

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GÉIS E EMULSÕES EM GEL FORMADOS POR PROTEÍNA DE ERVILHA E ÁGAR-ÁGAR

Leonardo Pereira dos Reis – FAPESP (Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino)

Prof. Dr. Guilherme de Figueiredo Furtado – Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino)

Profa. Dra. Larissa Consoli - Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino)

Introdução

Os produtos cárneos fazem parte da dieta da maioria da população em virtude de seu alto poder nutritivo, sendo considerado fonte de energia, proteínas, vitaminas e minerais (Blank *et al.*, 2023). Entretanto, a presença de componentes como ácidos graxos saturados, gordura, sal e aditivos tendem a estar atrelados a ocorrência de algumas doenças. Ligada à obtenção de produtos cárneos, tem-se a atividade pecuária, que tem sido apontada como uma das responsáveis pelo agravamento e deterioração do meio ambiente e do clima global. Nessa perspectiva, o estudo do desenvolvimento de formulações de produtos cárneos emulsionados com baixo teor de gordura é de grande anseio para a obtenção de alimentos mais saudáveis e ricos do ponto de vista nutricional. A substituição de gordura animal em produtos cárneos representa um desafio tecnológico, visto o papel fundamental da gordura em aspectos como textura, percepção sensorial e rendimento (Öztürk-Kerimoğlu *et al.*, 2021). Nos últimos anos, os estudos desta linha de pesquisa têm voltado a sua atenção aos géis de emulsão formados por produtos à base de matérias-primas vegetais. Devido às suas características de textura, estes materiais têm sido apontados como alternativas viáveis para a substituição da gordura animal em produtos cárneos. Dentre as fontes de proteína à base de plantas, as leguminosas como as ervilhas têm recebido grande visibilidade, em virtude do seu baixo custo de cultivo, alto valor nutricional, alto teor de proteína e baixa alergenicidade. Por outro lado, o polissacarídeo ágar-ágar, de origem japonesa, proveniente de algas marinhas tem uma característica tecnológica importante em decorrência de produzir um gel com propriedades semelhantes às da gelatina. Em um trabalho recente, Öztürk-Kerimoğlu *et al.* (2021) avaliaram a formação de géis a partir da combinação entre proteína de ervilha (PE) e ágar-ágar (AA) adicionadas de cloreto de sódio, utilizando o material resultante como aditivo para incorporação em produtos cárneos. No entanto, notam-se na literatura lacunas no conhecimento no que tange ao estudo dos géis formados por estes materiais, assim como a sua capacidade de retenção de óleos, levando à formação de emulsões em gel. Outro ponto que precisa ser elucidado é o efeito de cada componente da formulação nas propriedades do gel formados. Assim, um conhecimento minucioso acerca destas propriedades contribui para a escolha de substâncias que auxiliam na conferência de características sensoriais de textura para alcançar a estrutura do gel.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

Além disso, a textura é um atributo sensorial importante em produtos cárneos, dessa maneira é imperativo para uma promissora utilização na indústria, tal como a aceitabilidade do consumidor. Diante destes aspectos, o presente trabalho envolveu a realização de estudos para suprir esta lacuna de conhecimento.

Objetivo

Objetivou-se, com este trabalho, determinar a caracterização das propriedades reológicas em alta deformação, de géis formados pela combinação entre PE e AA com adição de sais mono e bivalentes, NaCl (cloreto de sódio) e CaCl₂ (cloreto de cálcio).

