

## INFLUÊNCIA DO pH E CONCENTRAÇÃO SALINA NA PROPRIEDADE ESPUMANTE DA GOMA DE LINHAÇA

Suellen Rocha Vieira <sup>1</sup>  
Carolina Oliveira de Souza <sup>2</sup>  
Cristiane Patrícia de Oliveira <sup>3</sup>  
Leandro Soares dos Santos <sup>4</sup>  
Daniela Oliveira dos Santos <sup>5</sup>

### INTRODUÇÃO

A linhaça (*Linum usitatissimum L.*) tem sido utilizada em diversas formas há mais de 5000 anos como ingrediente alimentar e por suas ações medicinais. É um grão oleaginoso, rico em proteínas, lipídeos e fibras dietéticas. Possui três componentes que apresentam propriedades ativas importantes, como o ácido linolênico, fibras solúveis e lignana (MONEGO, 2009; RASHID et al., 2019).

A linhaça além de nutrir o organismo humano com seus nutrientes básicos, pode trazer-lhe benefícios por agir na redução do risco de várias enfermidades crônico degenerativas, como as doenças cardiovasculares, o câncer e as doenças autoimunes. Tais benefícios são ocasionados pela presença de substâncias bioativas, conhecidas como fitoquímicos, que fazem da linhaça um alimento funcional (RASHID et al., 2019).

Um aspecto importante do grão de linhaça é a variedade de subprodutos que dele pode ser obtido, dependendo do processo de extração. Dentre estes subprodutos, destacam-se, do ponto de vista nutricional e quanto à utilização em produtos cosméticos, o óleo e a mucilagem (KAEWMANEE et al. 2014; SOUKOULIS et al., 2018).

A goma da linhaça tem propriedade hidrocoloide com boa capacidade de ligação em água, devido à sua habilidade de inchamento e alta viscosidade em soluções aquosas. Também apresenta fracas propriedades do gel, assim, pode ser usada para substituir a maioria das gomas não gelificantes para aplicações alimentícias e não alimentares (NOVELLO & POLLONIO, 2011). Ainda apresenta menor custo em relação a outras gomas comerciais e o seu rendimento depende do método de extração (KUHN, 2009).

Alguns autores (STEWART & MAZZA, 2000; CHEN et al., 2007; FIGUEROLA, 2008; KAEWMANEE et al., 2014; SOUKOULIS et al., 2018), já realizaram estudos de aplicação tecnológica da goma de linhaça em diferentes alimentos, mas não existem estudos básicos do comportamento das propriedades funcionais tecnológicas da goma. Propriedades como espuma, emulsão, solubilidade, capacidade de absorção de água e óleo que podem ter comportamento diferentes conforme as condições do sistema (temperatura, valor de pH, sais,

---

<sup>1</sup> Mestranda do Curso de Ciência de Alimentos da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [suelleng.alimentos@hotmail.com](mailto:suelleng.alimentos@hotmail.com);

<sup>2</sup> Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. do Curso de pós graduação de Ciência de Alimentos da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [carolinaods@hotmail.com](mailto:carolinaods@hotmail.com);

<sup>3</sup> Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, [cristianepatricia@hotmail.com](mailto:cristianepatricia@hotmail.com);

<sup>4</sup> Prof. Dr. do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, [leosoasantos@yahoo.com.br](mailto:leosoasantos@yahoo.com.br);

<sup>5</sup> Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, [danielaoливira@gmail.com](mailto:danielaoливira@gmail.com).

concentrações salinas e açúcares). Em razão disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da concentração da goma de linhaça, pH, e concentração de cloreto de sódio (NaCl) nas propriedades espumantes da goma.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Panificação e no Laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Campus de Itapetinga-BA. Utilizou-se para o estudo, grão de linhaça dourada, água destilada, cloreto de sódio (NaCl).

### **Preparo da goma de linhaça**

As gomas de linhaça foram produzidas conforme a metodologia proposta por Gallo (2015), com algumas modificações. Os grãos de linhaça foram colocados em um béquer com água destilada, nas concentrações de grão em água (p/v) 2,5%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%; 15%; 17,5% e 20 %, e levadas ao fogo médio (80-100 °C) até atingir fervura por 6 minutos, para liberação da goma. Com a goma ainda quente, foi feito a separação dos grãos e em seguida as amostras foram resfriadas até temperatura ambiente (25±1°C).

