

Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose

Rheology of collagen suspensions with addition of maltodextrin and lactose

Autores | Authors

✉ **Joel Fernando NICOLETI**

Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Departamento de Engenharia e Tecnologia
de Alimentos
Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jd. Nazareth
CEP: 15054000
São José do Rio Preto/SP - Brasil
e-mail: fernando.nicoleti@terra.com.br

Vânia Regina Nicoletti TELIS

Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Departamento de Engenharia e Tecnologia
de Alimentos
e-mail: vanianic@ibilce.unesp.br

■ Resumo

A avaliação e caracterização das propriedades viscoelásticas de suspensão de colágeno, de origem bovina em sua forma nativa, na presença de maltodextrina e lactose, foi o objetivo deste trabalho. As dispersões de colágeno, em concentrações entre 4 e 10%, foram preparadas com pó de colágeno dissolvido em água destilada com adição de ácido acético glacial para ajustar o pH 2,0. Maltodextrina foi adicionada à suspensão em concentrações variando entre 4 e 12% e lactose entre 5 e 15% (p/p). Testes reológicos dinâmicos foram conduzidos empregando geometria de placas paralelas com gap de 800 μm . Os módulos de armazenamento (G') e de dissipação (G'') foram medidos ao longo de uma rampa de temperatura durante o aquecimento e resfriamento. Os valores de G' e G'' também foram avaliados pelo espectro mecânico de frequência conduzido inicialmente a 20 °C, em seguida a suspensão foi aquecida a 70 °C, para novamente realizar o ensaio após o resfriamento a 20 °C. As dispersões apresentaram um comportamento viscoelástico com os valores de G' superiores aos de G'' em toda a faixa de temperaturas avaliada. Durante o aquecimento, a maltodextrina apresentou um maior potencial em elevar o valor do parâmetro elástico. Por outro lado, a presença da lactose na suspensão de colágeno teve uma influência mais acentuada no decorrer do resfriamento. Ao final do ciclo de aquecimento/resfriamento, a lactose foi capaz de conferir à suspensão um caráter mais acentuado de gel, evidenciado pelos altos valores de G' , ao contrário da maltodextrina que teve efeito inverso. Durante a varredura de frequência, observou-se apenas uma pequena dependência dos valores de G' em função da frequência, típico comportamento de géis verdadeiros. Os valores de G' nos testes de frequência após o aquecimento e resfriamento da suspensão foram bem superiores comparados aos ensaios antes do aquecimento, enquanto que os valores de G'' ficaram apenas ligeiramente maiores, indicando aumento da rigidez dos géis formados após o tratamento térmico.

Palavras-chave: Colágeno; Viscoelasticidade; Maltodextrina; Lactose.

■ Summary

The objective of this work was the evaluation and characterization of the viscoelastic properties of suspensions of native collagen obtained from bovine hide with addition of maltodextrin and lactose. The dispersions of collagen in concentrations ranging from 4 to 10% were prepared with collagen powder in distilled water with addition of glacial acetic acid to adjust pH 2.0. Maltodextrin was added to the suspension in concentrations ranging from 4 to 12%, whereas lactose was added in the range of 5 to 15% (w/w). Dynamic rheological tests were conducted employing parallel plates geometry with 800 μm gap. The storage (G') and loss (G'') modules were measured along a temperature ramp during heating and cooling. The values of G' and G'' were also evaluated by determining mechanical spectrum of frequency conducted initially at 20 °C, then after heating to 70 °C, and finally after cooling again to 20 °C. The dispersions presented a viscoelastic behavior with G' values higher than G'' in the whole range of temperature evaluated. During heating, the maltodextrin presented a greater potential in raising the value of the elastic parameter. On the other hand, the presence of lactose in the collagen suspension had a more accentuated effect during cooling. At the end of the heating/cooling cycle, the lactose was able to increase the gel character of the suspension, which was revealed by the high values of G' , in contrast to the addition of maltodextrin that had an opposed effect. During the frequency sweep, only a slight dependence of the values of G' with the increasing frequency was observed, a typical behavior of true gels. The values of G' during the frequency scanning tests, after heating and cooling were very high compared to the results obtained before the heating of the suspension, while the values of G'' were only slightly higher, an indication of increased stiffness of the gel formed after the heating/cooling treatment.

Key words: *Collagen; Viscoelasticity; Maltodextrin; Lactose.*

Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose

NICOLETI, J. F. e TELIS, V. R. N.

1 Introdução

Juntos, proteínas e polissacarídeos estão presentes em muitos tipos de sistemas alimentícios e ambos os tipos de macromoléculas contribuem para a estrutura, textura e estabilidade dos alimentos através de seu comportamento espessante ou gelificante ou de sua atividade de superfície. Muito é conhecido, em nível molecular, sobre as propriedades funcionais dos polímeros individuais, mas por outro lado, o conhecimento sobre o papel das interações proteína-polissacarídeo em relação à sua funcionalidade em sistemas multifásicos complexos, tais como dispersões, emulsões ou géis alimentícios, ainda deve ser mais bem compreendido. Misturas de proteínas e polissacarídeos que, sob determinadas condições, resultam em separação de fases são interessantes para a criação de novas estruturas porque a adição de polissacarídeos, mesmo em baixas concentrações, pode gerar grandes diferenças na estrutura e nas propriedades reológicas, além da possibilidade de indução de grandes diferenças na consistência ou textura com apenas pequenos efeitos em outras propriedades organolépticas (RENARD et al., 2006). De acordo com Dickinson (2007), a adição de sais, açúcares, nutrientes e surfactantes é capaz de modificar as interações moleculares e as propriedades de adsorção entre os polissacarídeos e proteínas constituintes de um alimento.

