

**DESENVOLVIMENTO DE MAIONESE FUNCIONAL ENRIQUECIDA COM ÓLEO
ESSENCIAL DE MANJERICÃO ENCAPSULADO EM B-CICLODEXTRINA: AVALIAÇÃO
ANTIOXIDANTE E SENSORIAL**

**DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL MAYONNAISE ENRICHED WITH BASIL
ESSENTIAL OIL ENCAPSULATED IN B CYCLODEXTRIN: ANTIOXIDANT AND
SENSORY EVALUATION**

**DESARROLLO DE MAYONESA FUNCIONAL ENRIQUECIDA CON ACEITE ESENCIAL
DE ALBAHACA ENCAPSULADO EN B-CICLODEXTRINA: EVALUACIÓN
ANTIOXIDANTE Y SENSORIAL**



10.56238/revgeov16n5-129

Beatriz de Cassia Sperandio

Graduanda em Nutrição

Instituição: Centro Universitário Ingá (UNINGÁ)

E-mail: cassiabiaa19@gmail.com

Maria Beatriz Vieira Fachini

Graduanda em Nutrição

Instituição: Centro Universitário Ingá (UNINGÁ)

E-mail: mariabfachini@gmail.com

Flávia Teixeira Keller

Doutora em Ciências de Alimentos

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

E-mail: teixeiraflavia19@gmail.com

Carlos Jose Viana Junior

Doutorando em Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

E-mail: pg55943@uem.br

Bruna Carla Leite Viana

Doutoranda em Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

E-mail: pg405592@uem.br

RESUMO

O desenvolvimento de alimentos funcionais tem se destacado como uma estratégia promissora para integrar a nutrição e os benefícios à saúde, especialmente por meio da incorporação de compostos bioativos de origem natural. Dentre eles, os óleos essenciais apresentam propriedades antioxidantes reconhecidas; contudo, sua aplicação em alimentos é limitada pela alta volatilidade e pela instabilidade sob condições ambientais adversas. Nesse contexto, a encapsulação em β -ciclodextrina (β -CD) surge



como uma alternativa tecnológica eficiente, capaz de proteger os compostos ativos e promover sua liberação controlada. Dessa forma, o presente estudo visou desenvolver uma maionese funcional enriquecida com óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) (OE) encapsulado em β -CD, avaliando-se sua atividade antioxidante e aceitação sensorial. Foram elaboradas duas formulações de emulsão de Pickering, contendo 2% (F1) e 5% (F2) de β -CD. A atividade antioxidante foi determinada pelos métodos ABTS^{•+} e DPPH[•]; paralelamente, a análise sensorial foi realizada com 100 julgadores não treinados, empregando uma escala hedônica estruturada de nove pontos e uma escala de intenção de compra de cinco pontos. Os resultados demonstraram um aumento significativo da capacidade antioxidante das amostras encapsuladas, destacando-se a formulação F2, que apresentou os maiores valores de equivalentes de Trolox em ambos os métodos. Entretanto, a amostra F1 apresentou melhor aceitação sensorial, indicando que concentrações moderadas de β -CD favorecem o equilíbrio entre a estabilidade antioxidante e os atributos sensoriais. Conclui-se que a encapsulação do OE com β -CD constitui uma estratégia tecnológica eficaz para aplicação em produtos alimentícios, possibilitando o desenvolvimento de maioneses funcionais com propriedades antioxidantes, alinhadas às tendências de clean label.

Palavras-chave: Encapsulação. Compostos Bioativos. Alimentos Funcionais. Óleo Essencial de Manjeriço.

ABSTRACT

The development of functional foods has stood out as a promising strategy to integrate nutrition and health benefits, primarily by incorporating bioactive compounds of natural origin. Among them, essential oils exhibit recognized antioxidant properties; however, their direct application in food is limited by high volatility and instability under adverse environmental conditions. In this context, encapsulation in β -cyclodextrin (β -CD) emerges as an efficient technological alternative that protects the active compounds and promotes their controlled release. Therefore, the present study aimed to develop a functional mayonnaise enriched with basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil (OE) encapsulated in β -CD, evaluating its antioxidant activity and sensory acceptance. Two Pickering emulsion formulations containing 2% (F1) and 5% (F2) of β -CD were prepared. The antioxidant activity was determined by the ABTS^{•+} and DPPH[•] methods; in parallel, a sensory analysis was conducted with 100 untrained panelists, using a nine-point structured hedonic scale and a five-point purchase intention scale. The results showed a significant increase in the antioxidant capacity of the encapsulated samples, with formulation F2 standing out, as it presented the highest Trolox equivalent values in both methods. However, sample F1 showed better sensory acceptance, indicating that moderate concentrations of β -CD favor the balance between antioxidant stability and sensory attributes. It is concluded that the encapsulation of OE with β -CD constitutes an effective technological strategy for application in food products, enabling the development of functional mayonnaises with enhanced antioxidant, aligned with clean label.