Metodologia

Foram preparados géis mistos (PE+AA) a partir do aquecimento das dispersões aquosas combinadas em banho com temperatura controlada, de acordo com o método de Cavallieri e Cunha (2010). As misturas de ambos os biopolímeros foram formuladas variando as proporções entre PE e AA, bem como a adição de concentrações variadas (50 e 100 mM) de NaCl e CaCl₂. O pH destas soluções foi ajustado para 7,0 (neutralidade) com soluções de HCl ou NaOH 0,1 M. Após o aquecimento (90°C/30 min), os géis foram resfriados com banho de gelo e mantidos sob refrigeração (~ 10 °C) por 24 h para completa estabilização. Para determinação do comportamento mecânico foram realizados ensaios em alta deformação em um texturômetro (TA.XT Plus Texture Analyser, Stable Micro Systems, Reino Unido). A avaliação da ruptura do gel foi realizada utilizando-se um probe de 100 mm de diâmetro (P/100R). A distância entre o probe e a amostra foi configurada em 5 mm. As velocidades pré-teste, de teste e pós teste foi de 1,0 mm/s, 0,5 mm/s e 1,0 mm/s, respectivamente. A força de gatilho foi de 5xg. Os ensaios foram conduzidos em temperatura ambiente (~ 25 °C). Além disso, os géis salinos foram avaliados com relação à sua microestrutura utilizando microscopia óptica, utilizando-se lentes objetivas de 40x. A capacidade de retenção de água (WHC) dos géis foi avaliada com base em metodologia adaptada de Kuhn (2009). Em resumo, amostras de 1 g de cada corpo de prova foram cuidadosamente pesadas e envolvidas em papel manteiga e, na sequência, em papel de filtro. Em seguida, foram acondicionadas em tubos de centrifuga com capacidade para 50 mL e centrifugadas a 100 rpm por 5 minutos em uma Centrifuga CE300I-Centrilab. Após este procedimento, os géis foram pesados para determinar a quantidade de água liberada e assim determinada a WHC.

Resultados

Como pode ser observado na Figuras 1, todas as formulações propostas levaram à formação de géis uniformes e autoestruturados.

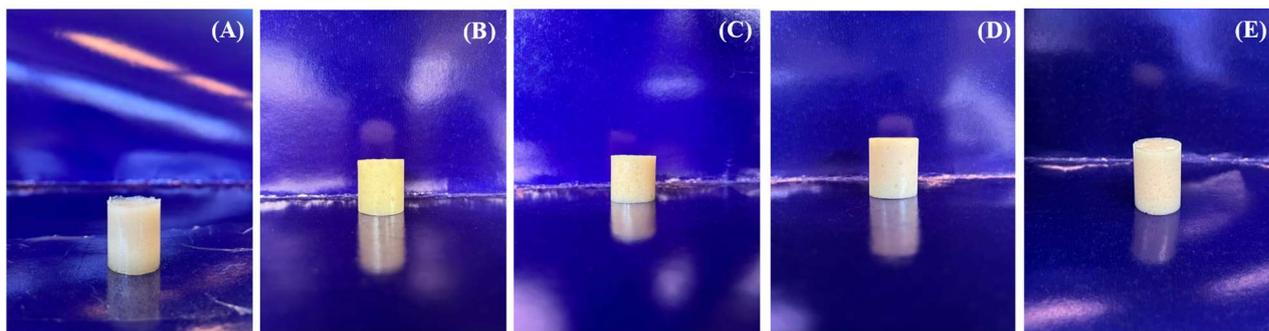
XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

