídeos e proteínas. Conhecidos comumente como gomas, são ingredientes essenciais para a formulação de alimentos, exercendo uma grande variedade de funções para melhorar a qualidade dos produtos finais, tais como espessar e/ou gelificar soluções aquosas, estabilizar espumas, modificar e/ou controlar as propriedades de fluxo e a textura dos alimentos líquidos e das bebidas, inibir a formação de cristais de gelo e de açúcar e controlar a liberação de sabores, assim como modificar as propriedades de deformação de produtos semissólidos.



Entre os principais hidrocolóides com função espessante estão a goma xantana, que apresenta elevada viscosidade em baixo cisalhamento (rendimento de estresse), altamente pseudoplástica, mantém a viscosidade

na presença de eletrólitos através de uma ampla gama de pH e temperaturas elevadas; a carboximetilcelulose, com elevada viscosidade, porém reduzida pela adição de eletrólitos e baixo pH; a metilcelulose e a hidroxipropilmetilcelulose, sendo que em ambas a viscosidade aumenta com a temperatura (pode ocorrer gelificação) não sendo influenciada pela adição de eletrólitos ou pH; e as galactomananas (goma guar e goma alfarroba), que apresenta elevada baixa viscosidade de cisalhamento e é fortemente pseudoplástica. As galactomananas não são influenciadas pela presença de eletrólitos, mas podem degradar e perder viscosidade em alto e baixo pH quando submetidas a altas temperaturas.

metilação, com gel formado na presença de cátions divalentes, principalmente, de cálcio em baixo pH (3 a 4,5); a goma gelana, cujo gel é formado por resfriamento na presença de sais; a metilcelulose e a hidroxipropilmetilcelulose, cuja formação de gel se dá por aquecimento; e a goma xantana e goma alfarroba ou konjac, com gel formado por resfriamento de misturas.

Os agentes gelificantes termicamente irreversíveis incluem o alginato, com gel formado pela adição de cátions polivalentes, principalmente cálcio, ou a baixo pH < 4; a pectina de alto grau de metilação, cuja formação de gel se dá em elevados teores de sólidos solúveis (por exemplo, 50% de açúcar) e baixo pH < 3,5; a goma Konjac, com

compostos hidrofílicos.

As propriedades físicas e químicas dos hidrocolóides têm forte influência sobre o seu comportamento quando aplicados em formulações e submetidos às condições de processo. Por isso, um profundo conhecimento do seu comportamento reológico é essencial para a formulação de alimentos, para o projeto e avaliação das condições de processo e para a determinação da qualidade do produto final. Além disso, as propriedades reológicas também são um indicador da qualidade do produto e desempenham um papel fundamental na análise das condições de escoamento em processos alimentícios, como pasteurização, evaporação e secagem.

Os hidrocolóides são amplamente utilizados na indústria láctea, de sobremesas e sorvetes, de molhos e temperos, de bebidas e sucos, de panificação e confeitaria e na indústria da carne.

Em sobremesas lácteas, por exemplo, as carragenanas são amplamente utilizadas por interagirem favoravelmente com as proteínas do leite, aumentando a cremosidade e melhorando a textura e *mouthfeel*.

A indústria de sorvetes utiliza goma alfarroba, goma tara, carragena e xantana. A adição dessas gomas confere elasticidade, retarda o crescimento de cristais e melhora o *mouthfeel*, depois de vários ciclos de congelamento-descongelamento. Para a preparação de iogurtes, pudins e cremes são utilizadas as gomas carragenina, agar, alfarroba, xantana e amido modificado.

Em molhos e temperos, os hidrocolóides (carragena iota, goma guar, goma xantana e amido modificado) atuam como agentes de suspensão de sólidos insolúveis, possibilitando a elaboração de produtos encorpados e com textura, bem como evitam a separação de fases.

Em bebidas, os hidrocolóides são utilizados para manter os sólidos em suspensão e uma baixa viscosidade. São geralmente aplicados em sucos, néctares, bebidas com polpa e achocolatados, sendo que neste último item, utiliza-se principalmente goma xantana, alginatos e carragenas, o que permite manter as partículas de chocolate em suspensão. Em bebidas instantâneas, a goma guar é utilizada como espessante.