No Brasil, existe uma disponibilidade muito grande de resíduos de proteínas, principalmente colágeno, face à produção de animais de corte (bovinos, suínos e aves). No entanto, não existe um aproveitamento racional destas proteínas. Sugere-se que o colágeno exiba características semelhantes de ligação de água e de gordura em relação à miosina e actina, as principais proteínas na estabilização de emulsões em carnes processadas convencionalmente. O tecido conjuntivo, na forma *in natura* ou cozido, tem sido largamente utilizado na industrialização de produtos cárneos. Contudo, essa utilização é realizada, basicamente, como aproveitamento industrial de abatedouros. Mesmo assim, muito colágeno não é aproveitado, perdendo-se na forma de subprodutos (pele, tendões, aponevroses e órgãos) destinados à produção de ração animal e até mesmo desprezados, poluindo o meio ambiente (OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2002).

O colágeno é a principal proteína presente na pele, ossos, tendões e cartilagens, sendo responsável pela sustentação estrutural destes tecidos. Na indústria cárnea vem sendo utilizado sob a forma de emulsão de couro suíno ou de pele de frango. Porém, esta utilização tem sido realizada de forma empírica, o que tem levado, muitas vezes, à ocorrência de defeitos, resultando em grandes prejuízos. Pesquisas apontam que há fortes evidências da participação do colágeno na estabilização de glóbulos de gordura, além da capacidade de retenção

de água e melhorador de textura, em produtos emulsionados e nos reestruturados (BETANHO et al., 1994). Em emulsões cárneas, a participação do colágeno pode ser benéfica na faixa de 15 a 18% de seu peso em relação à fração proteica ou aproximadamente 2% em relação ao peso total da massa. Acima deste índice, apesar de continuar auxiliando na textura, o colágeno passa a prejudicar a estabilidade da massa, quando em sistemas com alto teor de gordura. Há evidências de que a ação instabilizadora do colágeno, em condições de elevada quantidade de gordura e fibra de colágeno, seja devida à compressão física dos glóbulos de gordura, com sua expansão térmica durante o cozimento, levando-os à coalescência (OLIVO et al., 1996).

Maltodextrinas são usadas - sozinhas ou em combinação com outros ingredientes - para reduzir os níveis de gordura em vários produtos cárneos, tais como hambúrgueres, embutidos e emulsões cárneas. As maltodextrinas podem dar origem a um gel que apresenta algumas características similares às da gordura. Quando usadas como substitutos de gordura, têm a habilidade de ligar a água e, conseqüentemente, melhorar a suculência e a maciez de produtos cárneos. Além disso, podem ser usadas como espessantes ou ligantes, podendo melhorar a estabilidade de emulsões. Em altas concentrações contribuem para o corpo e a textura do produto (COLMENERO, 1996).

Crehan et al. (2000) estudaram os efeitos da substituição parcial de gordura por maltodextrina em embutidos e concluíram que o polissacarídeo pode ser usado como substituto de gordura, uma vez que foi capaz de mascarar os efeitos da redução de lipídeos nas propriedades funcionais do produto. No entanto, os autores ressaltam que provavelmente a combinação da maltodextrina com outros possíveis substitutos com determinadas propriedades funcionais poderia melhorar a qualidade organoléptica de embutidos cárneos.

Segundo Steffe (1992), em materiais que exibem apenas características de líquidos, o conhecimento da viscosidade aparente é suficiente para caracterizar o desempenho do fluido em muitas aplicações industriais, entre elas, as unidades de bombeamento e homogeneização. Entretanto, muitos fluidos alimentícios se comportam como materiais viscoelásticos e somente a viscosidade aparente não é suficiente para caracterizar o fluido devido à maior complexidade de seu rearranjo molecular depois de submetido a uma deformação. Nestes casos, além da parcela viscosa, o comportamento elástico deve ser considerado.

Medidas reológicas por meio de testes oscilatórios são as mais comuns no estudo do comportamento viscoelástico de alimentos, nos quais as amostras são submetidas a uma pequena amplitude de deformação harmônica (geralmente senoidal) (RAO, 1999). Os

Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose

NICOLETI, J. F. e TELIS, V. R. N.

resultados são muito sensíveis à composição química e estrutura física e são muito empregados na avaliação da força de géis, monitoramento de gelificação de amido, estudo dos fenômenos da transição vítrea, observação da coagulação ou desnaturação de proteínas, formação de coalhos em produtos lácteos, evolução da textura em produtos de panificação e cárneos, acompanhamento da estabilidade da vida de prateleira de produtos alimentícios e correlações das propriedades reológicas com a percepção sensorial de provadores (STEFFE, 1992).

De acordo com Rao (1999), fixando-se pequenas deformações (*strain*) ou a tensão dentro da faixa de viscoelasticidade linear, três tipos de testes reológicos dinâmicos podem ser conduzidos para obter as propriedades viscoelásticas dos alimentos, que são: varredura da frequência, em que G' e G'' são determinados em função da frequência a uma temperatura fixa; estudo da temperatura, no qual G' e G'' são determinados em função da temperatura a uma dada frequência; variação de G' e G'' em função do tempo a uma temperatura e frequência constantes.