Keywords: Encapsulation. Bioactive Compounds. Functional Foods. Basil Essential Oil.

RESUMEN

El desarrollo de alimentos funcionales se ha destacado como una estrategia prometedora para integrar la nutrición y beneficios para la salud, especialmente mediante la incorporación de compuestos bioactivos de origen natural. Entre ellos, los aceites esenciales presentan reconocidas propiedades antioxidantes; sin embargo, su aplicación directa en alimentos se ve limitada por su alta volatilidad e inestabilidad en condiciones ambientales adversas. En este contexto, la encapsulación en β -ciclodextrina (β -CD) surge como una alternativa tecnológica eficiente, capaz de proteger los compuestos activos y favorecer su liberación controlada. De esta manera, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una mayonesa funcional enriquecida con aceite esencial (OE) de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) encapsulado en β -CD, y evaluar su actividad antioxidante y la aceptación sensorial. Se elaboraron dos formulaciones de emulsión Pickering, con 2 % (F1) y 5 % (F2) de β -CD. La actividad antioxidante se determinó mediante los métodos ABTS^{•+} y DPPH[•]; paralelamente, el



análisis sensorial se realizó con 100 jueces no entrenados, empleando una escala hedónica de nueve puntos y una escala de intención de compra de cinco puntos. Los resultados demostraron un incremento significativo en la capacidad antioxidante de las muestras encapsuladas, destacándose la formulación F2, que presentó los valores más altos de equivalentes de Trolox en ambos métodos. No obstante, la muestra F1 mostró una mejor aceptación sensorial, lo que indica que concentraciones moderadas de β -CD favorecen el equilibrio entre la estabilidad antioxidante y los atributos sensoriales. Se concluye que la encapsulación del OE con β -CD constituye una estrategia tecnológica eficaz para su aplicación en productos alimenticios, lo que posibilita el desarrollo de mayonesas funcionales con propiedades antioxidantes mejoradas, alineadas con las tendencias clean label.

Palabras clave: Encapsulación. Compuestos Bioactivos. Alimentos Funcionales. Aceite Esencial de Albahaca.



1 INTRODUÇÃO

O interesse pelo uso de antioxidantes naturais na indústria de alimentos vem crescendo significativamente em virtude da busca por alternativas seguras, eficazes e compatíveis com o conceito “*clean label*”, que valoriza produtos com listas curtas de ingredientes, isentos de aditivos sintéticos, corantes artificiais ou conservantes químicos. Nesse contexto, os óleos essenciais têm se destacado por sua capacidade de retardar reações oxidativas, contribuindo para a estabilidade de alimentos de alto teor lipídico e para a preservação de suas propriedades sensoriais (Olmedo *et al.* 2008).

Os óleos essenciais são misturas complexas de compostos voláteis e aromáticos, extraídos de diversas partes de plantas aromáticas, como folhas, flores, frutos, sementes e raízes. Esses óleos são compostos majoritariamente por terpenos, fenóis e aldeídos. Esses metabólitos secundários conferem-lhes propriedades biológicas expressivas, incluindo atividades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes (Bakkali *et al.* 2008; Hylgaard *et al.* 2012).

Entre os óleos essenciais de maior interesse tecnológico, o óleo essencial de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) apresenta composição rica em linalol, eugenol e metilchavicol, compostos responsáveis por sua atividade antioxidante e pelo potencial de aplicação em alimentos funcionais. Contudo, sua utilização direta em matrizes alimentares enfrenta desafios devido à alta volatilidade, à baixa solubilidade em sistemas aquosos e à instabilidade oxidativa, fatores que comprometem sua eficácia e dificultam sua incorporação em formulações alimentícias (Nadeem *et al.* 2022).

Com o intuito de mitigar essas limitações, o encapsulamento tem sido empregado como estratégia de proteção e de liberação controlada de compostos bioativos. Dentre as tecnologias disponíveis, a complexação com β -ciclodextrina (β -CD) se destaca devido à sua conformação molecular; trata-se de um oligossacarídeo cíclico cuja cavidade hidrofóbica é capaz de acomodar moléculas lipofílicas, conferindo maior estabilidade térmica, proteção frente à oxidação e à volatilização em matrizes alimentares (Del Valle, 2004; Astray *et al.*, 2009). Assim, a β -CD constitui uma ferramenta tecnológica promissora para a incorporação de óleos essenciais em sistemas alimentares, preservando suas propriedades funcionais.