Já a lista dos principais hidrocolóides com função gelificante inclui os agentes gelificantes termorreversíveis e termicamente irreversíveis. Entre os agentes gelificantes termorreversíveis destacam-se a gelatina, cujo gel é formado por resfriamento; a agar, cujo gel também é formado por resfriamento; a carragena Kappa, onde a formação de gel ocorre por resfriamento na presença de sais, principalmente, de sais de potássio; a carragena Iota, também com formação de gel por resfriamento na presença de sais; a pectina de baixa

gel formado pela adição de álcali; e a goma alfarroba, com formação de gel após congelamento.

Os hidrocolóides possuem diferentes origens, podendo ser obtidos a partir de exsudados de árvores e arbustos, plantas ou extratos de algas, farinhas de sementes, materiais gomosos procedentes de processos de fermentação e muitos outros produtos naturais. A presença de um grande número de grupos hidroxila na sua estrutura aumenta significativamente sua afinidade com as moléculas de água, tornando-os

Em panificação, os hidrocolóides favorecem a maleabilidade da massa, retêm umidade e melhoram a aparência. Em produtos sem glúten, são ingredientes fundamentais para a obtenção de uma estrutura similar ao do glúten. A indústria de panificação utiliza, frequentemente, goma xantana, goma guar, CMC, HPMC e amido modificado. Para o preparo de pudins são largamente utilizados alginatos, ágar, gelatina, carragenana e goma xantana.

A tabela abaixo apresenta os hidrocolóides mais utilizados comercialmente e sua origem.

FONTES DE HIDROCOLÓIDES COMERCIAIS

Botânica	
árvores	celulose
gomas exsudadas de árvores	goma arábica, goma karaya, goma ghatti, goma tragacanto
plantas	amido, pectina, celulose
sementes	goma guar, goma alfarroba, goma tara, goma tamarindo
tubérculos	konjac manana
Algas	
Algas vermelhas	agar, carragena
Algas marrons	alginato
Microbiana	
	goma xantana, curdlana, dextrana, goma gelana, celulose
Animal	
	gelatina, caseinato, proteína de soro de leite, quitosana



COMPORTAMENTO REOLÓGICO

O comportamento reológico dos hidrocolóides, especialmente de sistemas de polissacarídeos, pode ser afetado por uma série de fatores, principalmente os relacionados às características moleculares e supramoleculares. A nível molecular, a cadeia polimérica principal e suas características relacionadas, tais como comprimento em solução, forma e eventual presença de grupos ionizáveis, representam o papel principal na determinação das propriedades macroscópicas do sistema, incluindo a reologia. Muitos desses parâmetros moleculares estão correlacionados, outros devem ser combinados com fatores externos, como por exemplo, as características do meio solvente. Essas características irão, posteriormente, exercer influência sobre a conformação adotada pela macromolécula no sistema, assim como sobre a

possibilidade de formação de estruturas supramoleculares, ou seja, mudanças na força iônica, na temperatura ou em outros parâmetros do solvente podem induzir a uma transição conformacional, modificando a resistência hidrodinâmica da macromolécula ao escoamento. Além disso, se a concentração do polímero for suficientemente alta, as variações descritas acima podem promover mudanças estruturais a um nível supramolecular e, conseqüentemente, modificar o comportamento reológico.

Os polissacarídeos em soluções diluídas encontram-se na forma de espirais desordenadas e aleatórias, cuja forma flutua continuamente através do movimento browniano. As propriedades apresentadas por essas soluções estão associadas ao grau de ocupação do espaço pelo polímero. Sob baixas concentrações, a solução é formada por ilhas de espirais que estão bem separadas umas das outras e completamente livres para se movimentarem de forma independente. Com o aumento da concentração, entretanto, as espirais começam a se tocar, podendo haver a formação de moléculas adicionais pela sobreposição ou pela acomodação de uma espiral na outra. Com a formação dessas sobreposições, as cadeias individuais poderão se movimentar somente pelo processo de contorção através da rede emaranhada de cadeias vizinhas. O início do processo de sobreposição das espirais é determinado por dois fatores: o número de cadeias presentes (proporcional à concentração) e o volume que cada uma ocupa (associado ao peso molecular).

