

## INOVAÇÃO NA RECUPERAÇÃO PÓS-EXERCÍCIO: DESENVOLVIMENTO DE GEL COMESTÍVEL DE CHÁ VERDE COMO ESTRATÉGIA PÓS-TREINO

Victor Hugo Alves Dias Pacelli<sup>1</sup>, Bolivar Ralisson Amaro<sup>1</sup>

### RESUMO

A prática de exercícios de alta intensidade está associada a um aumento significativo na produção de espécies reativas de oxigênio (ERO). Com a atividade mitocondrial aumentada ocorre uma ampliação do uso energético durante a atividade intensa, gerando, conseqüentemente, desequilíbrio relacionado à produção de ERO e à capacidade antioxidante do organismo. Algumas plantas possuem em sua composição fitoquímicos capazes de funcionar como antioxidantes, a exemplo do chá verde (*Camellia Sinensis*), que também pode exercer atividades anti-inflamatórias. O objetivo deste estudo é desenvolver e caracterizar um gel comestível contendo extrato seco de chá verde, destinado ao controle do estresse oxidativo e à recuperação muscular após atividades físicas intensas. A metodologia utilizada para a realização deste estudo resume-se na preparação do gel comestível de chá verde, avaliação macroscópica e microscópica da formulação e avaliação da estabilidade física e microbiológica, pelo teste de centrifugação, exposição em temperaturas diferentes e contagem de microrganismos viáveis. Os resultados demonstraram que a formulação não apresentou qualquer alteração visual após 48 horas. Após centrifugação não ocorreu qualquer alteração e em relação ao armazenamento em diferentes condições de temperatura as condições de 8 e 25 °C foram as que apresentaram melhores resultados. Quanto ao ensaio microbiológico não ocorreu o crescimento de bactérias e nem fungos nos meios para tais microrganismos. As análises indicaram a manutenção das características físicas e microbiológicas do gel mesmo depois de ser submetido a uma série de avaliações. Recomenda-se como aperfeiçoamento a inclusão de estabilizantes visando ao aumento da resistência do gel em alta temperatura.

**Palavras-chave:** Estresse oxidativo. Antioxidante. *Camellia Sinensis*. Gel comestível.

### ABSTRACT

Innovation in post-workout recovery: development of an edible green tea gel as a post-workout strategy

High-intensity exercise is associated with a significant increase in the production of reactive oxygen species (ROS). The increased activity of the mitochondria increases energy consumption during intense exercise, creating an imbalance between ROS production and the body's antioxidant capacity. Some plants contain phytochemicals that can act as antioxidants, such as green tea (*Camellia Sinensis*), which can also have an anti-inflammatory effect. The aim of this study is to develop and characterize an edible gel containing a dry extract of green tea for the control of oxidative stress and muscle recovery after intense physical activity. The methodology used to conduct this study consists of the preparation of the edible green tea gel, the macroscopic and microscopic evaluation of the formulation and the evaluation of physical and microbiological stability by centrifugation test, exposure to different temperatures and counting of viable microorganisms. The results showed that the formulation showed no visual change after 48 hours. No changes occurred after centrifugation and when stored at different temperatures, the conditions of 8 and 25 °C showed the best results. As for the microbiological test, no growth of bacteria or fungi was detected in the media for these microorganisms. The analyses showed that the physical and microbiological properties of the gel were maintained even after a series of evaluations. As an improvement, the addition of stabilisers is recommended to increase the gel's resistance to high temperatures.

**Key words:** Oxidative stress. Antioxidant. *Camellia sinensis*. Edible gel.

1 - Universidade Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil.

E-mail dos autores:  
victor.pacelli@univale.br  
bolivar.amaro@univale.br

## INTRODUÇÃO

A prática regular de atividades físicas tem sido amplamente recomendada para promover a saúde e o bem-estar.

Entre essas atividades, destaca-se o treinamento resistido, uma modalidade de exercício físico que potencializa o ganho de força e a melhora da capacidade cardiovascular, fatores que contribuem significativamente para a qualidade de vida (Fleck, Kraemer, 2017).

Nos últimos anos, segundo dados do Ministério da Saúde (2022), a adesão a atividades físicas aumentou entre os adultos brasileiros, o que reflete a crescente preocupação com a saúde e o condicionamento físico.

Contudo, a prática de exercícios de alta intensidade, especialmente aqueles envolvendo sobrecarga progressiva, está associada a um aumento significativo na produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), substâncias que podem desencadear danos oxidativos em células musculares (Hadi e colaboradores, 2017).

A atividade mitocondrial elevada, necessária para atender ao aumento da demanda energética durante o exercício, gera um desequilíbrio entre a produção de ERO e a capacidade antioxidante do organismo, resultando em estresse oxidativo (Jówko e colaboradores, 2015).

