

DESENVOLVIMENTO DE GÉIS MISTOS PARA VEICULAÇÃO DE BIOATIVOS EM SISTEMAS ALIMENTARES

Palavras-Chave: [GÉIS MISTOS], [BIOATIVOS], [SISTEMAS ALIMENTARES]

Autores:

TATHIANE MARX SEQUINHO [FEA/UNICAMP]

Prof. Dr. LUIZ HENRIQUE FASOLIN [FEA/UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

Os bigéis, ou géis mistos, são sistemas compostos por duas fases semi-sólidas: organogel e hidrogel.⁽¹⁾ Desse modo, além de poderem atuar como modificadores de textura, apresentam a capacidade de veicular compostos hidrofílicos e hidrofóbicos simultaneamente.⁽²⁾ Esse potencial tem chamado a atenção de pesquisadores, principalmente na farmacêutica e cosmética. Contudo, na esfera alimentícia, são encontrados poucos estudos, todos publicados recentemente. Por esse motivo, se faz necessário o desenvolvimento e aprofundamento de estudos voltados para a aplicação dos bigéis em sistemas alimentícios.

O objetivo inicial da iniciação científica era desenvolver géis mistos, formados a partir de ingredientes considerados seguros (GRAS) para atuarem como veículos de bioativos em aplicações alimentícias. Porém, pela impossibilidade de frequentar o laboratório, frente ao distanciamento social imposto pela pandemia, foi feita uma revisão bibliográfica aprofundada do estado da arte. Isso permitiu uma investigação minuciosa e uma maior compreensão sobre os bigéis e os sistemas puros que os constituem.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

OLEOGÉIS

Os oleogéis são sistemas semi-sólidos produzidos por meio da gelificação de compostos lipofílicos. Para ocorrer a formação do oleogel, é necessário que a solubilidade do gelificante nas moléculas do solvente não seja completa. Durante o processo de gelificação, as moléculas do gelificante se

Figura 1: Oleogéis desenvolvidos com diferentes proporções de β -sitosterol e lecitina



Fonte: PINTO et al., 2021

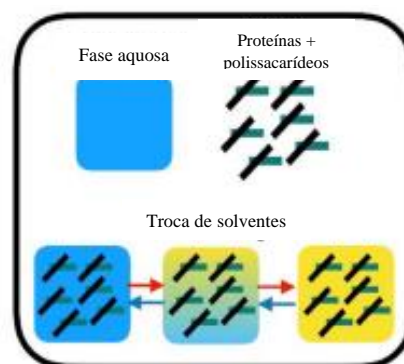
organizam em uma rede 3D que irá imobilizar o óleo (Figura 1), que é líquido em temperatura ambiente, por capilaridade.⁽²⁾

Diversos tipos de gelificantes podem ser utilizados na gelificação de óleos comestíveis, como ceras, ácidos graxos, álcoois gordurosos, monoglicerídeos (MAGs), triglicerídeos (TAG), entre outros.⁽³⁾ Os monoglicerídeos são gelificantes muito interessantes por causa da sua capacidade de realizar o processo de auto associação tanto em água como em óleo, graças à sua natureza anfifílica, sendo que podem se organizar de forma laminar, cúbica ou hexagonal.⁽⁴⁾

Existem dois métodos para produzir os oleogéis: o direto e o indireto. O direto consiste na dispersão do gelificante, no próprio óleo líquido, em temperaturas acima do ponto de fusão. Após o resfriamento do sistema, é formada a rede de gel, que imobiliza o óleo líquido nessa estrutura sólida.⁽⁵⁾ Por outro lado, o método indireto não dispersa o gelificante diretamente no óleo escolhido para formar o oleogel. Nesse método, existem diferentes abordagens. Uma delas é através da troca de solventes em várias etapas do processo, sendo diminuída a polaridade do solvente a cada troca (Figura 2).⁽⁶⁾⁽¹²⁾

A literatura relata diversos usos do oleogel que conferem vantagens para o ramo alimentício. Esses sistemas são geralmente usados como substitutos de gordura animal em carnes para atrapalhar a ruptura excessiva de gotículas de óleo ao cortar o alimento. Além disso, são úteis para a produção de doces, trabalhando como refreadores da formação de uma rede de glúten prolongada, impedindo assim que o doce tenha uma crosta longa, estabilizando também o amido e as bolhas de ar e água na massa.⁽⁷⁾

Figura 2: Produção de oleogel via método indireto por troca de solventes.



