CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DE GEL DE LIMPEZA CONTENDO EXTRATO BRUTO SECO DE SAPONINAS DE *Sapindus saponaria* L.

Tayline Figueiredo Candido (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Franciele de Almeida Nascimento (Coorientadora), Marli Miriam de Souza Lima (Orientadora). Email: mmslima@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências da Saúde, Maringá, PR.

Farmácia/Farmacotécnica e tecnologia farmacêutica.

Palavras-chave: Saponinas; Cosmético; Tensoativo.

RESUMO

As saponinas são metabólitos secundários de estrutura anfifílica, caracterizados por propriedades tensoativas, anti-inflamatórias e antimicrobianas, apresentando potencial de aplicação como alternativas aos surfactantes sintéticos. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento reológico da formulação do gel de limpeza desenvolvido no projeto de PIBIC nº 1295/2024. Os ensaios foram conduzidos em reômetro rotacional HAAKE® MARS II, utilizando geometria placa-cone (C35/2°, gap de 0,052 mm), em modo de tensão controlada. O ensaio de fluxo foi realizado por uma varredura de tensão entre 0,01 e 200 Pa, com ajuste ao modelo de Ostwald-de-Waele. Os dados observados através da curva obtida evidenciou comportamento do tipo não newtoniano, caracterizado por aumento acentuado da tensão em baixas taxas de cisalhamento, seguido de aumento gradual em taxas elevadas, indicando comportamento pseudoplástico. A varredura de frequência demonstrou comportamento predominantemente viscoso, com G'' > G', e crossover em aproximadamente 0,7 Hz, sem comprometer sua fluidez durante a aplicação. Macroscopicamente, a formulação apresentou características organolépticas satisfatórias, com aspecto de semissólido viscoso e pH de 5,12, além de estabilidade preliminar frente ao estresse térmico e à centrifugação, sem evidência de separação de fases. Os resultados indicam que o extrato de saponinas contribui para a obtenção de um gel com perfil reológico com adequada espalhabilidade e estabilidade física, reforçando seu potencial de aplicação como tensoativo de origem natural em formulações cosméticas.

INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de cosméticos está entre os cinco maiores do mundo, impulsionado pela valorização da biodiversidade nacional e pela crescente demanda por produtos sustentáveis (Abras, 2024). Nesse cenário, as saponinas, moléculas constituídas por glicosídeos anfifílicos, formadas por uma aglicona lipofílica e uma porção hidrofílica composta por açúcares, destacam-se como tensoativos de origem natural, apresentando propriedades de interesse para aplicações cosméticas, como

atividades anti-inflamatória e antimicrobiana (Cui *et al.*, 2023; Jolly *et al.*, 2023). A *Sapindus saponaria* L. constitui uma fonte potencial desses compostos, sendo uma espécie disponível no campus da Universidade Estadual de Maringá. Estudos fitoquímicos realizados com a espécie demonstram a presença de saponinas, evidenciando seu potencial para investigação e aplicação (Tsuzuki, 2006). Em projeto de Iniciação Científica anterior (2024/2025), foi obtido o extrato bruto seco de saponinas do pericarpo dessa espécie e foram desenvolvidas formulações cosméticas empregando o extrato como tensoativo de origem natural. Dando continuidade a esse trabalho, o projeto atual, nº 1567/2025, tem como foco a caracterização físico-química e reológica da formulação de gel de limpeza facial, etapa fundamental para a avaliação de suas características, estabilidade e desempenho, considerando que propriedades físico-químicas e reológicas são parâmetros relevantes no desenvolvimento e controle de qualidade de formulações cosméticas (Brasil, 2023; Soares e Deoclecio, 2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

O extrato bruto seco de saponinas foi obtido, em etapa anterior do projeto, por maceração do pericarpo de *Sapindus saponaria* L. em solução de etanol:água (9:1 v/v), com posterior concentração em evaporador rotativo e liofilização. Esse extrato foi incorporado a um gel de limpeza facial, estruturado com hidroxietilcelulose (Natrosol, 1,00%) como espessante/estabilizante, contendo ainda 10,00% de extrato bruto seco de saponinas, 5,00% de cocoamidopropilbetaína (tensoativo anfótero), 5,00% de ácido glicólico (esfoliante), 1,00% de glicerina (emoliente), 0,40% de conservante (fenoxietanol e etilhexilglicerina) e 0,50% de essência, com pH ajustado entre 5,0 e 5,5 por meio de aminometilpropanol (AMP).

A estabilidade preliminar das formulações foi avaliada por meio de ciclos de temperatura, submetendo-se as amostras alternadamente a condições de baixa temperatura em freezer e de elevada temperatura em estufa, conforme abordagem recomendada no Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos da Anvisa. Após os ciclos, as formulações foram avaliadas quanto às características organolépticas, como aspecto, cor e odor, e aos parâmetros físico-químicos, incluindo pH e viscosidade, buscando identificar alterações, como separação de fases, precipitação ou modificações de aparência, indicativas de possível instabilidade.