Esse estresse oxidativo está ligado ao processo inflamatório, sendo responsável pela liberação de citocinas inflamatórias que modulam a reparação muscular e podem contribuir para o surgimento de dores musculares pós-exercício, conhecido como Dano Muscular Induzido pelo Exercício (DMIE) (Berton e colaboradores, 2012).

O DMIE pode ser dividido em dois momentos. O primeiro momento é o resultado de um estresse de ordem mecânica ocasionado pela prática de exercícios, causando assim um estímulo prejudicial.

O segundo momento é uma fase de pós-exercício, marcada pela existência de uma resposta inflamatória em que se percebe a perda momentânea da aptidão funcional dos músculos (Markus e colaboradores, 2021).

Os antioxidantes costumam ser utilizados com frequência pelos atletas tendo em vista que possuem diversas funcionalidades que ajudam a neutralizar efeitos prejudiciais das ERO (Li, Fasipe e Laher, 2022). Essas

partículas são instáveis por possuírem números ímpares de elétrons, o que contribui para sua reatividade e potencial danoso ao organismo.

A estabilidade molecular é alcançada através de reações em que os elétrons reagem, promovendo desvio de energia de outras moléculas para se equilibrar. Esse processo pode desencadear alterações orgânicas, causando danos teciduais e contribuindo para o desequilíbrio celular (Cunha, 2018).

Um antioxidante é conhecido por ser um elemento cuja capacidade está em causar a inibição da oxidação de proteínas, carboidratos, lipídios e DNA (Clemente-Suárez e colaboradores, 2023).

São três os principais grupos com base em sua capacidade antioxidante.

O primeiro grupo de proteção é composto de elementos como superóxidos dismutase, catalase, glutathione redutase e também minerais.

No segundo grupo estão presentes a glutathione, a vitamina C e E, os flavonoides e outros. E por fim, no terceiro grupo ficam as enzimas reparadoras de DNA prejudicado assim como proteínas e lipídios (Li, Fasipe, Laher, 2022).

O uso de antioxidantes naturais tem sido cada vez mais uma opção viável para atletas. Isso porque os efeitos adversos quando analisados em conjunto aos antioxidantes sintéticos, tendem a ser bem reduzidos. (Xiaoqing e colaboradores, 2021).

Diversas plantas e derivados vegetais que podem ser utilizados a fim de se conseguir compostos com atividades antioxidantes que auxiliam na eliminação de radicais livres do organismo (Abeyrathne e colaboradores, 2022).

Dentre as muitas plantas mencionadas em estudos, destaca-se o chá-verde (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) e o seu diferencial é que além de apresentar ação antioxidante, também existem estudos (Macêdo, 2021; Pedra e colaboradores, 2019; Urzedo, 2020) demonstrando sua atividade anti-inflamatória.

A principal composição de fitoquímicos presentes no chá verde são os compostos polifenólicos, chegando a um percentual variável entre 24 e 36%, sendo a maioria destes catequinas.

Na sequência ficam as proteínas com 15%, seguidas da lignina em 7%, aminoácidos com cerca de 3 a 4%, cafeína entre 2 e 4%, ácido orgânico com 2% e por fim a clorofila com 0,5%.

As catequinas possuem variedades quanto a sua composição sendo que as catequinas predominantes no chá verde são o galato de epigalocatequina (EGCG), galato de epicatequina (ECG), epigalocatequina (EGC) e epicatequina (EC).

Entre estes o EGCG tem se destacado como o antioxidante mais eficiente quando utilizado in vitro, e também é o polifenol mais abundante no chá verde.

Embora o chá verde seja tradicionalmente consumido na forma de infusão (Moura, Xavier, Souza, 2022), explorar novas formas de uso oferece perspectivas interessantes para ampliar seus benefícios. A formulação em gel comestível combina as propriedades antioxidantes do chá verde com as vantagens de uma forma farmacêutica prática, versátil e de rápida absorção.

Além disso, o gel comestível oferece uma opção de suplementação portátil e conveniente para praticar atividades físicas, permitindo fácil transporte e consumo, o que torna essa abordagem especialmente atrativa para atletas e esportistas (Marques, Santos, 2021).

Diante desse contexto o objetivo deste estudo é desenvolver e caracterizar um gel comestível contendo extrato seco de chá verde, destinado ao controle do estresse oxidativo e à recuperação muscular após atividades físicas intensas.

**Quadro 1 - Gel comestível de chá verde.**

Reagente	Quantidade para 50 g
CMC sódica	0,75 g
Extrato seco de chá verde	500 mg
Benzoato de potássio	0,05 g
Polietilenoglicol (PEG) 400	6,5 g
Sacarina sódica	0,05 g
Flavorizante	q.s
Água qsp	50 g

Os componentes indicados no Quadro 1 foram todos devidamente pesados antes de serem utilizados a fim de garantir a correta quantificação a ser utilizada.