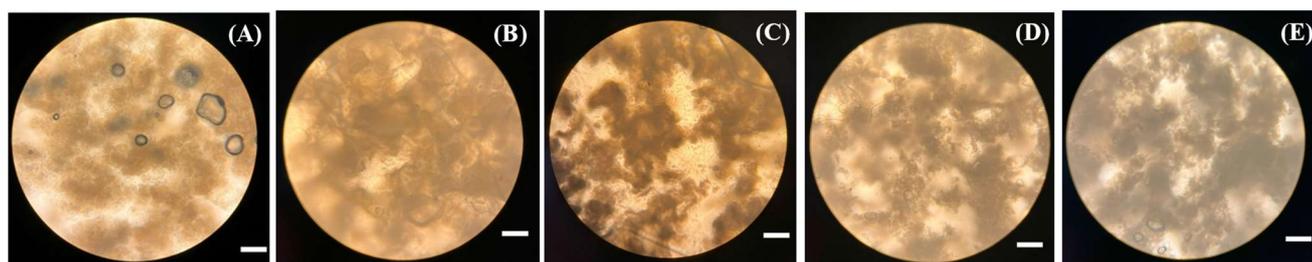
Câmpus Itapetininga

Figura 1 – Géis salinos adicionados com: (A) Controle – sem adição de sais (B) NaCl - 50 mM (C) NaCl - 100 mM (D) CaCl₂ – 50 mM (E) CaCl₂ – 100 mM



A Figura 2 apresenta as imagens obtidas a partir da microscopia óptica. Ao comparar as formulações adicionadas de sais com a amostra controle (Figura 2A), percebe-se que mesmo com a adição de sais ainda assim é notável a presença de algumas fissuras na estrutura de ambos os géis. Nota-se que as amostras com maior força iônica (100 mM), para ambos os sais (Fig. 2C/E), apresentaram estruturas de cor mais clara, semelhantes a cavidades, de forma mais intensa. Por outro lado, as amostras com menor força iônica (50 mM), para os dois sais avaliados, apresentam, em geral, uma microestrutura mais compacta e uniforme.

Figura 2 – Microscopia dos géis salinos. (A) Controle – sem adição de sais (B) NaCl - 50 mM (C) NaCl - 100 mM (D) CaCl₂ – 50 mM (E) CaCl₂ – 100 mM (Barra de escala = 200 µm).



No intuito de prever as características físicas do gel misto em uma possível aplicação em produtos alimentícios, a força do gel é um bom indicador da textura do alimento. Diante disso, a caracterização de textura dos géis mistos com a adição de sais é de grande relevância para avaliar a influência dos sais mono e bivalentes nos parâmetros de textura do gel, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

Tabela 1 - Dados de tensão de Hencky (kPa) dos géis salinos

FI	NaCl	CaCl ₂
0*	14,20 ± 2,15 ^{aA}	14,20 ± 2,15 ^{aA}
50	32,29 ± 0,94 ^{bA}	49,94 ± 1,32 ^{bA}
100	38,30 ± 2,73 ^{cA}	51,06 ± 1,24 ^{bA}

*Formulação correspondente à obtida com P 4,6% e AA3%, sem adição de sais, na primeira etapa do projeto (resultados apresentados no relatório científico parcial).
Letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa ao nível de significância de 5% (p<0,05)

Nota-se que com a adição de sais até atingir uma força iônica (FI) de 50 mM, houve um aumento significativo da tensão de Hencky em relação à amostra controle. Tomando *NaCl* como exemplo, temos uma tensão de 14,20 ± 2,15 kPa para a amostra controle, enquanto a adição de 50 mM de *NaCl* promoveu um aumento dessa tensão para 32,29 ± 0,94 kPa. Entretanto com o aumento da FI para 100 mM, apenas o gel de *NaCl* apresentou efeito significativo. Considerando o parâmetro de deformação, quando comparada a deformação da amostra controle (0,22 ± 0,01) com a adição de 50 mM houve um aumento significativo na deformação de ambos os géis, 0,24 ± 0,00 (*NaCl*) e 0,26 ± 0,00 (*CaCl₂*). Contudo, quando aumentada a força iônica para 100 mM, apenas os géis com *NaCl* apresentaram aumento significativo. Já em relação ao parâmetro módulo de elasticidade, a amostra controle apresenta módulo de 68,56 ± 12,7 kPa. Com força iônica de 50 mM de sais, houve um aumento significativo no módulo de elasticidade de ambos os géis, aumentando para 147,63 ± 4,38 kPa e 198,04 ± 5,73 kPa nos géis com *NaCl* e *CaCl₂*, respectivamente. Por outro lado, o aumento da força iônica para 100 mM não gerou efeito significativo no módulo em ambos os géis. Portanto, de forma geral a adição de sais mono e bivalentes teve efeito significativo sobre as propriedades mecânicas dos géis (Módulo de elasticidade, Tensão e Deformação de Hencky). Em destaque, os géis com sais bivalentes (*CaCl₂*) apresentaram maiores valores destes parâmetros quando comparados aos géis monovalentes (*NaCl*), o que indica um uma estrutura mais coesa e rígida. A capacidade de retenção de água é uma importante propriedade funcional de um sistema gel, haja vista que indica a sua capacidade de se ligar e aprisionar a água (Sun *et al.*, 2011).