Além da funcionalidade antioxidante, a aceitação sensorial é determinante para o sucesso de alimentos funcionais inovadores. Produtos como a maionese apresentam elevada aceitação mercadológica, versatilidade tecnológica e constituem matrizes adequadas para incorporação de compostos bioativos, conciliando valor nutricional e atributos sensoriais atrativos (Moradi *et al.* 2023).

Apesar do avanço das pesquisas envolvendo compostos naturais e técnicas de encapsulamento, ainda há lacunas na literatura quanto à avaliação da atividade antioxidante e da aceitação sensorial de produtos contendo óleo essencial de manjerição (OE) encapsulado em β -ciclodextrina (β -CD). Compreender a estabilidade e a eficácia antioxidante, associadas à percepção sensorial do consumidor, é fundamental para consolidar a aplicação industrial dessa tecnologia.



Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo geral desenvolver uma maionese enriquecida com óleo essencial de manjerição encapsulado em β -ciclodextrina, avaliando sua atividade antioxidante e aceitação sensorial.

De forma específica, buscou-se determinar a atividade antioxidante do óleo essencial por meio dos ensaios de sequestro dos radicais DPPH \cdot (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) e ABTS \cdot^+ (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)), formular duas amostras de maionese com OE a 2% e 5% de β -CD e avaliar a aceitação sensorial das formulações, correlacionando o desempenho antioxidante à resposta do consumidor.

A relevância deste trabalho reside em demonstrar o potencial da encapsulação com β -CD como estratégia para estabilizar e aplicar óleos essenciais em produtos funcionais. Espera-se que os resultados obtidos contribuam para o desenvolvimento de alimentos inovadores com propriedades antioxidantes aprimoradas e elevada aceitação sensorial, em conformidade com as tendências de consumo sustentável e *clean label* que orientam a indústria de alimentos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Os materiais usados neste estudo incluíram óleo essencial de manjerição (OE - *Ocimum basilicum* L.) adquirido da empresa Ferquima (Vargem Grande Paulista, São Paulo, Brasil; matéria-prima de origem: Vietnã). A pureza do óleo, determinada previamente por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas, era superior a 98% e o óleo foi acondicionado em frascos de vidro âmbar e armazenado sob refrigeração (4 °C) e proteção da luz até o momento do uso. A β -ciclodextrina (β -CD) de grau alimentar foi obtida da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA) com pureza mínima de 97%; utilizou-se o material sem purificação adicional. Solventes e reagentes para os ensaios ABTS \cdot^+ e DPPH \cdot eram de grau analítico (Synth®, Brasil). Para todas as formulações, utilizou-se óleo de girassol (GI) refinado (Liza®) e água purificada proveniente de um sistema de osmose reversa.

2.2 MÉTODOS DE PREPARAÇÃO DAS EMULSÕES

Duas emulsões Pickering foram formuladas de acordo com as metodologias de Gomes *et al.* (2017) e Kou *et al.* (2023), com alterações: F1 contendo 2% m/m de β -CD e F2 contendo 5% m/m de β -CD. Para cada 100 g de maionese, pesaram-se 66,74 g de óleo de girassol (GI), 0,26 g de óleo essencial de manjerição (OE) e 33,0 g de água para a formulação F1; para a formulação F2 pesaram-se 71,35 g de óleo de girassol (GI), 0,65 g de óleo essencial de manjerição (OE) e 28,0 g de água. A β -CD foi previamente dispersa na fase aquosa sob agitação magnética por 10 min e, em seguida, a fase oleosa foi adicionada. A mistura foi homogeneizada em homogeneizador Ultra-Turrax® T18 Basic (IKA®, Staufen, Alemanha) a 15.000 rpm por 3 min a 25 °C. Após homogeneização, as emulsões



foram transferidas para recipientes opacos, armazenadas a 4 °C e protegidas da luz até a realização das análises. O intervalo entre a preparação e os ensaios antioxidantes não excedeu 4 h, e os testes sensoriais foram realizados no mesmo dia da produção conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição emulsões Pickering das amostras preparadas.