### **Preparo da espuma da goma de linhaça**

As características espumantes foram avaliadas conforme o método desenvolvido por Wanniska e Kinsella (1979), com algumas modificações. Um volume de 50 ml da goma nas concentrações de 2,5%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%; 15%; 17,5% e 20 % (p/v) (grão de linhaça/água), foram colocados em um recipiente cilíndrico (5,8 cm de diâmetro interno) graduado em milímetros a temperatura ambiente (25±1°C) e agitada por 2 minutos com um Mixer de alimentos em velocidade máxima, com cinco repetições. Esses experimentos foram realizados para determinar a melhor concentração da goma para a avaliação da propriedade espumante da goma de linhaça em função da variação do valor de pH, sal e concentração salina.

### **Avaliação do efeito do valor de pH, NaCl e concentração salina sobre a propriedade espumante da goma de linhaça**

As espumas foram preparadas conforme a metodologia de Wanniska e Kinsella (1979), descrita anteriormente, na concentração da goma de linhaça de 10%, em quatro níveis de pH (3,0; 4,0; 5,0 e 6,0), um tipo de sal (NaCl) em cinco concentrações (0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 Mol.L<sup>-1</sup>), com três repetições.

### **Cálculo da Estabilidade e Expansão da Espuma**

A estabilidade e expansão da espuma foram determinadas segundo a metodologia sugerida por Britten e Lavoie (1992) no tempo de meia vida da espuma de 30 minutos. A estabilidade da espuma foi calculada de acordo com a equação (1):

$$\text{Estabilidade da espuma (\%)} = [(V_{l_i} - V_{l_t}) / (V_{l_i} - V_{l_0})] \times 100$$

(Eq. 1)

A expansão da espuma foi calculada de acordo com a equação (2):  
Expansão da espuma (%) =  $[(V_{f_0} - V_{f_t}) / V_{l_0}] \times 100$

(Eq. 2)

Onde,  $V_i$  é o volume de líquido inicial antes da agitação,  $V_t$  é o volume do líquido no tempo final de drenagem (após 30 minutos),  $V_o$  é o volume de líquido no tempo inicial de drenagem, ou seja, após a agitação no tempo zero e  $V_{f_0}$  é o volume da espuma inicial após a agitação no tempo zero de drenagem.

### **Análise Estatística**

Os dados experimentais foram submetidos a análise de superfície utilizando o procedimento PROC GLM do software estatístico SAS (SAS versão 9.0, Cary, NC, SAS Institute, Inc., 1999). Na escolha do modelo polinomial, foi testado um conjunto de fatores como o coeficiente de determinação  $R^2$ , falta de ajuste e o nível de significância dos parâmetros do modelo. Os níveis de significância dos coeficientes da regressão foram obtidos pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Efeito da concentração da goma de linhaça na formação de espuma**

Após a extração da goma verificou-se que todas as concentrações apresentaram valor de pH 6,0. Com o aumento da proporção grão:água, foi possível observar que houve a formação de uma goma mais viscosa e escura. Segundo Qian (2014), as maiores razões de água e grão são responsáveis pelas maiores quantidades de proteínas no extrato. Logo, quanto maior a concentração, resultará em uma maior viscosidade das soluções da goma.

Para a capacidade espumante da goma de linhaça, foi possível ajustar os dados ao modelo linear (Eq. 3) de superfície de resposta. O modelo descreve os dados que foram ajustados com um valor de  $R^2$  de 0,69.

$$\text{Expansão (\%)} = - 860,675 + 161,990 [\text{goma}]$$

(Eq. 3)

A concentração da goma de linhaça em 2,5% até 12,5%, resultou em valores baixos de expansão da espuma em comparação com as concentrações acima de 15%, a qual apresentaram maiores resultados (2.640%). Esse aumento pode ter ocorrido devido a maior concentração de proteínas e polissacarídeos extraído do grão de linhaça, onde na concentração de 15% até 20% não houve líquido drenado após o final da agitação, sendo que devido a não drenagem de líquido no tempo zero, a expansão tende a aumentar. Segundo Fennema (2010), a espumabilidade costuma atingir seu valor máximo em algum ponto durante o aumento da concentração de proteína.