Um parâmetro conveniente para a caracterização do volume das espirais é a viscosidade intrínseca ou o número limite de viscosidade, que mede o aumento fracional na viscosidade por unidade de concentração de cadeias isoladas. Para qualquer polissacarídeo específico, a viscosidade intrínseca aumenta com o peso molecular.

A transição de uma solução diluída de espirais com movimentos livres e independentes para uma rede emaranhada é acompanhada por uma mudança muito marcada na dependência da viscosidade da solução com a concentração. Sob concentrações inferiores ao início da

sobreposição das espirais, a viscosidade específica é, aproximadamente, proporcional a concentrações muito baixas. Sob concentrações mais elevadas, onde as cadeias estão emaranhadas, as viscosidades aumentam mais rapidamente com o aumento da concentração.

A concentração em que a sobreposição das espirais começa a ocorrer é referida como concentração crítica. O volume das espirais pode variar, largamente, de uma amostra para outra, havendo uma variação correspondente no valor da concentração crítica. Em soluções diluídas, abaixo do início da sobreposição, as viscosidades mostram apenas uma pequena dependência com a taxa de deformação, devido ao fato das espirais individuais estarem sendo esticadas pelo escoamento e oferecendo menor resistência ao movimento. No entanto, quando as concentrações muito baixas forem maiores do que a concentração crítica, em geral, as soluções começam a apresentar características pseudoplásticas.

Muitos estudos revelam que a dependência da viscosidade específica com a concentração mostra duas regiões de comportamento de lei da potência, sendo uma de cada lado da concentração crítica. Os valores da potência para as duas regiões para diferentes biopolímeros lineares (goma guar, goma locusta, alginato) têm sido apresentados na faixa de 1,1 a 1,4, na região diluída, e de 3,5 a 5,1, na região concentrada. Para a maltodextrina, tais valores são de 1,4, na região diluída, e 4,7, para altas concentrações.

Os valores das concentrações críticas variam muito entre os biopolímeros.

Para que a solução de polissacarídeos comece a escoar, os emaranhados intermoleculares devem ser separados. Quando as soluções são cisalhadas por baixas taxas de deformação, há tempo suficiente para que novos emaranhados se formem entre diferentes pares de cadeias. Dessa maneira, a densidade de interligação global da rede permanece constante e a viscosidade da solução também permanece constante em um valor máximo fixo, ou seja, viscosidade de cisalhamento zero. Sob taxas de deformação mais elevadas, entretanto, onde a taxa de reagrupamento

cai através da taxa de separação dos emaranhados existentes, a extensão de agrupamento-desagrupamento diminui progressivamente com o aumento da taxa de deformação e a viscosidade cai, tipicamente, por duas ou três ordens de magnitude, através da faixa de taxa de deformação de importância prática.

Diferentes soluções de polissacarídeos apresentarem diferentes valores de viscosidade máxima à taxa de deformação zero e diferentes valores de taxa de deformação para a qual a solução começa a escoar, sendo que todas apresentam uma forma geral de comportamento pseudoplástico.

Além da concentração, a viscosidade de soluções de polissacarídeos também é, significativamente, afetada por variáveis, como taxa de deformação, temperatura, tensão e tempo de cisalhamento.

A temperatura tem uma importante influência sobre o comportamento de escoamento de soluções de hidrocolóides. Uma vez que diferentes temperaturas são encontradas durante o processamento de hidrocolóides, suas propriedades reológicas devem ser estudadas em função da temperatura.

As soluções de gomas geralmente são fluidos não newtonianos com comportamento pseudoplástico. Diversos modelos têm sido aplicados para descrever o comportamento reológico de soluções de hidrocolóides, como por exemplo, modelos lineares (newtoniano ou Bingham), lei da potência (Ostwald-de-Waele), lei da potência com tensão residual (Herschel-Bulkley) e o modelo de Casson. Entre eles, o da lei da potência é o mais utilizado para fluidos não newtonianos e é, extensivamente, utilizado para descrever as propriedades de escoamento de líquidos, tanto em análises teóricas, quanto em aplicações práticas da engenharia. As soluções de hidrocolóides também podem apresentar propriedades reológicas dependentes do tempo, principalmente, a tixotropia.