Fonte: PINTO et al., 2021

HIDROGÉIS

Os hidrogéis são redes tridimensionais à base de água e formadas por cadeias de biopolímeros. Essas cadeias estão associadas por meio de diversos mecanismos, como ligações covalentes, pontes de hidrogênio, forças de van der Waals ou somente interações físicas. O fato de serem constituídos por água e biopolímeros faz com que sejam completamente biodegradáveis, de baixa toxicidade, grande biocompatibilidade e fácil acessibilidade.

O modo como o hidrogel se estrutura e as suas propriedades estão estritamente vinculadas à natureza, composição e concentração dos biopolímeros utilizados como agentes gelificantes, assim como a presença de sais, pH do meio e o mecanismo utilizado para a produção do gel. Os agentes utilizados na produção de hidrogéis para aplicação alimentar geralmente são proteínas (do soro do

leite, de soja e gelatina), polissacarídeos (amido, pectina, alginato, celulose, ágar) ou uma mistura desses dois.⁽⁸⁾

Existem vários mecanismos para a produção dos hidrogéis de proteína, que podem ser classificados em dois grandes grupos: indução física, que envolve calor (gelificação térmica) e pressão, e indução química, que inclui acidificação, força iônica e reação enzimática.⁽⁹⁾ Cada mecanismo entrega características físico-químicas e propriedades mecânicas e reológicas diferentes. Embora existam diferentes métodos para a produção dos géis de proteína, ambos se baseiam no mesmo princípio: a desnaturação das proteínas para sua posterior agregação.

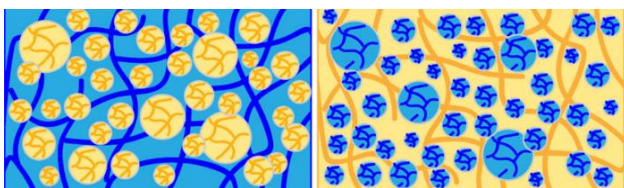
Esse sistema semi-sólido puro à base de água tem sido explorado na área alimentícia devido às suas propriedades tecno-funcionais, atuando como modificador de textura, sistemas de encapsulamento e veículos para compostos, entre outras.

BIGÉIS

Os bigéis, ou géis mistos, são sistemas compostos pela mistura de duas fases semi-sólidas: organogel e hidrogel que podem se organizar em sistemas água-em-óleo e óleo em água (Figura 3), ou ainda em estruturas bicontínuas. A produção dos géis mistos pode ser feita por dois métodos que divergem em relação ao momento em que os géis poliméricos são misturados. O primeiro método é a emulsificação a frio, na qual o hidrogel e o oleogel são misturados depois de serem gelificados separadamente. O segundo método, a emulsificação a quente, consiste na mistura das soluções

biopoliméricas antes de sua gelificação. Após a homogeneização, o sistema é então gelificado.

Figuras 3(a) e 3(b): Representação esquemática das estruturas dos géis mistos de sistema óleo em água (a) (figura da esquerda) água-em-óleo (b) (figura da direita).



Fonte: PINTO et al., 2021

Os parâmetros de processo são importantes para a produção dos géis mistos, influenciando nas propriedades do gel produzido. As variáveis incluem razão oleogel/hidrogel; natureza, estrutura e concentração de gelificantes; velocidade de mistura; temperatura de mistura; tipo de solvente; incorporação de aditivos ou emulsificantes e armazenamento dos bigéis.⁽¹⁰⁾ Essas variáveis de processo têm influência expressiva nas propriedades reológicas e mecânicas dos géis e conseqüentemente no seu desempenho como sistemas de liberação de compostos.

Em comparação aos oleogéis e hidrogéis puros, os géis mistos já provaram ser sistemas mais vantajosos para aplicação na área farmacêutica e cosmética. Os hidrogéis puros enfrentam dificuldade em transpor a barreira lipofílica da pele, enquanto os oleogéis puros conferem um efeito oleoso. Por

conterem as duas fases com alta estabilidade, os bigéis, além de melhorarem a passagem transdérmica dos compostos pela presença do oleogel, produzem um efeito refrescante ao serem aplicados e facilitam a lavagem com água devido ao hidrogel. Entretanto, os bigéis apresentam a desvantagem de não serem sistemas termorreversíveis, sendo que se desestabilizam em temperaturas altas.