Diante dos resultados da estabilidade da espuma em função da concentração da goma de linhaça, foi possível ajustar o modelo linear (Eq. 4), que descreve os dados que foram ajustados com um valor de  $R^2$  de 0,84.

$$\text{Estabilidade (\%)} = 20,505 + 4,370 [\text{goma}]$$

(Eq. 4)

Houve um aumento na estabilidade a medida que aumentou a concentração da goma de linhaça, a qual manteve-se constante em concentrações maiores que 15%. Essas concentrações apresentaram as maiores consistências, provavelmente, devido a maior migração de goma a solução. Após a agitação as espumas formadas com concentrações maiores que 15%,

apresentaram uma característica bem mais densa que as demais concentrações estudadas, logo não houve a drenagem de líquidos. A ausência de drenagem de líquidos pode ter ocorrido porque nessas concentrações as amostras apresentaram uma maior viscosidade, e devido a isso a película formada ao redor da bolha de ar torna-se mais resistente e elástica, ajudando assim, na interface da bolha para que não ocorra colisão. Como a drenagem de líquido no tempo zero e após os 30 minutos foram mínimas, os valores de estabilidade são máximos. Isso também explica o aumento de estabilidade com o aumento da concentração da goma, devido um aumento contínuo da viscosidade. Segundo Fennema (2010), a estabilidade da espuma é aumentada por grandes concentrações proteicas, uma vez que isso aumenta a viscosidade e facilita a formação de uma película proteica coesiva de múltiplas camadas na interface.

De acordo com os resultados preliminares de expansão e estabilidade da espuma da goma de linhaça, para os estudos posteriores, foi escolhido a concentração de 10%, devido aos resultados de expansão terem sido maiores que as concentrações até 12,5%. A escolha dessa concentração também foi devida ao fato que as concentrações acima de 15% já apresentaram o valor máximo para a estabilidade, e se os resultados de concentração de sal e pH influenciassem nesses resultados, não poderiam ser comparados.

#### **Efeito do pH e concentração de NaCl na propriedade espumante da goma de linhaça**

Para a expansão da espuma da goma de linhaça, foi possível ajustar os dados a um modelo quadrático de superfície de resposta em função da concentração salina de cloreto de sódio (NaCl) e o valor de pH. O modelo foi ajustado a um  $R^2$  de 0,52. No modelo ajustado para a expansão houve interação de pH e concentração de NaCl (Eq. 5), ou seja, para cada valor de pH existe pelo menos um efeito diferenciado em relação ao aumento da concentração de NaCl sobre a expansão da espuma.

$$\text{Expansão (\%)} = 165,298 - 11,431 \text{ pH} - 68,169 \text{ Sal} + 9,832 \text{ pH*Sal}$$

(Eq. 5)

Pelo resultado do gráfico de superfície de resposta dos dados ajustados ao modelo adquirido dos parâmetros estudados, para maiores concentrações de NaCl e maiores valores de pH, apresentou uma menor capacidade espumante da goma de linhaça, e ao tempo que a concentração de sal e o valor de pH diminuem, é possível obter maiores capacidades espumantes da goma. A goma de linhaça apresentou uma maior expansão (140%) em pH 3,0 sem adição de NaCl.

Na concentração zero de sal e avaliando o efeito do pH, pode-se observar que com o aumento do pH, houve uma redução da expansão. Essa redução de expansão pode ser explicada devido aos valores de pH estarem próximos do ponto isoelétrico da globulina ( $pI=7,2$ ), sendo que neste a solubilidade da solução diminui devido a auto-associação das proteínas, e com isso, resultará em uma menor expansão das espumas.

Com o aumento da concentração salina na formação de espuma da goma de linhaça, houve a redução da expansão. Normalmente os sais reduzem a viscosidade e a rigidez dos filmes proteicos, devido ao enfraquecimento das interações peptídicas. Sais em concentrações adequadas ajudam na capacidade espumante, ao prevenir e auxiliar a difusão e expansão da interface, mas em elevado conteúdo de sal pode diminuir o volume da espuma (SANTOS, 2008). Segundo Diaz et al., (2014) os polissacarídeos apresentam uma queda na viscosidade durante a adição de sais inorgânicos, a conformação altamente expandida ocorre a baixa força iônica, e transforma-se no tipo enrolamento ao acaso, que é mais compacto devido à separação das cargas, com isso a expansão da espuma é afetada.

Os resultados do comportamento da estabilidade da goma de linhaça com variação de concentração de NaCl, foram obtidos através do modelo quadrático (Eq. 6) com um valor de  $R^2$  de 0,73.

$$\text{Estabilidade (\%)} = 190,097 - 50,152 \text{ pH} - 102,556 \text{ Sal} + 4,159 \text{ pH} \cdot \text{pH} + 57,186 \text{ Sal} \cdot \text{Sal} \quad (\text{Eq. 6})$$

A estabilidade da espuma da goma de linhaça com a variação de pH e aumento da concentração de NaCl, apresentou efeito parecido com a expansão, onde com o aumento do pH e da concentração salina, houve uma diminuição da estabilidade. As maiores estabilidades (100%) podem ser obtidas em pH 3,0 sem adição de NaCl.