A água foi aquecida em temperatura moderada, entre 55 a 60°C. O benzoato de potássio foi diluído na água, sendo a CMC sódica, após a dissolução do conservante, incorporado e homogeneizado até a sua solubilização no solvente.

**MATERIAIS E MÉTODOS**

O extrato de chá verde (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) foi uma aquisição realizada através da empresa Engenharia das Essências Comercial LTDA em agosto do ano de 2024.

O laudo enviado pela empresa demonstrou a característica hidrossolúvel presente no extrato, feito com folhas de *Camellia sinensis*.

Dentre os procedimentos descritos no documento utilizados na obtenção do extrato, utilizou-se a secagem por meio de spray drying, com maltodextrina como um excipiente.

Também foram utilizados na formulação do gel comestível os seguintes reagentes: carboximetilcelulose (Synth), benzoato de potássio (Mix das essências), polietilenoglicol 400 (PEG 400) (Synth), sacarina sódica (Dinâmica) e flavorizantes (Arcolor). Todos os reagentes foram obtidos na Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE).

**Método de preparação do gel comestível de chá verde**

No Quadro 1 está representada a formulação de gel comestível de chá verde, desenvolvida no laboratório da Universidade Vale do Rio Doce.

O extrato de chá verde teve a sua pesagem verificada, sendo depois acrescentado ao PEG 400 e na sequência misturado ao gel de maneira a ser obtida uma mistura de característica uniformizada.

Por fim, após o resfriamento, foram acrescentados a sacarina e o flavorizante à formulação. Finalizados os processos de formulação, o gel foi envasado e seguiu para armazenagem. Foi realizada a sua identificação para a posteriores avaliações (Aslani,

Zolfaghari, Davoodvandi, 2016; Melo, Domingues, Lima, 2018).

#### **Avaliação macroscópica e microscópica do gel comestível de chá verde**

Para a realização das análises macroscópicas e microscópicas do gel, foi adotado um protocolo que contemplou a observação de características como grânulos, textura, cor e níveis de transparência. A avaliação microscópica foi conduzida utilizando um microscópio óptico da marca Nikon, modelo Eclipse E100, com ampliações de 10x, a fim de examinar aspectos como uniformidade e presença de bolhas. As análises foram realizadas após um período de 48 horas da preparação da formulação (Anvisa, 2020).

#### **Avaliação da estabilidade do gel comestível pelo teste de centrifuga**

Para este teste, a formulação foi centrifugada (Marca Nova, modelo NI1811-A) em um tubo de ensaio com 10 cm de comprimento e 1 cm de largura. O tempo de centrifugação variou entre 5, 15, 30 e 60 minutos a 3000 rpm. Em seguida realizou-se uma análise visual relacionada à sedimentação e à estabilidade do gel (Ministério da Saúde, 2020).

#### **Avaliação de estabilidade do gel comestível frente à diferentes períodos e temperatura**

Para avaliar a estabilidade da formulação em diferentes períodos e sob variadas condições de temperatura, as amostras foram acondicionadas em potes e submetidas a temperaturas de 2-8°C, 25°C e 40-45°C. Após um período inicial de 48 horas, as amostras foram inspecionadas quanto à sua aparência. Posteriormente, a análise foi repetida em intervalos de 1, 2 e 4 semanas para monitorar possíveis alterações físicas e visuais na formulação (Brasil, 2012; Brasil, 2019).

#### **Avaliação do pH da formulação frente à diferentes períodos e temperatura**

Para a análise do pH das amostras submetidas a temperaturas de 2-8°C, 25°C e 40-45°C, realizou-se a solubilização de 1 g da formulação em 10 ml de água purificada. Decorrido o prazo de 48 horas, o pH foi medido. A análise foi repetida no intervalo de tempo

compreendido entre 1, 2 e 4 semanas para monitorar possíveis variações no pH ao longo do tempo. Os procedimentos foram feitos em duplicata (Anvisa, 2020).

#### **Análise microbiológica**

Para o teste de contagem de microrganismos viáveis, será utilizado o método de contagem em placas. Amostras de 1g do gel serão dispersas em 9 mL de tampão fosfato pH 7,0, obtendo-se a diluição 1:10. Após homogeneização da diluição 1:10, será transferido 1,0 mL para outro tubo contendo 9 mL do diluente, visando obter a diluição de 1:100. Será, então, empregado o método de semeadura em profundidade (pour plate), em que serão transferidas alíquotas de 1 mL de cada diluição para placas de petri, em duplicata, sobre as quais serão vertidos 20 mL dos meios específicos, liquefeitos a 45°C. Para bactérias será utilizado como meio o ágar caseína-soja e, para fungos, o meio ágar Sabouraud-dextrose. As placas com ágar caseína-soja serão incubadas em estufa à temperatura de 35°C ± 2°C durante 4 dias, enquanto as placas com Sabouraud-dextrose serão incubadas em estufa a 25°C ± 2°C durante 7 dias. Após o período de incubação, serão realizadas as contagens de colônias nas placas em que ocorreu o crescimento, e o resultado será expresso em UFC/mL.