Medições do comportamento reológico em testes oscilatórios foram feitas por Lai et al. (2008) usando suspensões de colágeno em concentrações de 0,5 a 1,5% (p/p) num alcance de temperaturas entre 20 e 32,5 °C. Ambos os módulos de armazenamento (G') e dissipação (G'') tiveram seus valores aumentados com o aumento da frequência e da concentração, mas diminuíram com o aumento da temperatura.

MacRitchie et al. (2002) avaliaram as propriedades viscoelásticas de misturas de lactose com celulose microcristalina a 20 °C em função das proporções de 7:3 e 8:2 e do conteúdo de umidade da suspensão. Com o aumento da umidade, as amostras tiveram seus valores de G' e G'' reduzidos, tornando-se desta forma, menos consistentes e mais deformáveis em ambas as concentrações empregadas. A amostra com maior proporção de lactose apresentou um valor maior do módulo de elasticidade avaliada num conteúdo de umidade fixo em 28,6%.

O efeito da adição de açúcares redutores (glicose e lactose) e não redutores (sacarose) em géis de isolado proteico de soja sobre o módulo elástico foi estudado por Gu et al. (2008). A reologia da suspensão formada foi caracterizada antes e após submeter as amostras ao ciclo de aquecimento e resfriamento, deixando evidente que para as amostras aquecidas e resfriadas, os valores de G' foram sempre superiores. O emprego dos açúcares levou a uma redução nos valores de G' , sendo que nas amostras aquecidas, a glicose e a lactose tiveram uma contribuição maior não diferindo significativamente entre si. Em relação aos resultados reológicos antes do aquecimento, os valores de G' não tiveram diferenças significativas em função do tipo de açúcar.

A caracterização reológica de suspensão aquosa de maltodextrina foi investigada por Loret et al. (2004). Segundo os autores, em concentração de 25% (p/p) e temperatura de 10 °C os valores de G' permaneceram constantes em função da frequência em um alcance de 0,01 e 100 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ estando os valores de G' sempre maiores que os de G'' , caracterizando comportamento de gel verdadeiro.

As propriedades reológicas de biopolímeros individuais e até mesmo a interação entre eles, em especial com amidos, são bastante exploradas. Entretanto, a compreensão sinérgica entre as proteínas e os polissacarídeos ainda é limitada. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi contribuir para o esclarecimento da interação entre as moléculas de colágeno com as de maltodextrina e lactose, individualmente, em suspensão aquosa.

2 Material e métodos

2.1 Matérias-primas

Os testes foram realizados com pó de colágeno (Novapro[®]) fornecido pela empresa NovaProm Food Ingredients Ltda, maltodextrina (MorRex[®] 1910) da Corn Products Brasil e lactose monohidratada (Synth) de grau analítico.

2.2 Preparação das Amostras

A combinação das concentrações das matérias-primas seguiu um planejamento casual de acordo com faixas limites de colágeno (4-10%), seguida da adição individual de maltodextrina (0-12%) e lactose (0-15%). As dispersões foram preparadas em água destilada, usando ácido acético glacial de grau analítico para ajustar o pH em 2,0.

Por formar uma suspensão espessa, principalmente em concentrações maiores que 5%, houve a necessidade de agitação mais vigorosa, auxiliada por mixer. Após sua preparação, as amostras foram postas em repouso sob refrigeração a 5 °C em recipientes hermeticamente fechados por aproximadamente 15 h. Este tempo de descanso das amostras foi importante para garantir a eliminação de bolhas ocasionadas pela agitação que poderiam interferir nos resultados, além de permitir que as amostras atingissem uma temperatura próxima àquela inicial dos testes que foi de 10 °C.

2.3 Reologia

Os ensaios reológicos foram conduzidos usando reômetro de tensão ou deformação (*strain*) controlados, modelo AR 2000EX (TA Instruments, New Castle, USA), com geometria de placas paralelas ranhuradas para evitar o deslizamento da amostra com um gap fixo de 800 μm .

Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose

NICOLETI, J. F. e TELIS, V. R. N.

Os resultados foram analisados pelo *software* Rheology Advantage.

Foi avaliado o comportamento reológico das suspensões através de ensaios oscilatórios num ciclo de aquecimento e resfriamento da amostra em um limite de temperaturas de 10 e 80 °C a uma taxa de 5 °C/min. A frequência foi fixada em 1 rad.s⁻¹ e o *strain* em 0,5% para garantir que os testes fossem conduzidos dentro da faixa de viscoelasticidade linear. Para cada condição avaliada, os resultados foram obtidos em triplicata.

Os valores de G' e G'' também foram avaliados pela varredura de frequência na faixa de 0,1 a 100 rad.s⁻¹ conduzida inicialmente a 20 °C e, em seguida, com a suspensão aquecida a 70 °C, para novamente efetuar o ensaio a 20 °C após o resfriamento. Para cada condição avaliada, os resultados foram obtidos em triplicata.

3 Resultados e discussão

Medidas reológicas evidenciaram que as suspensões de colágeno puro, sem adição de maltodextrina e lactose, apresentaram um comportamento viscoelástico fortemente influenciado pela concentração e temperatura. Em todas as condições, os valores de G' foram superiores a G'' (Figura 1), independentemente da concentração de colágeno e da temperatura para ambos os processos de aquecimento e resfriamento.