Apesar do grande potencial para serem utilizados em alimentos, ainda existem poucos estudos sobre a aplicação desses sistemas na área alimentícia. Em um artigo recente, foram desenvolvidos géis mistos com hidrogel à base de k-carragena e oleogel formado por monoglicérides para serem usados como sistemas de entrega de β -caroteno. O estudo avaliou a mudança causada pelas diferentes razões de oleogel/hidrogel e foi observado que uma maior proporção de oleogel melhora as propriedades mecânicas dos géis e também promove uma liberação superior de β -caroteno. Além disso, o β -caroteno melhorou a estabilidade quando houve aumento da proporção de oleogel.⁽¹⁾ Os bigéis também podem ser utilizados como modificadores de textura. Através da alteração dos parâmetros do processo é possível modular as propriedades físicas do sistema, que apresenta propriedades mais interessantes e maior estabilidade em comparação com os géis puros.⁽¹⁾

CONCLUSÃO

Hidrogéis, oleogéis têm sido bastante utilizados como modificadores de textura, substitutos de gordura, para veicular compostos sensíveis às condições do meio, entre outras finalidades. Os géis mistos configuram maior potencial para aplicações alimentícias em relação aos sistemas puros que os compõe. Isso se deve ao caráter semi-sólido das duas fases que o compõe, que confere a principal vantagem de operar simultaneamente como veículo de substâncias hidrofílicas e lipofílicas mantendo uma grande estabilidade termodinâmica e cinética durante o uso e o armazenamento. Recentemente, as pesquisas se concentram na modulação de textura e viscosidade através da combinação de diferentes gelificantes. Entretanto, ainda são encontrados poucos estudos sobre a aplicação de bigéis em alimentos. Dessa forma, essa área necessita de mais investigação para desvendar os mecanismos de formação, digestibilidade desses géis e o investimento para novas manipulações e aplicações.

BIBLIOGRAFIA

- (1) FASOLIN, L.H.; MARTINS, A.J.; CERQUEIRA, M.A.; VICENTE, A.A. Modulating process parameters to change physical properties of bigels for food applications. **Food Structure**, v. 28, 2021.
- (2) BEHERA, B.; SAGIRI, S.S.; PAL, K.; PRAMANIK, K.; RANA, U.A.; SHAKIR, I.; ANIS, A. Sunflower Oil and Protein-based Novel Bigels as Matrices for Drug Delivery Applications—Characterization and in vitro Antimicrobial Efficiency. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, v. 54, p. 837 - 850, 2015.

- (3) PATEL, A.R.; DEWETTINCK, K. Edible oil structuring: an overview and recent updates. *Food & Function*, v. 7, p. 20 - 29, 2016.
- (4) OJJO, N.K.; NEEMAN, I.; EGER, S.; SHIMONI, E. Effects of monoglyceride content, cooling rate and shear on the rheological properties of olive oil/monoglyceride gel networks. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, p. 1585 - 1593, 2004.
- (5) SHAKEEL, A.; FAROOQ, U.; GABRIELE, D.; MARAGONI, A.G.; LUPI, F.R. Bigels and multi-component organogels: An overview from a rheological perspective. **Food Hydrocolloids**, v. 111, 2021.
- (6) OKURO, P.K.; MARTINS, A.J.; VICENTE, A.A.; CUNHA, R.L. Perspective on oleogelator mixtures, structure design and behaviour towards digestibility of oleogels. **Current Opinion in Food Science**, v. 35, p. 27 - 35, 2020.
- (7) SCHARFE, M.; FLÖTER, E. Oleogelation: From Scientific Feasibility to Applicability in Food Products. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 122, 2020.
- (8) OKURO, P.K.; SANTOS, T.P.; CUNHA, R.L. Compositional and structural aspects of hydro- and oleogels: Similarities and specificities from the perspective of digestibility. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 55 – 67, 2021.
- (9) AGUILERA, J.M.; RADEMACHER, B. Protein gels. **Proteins in Food processing**, ed. YADA, R.Y., p. 468 - 482, 2004.
- (10) SHAKEEL, A.; FAROOQ, U.; IQBAL, T.; YASIN, S.; LUPI, F.R.; GABRIELE, D. Key characteristics and modelling of bigels systems: A review. **Materials Science and Engineering: C**, v. 97, p. 932 - 953, 2019.
- (11) ZHENG, H.; MAO, C.; CUI, M.; LIU, J.; GAO, Y. Development of food-grade bigels based on κ -carrageenan hydrogel and monoglyceride oleogels as carriers for β -carotene: Roles of oleogel fraction. **Food Hydrocolloids**, v. 105, 2020.
- (12) PINTO, T.C.; MARTINS, A.J.; PASTRANA, L.; PEREIRA, M.C.; CERQUEIRA, M.A. Oleogel-Based Systems for the Delivery of Bioactive Compounds in Foods. **Gels**, v. 7, p.86, 2021.