#### **RESULTADOS**

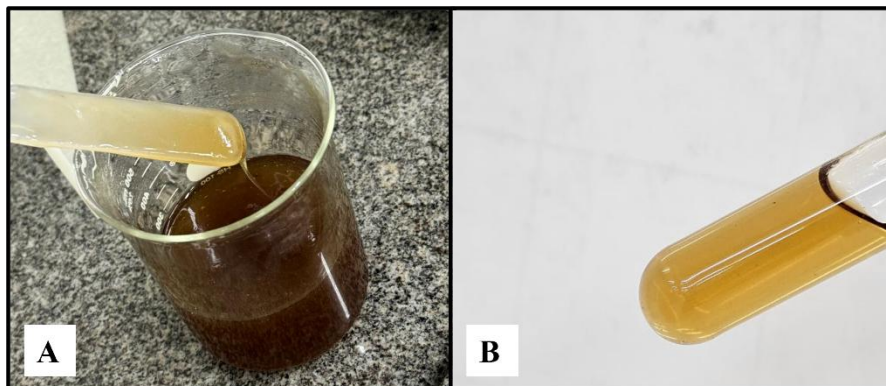
Após o preparo do gel comestível de chá verde, observou-se que o produto apresentava uma coloração amarelada translúcida, evidenciando uma distribuição homogênea dos componentes.

A textura do gel mostrou-se uniforme e sem grânulos perceptíveis, o que indica uma boa dispersão dos excipientes e componente ativo, conforme a figura 1.

Além disso, a formação de bolhas foi mínima, sugerindo uma mistura adequada e ausência de incorporação excessiva de ar durante o processo.

Após 48 horas da preparação do gel comestível de chá verde, conforme é possível verificar na Figura 2, a análise macroscópica revelou que a cor e a textura permaneceram inalteradas, mantendo a tonalidade original da formulação sem quaisquer modificações perceptíveis na consistência ou na homogeneidade. Também não foram

observadas bolhas na superfície do gel nem sinais de separação de fases.



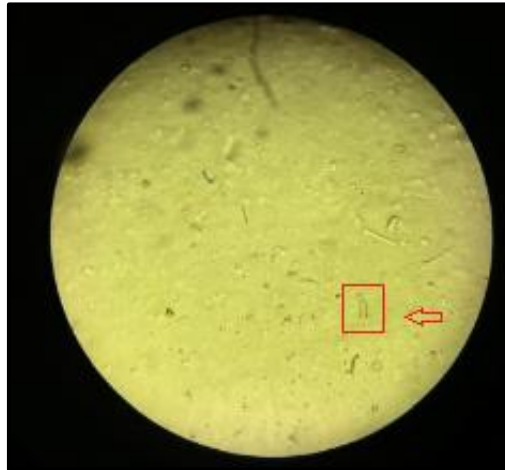
**Figura 1** - Gel comestível de chá verde recém preparado. A) Gel após incorporação do extrato seco de chá verde. B) Inspeção visual do gel recém preparado.



**Figura 2** - Avaliação macroscópica do gel após 48 horas.

Na avaliação microscópica com aumento de 10x (Figura 3), a estrutura interna do gel mostrou-se uniforme e estável, com textura bem distribuída. Notou-se, ainda, a presença de grânulos ou cristais, integrados à

matriz do gel, os quais foram observados como partículas bem dispersas, sem ocasionar prejuízos à consistência visual e tátil da formulação.



**Figura 3** - Avaliação microscópica com aumento de 10x (Marca: Nikon Modelo: eclipse e 100).

Após a centrifugação da formulação do gel comestível de chá verde, notou-se, de acordo com as Figuras 3 e 4, que não houve separação de fases, a análise visual após o

teste indicou a ausência de formação de camadas oleosas, precipitação de partículas ou separação de fase, evidenciando uma boa estabilidade física do gel.