Em concentração mais baixa de colágeno avaliada (4%), apesar da dispersão dos valores de G' durante o processo de aquecimento de 10 a 80 °C, observa-se pela Figura 1a que não há uma mudança estrutural nestas condições. Ao contrário, durante o resfriamento, de 80 para 10 °C, ocorre um aumento significativo de G' , evidenciando uma suspensão mais consistente depois do aquecimento seguido do resfriamento. Este comportamento deve ter sido ocasionado pela hidrólise parcial das moléculas de colágeno devido ao aquecimento da solução de colágeno acidificada acima da temperatura de desnaturação.

O aumento da concentração de colágeno até níveis superiores (6, 8 e 10%) ocasiona um grande aumento nos valores das propriedades viscoelásticas. Ao contrário do observado para a concentração mais baixa de colágeno, nestas condições, as diferenças entre as curvas de G' durante os processos de aquecimento e resfriamento são reduzidas, levando a uma nítida diminuição dos valores de G' com o aumento da temperatura durante o aquecimento e uma significativa elevação no processo de resfriamento. De acordo com Tosh e Marangoni (2004), este comportamento termorreversível é típico de gelatina, a qual forma um gel quando a solução de polímero é resfriada e perde consistência quando aquecida.

Em concentração de 10% de colágeno, a maior avaliada, houve um aumento bem acentuado nos valores

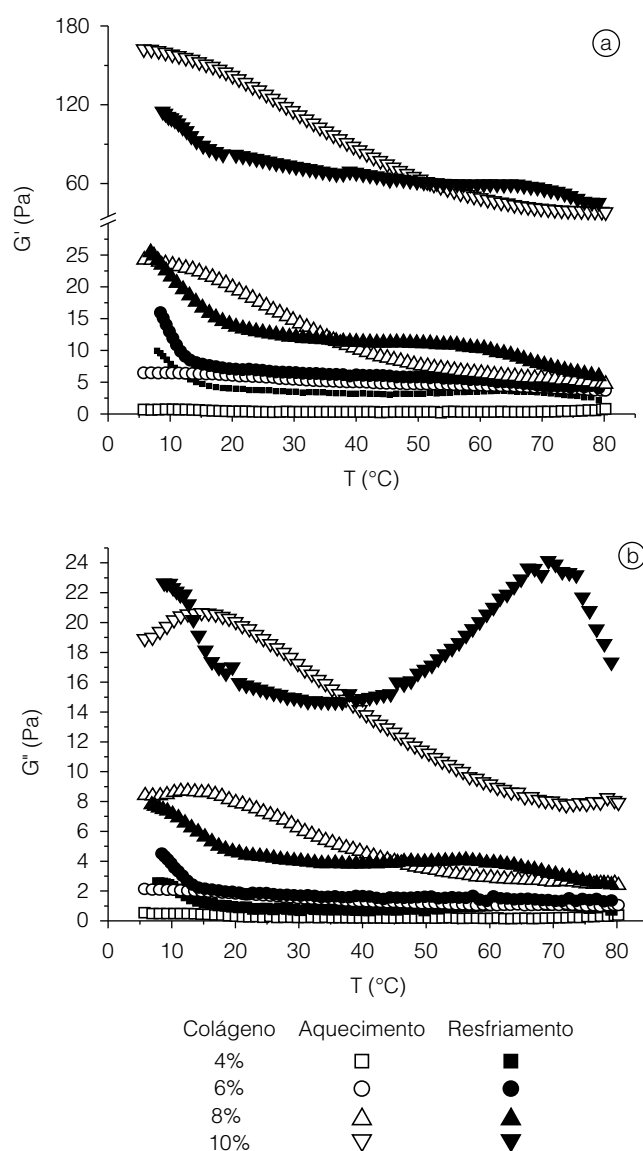


Figura 1. Evolução dos valores de G' a) e G'' b) em função da temperatura para a suspensão de colágeno puro nas concentrações de 4, 6, 8 e 10% seguida do ciclo de aquecimento e resfriamento.

de G' durante o aquecimento e resfriamento comparado com as concentrações inferiores, chegando, em média, a quadruplicar seus valores em relação à suspensão de colágeno com 8%. Nestas mesmas concentrações de colágeno, 8 e 10%, a porção inicial da curva de aquecimento mostrou valores maiores de G' do que os obtidos ao longo do processo de resfriamento, indicando que as moléculas de colágeno sofreram um inchamento e desenvolveram uma estrutura de gel antes mesmo do aquecimento.

As curvas de resfriamento em todas as concentrações avaliadas mostraram um aumento nos valores de G' em temperaturas baixas, sendo que a temperatura na qual se observa uma forte alteração da inclinação destas curvas é considerada a temperatura de gelificação.

Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose

NICOLETI, J. F. e TELIS, V. R. N.

A partir das curvas de resfriamento, independente da concentração de colágeno, a gelificação da suspensão de colágeno ocorreu em torno de 20 °C. Tosh e Marangoni (2004) observaram que a temperatura de gelificação da gelatina ocorreu em uma faixa de 18,5 e 34,4 °C e aumentou com o aumento da concentração que variou de 1,3 e 10% de gelatina. Cheow et al. (2007) prepararam gelatina obtida da pele de peixes e compararam os resultados reológicos com gelatina de origem bovina como padrão. Em concentração de 6,67% (p/v), os autores encontraram uma temperatura de gelificação média de 8,5 °C para a obtida de peixes e de 19,6 °C para a gelatina padrão.