A viscosidade de suspensões densas é fortemente influenciada pelo arranjo das partículas em grandes frações volumétricas. A maior parte dessas suspensões só escoam quando sua estrutura, que consiste de uma rede que previne o escoamento, tiver sido degradada por uma

tensão elevada o suficiente, a tensão residual. Em uma curva de tensão versus taxa de deformação de um material que apresenta tensão residual, a tensão aumenta inicialmente de uma maneira quase linear (tensão proporcional à deformação), confirmando a natureza elástica do material abaixo da tensão residual. A inclinação da curva começa a decrescer no limite de reversibilidade do material (tensão residual limite elástica), na qual o comportamento plástico ou não linear é observado, até atingir um máximo (tensão residual estática), após a qual a resposta do material passa a ser como a de um líquido. O platô de tensão para altas deformações é referido como tensão residual dinâmica, que é equivalente a tensão da taxa de deformação zero extrapolada nas curvas de tensão versus taxa de deformação, assim como a tensão residual, que aparece como um parâmetro do material em modelos constitutivos.

REOLOGIA ALIADA AO PROCESSAMENTO

Conforme citado anteriormente, o comportamento reológico de soluções de polissacarídeos é um dos fatores mais importantes para a qualidade do produto final, pois está fortemente associado à estrutura molecular dos ingredientes. Assim, a definição do melhor polissacarídeo a ser empregado na produção de um determinado alimento deve levar em consideração quatro itens fundamentais: quais são os atributos físicos e sensoriais desejáveis; conhecimento das condições de processamento e de armazenagem desse produto; conhecimento das propriedades dos polissacarídeos existentes e como se comportam quando submetidos às condições de processamento e armazenagem do produto; e interação com os ingredientes da formulação.

Existem muitos estudos sobre comportamentos reológicos específicos. Em um deles o efeito da concentração e da temperatura sobre a gelatinização de soluções de maltodextrina, através de medidas de viscosidade, observou que em temperatura de 60°C, as soluções apresentam um comportamento newtoniano dentro da faixa de concen-

trações estudadas (1% a 40%). Através da determinação do comportamento da viscosidade específica em função da concentração, conseguiu-se visualizar a concentração crítica das soluções, que foi estimada em 17%. A maior parte dos polímeros apresenta comportamento pseudoplástico em soluções que se encontram acima da concentração crítica, devido à desagregação e orientação das cadeias sob tensões elevadas. No entanto, no caso das soluções de maltodextrina preparadas acima das concentrações críticas, o comportamento newtoniano ainda foi observado. Esse fato pode ser relacionado à estrutura ramificada da amilopectina e à polidispersidade no peso molecular da amostra.

Um outro estudo acompanhou as propriedades reológicas de diversos hidrocolóides (carragenana, pectina, gelatina, amido e xantana) sob diferentes concentrações (1% a 6%, dependendo do tipo de hidrocolóide) e de temperatura (20°C, 40°C, 60°C e 80°C), confirmando a existência de uma dependência das características reológicas com a concentração e a temperatura, a qual variou de um hidrocolóide para o outro. De acordo com as observações, elevadas concentrações de gomas resultam em um aumento nas viscosidades newtoniana e aparente, ao passo que elevadas temperaturas provocam redução nelas. A gelatina, que é uma proteína, apresenta um comportamento, claramente, newtoniano, enquanto que os demais apresentam comportamento não newtoniano de fluidos pseudoplásticos.

Em todos os hidrocolóides, a pseudoplasticidade aumentou com o aumento da concentração, caracterizada por um decréscimo no índice de comportamento. Contrariamente, os hidrocolóides apresentaram uma redução na pseudoplasticidade com o aumento da temperatura. O índice de consistência, por sua vez, aumentou com o aumento da concentração e com a redução da temperatura, indicando um aumento na viscosidade aparente. Comparativamente, a goma xantana foi a mais pseudoplástica e a menos dependente da temperatura, ao passo que a pectina teve o comportamento mais próximo do newtoniano. A carragenana foi a mais afetada pela temperatura e exibiu

uma elevada tensão residual sob baixas temperaturas.