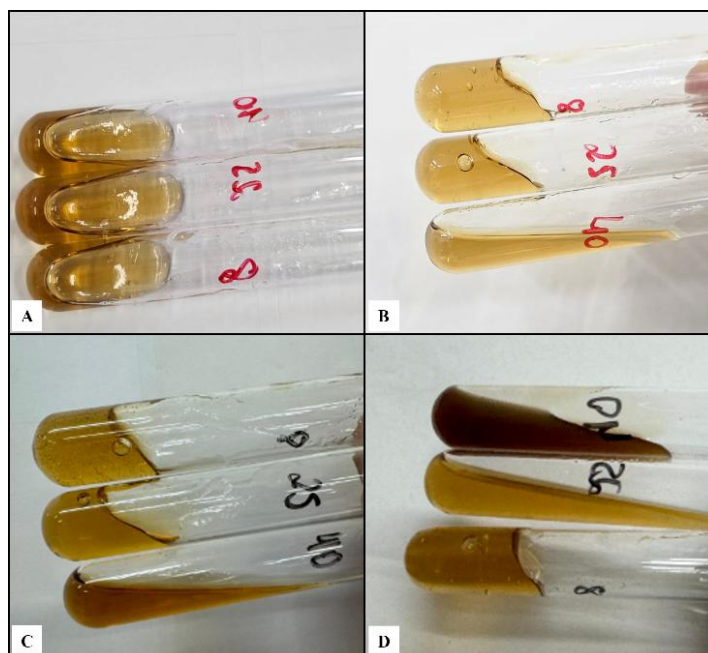


**Figura 4** - Tubos contendo gel após os tempos de centrifugação de 5, 15, 30 e 60 minutos.

Após 48 horas, as formulações submetidas a diferentes temperaturas (2-8°C; 25°C; 40-45°C) foram analisadas visualmente e não apresentaram separação de fases, precipitação, alteração de cor e nem alteração do odor, mantendo a estabilidade (Figura 5A).

Após 1 semana de exposição, o gel a 40-45°C, como demonstrado na Figura 5B, sofreu

alterações que ocasionaram a perda de sua consistência, apresentando uma característica mais fluida em função da perda de estabilidade, enquanto as amostras dos géis mantidas a 2-8°C e 25°C mantiveram o padrão de consistência e do aspecto visual.



**Figura 5** - Análise visual da estabilidade do gel submetidos à diferentes tempos e condições de temperatura (2-8 °C, 25 °C e 40-45 °C). A) Após 48 horas de armazenamento. B) Após 1 semana de armazenamento. C) Após duas semanas de armazenamento. D) Após um mês de armazenamento

Decorrido o período de 2 semanas (Figura 5C), o gel exposto a 40-45°C continuou apresentando redução da viscosidade, porém com uma perda de volume caracterizado pela desidratação e conseqüentemente maior concentração dos solutos. Foi observado uma coloração mais escura, enquanto os outros dois géis mantiveram a característica consistente e aspecto visual padrão.

Transcorrido o período de 1 mês, o gel a 40-45°C escureceu ainda mais devido à perda de água e à concentração dos solutos, o gel a 25°C perdeu a estabilidade, e o gel a 2-

8°C manteve a consistência inicial. A Figura 5D apresenta essa variação.

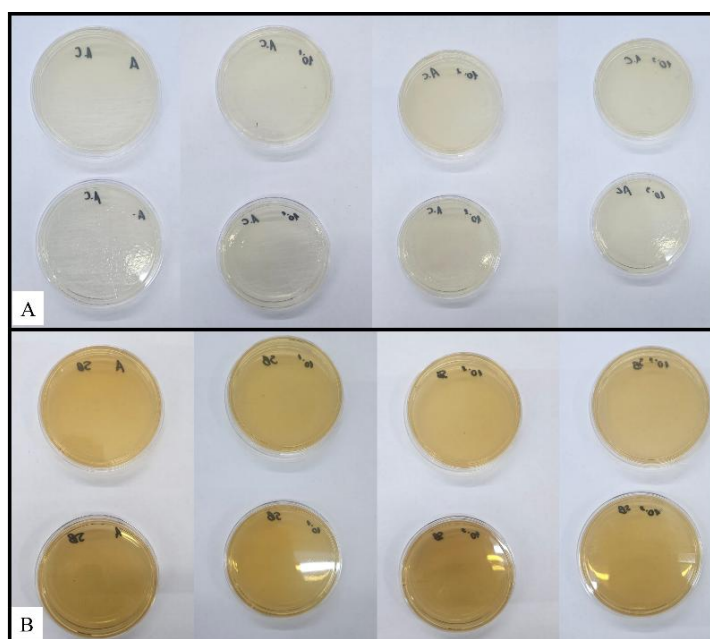
Após 48 horas, as amostras apresentaram valores de pH que variaram conforme a temperatura. As medições continuaram em períodos variados: uma semana; duas semanas e um mês, e não foram observadas variações bruscas em função tanto do tempo quanto da temperatura. A tabela a seguir resume esses valores de pH médio, juntamente com os desvios-padrão, em cada intervalo de tempo e para cada condição de temperatura:

**Tabela 1**- Avaliação do pH da formulação frente a diferentes períodos de tempo e temperatura

Tempo	8°C (média ± DP)	25°C (média ± DP)	40°C (média ± DP)
48 horas	6,525 ± 0,205	6,65 ± 0,113	6,7 ± 0,042
Uma semana	6,565 ± 0,276	6,405 ± 0,078	6,315 ± 0,021
Dois semanas	6,495 ± 0,219	6,28 ± 0,071	6,25 ± 0,028
Um mês	6,585 ± 0,007	6,27 ± 0,057	7,255 ± 0,007

Os testes microbiológicos realizados no gel comestível de chá verde indicaram ausência de contaminação microbiana. No teste de contagem de microrganismos viáveis, não foi detectado crescimento de bactérias no

ágar caseína soja em todas as diluições pesquisadas (figura 6A), nem crescimento de fungos no ágar Sabouraud-dextrose em todas as diluições (figura 6B).



**Figura 6** - Resultado do teste de contagem de microrganismos viáveis. A) Crescimento de bactérias em ágar caseína soja. B) Crescimento de fungos em ágar Sabouraud-dextrose.

## DISCUSSÃO

A escolha da concentração de 500mg de extrato de chá verde para a formulação do gel foi baseada em estudos que demonstraram resultados favoráveis na redução do estresse oxidativo e nos danos musculares após exercícios intensos.

Hadi e colaboradores (2017) relataram que o consumo do chá verde como antioxidante deve ser realizado na medida de 500mg em atletas, pois se trata da dosagem ideal a ser utilizada em casos de estresse oxidativo causado em razão da prática de exercícios.

Essa dosagem é ideal para não causar comprometimento da segurança e da estabilidade do suplemento. Em seus estudos com cinquenta e quatro jogadores de futebol masculino, os autores dividiram os participantes em três diferentes grupos. O primeiro grupo recebeu suplementação de extrato de chá verde na proporção de 450mg/dia. O segundo grupo fez uso de 450mg/dia de extrato de chá azedo (STE) e o terceiro grupo foi testado com 450mg/dia de maltodextrina. Ao final dos testes concluiu-se que o uso de extrato de chá verde e STE operaram positivamente em relação ao estado de estresse oxidativo.

Silva e colaboradores (2018) também observaram que realizar a suplementação com extrato de chá verde é uma forma de contribuir com a redução da dor muscular de início tardio (DOMS) e dos marcadores de dano muscular nos atletas. Segundo os autores, o uso de 500mg do extrato é suficiente para promover a recuperação dos músculos sem que haja efeitos adversos.

Tavares e colaboradores (2022) em seus estudos de revisão de literatura ressaltaram que consumir chá verde em doses moderadas auxilia a recuperação pós-exercício em adultos sem problemas de saúde adjacentes, promovendo uma regeneração dos músculos e minimizando os impactos do exercício nas funções das células.

No entanto, os autores também ressaltaram que não existe unanimidade acerca dos efeitos extrato de chá verde e da dosagem mais adequada a ser utilizada nos casos de reduzir a DOMS. Eles acrescentam que as quantidades a serem utilizadas são variáveis entre 250mg a 780mg e que fazer uso de 500mg pelo período de quinze dias pode ajudar na diminuição dos níveis de creatina quinase presentes no sangue.

Os valores foram baseados nestes estudos, que relatam resultados favoráveis e também segurança quanto a ingestão de 500



mg diárias de extrato de chá verde, porém a dosagem terapêutica ainda não está totalmente estabelecida.

A análise macroscópica e microscópica do gel, após 48 horas confirmou a estabilidade física da formulação, com ausência de bolhas, separação de fases ou outras alterações estruturais.

Estes resultados convergem com pesquisas que destacam o papel da carboximetilcelulose sódica (CMC) como um agente gelificante, capaz de fornecer elevada retenção de água e homogeneidade estrutural, essencial em formulações contendo compostos hidrossolúveis como os polifenóis do chá verde.

Billah e colaboradores (2018) e Gao, Liu e Liang (2024) demonstraram que a CMC funciona como um estabilizante versátil, principalmente relacionado a sistemas aquosos, impedindo que ocorra a sua desidratação. Além disso, promove melhorias na característica da viscosidade e coesão do gel, que são fatores de acentuada criticidade para que se atinja a estabilidade do gel comestível.

O teste de centrifugação, realizado a 3000 rpm, em diferentes tempos, demonstrou excelente estabilidade física do gel, confirmando sua resistência à separação de fases e não sedimentação.

A centrifugação é amplamente empregada na avaliação da estabilidade de formulações, simulando condições adversas para prever o comportamento do produto durante o armazenamento e analisar sua coesão quando submetido à força centrífuga.

Rao e Anand (2024) evidenciaram que a ocorrência de ausência de separação de fases é representativa da característica estável das formulações fitoterápicas em longo prazo.