A avaliação dos efeitos da adição de maltodextrina e lactose em concentrações entre 4-12% e 5-15%, respectivamente, nas suspensões de colágeno submetidas ao ciclo de aquecimento e resfriamento, num intervalo de temperatura de 10 e 80 °C, pode ser feita através da Figura 2. Da mesma forma, como observado com a suspensão de colágeno puro, os valores de G'' foram sempre inferiores aos valores de G' em todo alcance de

temperaturas avaliadas, tanto no processo de aquecimento quanto no de resfriamento.

A interação da maltodextrina nas maiores concentrações utilizadas (8 e 12%) com a dispersão de colágeno em concentrações de 6 e 8%, de acordo com as Figuras 2a, c, respectivamente, revela altos valores de G' na porção inicial do resfriamento, evidenciando uma forte descontinuidade entre as curvas que representam o final do aquecimento e o início do resfriamento, independentemente da concentração de colágeno. Nestas mesmas condições, com o avanço do resfriamento, ocorre um declive bem acentuado nos valores do módulo de armazenamento próximo à temperatura de 50 °C. Por outro lado, esse comportamento não ocorre para a concentração mais baixa de maltodextrina (4%). Pode-se supor que, após o aquecimento, quando o colágeno já sofreu uma hidrólise parcial, exista uma forte sinergia entre o colágeno e a maltodextrina, o que causa uma grande elevação nos valores de G' . Com o resfriamento e a reordenação tanto das moléculas de colágeno quanto

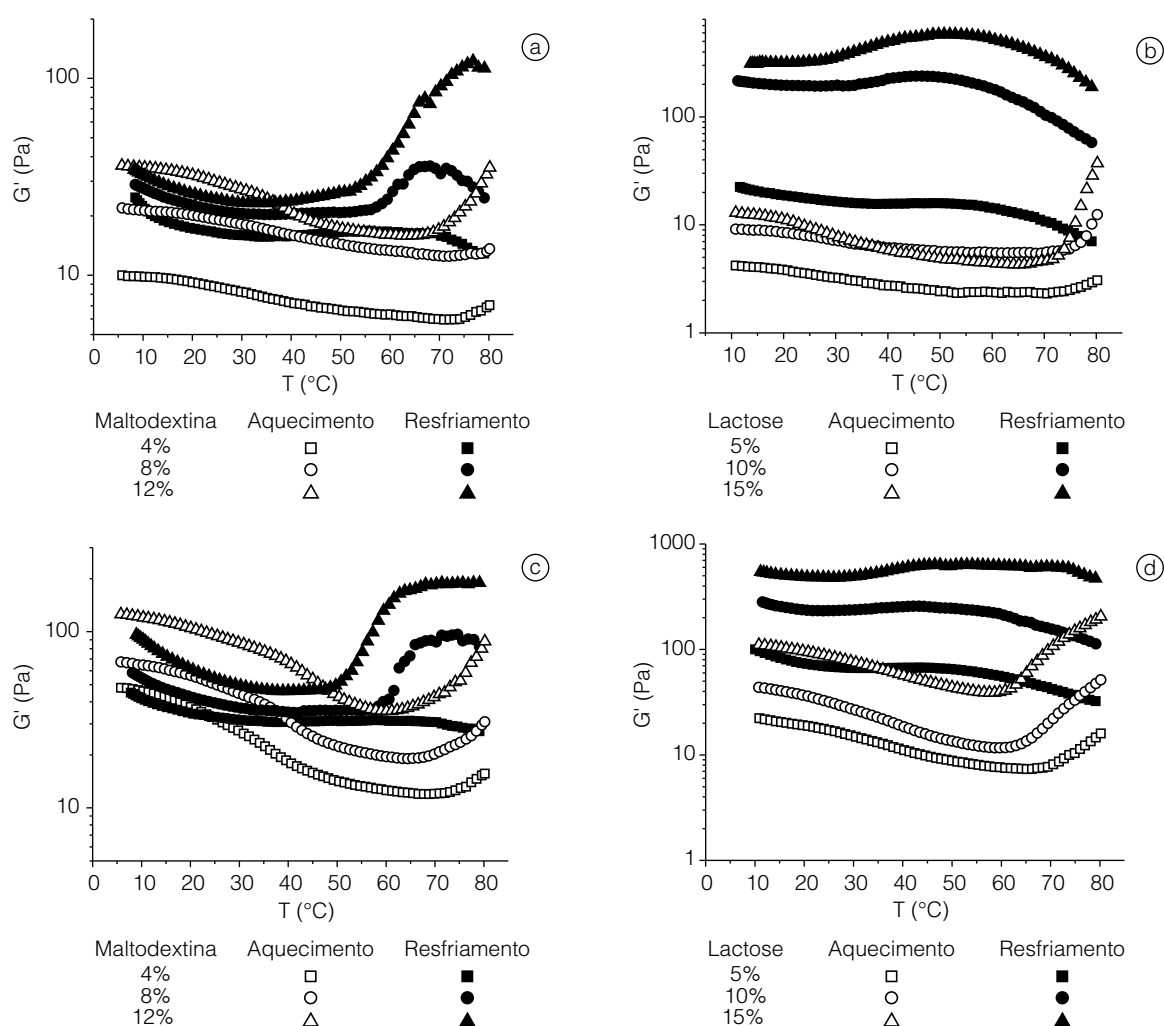


Figura 2. Valores de G' ao longo do aquecimento e resfriamento de suspensão de colágeno em concentrações de 6% a), b) e 8% c), d) em adição de maltodextrina e lactose.

Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose

NICOLETI, J. F. e TELIS, V. R. N.

da maltodextrina, aparentemente em fases separadas, parece haver uma perda de elasticidade do sistema.

Da mesma forma como notado para a suspensão de colágeno puro em concentração de 8%, a porção inicial da curva de aquecimento favoreceu valores maiores de G' comparadas as curvas de resfriamento para as três concentrações de maltodextrina avaliadas. O efeito da temperatura sobre a suspensão durante o aquecimento é mais intenso em concentrações maiores tanto de colágeno quanto do polissacarídeo. Ao contrário dos resultados obtidos para o colágeno puro, apesar de haver ocorrido uma diminuição nos valores de G' no decorrer do aquecimento até temperatura próxima a 60 °C, a adição da maltodextrina em concentrações maiores conduziu a um aumento do parâmetro elástico a partir desta temperatura até a final programada que foi de 80 °C.

Em relação à temperatura de gelificação da suspensão formada pela combinação de colágeno com a maltodextrina, a adição do polissacarídeo levou a uma temperatura de gelificação maior comparada à dispersão de colágeno pura, estando em torno de 25 °C. Loren e Hermansson (2000) encontraram que a temperatura de gelificação da mistura aquosa com 5% de gelatina e 5% de maltodextrina foi de 22,3 °C. Os autores verificaram que a temperatura de gelificação da suspensão formada pela interação dos dois constituintes era dependente da concentração de ambos, tornando-se mais baixa conforme eram reduzidas as concentrações. De acordo com Picout et al. (2000), a dependência da temperatura de gelificação de maltodextrina em função da concentração foi diretamente proporcional, sendo que para os limites de concentração do polissacarídeo entre 15 e 30%, as respectivas temperaturas atingiram um alcance entre 6 e 34 °C. Loret et al. (2004) ao avaliarem o tempo e temperatura de formação de gel da suspensão aquosa de maltodextrina com 25%, concluíram que o aquecimento da suspensão até uma temperatura máxima de 90 °C contribuiu para a obtenção de géis mais fortes e mais elásticos após o resfriamento, provavelmente pela presença de agregados de duplas hélices de amilose.

De acordo com as Figuras 2b, d, a adição da lactose em suspensões de colágeno de 6 e 8%, respectivamente, aumentou os valores do módulo de armazenamento em menor intensidade em relação à maltodextrina no início do aquecimento, não mostrando diferença significativa em concentrações mais baixas do dissacarídeo (5%) comparadas com a suspensão de colágeno puro. Por outro lado, no decorrer do processo de resfriamento, é nítida a grande influência da adição de lactose sobre a dispersão de colágeno, chegando ao final do ciclo de aquecimento/resfriamento, em concentrações mais altas de lactose, com valores de G' muito superiores aos apresentados pelas suspensões de colágeno com concentrações mais elevadas de maltodextrina, conforme Figuras 2a, b. Além

disso, o módulo de armazenamento apresentou variações muito pequenas ao longo do resfriamento, indicando que já em temperaturas altas ocorre a formação de um gel que permanece estável ao longo do resfriamento.

Da mesma forma como observado com a adição de maltodextrina, a lactose em concentrações maiores leva a um aumento do parâmetro elástico na porção final do processo de aquecimento, sendo que sem a adição do dissacarídeo este comportamento não foi observado, com os valores de G' diminuindo no decorrer de todo o processo de aquecimento.

Medidas reológicas dinâmicas foram realizadas por Yang et al. (2004) sobre sistemas alimentícios modelos compostos por amido de trigo e açúcares. No final do processo de resfriamento para o sistema formado por amido e sacarose em proporções de 1:0,2, o valor de G' sofreu um decréscimo quando comparado com os resultados reológicos da suspensão formada somente com amido. A presença da lactose na suspensão anterior, porém em quantidades de 1:0,1:0,1 de amido, sacarose e lactose, respectivamente, elevou o valor do parâmetro elástico no final do estágio de resfriamento. Por outro lado, a presença dos açúcares em concentrações maiores na suspensão de amido em proporções de 1:0,3:0,3 promoveu um decréscimo em G' em relação ao amido puro.

As propriedades viscoelásticas da combinação de lactose e celulose microcristalina em solução aquosa a 20 °C foram estudadas por MacRitchie et al. (2002), que verificaram que as amostras com maior concentração do açúcar apresentaram um valor maior do módulo de elasticidade.

Gu et al. (2008) observaram que, para géis de isolado proteico de soja com adição de açúcares redutores (glicose e lactose) e não redutores (sacarose), o módulo elástico foi de amostras submetidas ao ciclo de aquecimento/resfriamento (25-95-25 °C) sempre superior ao observado em suspensões não aquecidas. O emprego dos açúcares levou a uma redução nos valores de G' , sendo que nas amostras aquecidas, a glicose e a lactose tiveram uma contribuição maior não diferindo significativamente entre ambas. Em relação aos resultados reológicos antes do aquecimento, os valores de G' não tiveram diferenças significativas em função do tipo de açúcar.