Amostra	β -CD (%)	Óleo de Girassol (%)	Óleo de Manjerição (%)	Água Purificada (%)
F1	2 %	66,74 %	0,26 %	33,00 %
F2	5 %	71,35 %	0,65 %	28,00 %

Fonte: elaborado pelos autores

2.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante foi determinada pelos métodos de 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS \cdot^+) e 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH \cdot), conforme metodologia descrita por Miyoshi *et al.* (2021), sem alterações.

Para o ensaio com ABTS \cdot^+ , foram preparadas soluções estoque de ABTS \cdot^+ (7,0 mmol L $^{-1}$) e de persulfato de potássio (2,45 mmol L $^{-1}$). O cátion radical foi gerado em ambiente protegido da luz por aproximadamente 16 h, e a solução de trabalho foi ajustada para uma absorbância de $0,70 \pm 0,02$ a 734 nm em etanol.

Posteriormente, 30 μ L da amostra foram incubados com 3,0 mL da solução radicalar por 6 min, no escuro, e a absorbância foi registrada a 734 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Genesys 20, Thermo Scientific®, Estados Unidos).

No ensaio de DPPH \cdot , preparou-se uma solução em metanol contendo $6,25 \times 10^{-5}$ mol L $^{-1}$, ajustada para uma absorbância inicial próxima de 0,70 a 517 nm. Em seguida, 25 μ L da amostra foram misturados a 2,0 mL da solução de DPPH \cdot , mantidos em repouso no escuro por 30 min e a leitura foi realizada a 517 nm no mesmo equipamento.

Os resultados obtidos em ambos os métodos foram expressos em equivalentes de Trolox (μ mol TE g $^{-1}$), com base nas curvas padrão de Trolox no intervalo de 200 a 2 000 μ mol L $^{-1}$, ajustadas às equações de regressão $y = -0,0002x + 0,6739$ ($R^2 = 0,9355$) para ABTS \cdot^+ e $y = -0,0003x + 0,7250$ ($R^2 = 0,9904$) para DPPH \cdot . A concentração antioxidante foi calculada de acordo com a expressão:

$$TE((\mu\text{mol TE})/g) = \left(\frac{b-\Delta A}{a}\right) \times DF \times \frac{V_{reac}}{m_{amostra}} \quad (1)$$

onde:

ΔA = variação de absorbância ($A_0 - A_{final}$)

a e b = coeficientes angulares e lineares da regressão da curva de Trolox



DF = fator de diluição aplicado à amostra

V_{reac} = volume total da reação

$m_{amostra}$ = volume da amostra utilizada.

2.4 ANÁLISE SENSORIAL

A avaliação sensorial foi realizada conforme a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (parecer nº 7 905 021). Participaram 100 julgadores adultos (idade de 18–30 anos) não treinados, recrutados entre estudantes e funcionários; o tamanho da amostra foi determinado com base em normas de testes hedônicos, que recomendam entre 80 e 100 consumidores para detectar diferenças de aceitação com poder estatístico adequado. Foram excluídos gestantes, lactantes, fumantes, pessoas com resfriado, alergia a ovos ou a óleo essencial de manjerição (OE), ou que tivessem ingerido alimentos até uma hora antes da sessão. Todos assinaram termo de consentimento livre e esclarecido e não receberam remuneração.

Os testes foram conduzidos em cabines individuais no Laboratório de Técnica Dietética do Centro Universitário Ingá (Uningá), sob condições controladas de iluminação branca e de temperatura (26 ± 2 °C), conforme aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

As amostras (10–15 g) foram servidas monadicamente em copos de plástico brancos, codificados com números aleatórios de três dígitos, em ordem balanceada. A temperatura de serviço foi mantida entre 10 °C e 12 °C. Entre as amostras, forneceu-se água à temperatura ambiente para a limpeza do palato, e intervalos de 3 min foram adotados entre as avaliações.

Os julgadores avaliaram aparência, aroma, sabor, textura, cor e aceitação global em escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 9 = gostei muitíssimo) e indicaram a intenção de compra em escala de 5 pontos (1 = certamente não compraria; 5 = certamente compraria), conforme metodologia descrita por Teixeira *et al.* (2020).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram expressos como média \pm desvio padrão, com três repetições independentes. Para a análise de aceitação sensorial, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) de dois fatores com interação, seguida do teste de Tukey, quando apropriado, com nível de significância de $p < 0,05$. O tamanho de 100 julgadores fornece poder estatístico superior a 0,80 para detectar diferenças de 0,5 ponto na escala hedônica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os resultados, apresentados na Tabela 2, demonstram que todas as amostras apresentaram



atividade antioxidante mensurável, com diferenças significativas entre os sistemas testados. No ensaio ABTS^{•+}, os valores médios variaram de 66,17 a 3 034,50 $\mu\text{mol TE L}^{-1}$, enquanto, no método DPPH[•], oscilaram entre 1 372,22 e 2 033,33 $\mu\text{mol TE L}^{-1}$, evidenciando comportamento dependente da composição das amostras.