A estabilidade térmica foi avaliada em diferentes tempos e condições. Os resultados demonstraram que a formulação permaneceu estável a 8°C por um mês e até a terceira semana a 25°C. No entanto, exposições a 40-45°C afetaram a consistência após uma semana, causando perda da viscosidade e também o escurecimento do gel.

Esses achados confirmam os estudos de Xu e colaboradores (2017) que analisaram compostos fenólicos como aqueles do chá verde e concluíram pela sua suscetibilidade à degradação térmica, principalmente em ambientes que possuem temperaturas mais elevadas, que afetam a estabilidade e eficiência dos antioxidantes na formulação.

Em relação ao pH, observou-se uma leve variação ao longo das semanas, particularmente em temperaturas mais altas.

Deuschle e colaboradores (2015) relatam que oscilações no pH em produtos contendo extratos vegetais podem ocorrer devido à degradação de compostos bioativos, especialmente sob condições de maior calor, que aceleram reações químicas.

Esse efeito é relevante em produtos com polifenóis, como os do chá verde, cuja estabilidade do pH é essencial para preservar a atividade antioxidante e assegurar a eficácia (Krungkri, Areekul, 2019; Molina e colaboradores, 2023).

A análise microbiológica do gel comestível de chá verde mostrou ausência de crescimento bacteriano e fúngico, indicando alta estabilidade microbiológica. O resultado sugere que o uso de conservantes, como o sorbato de potássio, e o controle do pH foram eficazes em inibir o desenvolvimento de microrganismos, assegurando a integridade da formulação. O método de contagem em placas foi eficiente para avaliar a segurança microbiológica do produto, com meios de cultura para bactérias e fungos, e não revelou contaminação após o período de incubação de quatro semanas (Vijayakumar, Sandle, 2011).

Esses achados sugerem que a formulação do gel é compatível e adequada para manter sua estabilidade microbiológica durante o armazenamento, o que é essencial para garantir um produto seguro e eficaz para o consumidor.

## CONCLUSÃO

O presente estudo atingiu seu objetivo de desenvolver e caracterizar um gel comestível contendo extrato seco de chá verde, com potencial para auxiliar no controle do estresse oxidativo e recuperação muscular após atividades físicas intensas.

Os testes aplicados e seus resultados indicaram a manutenção das características físicas e microbiológicas do gel mesmo depois de ser submetido a uma série de testagens, sendo provada a sua estabilidade inicial e confirmando a segurança em relação à possibilidade de consumo. Importante, contudo, salientar a existência de algumas limitações verificadas durante os testes, especialmente em relação estabilidade térmica, pois o gel apresentou degradação quando exposto a temperaturas mais elevadas.

Outra questão foi a variabilidade de pH ao longo do tempo, sugerindo possibilidade de melhoria da estabilidade química.

Recomenda-se como aperfeiçoamento a inclusão de estabilizantes que tenham por finalidade o aumento da resistência do gel quando submetido a variações de temperatura, melhorando consequentemente a sua durabilidade e a eficácia do produto em diversificadas condições de armazenamento e uso.