Durante a varredura de frequência das suspensões de colágeno com maltodextrina (Figuras 3a, c), observou-se uma dependência muito pequena dos valores de G' com o aumento da frequência, ao mesmo tempo em que os valores de G'' foram inferiores a G' . Esse comportamento é característico de géis verdadeiros e curvas similares são apresentadas por Loret et al. (2004) para géis de maltodextrina pura. Os valores de G' nos testes de frequência após aquecido e resfriado foram bem superiores comparados aos ensaios antes do aquecimento da

Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose

NICOLETI, J. F. e TELIS, V. R. N.

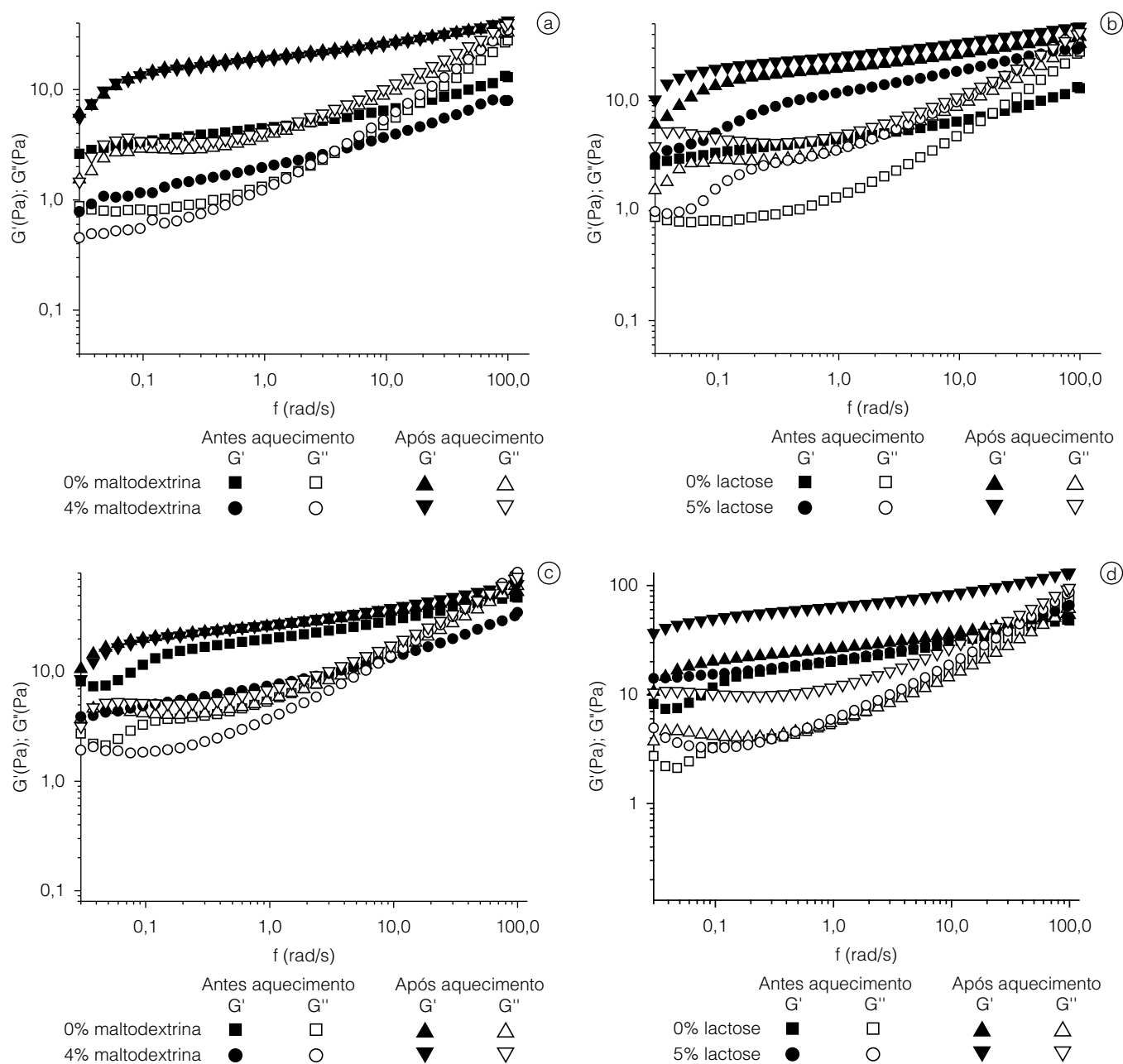


Figura 3. Espectro de frequência em função de G' e G'' a 20 °C antes e após o aquecimento da suspensão para 70 °C – efeito da concentração de aditivos e colágeno 6% a), c) e 8% b), d).

suspensão, enquanto os valores de G'' ficaram apenas ligeiramente maiores, indicando aumento da rigidez do gel formado após o ciclo de aquecimento/resfriamento.

O mesmo comportamento é reproduzido nas Figuras 3b, d, que apresentam o efeito da adição da lactose. As suspensões de colágeno com lactose, após serem submetidas ao ciclo de aquecimento e resfriamento, apresentaram maiores valores de G' ao longo do espectro de frequência comparadas às amostras isentas do açúcar.