Tabela 2. Resultados ABTS^{•+}

Amostra	ABTS ^{•+} ($\mu\text{mol TE L}^{-1}$) *	DPPH [•] ($\mu\text{mol TE L}^{-1}$) *
OE	1257,83 \pm 405,66	1027,78 \pm 262,66
GI	66,17 \pm 12,58	1372,22 \pm 20,37
F1	2912,83 \pm 12,58	1912,22 \pm 32,89
F2	3034,50 \pm 22,91	2033,33 \pm 49,10

Fonte: elaborado pelos autores

Resultados expressos como média \pm desvio padrão, com três repetições independentes.

As amostras F1 e F2, contendo β -CD, apresentaram valores significativamente superiores aos dos demais tratamentos, indicando que a encapsulação contribuiu para preservar a capacidade antioxidante do OE. O efeito mais pronunciado foi observado na formulação F2 (5 %), que apresentou os maiores equivalentes de Trolox em ambos os métodos. Esse resultado indica que concentrações mais elevadas de β -CD ampliam a proteção das moléculas fenólicas e retardam sua degradação oxidativa.

O método ABTS^{•+} apresentou valores mais altos do que o DPPH[•], o que se explica pela diferença de solubilidade dos radicais utilizados: o ABTS^{•+} reage com compostos tanto hidrofílicos quanto lipofílicos, enquanto o DPPH[•] é mais sensível a substâncias apolares. Essa diferença reforça a visão mais abrangente do potencial antioxidante.

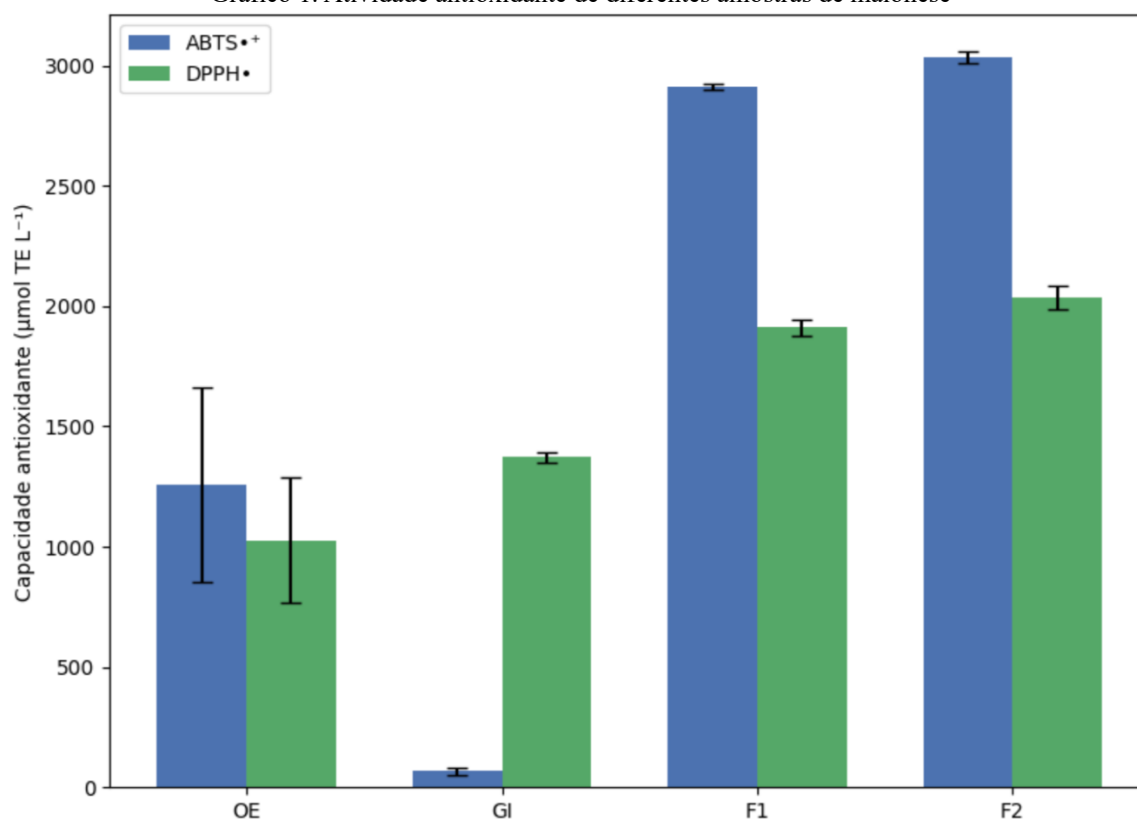
Esses achados estão de acordo com estudos prévios que demonstram o papel da β -CD na estabilização de compostos bioativos. O estudo de Jo *et al.* (2021) descreve que a formação de complexos de inclusão com β -CD aumentou a atividade antioxidante nos ensaios DPPH[•] e ABTS^{•+}. Da mesma forma, Li *et al.* (2025) relataram que o complexo de inclusão da β -CD permitiu a liberação controlada de compostos bioativos em sistemas alimentares.