O estudo também observou a existência de tensão residual nas soluções de goma xantana, em todas as condições experimentais, e na goma carragenana, para as concentrações de 2% e 3% à temperatura de 20°C. O aumento da concentração das soluções e a redução da temperatura de medida provocaram o aumento da tensão residual. Esse estudo ressaltou que a tensão residual é uma propriedade desejável em gomas por auxiliar na manutenção de diversos ingredientes utilizados na formulação de alimentos.

As soluções de goma com valores elevados de a viscosidade intrínseca, ou seja, com comportamento altamente pseudoplástico, tendem a apresentar uma sensação de viscosidade na boca. Desse modo, quando as características de elevada viscosidade e um bom *mouthfeel* são desejáveis em uma formulação, a escolha deve ser de um sistema de gomas que possua um comportamento altamente pseudoplástico.

Um estudou sobre a viscosidade de soluções de goma locusta em função da taxa de deformação, da concentração da solução, da temperatura de solubilização e da temperatura de medida, revelou que as soluções apresentam comportamento pseudoplástico e decréscimo na viscosidade com o aumento da temperatura de medida. A temperatura de solubilização teve forte influência sobre a viscosidade aparente das soluções, havendo um aumento na viscosidade aparente com o aumento da temperatura de dissolução. Esse comportamento foi atribuído a diferença no peso molecular e na extensão e/ou regularidade de ramificação das moléculas que se dissolvem às diferentes temperaturas, provocando uma variação na razão galactose/manose da solução. O aumento da temperatura de solubilização provoca a dissolução de moléculas de peso molecular mais elevado e uma menor razão entre galactose e manose, o que provoca um aumento na viscosidade da solução. No entanto, o estudo observou que quando a temperatura de dissolução atingiu 80°C, houve uma inversão no comportamento da viscosidade, a qual foi atribuída à degradação

térmica das moléculas em solução ou a um enfraquecimento ou quebra das ligações intermoleculares.

Em outro estudo, pesquisadores compararam as propriedades reológicas da goma guar e da goma arábica com as de polissacarídeos elaborados a partir da fermentação de culturas celulares de plantas. Todos os polissacarídeos apresentaram comportamento reológico não newtoniano muito pseudoplástico, porém os polissacarídeos fermentados apresentaram maior dependência com as condições de temperatura e pH. De acordo com a pesquisa, as soluções de goma guar não apresentaram dependência da viscosidade com a temperatura, indicando que o polímero é formado por estruturas rígidas ou que a concentração eletrolítica é elevada o suficiente para que os efeitos da temperatura e do pH sejam ocultados. Também foi observado uma inversão no comportamento da viscosidade aparente com a temperatura, em função da taxa de deformação, nas soluções de goma arábica e de polissacarídeos fermentados.

COMBINAÇÕES SINÉRGICAS

As misturas de hidrocolóides são comumente utilizadas para conferir melhores ou novas características reológicas aos produtos alimentícios, sendo também utilizadas como um incentivo adicional à redução dos custos. Exemplos clássicos incluem a adição de goma alfarroba e carragena kappa para produção de géis mais suaves e mais transparentes, bem como a adição de goma alfarroba à goma xantana para induzir a formação de gel. A natureza da sinergia pode ser devido a associação ou não associação das moléculas dos diferentes hidrocolóides utilizados.