## REFERÊNCIAS

- 1-Abeyrathne, E.D.N.S. Plant- and Animal-Based Antioxidants' Structure, Efficacy, Mechanisms, and Applications: A Review. *Antioxidants*. Vol. 11. Num. 5. 2022.
- 2-Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos.pdf. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2020.
- 3-Aslani, A.; Zolfaghari, B.; Davoodvandi, F. Design, Formulation and Evaluation of an Oral Gel from Punica Granatum Flower Extract for the Treatment of Recurrent Aphthous Stomatitis. *Adv Pharm Bull*. Vol. 6. Num. 3. 2016. p. 391-398.
- 4-Berton, R.P.B.; e colaboradores. Dano muscular: resposta inflamatória sistêmica após ações excêntricas máximas. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*. Vol. 26. Num. 3. 2012. p. 367-374.
- 5-Billah, R.; e colaboradores. Hidrogel à base de celulose para aplicações industriais. Janeiro de 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-76573-0\_63-1.
- 6-Brasil. Formulário Nacional da Farmacopeia Brasileira 2ª edição, Revisão 02. 2012.
- 7-Brasil. Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 318, de 6 de novembro de 2019. Ministério da Saúde. 2019.
- 8-Brasil. Vigitel Brasil 2006-2021 - Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. MS. 2022.
- 9-Clemente-Suárez, V.J.; e colaboradores. Antioxidants and Sports Performance. *Nutrients*. Num. 15. 2023. p. 2371.
- 10-Cunha, S. Topologia dos orbitais moleculares de políenos para deduzir energias relativas e avaliar aromaticidade. *Química Nova*. Vol. 41. Num. 7. 2018. p. 825–832.
- 11-Deuschle, V.C.K.N.; e colaboradores. Physical chemistry evaluation of stability, spreadability, in vitro antioxidant, and photo-protective capacities of topical formulations containing *Calendula officinalis* L. leaf extract. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. Vol. 51. Num. 1. 2015.
- 12-Fleck, S.J.; Kraemer, W.J. Fundamentos do treinamento de força muscular [Livro Eletrônico]. 4ª Edição. Porto Alegre. Artmed. 2017.
- 13-Gao, Y.; Liu, R.; Liang, H. Hidrocolóides alimentares: estrutura, propriedades e aplicações. *Alimentos*. Vol. 13. Num. 7. 2024. p. 1077.
- 14-Hadi, A.; e colaboradores. The Effect of Green Tea and Sour Tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) Supplementation on Oxidative Stress and Muscle Damage in Athletes. *J Diet Suppl*. Vol. 14. Num. 3. 2017. p. 346-357.
- 15-Jówko, E.; Długolecka, B.; Makaruk, B.; Cieśliński, I. The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *Eur J Nutr*. Vol. 54. Num. 5. 2015. p. 783-791.
- 16-Krungkri, W.; Areekul, V. Effect of Heating Condition and pH on Stability of Total Phenolic Content and Antioxidant Activities of *Samui* (*Micromelum Minutum*) Extract. In *Proceedings of the 16th ASEAN Food Conference (16th AFC 2019) - Outlook and Opportunities of Food Technology and Culinary for Tourism Industry*. 2019. p. 126-132.
- 17-Li, S.; Fasipe, B.; Laher, I. Possíveis danos da suplementação com altas doses de antioxidantes em atletas. *Journal of Exercise Science & Fitness*. Vol. 20. Num. 4. 2022. p. 269-275.
- 18-Macêdo, A.P.A. Efeitos do chá verde no rendimento esportivo. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. São Paulo. Vol. 15. Num. 91. 2021. p. 173-180.

19-Markus, I.; e colaboradores. Exercise-induced muscle damage: mechanism, assessment and nutritional factors to accelerate recovery. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 121. Num. 4. 2021. p. 969-992.

20-Marques, A.P.; Santos, J.S. Análise das funcionalidades do chá de *Camellia sinensis*. *Research, Society and Development*. Vol. 10. Num. 14. 2021. p. e110101421638.

21-Melo, C.A.S.M.; Domingues, R.J.S.; Lima, A.B. Elaboração de Géis e Análise de Estabilidade de Medicamentos. Belém: EDUEPA. 2018.

22-Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2020.

23-Molina, A.K.; e colaboradores. Bioactive Natural Pigments' Extraction, Isolation, and Stability in Food Applications. *Molecules*. Vol. 28. Num. 3. 2023. p. 1200.

24-Moura, J.S.; Xavier, C.S.; Souza, L.B. Uso de fitoterápicos: aplicações no desempenho esportivo. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba. Vol. 8. Num. 1. 2022. p. 5958-5977.

25-Pedra, S.R.F.F.; e colaboradores. Brazilian Fetal Cardiology Guidelines - 2019. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. Vol. 112. Num. 5. 2019. p. 600-648.

26-Rao, T.R.; Anand, A. A detailed review on polyherbal chewable tablets. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. Vol. 60. 2024. p. e23573.

27-Silva, W.; e colaboradores. Effect of green tea extract supplementation on exercise-induced delayed onset muscle soreness and muscular damage. *Physiol Behav*. Num. 194. 2018. p. 77-82.

28-Tavares, C.T.; e colaboradores. Effectiveness of green tea extract (*Camellia sinensis*) capsule supplementation for post-exercise muscle recovery in healthy adults: a systematic review protocol. *JBI Evid Synth*. Vol. 20. Num. 4. 2022. p. 1150-1157.

29-Urzedo, N.D.R. O chá verde e suas propriedades: uma breve revisão bibliográfica abrangendo os anos de 2000 a 2020. TCC. Universidade Federal de Uberlândia. 2020.

30-Vijayakumar, R.; Sandle, T. Uma revisão da contaminação fúngica em produtos farmacêuticos e identificação fenotípica de contaminantes por métodos convencionais. *Revista Europeia de Ciências Parenterais e Farmacêuticas*. Vol. 17. Num. 1. 2011. p. 4-19.

31-Xiaoqing, X.; e colaboradores. Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action. *Food Chemistry*. Vol. 353. 2021. p. 129488.

32-Xu, C.C.; e colaboradores. Advances in extraction and analysis of phenolic compounds from plant materials. *Chin J Nat Med*. Vol. 15. Num. 10. 2017. p. 721-731.

Recebido para publicação em 10/11/2024  
Aceito em 20/01/2025