Dessa forma, os resultados obtidos nesta análise indicaram que a utilização de β -CD nas emulsões Pickering não apenas melhora a estabilidade física do sistema, mas também potencializa sua capacidade antioxidante, viabilizando o desenvolvimento de alimentos funcionais com maior resistência à oxidação e alinhados às demandas de consumo por produtos naturais e seguros

Os resultados obtidos são apresentados no Gráfico 1, que apresenta a atividade antioxidante (ABTS^{•+} e DPPH[•]) com barras agrupadas com média e desvio padrão dos equivalentes de Trolox para cada amostra (OE, GI, F1 e F2), evidenciando-se o aumento expressivo da capacidade antioxidante nas maioneses com β -CD:



Gráfico 1. Atividade antioxidante de diferentes amostras de maionese



Fonte: Autores.

3.2 ANÁLISE SENSORIAL

Os resultados da análise sensorial das formulações de maionese elaboradas (Tabela 3) indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre as amostras F1 (2 % β -CD) e F2 (5 % β -CD) em nenhum dos atributos avaliados. As médias variaram de $6,74 \pm 2,06$ a $7,98 \pm 0,95$, valores que correspondem, na escala hedônica de nove pontos, aos termos “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”, evidenciando boa aceitação global de ambas as formulações.

Tabela 3. Dados da análise sensorial

ATRIBUTO	F1 (2% β -CD)	F2 (5% β -CD)
Aceitação global	$7,49 \pm 1,29^a$	$6,89 \pm 2,01^a$
Aparência	$7,98 \pm 0,95^a$	$7,88 \pm 1,04^a$
Aroma	$7,67 \pm 1,16^a$	$7,38 \pm 1,69^a$
Cor	$7,83 \pm 1,02^a$	$7,81 \pm 1,10^a$
Intenção de compra ¹	$3,29 \pm 1,25^a$	$2,81 \pm 1,35^a$
Sabor	$7,63 \pm 1,25^a$	$6,74 \pm 2,06^a$
Textura	$7,79 \pm 1,04^a$	$7,75 \pm 1,17^a$

Letras idênticas na mesma linha indicam ausência de diferença significativa entre as médias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

¹ Escala de intenção de compra de 5 pontos.

Fonte: Autores.

A ausência de diferenças significativas sugere que o aumento da concentração de β -CD de 2 % para 5 % não comprometeu a percepção sensorial dos consumidores, mantendo os atributos de aparência, aroma, sabor e textura dentro de faixas adequadas de aceitabilidade. Esses resultados