Segundo Kuhn (2009), o pH e a força iônica apresentam um aumento da auto-associação das moléculas de proteínas conforme o pH se aproxima do pI, ou então na presença de altas concentrações de sais, resultando na incompatibilidade entre proteínas e polissacarídeos. Nas maiores concentrações de sal, existe uma diminuição da solubilidade proteica (“salting out”) devido a uma competição entre a proteína e os íons de sal pelas moléculas de água, resultando na auto-associação das proteínas. Devido essa auto-associação, as espumas formadas apresentam uma menor estabilidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A goma de linhaça apresenta propriedade de formação de espuma, e isso viabiliza a utilização em diversos produtos alimentícios aerados. Foi possível verificar que as concentrações de sal e os valores de pH utilizados para a formação da espuma, influenciaram nas características de espumabilidade e estabilidade da espuma da goma de linhaça.

O aumento das concentrações de sais diminuiu a expansão e a estabilidade da espuma da goma e também com aumento dos valores de pH observou-se o mesmo efeito. Sendo que a goma de linhaça apresentou melhores propriedades espumantes em concentrações mínimas de sal e em baixos valores de pH.

**Palavras-chave:** *Linum usitatissimum* L., Formação de espuma, Estabilidade, Goma de linhaça.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa (n° BOL0684/2019).

## REFERÊNCIAS

BRITTEN, M.; LAVOIE, L. Foaming properties of proteins as affected by concentration. **Journal Food Science**, v. 57, p. 1219-1222, 1992.

CHEN, HAI-HUA; XU, SHI-YING; WANG, Z. Interaction between flaxseed gum and meat protein. **Journal of Food Engineering, Essex**, v. 80, n. 4, p. 1051 – 1059, Jun. 2007.

DIAZ, P. S. VENDRUSCOLO, C. T. VENDRUSCOLO, L. S. Reologia de Xantana: uma Revisão sobre a Influência de Eletrólitos na Viscosidade de Soluções Aquosas de Gomas. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 15-28, jan./jun. 2004.

- FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- FIGUEROLA, F.; MUÑOZ, O.; ESTEVEZ, A. M. La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. **Agro-sur**, v. 36, n. 2, p. 49- 58, 2008.
- GALLO, L. R. R. **Gel de chia: vida de prateleira e substituição de ovo**. 2015. 70 p. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Brasília, 2015.
- KAEWMANEE, T.; BAGNASCO, L.; BENJAKUL, S.; LANTERI, S.; MORELLI, C. F.; SPERANZA, G.; COSULICH, M. E. Characterisation of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax. **Food Chemistry**, v.148, p. 60–69, 2014.
- 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. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas-SP, 2009.
- MONEGO, M. A. **Goma da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) para uso como hidrocolóide na indústria alimentícia**. 2009. 87 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2009.
- NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Caracterização e propriedades da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e subprodutos. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 317-330, jul./dez. 2011.
- QIAN, K.Y.; CUI, S. W.; WU, Y.; GOFF, H. D. Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. **Food Hydrocolloids**, v. 28, n. 2, p.275-283, ago. 2012.
- RASHID, F.; AHMED, Z., HUSSAIN, S.; HUANG, J.-Y.; AHMAD, A. *Linum usitatissimum* L. seeds: Flax gum extraction, physicochemical and functional characterization. **Carbohydrate Polymers**, 2019.
- SANTOS, D. O. **Propriedades funcionais de proteínas da clara do ovo de codorna**. 2008, 93 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa - MG, 2008.
- SOUKOULIS, C.; GAIANI, C.; HOFFMANN, L. Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. **Current Opinion in Food Science**, 22, 28–42, 2018.
- STEWART, S.; MAZZA, G. Effect of flaxseed gum on quality and stability of a model salad dressing. **Journal of Food Quality**. v.23. p.373-390. 2000.
- WANG, Y.; WANG, L.-J.; LI, D.; ÖZKAN, N.; CHEN, X. D.; MAO, Z.-H. Effect of flaxseed gum addition on rheological properties of native maize starch. **Journal of Food Engineering**, v. 89, p. 87 – 92, 2008.
- WANNISKA, R. D; KINSELLA, J. E. Foaming properties of proteins: evaluation of a column aeration apparatus using ovalbumin. **Journal of Food Science**, v. 44, p.1398-1411, 1979.
- ZIOLKOVSKA, A. Laws of flaxseed mucilage extraction. **Food Hydrocolloids**, v. 26, p. 197-204, 2012.