A associação de hidrocolóides pode provocar a precipitação ou a gelificação. Os hidrocolóides de carga oposta (por exemplo, uma proteína abaixo do seu ponto isoelétrico, e um polissacarídeo aniônico) são susceptíveis de associação e formação de um precipitado, enquanto há evidências que mostram que para algumas moléculas de polissacarídeos rígidos (por exemplo, os exemplos acima referidos) a associação resulta em formação de gel. Se os dois

hidrocolóides não se associam a baixas concentrações, como geralmente é o caso, irão existir como uma única fase homogênea, enquanto que a concentrações mais elevadas, irão separar-se em duas fases líquidas, cada uma enriquecida com um dos hidrocolóides. O processo de separação de fase envolve a formação de emulsões água em água, que consistem de gotículas enriquecidas com um hidrocolóide disperso em uma fase contínua, enriquecido no outro. A fase dispersa e contínua em que estão os hidrocolóide depende das concentrações relativas. Se um ou ambos os hidrocolóides formarem géis de forma independente, a separação de fases e gelificação ocorrerá simultaneamente. As características do gel resultante irá depender das taxas relativas desses dois processos. A cuidadosa seleção do tipo e concentração de hidrocolóide pode, portanto, levar a formação de uma ampla gama de texturas de gel, sendo esta uma área que continua merecendo considerável atenção.

A interação entre diferentes polissacarídeos também tem sido amplamente pesquisada, destacando-se o sinergismo das misturas, o aumento provocado na viscosidade das soluções e a habilidade de formação de géis.

Um desses estudos observou a viscosidade da mistura de gomas xantana e locusta, concluindo que quando as soluções são misturadas, ocorre um aumento dramático na viscosidade, muito maior do que a viscosidade combinada das soluções individuais dos polissacarídeos. O aumento na viscosidade da solução foi atribuído à interação entre as moléculas

da goma xantana e da goma locusta, que ocorre entre as cadeias laterais das moléculas de goma xantana e a cadeia principal da goma locusta. A estrutura das moléculas da goma xantana e da goma locusta em solução tem grande influência sobre a viscosidade final da solução. A conformação da molécula da goma xantana muda com o aumento da temperatura, passando de uma estrutura ordenada para uma desordenada. Por sua vez, a composição da goma locusta muda com a temperatura de dissolução, havendo uma redução na razão galactose/manose com o aumento da temperatura, de modo que regiões mais lisas (sem os radicais de galactose) estão, predominantemente, dissolvidas. Essas condições favorecem a interação entre as gomas, provocando o aumento na viscosidade.

Em outro estudo, o comportamento reológico de misturas do amido de milho ceroso e goma κ -carragenana, com adição de cloreto de potássio, observou que a presença da goma e de KCl nas soluções de amido tiveram um efeito notável sobre a viscosidade e sobre o seu comportamento reológico. As soluções apresentaram comportamento não newtoniano pseudoplástico. O estudo observou aumento na viscosidade quando o KCl não foi adicionado para todas as concentrações de amido avaliadas (0%, 2%, 3% e 4%), sendo que quanto maior a concentração de amido, maior o aumento observado.

Um estudo sobre as propriedades reológicas de sistemas combinados de inulina e amido de milho ceroso com um modelo de interação entre carboidratos em alimentos observou uma forte

dependência da viscosidade com o comportamento de fases e da microestrutura dos sistemas. Todas as amostras apresentaram comportamento pseudoplástico, sendo que as misturas com elevadas concentrações de inulina (30% a 40%) mostraram tensão residual, caracterizada pelo ajuste dos dados experimentais pelo modelo de Herschel-Bulkley.

Em sistemas combinados de inulina e amido de milho ceroso, a concentração de inulina teve forte influência sobre as propriedades reológicas da mistura. O estudo observou a existência de uma concentração crítica de inulina, abaixo da qual o sistema se comporta como um sistema contínuo de amido de milho ceroso com a inulina, sendo a fase dispersa. No entanto, para valores acima de concentrações críticas, o sistema passa a se comportar como um sistema contínuo de inulina, com o amido de milho ceroso como fase dispersa.

Outro estudo sobre o comportamento reológico de misturas de inulina, agora com as gomas locusta, carragenana, guar e com alginato, preparadas com 25% de inulina e 1% das gomas, e analisadas à temperatura de 20°C, mostrou que a mistura de inulina com goma locusta foi a que apresentou o maior sinergismo entre os componentes, caracterizado por uma alteração no comportamento reológico entre newtoniano para pseudoplástico e por um aumento na tensão residual de 0,41 para 3,27Pa, com a adição de inulina ao gel de goma locusta 1%. Por outro lado, a mistura de inulina com goma carragenana não alterou o comportamento reológico do gel de carragenana 1%.