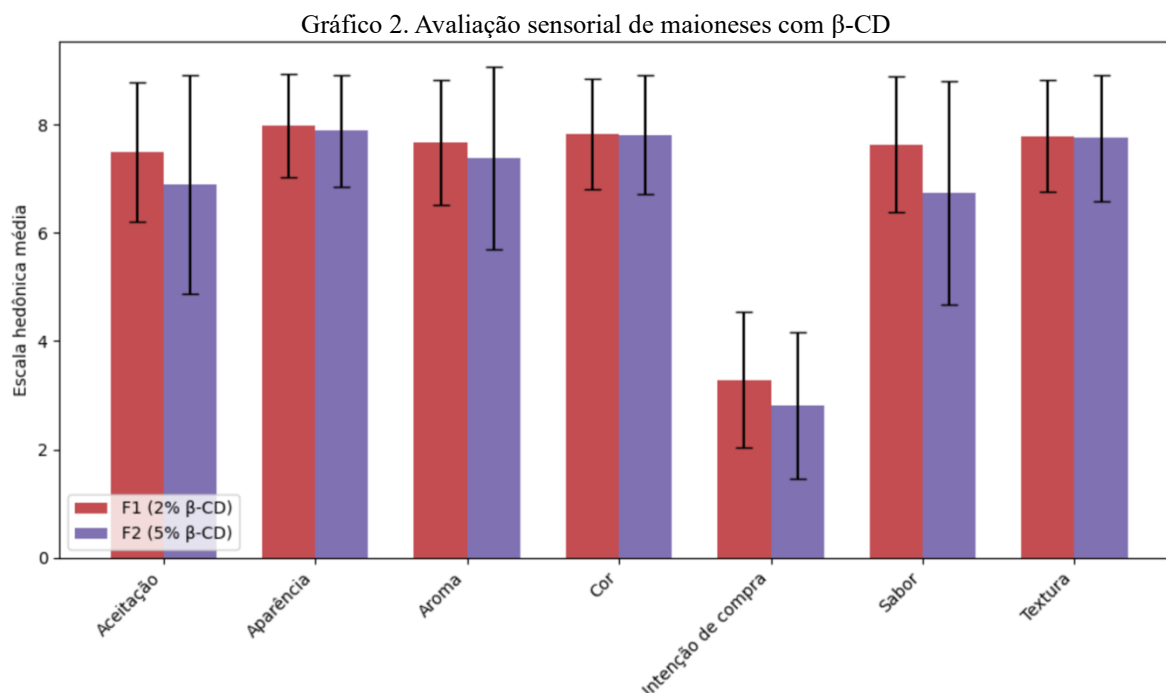
indicam que a encapsulação do óleo essencial de manjerição (OE) em níveis mais elevados de β -CD não interferiu na liberação dos compostos voláteis responsáveis pelas notas aromáticas e gustativas, preservando o equilíbrio sensorial característico da maionese.

As variações nas notas aromáticas e gustativas observadas podem estar relacionadas à presença de compostos bioativos encapsulados, cuja intensidade sensorial depende diretamente da proporção empregada. O estudo de Flammini *et al.* (2020) evidenciou que a adição de extratos fenólicos encapsulados em maioneses altera o perfil sensorial, reforçando a importância do equilíbrio entre a funcionalidade e a aceitação do produto. De modo semelhante, Zhu *et al.* (2020) verificaram que sistemas de encapsulação aplicados a óleos essenciais reduzem a volatilização e minimizam efeitos sensoriais adversos em matrizes alimentares. Resultados convergentes foram relatados por Ghirro *et al.* (2022), que desenvolveram emulsões de maionese estabilizadas por partículas sólidas de curcumina, com boa estabilidade e harmonia sensorial. Complementarmente, Maurya *et al.* (2021) e Sousa *et al.* (2022) destacam que tecnologias de encapsulação e liberação controlada atenuam os impactos de sabor e aroma, mantendo a eficiência antioxidante e a estabilidade funcional dos sistemas alimentares.

Assim, os resultados obtidos reforçam a ideia de que a utilização de β -CD em sistemas emulsificados permite otimizar a estabilidade do produto, sem comprometer sua aceitação sensorial, configurando uma alternativa tecnológica promissora para a aplicação de óleos essenciais em matrizes lipídicas.

Os resultados são apresentados no Gráfico 2, demonstrando que a formulação F1 (2 % β -CD) obteve as maiores médias de aceitação global, sabor e intenção de compra, enquanto a F2 apresentou valores similares para aparência, aroma, cor e textura. Essa tendência sugere que concentrações moderadas de β -CD favorecem um equilíbrio melhor entre estabilidade funcional e agradabilidade sensorial, mantendo o perfil característico da maionese e confirmando o potencial da encapsulação.





Fonte: Autores.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a complexação do óleo essencial de manjeriço com β -ciclodextrina representa uma estratégia tecnológica eficiente para ampliar a capacidade antioxidante em emulsões de maionese. A formulação contendo 5 % de β -CD (F2) apresentou valores mais elevados de equivalentes de Trolox nos ensaios ABTS^{•+} e DPPH[•], confirmando o efeito protetor frente à oxidação de compostos fenólicos e voláteis.

Sob o ponto de vista sensorial, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre as amostras, indicando que o aumento da concentração de β -CD não comprometeu a aceitação pelos consumidores. Ambas as formulações obtiveram escores médios entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, demonstrando boa aceitação global e preservação dos atributos de aparência, sabor, aroma e textura.

Esses resultados evidenciam que o uso de β -CD em emulsões alimentares permite a obtenção de produtos com estabilidade oxidativa aprimorada, sem prejuízo sensorial, reforçando o potencial dessa tecnologia para o desenvolvimento de alimentos funcionais e *clean label*.