A evolução dos mecanismos interativos, em nível molecular, entre o colágeno e os aditivos empregados

individualmente, maltodextrina e lactose, não estão tão evidentes somente com o estudo reológico da suspensão, desta forma, uma melhor atenção e compreensão seria de grande valor através de outras avaliações, entre elas, análise microscópica.

4 Conclusões

Os valores de G' seguiram as mesmas tendências de G'' e foram sempre superiores em todo alcance de temperaturas avaliadas em ambos os processos de aquecimento e resfriamento tanto para a suspensão do colágeno puro, quanto sua interação com a maltodextrina

Reologia de suspensões de colágeno na presença de maltodextrina e lactose

NICOLETI, J. F. e TELIS, V. R. N.

e lactose. O módulo elástico teve seus valores reduzidos durante o aquecimento e voltaram a se elevar com o progresso do resfriamento, sendo este efeito muito maior durante o resfriamento com adição de lactose. Em relação ao espectro mecânico de frequência, observou-se um aumento gradual nos valores de G' e G'' com o aumento da frequência. O efeito da combinação individual da maltodextrina e lactose com a suspensão de colágeno nestes testes foi marcado pela divergência dos resultados entre ambos os aditivos, em que a presença do dissacarídeo proporcionou maiores valores de G' em relação à suspensão de colágeno puro, enquanto que a adição do polissacarídeo teve efeito contrário, reduzindo os valores do parâmetro elástico.

Agradecimentos

À Fapesp (Procs. 2007/54350-1 e 2006/56015-2) pelo apoio.

Referências

- BETANHO, C.; SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R. Estabilidade das emulsões cárneas. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 17, n. 210, p. 85-90, 1994.
- CHEOW, C. S.; NORIZAH, M. S.; KYAW, Z. Y.; HOWELL, N. K. Preparation and characterization of gelatins from the skins of sin croaker (*Jhonius dussumieri*) and shortfin scad (*Decapterus macrostoma*). **Food Chemistry**, Oxford, v. 101, n. 1, p. 386-391, 2007.
- COLMENERO, F. J. Technologies for developing low-fat meat products. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v. 7, n. 2, p. 41-48, 1996.
- CREHAN, C. M.; HUGHES, E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, Oxford, v. 55, n. 4, p. 463-469, 2000.
- DICKINSON, E. Food colloids... How do interactions of ingredients control structure, stability and rheology? **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, London, v. 12, n. 4-5, p. 155-157, 2007.
- FERRY, J. D. **Viscoelastic properties of polymers**. New York: Wiley, 1989. 390 p.
- GU, X.; CAMPBELL, L. J.; EUSTON, S. R. Influence of sugars on the characteristics of glucono- δ -lactone induced soy protein isolate gels. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, n. 2, p. 314-326, 2008.
- LAI, G.; LI, Y.; LI, G. Effect of concentration and temperature on the rheological behaviour of collagen solution. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 285-291, 2008.
- LÓREN, N.; HERMANSSON, A. M. Phase separation and gel formation in kinetically trapped gelatin/maltodextrin gels. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 27, n. 4, p. 249-262, 2000.
- LORET, C.; MEUNIER, V.; FRITH, W. J.; FRYER, P. J. Rheological characterization of the gelation behaviour of maltodextrin aqueous solutions. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 57, n. 2, p. 153-163, 2004.
- McRITCHIE, K. A.; NEWTON, J. M.; ROWE, R. C. The evaluation of the rheological properties of lactose/microcrystalline cellulose and water mixtures by controlled stress rheometry and the relationship to the production of spherical pellets strusion/spheronization. **European Journal of Pharmaceutical Science**, Amsterdam, v. 17, n. 1-2, p. 43-50, 2002.
- OLIVO, R.; BETANHO, C.; ZAIDAN-DAGI, C. M.; SHIMOKOMAKI, M. Como as fibras de colágeno estabilizam uma emulsão cárnea. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 20, n. 230, p. 20-24, 1996.
- OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **No caminho da pesquisa**. 2 ed. Cocal do Sul: Editora Imprint, 2002. V. 1. 155 p.
- PICOUT, D. R.; RICHARDSON, R. K.; MORRIS, E. R. Co-gelation of calcium pectinate with potato maltodextrin. Part 1. Network formation on cooling. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 43, n. 2, p. 133-141, 2000.
- RAO, M. A. Measurement of flow and viscoelastic properties. In: RAO, M. A. (Ed.). **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. Gaithersburg: Aspen Publication, 1999. p. 59-151.
- RENARD, D.; VAN DE VELDE, F.; VISSCHERS, R. W. The gap between food gel structure, texture and perception. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 4, p. 423-431, 2006.
- STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2 ed. East Lansing: Freeman Press, 1992. 418 p.
- TOSH, S. M.; MARANGONI, A. G. Determination of the maximum gelation temperature in gelatin gels. **Applied Physics Letters**, Melville, v. 84, n. 21, p. 4242-4244, 2004.
- YANG, H.; IRUDAYARAJ, J.; OTGONCHIMEG, S.; WALSH, M. Rheological study of starch and dairy ingredient-based food systems. **Food Chemistry**, Oxford, v. 86, n. 4, p. 571-578, 2004.