A influência da adição de amidos hidrolisados e modificados em diferentes concentrações sobre o comportamento reológico de soluções de inulina, mostrou que a adição dos amidos provocou aumento na viscosidade aparente das soluções, porém não alterou o comportamento reológico das soluções, que foi de fluido não newtoniano pseudoplástico. A adição de amido provocou uma redução no índice de consistência da solução de inulina, reduzindo a pseudoplasticidade.

* *Márcia Fani, jornalista, editora da revista Aditivos & Ingredientes.*



LA REOLOGÍA DE HIDROCOLOIDES

Los hidrocoloides se puede definir como una serie de polisacáridos y proteínas. Comúnmente conocido como gomas, son ingredientes esenciales para la formulación de alimentos, ejerciendo una amplia variedad de funciones para mejorar la calidad de los productos finales, tales como el espesamiento y/o gelificante soluciones acuosas para estabilizar espumas, modificar y/o controlar las propiedades de flujo y la textura de alimentos líquidos y bebidas, inhiben la formación de cristales de hielo y azúcar y controlar la liberación de sabores, así como modificar las propiedades de deformación de productos semisólidos.

Las propiedades físicas y químicas de los hidrocoloides ejercen una fuerte influencia sobre su comportamiento cuando se aplica en las formulaciones y sujeto a las condiciones del proceso. Por lo tanto, un profundo conocimiento de su comportamiento reológico es esencial para la formulación de alimentos, para el proyecto y la evaluación de las condiciones del proceso y para determinar la calidad del producto final. Además, las propiedades reológicas son también un indicador de la calidad del producto y juegan un papel fundamental en el análisis de las condiciones de flujo en los procesos alimenticios, tales como la pasteurización, la evaporación y el secado.

El comportamiento reológico de los hidrocoloides, especialmente de los sistemas de polisacáridos, pueden verse afectados por una

serie de factores, especialmente las relacionadas con las características moleculares y supramoleculares. A nivel molecular, la cadena principal del polímero y sus características relacionadas, tales como la longitud en la solución, la forma y la posible presencia de grupos ionizables, son un papel importante en la determinación de las propiedades macroscópicas del sistema incluyendo la reología. Muchos de estos parámetros moleculares están correlacionados, debe combinarse con otros factores externos, tales como, por ejemplo, de las características del medio solvente. Estas características influirán posteriormente la conformación adoptada por la macromolécula en el sistema, así como sobre la posibilidad de formación de estructuras supramoleculares, en otras palabras, los cambios en la fuerza iónica, la temperatura u otros parámetros del disolvente puede inducir una transición conformacional, modificando la resistencia hidrodinámica al flujo de la macromolécula.

Además, si la concentración de polímero es suficientemente alta, las variaciones descritas anteriormente pueden producir cambios estructurales a un nivel supramolecular, y, por consiguiente, modifican el comportamiento reológico.

Como se mencionó anteriormente, el comportamiento reológico de soluciones de polisacáridos es uno de los factores más importantes para la calidad del producto final, porque está fuertemente asociado con la estructura molecular de los ingredientes. Por lo tanto, la mejor definición del polisacárido a utilizar en la producción de determinados alimentos deben tener en cuenta

cuatro elementos esenciales: cuáles son los atributos físicos y sensoriales deseables; conocimiento de las condiciones de procesamiento y almacenamiento del producto; el conocimiento de las propiedades de los polisacáridos que existen y cómo se comportan cuando se somete a las condiciones de elaboración y almacenamiento del producto; y la interacción con los ingredientes de la formulación.

Las mezclas de hidrocoloides son comúnmente usados para dar mejores o nuevas características reológicas a los productos alimenticios, y también es utilizado como un incentivo adicional para reducir los costos. Ejemplos clásicos incluyen la adición de goma de algarroba, carragenina kappa para la producción de geles más suaves y más transparentes, así como la adición de goma de algarroba a la goma de xantano para inducir la formación de gel. La naturaleza de sinergia puede ser debido a la asociación o no asociación de moléculas de diferentes hidrocoloides utilizados.