Entretanto, recomenda-se que estudos futuros incluam avaliações microbiológicas, testes de estabilidade durante o armazenamento e a investigação de diferentes proporções de β -CD e de diferentes tipos de óleo vegetal, de modo a otimizar o desempenho funcional e confirmar a viabilidade tecnológica e comercial da aplicação de β -CD em sistemas alimentares complexos.



REFERÊNCIAS

- ASTRAY, G. et al. A review on the use of cyclodextrins in foods. *Food Hydrocolloids*, v. 23, n. 7, p. 1631–1640, out. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.01.001>.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils – a review. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, n. 2, p. 446–475, fev. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.
- DEL VALLE, E. M. MARTIN. Cyclodextrins and their uses: a review. *Process Biochemistry*, v. 39, n. 9, p. 1033–1046, maio 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(03\)00258-9](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(03)00258-9).
- FLAMMINII, F. et al. Physical and sensory properties of mayonnaise enriched with encapsulated olive leaf phenolic extracts. *Foods*, v. 9, n. 8, p. 997, 24 jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9080997>.
- GHIRO, L. C. et al. Pickering emulsions stabilized with curcumin-based solid dispersion particles as mayonnaise-like food sauce alternatives. *Molecules*, v. 27, n. 4, p. 1250, 12 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27041250>.
- HYLDGAARD, M.; MYGIND, T.; MEYER, R. L. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, v. 3, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>.
- KOU, X. et al. Pickering emulsions stabilized by β -CD microcrystals: construction and interfacial assembly mechanism. *Frontiers in Nutrition*, v. 10, 22 mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1161232>.
- LI, X. et al. β -cyclodextrin/thymol microcapsule-embedded starch coatings for synchronized antimicrobial release and shelf-life extension in blueberries. *Foods*, v. 14, n. 17, p. 3132, 7 set. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14173132>.
- MĂDĂLINA, L. M. et al. Citrus essential oils – based nano-emulsions: functional properties and potential applications. *Food Chemistry*, X, v. 20, p. 100960–100960, 1 dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100960>.
- MAURYA, A. et al. Essential oil nanoemulsion as eco-friendly and safe preservative: bioefficacy against microbial food deterioration and toxin secretion, mode of action, and future opportunities. *Frontiers in Microbiology*, v. 12, 29 nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.751062>.
- MIYOSHI, J. H. et al. Essential oil characterization of *Ocimum basilicum* and *Syzygium aromaticum* free and complexed with β -cyclodextrin: determination of its antioxidant, antimicrobial, and antitumoral activities. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, v. 102, n. 1-2, p. 117–132, 22 set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10847-021-01107-0>.
- MORADI, A.; NAFISEH DAVATI; ARYOU EMAMIFAR. Effects of *Cuminum cyminum* L. essential oil and its nanoemulsion on oxidative stability and microbial growth in mayonnaise during storage. *Food Science & Nutrition*, v. 11, n. 8, p. 4781–4793, 22 de maio de 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3457>.
- NADEEM, H. R. et al. Antioxidant effect of *Ocimum basilicum* essential oil and its effect on cooking qualities of supplemented chicken nuggets. *Antioxidants*, v. 11, n. 10, p. 1882, 1 out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11101882>.



REDDY, C. K.; LEE, C. H. Synthesis and characterization of turmeric extract- β -cyclodextrin inclusion complexes: metabolite profiling and antioxidant activity. *Journal of Food Science*, v. 90, n. 1, 28 dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17635>.

RUBÉN HORACIO OLMEDO et al. Effect of the essential oil addition on the oxidative stability of fried-salted peanuts. v. 43, n. 11, p. 1935–1944, 1 nov. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01796.x>.

SAYED et al. Antioxidant and antimicrobial efficacy of microencapsulated mustard essential oil against *Escherichia coli* and *Salmonella Enteritidis* in mayonnaise. *International Journal of Food Microbiology*, v. 410, p. 110484–110484, 1 jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110484>.

SOUSA, V. I. et al. Microencapsulation of essential oils: a review. *Polymers*, v. 14, n. 9, p. 1730, 1 jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14091730>.

TEIXEIRA, F. et al. Addition of orange peel in orange jam: evaluation of sensory, physicochemical, and nutritional characteristics. *Molecules*, v. 25, n. 7, 4 abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25071670>.

ZHU, Y. et al. Encapsulation strategies to enhance the antibacterial properties of essential oils in food system. *Food Control*, v. 123, p. 107856, 1 de maio de 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107856>.