Tabela 2 – Capacidade de retenção de água (*WHC* - %) dos géis salinos.

FI	NaCl	CaCl ₂
0*	92,33 ± 2,33 ^{aA}	92,33 ± 2,33 ^{aA}
50	92,52 ± 0,81 ^{aA}	93,68 ± 0,73 ^{aA}
100	93,18 ± 1,18 ^{aA}	93,34 ± 1,23 ^{aA}

*Formulação correspondente à obtida com PE 4,6% e AA3%, sem adição de sais, na primeira etapa do projeto (resultados apresentados no relatório científico parcial).
Letras minúsculas diferentes na mesma coluna e letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa ao nível de significância de 5% (p<0,05)

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

Observando a Tabela 2, é possível constatar que, dentro da faixa avaliada, a força iônica não promoveu efeito significativo sobre a capacidade de retenção de água, para os sais dentro da faixa trabalhada. Além disso, pode-se afirmar que o uso de um sal mono ou bivalente também não interferiu significativamente na capacidade de retenção de água nestas mesmas condições.

Conclusão

Dessa maneira-se pode-se concluir que todas as formulações propostas geraram géis salinos firmes e autoestruturados assim como a amostra controle. Ademais, notou-se durante os ensaios microscópicos que ambos os sais com concentração de 50 mM apresentaram uma estrutura mais uniforme, sendo os géis de CaCl_2 os mais claros dentre as amostras. Quanto aos dados de textura, propriedades essenciais pensando na futura aplicação desses géis, notou-se no geral que tanto a tensão quanto a deformação e módulo de elasticidade foram afetados significativamente pela adição de ambos os sais. Além disso, pela avaliação das propriedades mecânicas os géis salinos de CaCl_2 mostraram ser mais firmes e coesos. Por outro lado, conclui-se que adição dos sais mono e bivalentes não teve efeito significativo sobre a WHC dos géis.

Referências

- Blank, J. T., Helena, E. T. De S., Damasceno, N. R. T., Santos, R. D., Markus, M.R. P., & Azevedo, L. C. De. (2023). Consumo de carnes por adultos e idosos de uma cidade de colonização alemã do sul do Brasil: estudo de base populacional. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28, 243–255. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023281.01932022>
- Cavallieri, A.L.F., Garcez, M.M., Takeuchi, K.P., da Cunha, R.L., 2010. Heat-induced gels of soy protein and κ -carrageenan at different pH values. *Int. J. Food Sci. Technol.* 45, 1130– 1137. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2010.02247.X>
- Kuhn, K. R. Gelificação a frio de proteínas do soro e fibras de linhaça através da adição de sais de cálcio ou sódio. 2009. 126 p. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas-SP.
- Öztürk-Kerimoğlu, B. A promising strategy for designing reduced-fat model meat emulsions by utilization of pea protein-agar agar gel complex. *Food Structure*, v. 29, p. 100205, jul. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110044>
- Sun, J., Li, X., Xu, X., & Zhou, G. (2011). Influence of Various Levels of Flaxseed Gum Addition on the Water-Holding Capacities of Heat-Induced Porcine Myofibrillar Protein. *Journal of Food Science*, 76(3), C472–C478. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02094.x>