A caracterização reológica foi realizada no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP) da Universidade Estadual de Maringá, em reômetro rotacional HAAKE® MARS II (Thermo Fisher Scientific, Alemanha), acoplado a banho ultratermostático Phoenix 2C30P, utilizando-se geometria de placa-cone (C35/2°) com gap de 0,052 mm, previamente calibrado. As análises foram conduzidas em modo de Tensão Controlada na temperatura de 25 ± 0,5 °C. Para o ensaio de fluxo, foi aplicado um pré-cisalhamento de 0,005 Pa por 100 segundos, seguido de uma rampa de tensão de cisalhamento entre 0,01 e 160 Pa ao longo de 150 segundos, com os dados ajustados ao modelo de Ostwald-de-Waele. O ensaio de tixotropia avaliou a recuperação estrutural da formulação após a aplicação de tensão, comparando as curvas ascedentes e descendentes da varredura. Além disso, foi

realizada varredura de tensão (0,01 a 160 Pa, 1 Hz) para determinação da Região Viscoelástica Linear (RVL) e varredura de frequência (1 a 10 Hz, tensão de 10 Pa) para avaliação dos módulos de armazenamento (G') e de perda (G").

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A formulação de gel de limpeza facial contendo 10% de extrato bruto seco de saponinas e 1% de Natrosol, apresentou aspecto semissólido viscoso, coloração amarelo âmbar, odor característico e pH de 5,12, compatível com o pH fisiológico da pele. No estudo de estabilidade preliminar, com ciclos de estresse térmico (24 h a 45 ± 2 °C / 24 h a -5 ± 2 °C, por 12 dias) e centrifugação a 3000 rpm por 30 minutos, a formulação não apresentou separação de fases, precipitação ou alteração expressiva de pH, indicando estabilidade física preliminar satisfatória.

A curva de fluxo obtida para essa formulação apresentou tensão de cisalhamento crescente com a taxa de cisalhamento em toda a faixa avaliada (0 a aproximadamente 3700 s^{-1}), atingindo valores de até cerca de 200 Pa, com um ponto de referência registrado de τ = 156,3 Pa em $\dot{\gamma}$ = 3012 s^{-1}. O valor é compatível com o limite superior de 160 Pa estabelecido no protocolo de tensão controlada. O perfil da curva mostrou uma elevação acentuada da tensão em taxas de cisalhamento baixas, seguida de um aumento mais gradual e aproximadamente linear em taxas mais elevadas.

Esse resultado evidencia o comportamento pseudoplástico, com indício visual de tensão de escoamento aparente nas taxas mais baixas, indicando que seria necessária uma tensão mínima para que o material iniciasse o escoamento contínuo, uma característica desejável para produtos de limpeza facial, pois proporciona consistência adequada durante o armazenamento e a aplicação, evitando escoamento espontâneo da formulação na embalagem.

As curvas de subida e descida da rampa de cisalhamento, características do ensaio de tixotropia, apresentaram-se próximas ao longo de toda a faixa avaliada, indicando uma pequena área de histerese. Esse resultado indica, de forma qualitativa, a estruturação da formulação com recuperação relativamente rápida após a remoção do cisalhamento, associando-se uma relativa manutenção da consistência do produto entre as aplicações.

A análise por varredura de frequência mostrou comportamento predominantemente viscoso da formulação, com o módulo de perda (G") superior ao módulo de armazenamento (G') ao longo da maior parte da faixa avaliada, e um ponto de crossover em aproximadamente 0,7 Hz, onde ocorre a transição entre os comportamentos elástico e viscoso. Abaixo destes valores de frequência, observou-se um platô de viscoelasticidade, no qual a formulação sofre deformação sem ruptura significativa de sua estrutura interna. Quando analisado em conjunto os resultados apresentam uma formulação com organização estrutural suficiente para garantir estabilidade física, com fluidez e capacidade de escoamento adequadas para uma aplicação cosmética agradável.

CONCLUSÕES

O gel de limpeza facial contendo 10% de extrato bruto seco de saponinas de *Sapindus saponaria* L. apresentou comportamento reológico pseudoplástico e indícios de tensão de escoamento aparente, reduzida área de histerese entre as curvas ascendente e descendente da varredura de cisalhamento, e comportamento predominantemente viscoso na varredura de frequência, com crossover em torno de 0,7 Hz. Esse perfil é compatível com as características tecnológicas desejáveis para um produto de limpeza facial, como boa espalhabilidade durante a aplicação e estabilidade física durante o armazenamento, o que é reforçado pelos resultados do estudo de estabilidade preliminar. Os resultados indicam boa viabilidade técnica do emprego do extrato bruto de saponinas como tensoativo em formulações cosméticas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária, pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq-FA-UEM), e ao Laboratório de Inovação e Tecnologia em Produtos Farmacêuticos e Cosméticos da Universidade Estadual de Maringá pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABRAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS. **Setor de beleza e cuidados pessoais deve crescer 7% ao ano até 2027 no Brasil, segundo estudo.** Clipping Geral, São Paulo, 5 jun. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de estabilidade de cosméticos.** Brasília, DF: Anvisa, 2023.

CUI, X. *et al.* A review: structure–activity relationship between saponins and cellular immunity. **Molecular Biology Reports**, v. 50, p. 2779-2793, 2023.

JOLLY, A. *et al.* Exploring the imminent trends of saponins in personal care product development: a review. **Industrial Crops and Products**, v. 205, p. 117489, 2023.

SOARES, E. J.; DEOCLECIO, L. H. P. **Introdução à reologia: escoamento e caracterização de materiais complexos.** São Paulo: Blucher, 2024.

TSUZUKI, J. K. **Estudo fitoquímico e avaliação biológica de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae).** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.