

Extrato de *Eugenia dysenterica* DC. microencapsulado para aplicação em alimentos

Eugenia dysenterica extract microencapsulated for application in food

Sebastião Moreira dos Santos Junior (ORCID 0009-0000-3680-5597), **Eliane Augusto Ndiaye** (ORCID 0000-0002-0321-5969), **Thiago Teixeira de Oliveira** (ORCID 0009-0005-5757-2303), **Keily Alves de Moura Oliveira** (ORCID 0000-0001-8974-8573), **Karina da Silva Chaves** *(ORCID 0000-0002-7454-898X)

Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças, MT, Brasil. *Autor para correspondência: ksilchaves@gmail.com

Submissão: 03 de Julho, 2024 | Aceite: 19 de Outubro, 2024

RESUMO

Eugenia dysenterica DC., fruto do cerrado, possui grande potencial econômico de aplicação, tanto como alimento quanto medicinal. Sua composição fitoquímica exhibe potencial efeito benéfico à saúde, destacando os compostos fenólicos, que possuem relevante atividade antioxidante. Porém, por serem altamente reativos, podem perder sua estabilidade e função em algumas condições específicas, afetando seu potencial antioxidante. Assim, o estudo visou desenvolver e caracterizar micropartículas na proteção dos compostos bioativos presentes na folha de *E. dysenterica* DC. para aplicação em alimentos. As micropartículas foram produzidas através da técnica de gelificação iônica utilizando alginato e pectina (materiais de parede) e avaliadas quanto a morfologia, diâmetro médio, umidade, eficiência de encapsulação. O teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante foi determinado para o extrato e micropartículas. Análise qualitativa dos compostos fenólicos e atividade antioxidante foi realizada por Cromatografia em Camada Delgada (CCD). A micropartícula apresentou formato predominantemente esférico e diâmetro médio de $46,06 \pm 18,81 \mu\text{m}$, umidade de 92,01% e eficiência de encapsulação de 16,10%. O extrato das folhas utilizando metanol como solução extratora, apresentou teor de compostos fenólicos totais de 171,89 mg EAG.100g⁻¹ e atividade antioxidante de 91,09% e as micropartículas, um teor de compostos fenólicos de 27,65 mg EAG.100g⁻¹ e atividade antioxidante de 34,17%. Análise qualitativa indicou presença de compostos fenólicos e atividade antioxidante no extrato e não foi detectado nas micropartículas. A baixa concentração de compostos e atividade nas micropartículas pode estar associado porcentagem de extrato incorporado no processo de produção, concentração do extrato e diâmetro da partícula. A concentração do extrato na produção mostra ser uma variável importante para melhorar o carreamento dos compostos fenólicos, uma vez que a microencapsulação por gelificação iônica apresenta potencial aplicação para alimentos por conferir proteção aos compostos antioxidantes e o tamanho das micropartículas, ser um fator importante para não alterar a percepção sensorial do alimento.

PALAVRAS-CHAVE: Cagaita. Micropartícula. Gelificação iônica. Cerrado.

ABSTRACT

Eugenia dysenterica DC. is a fruit of the Cerrado that has great economic potential for both food and medicinal applications. Its phytochemical composition has potential health benefits, especially the phenolic compounds, which have significant antioxidant activity. However, being highly reactive, they can lose their stability and function under certain specific conditions, affecting their antioxidant potential. This study aimed to develop and characterize microparticles to protect the bioactive compounds present in the leaf of *E. dysenterica* DC. for application in food. The microparticles were produced using the ionic gelation technique with alginate and pectin (wall materials) and were assessed for morphology, average diameter, humidity, and encapsulation efficiency. The content of phenolic compounds and antioxidant activity was determined for the extract and microparticles. Qualitative analysis of the phenolic compounds and antioxidant activity was carried out by Thin Layer Chromatography (TLC). The microparticles were predominantly spherical in shape and had an average diameter of $46.06 \pm 18.81 \mu\text{m}$, a moisture content of 92.01% and an encapsulation

Publisher's Note: UDESC stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

efficiency of 16.10%. When using methanol as the extracting solution, the leaf extract showed a total phenolic compound content of 171.89 mg EAG.100g⁻¹ and antioxidant activity of 91.09%, while the microparticles showed a phenolic compound content of 27.65 mg EAG.100g⁻¹ and antioxidant activity of 34.17%. Qualitative analysis indicated the presence of phenolic compounds and antioxidant activity in the extract, which was not detected in the microparticles. The low concentration of compounds and activity in the microparticles may be associated with the percentage of extract incorporated into the production process, extract concentration, and particle diameter. The concentration of the extract in the production process proves to be an important variable in improving the loading of phenolic compounds, since microencapsulation by ionic gelation has a potential application in foodstuffs as it provides protection for antioxidant compounds, while the size of the microparticles is an important factor in not altering the sensory perception of the food.

KEYWORDS: Cagaita. Microparticle. Ionic gelation. Cerrado.

INTRODUÇÃO

O cerrado brasileiro apresenta grande diversidade vegetal, sendo importante fonte de renda para população regional. Algumas espécies ainda não foram estudadas de forma efetiva, como exemplo a *Eugenia dysenterica* DC. popularmente conhecida como “cagaita” ou “cagaiteira”, árvore frutífera nativa do bioma cerrado (SILVA et al. 2001). Esta possui uma ampla distribuição, sendo encontrada em vários estados brasileiros, como Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal (SILVA et al. 2015).

A *E. dysenterica* DC. apresenta versatilidade sobre seu potencial de aplicação, uma vez que diferentes porções utilizadas popularmente tanto como alimento quanto atividade no tratamento de várias condições patológicas, como tratamento de pele, desordens intestinais, infecções microbianas, desordens inflamatórias, *diabetes mellitus* (JORGE et al. 2010, LIMA et al. 2011, JUSTINO et al. 2022).

Os benefícios associados ao consumo dessa planta encontram-se associados a presença de compostos antioxidantes, englobando as classes de fenóis, ácidos fenólicos e seus derivados, flavonóides, tocoferóis, terpenos, saponinas, catequinas, fosfolípidios, aminoácidos, ácido fítico, ácido ascórbico, pigmentos e esteróis (ROESLER et al. 2007, JORGE et al. 2010, FERREIRA-NUNES et al. 2018, ARRUDA et al. 2022, JUSTINO et al. 2022).

No entanto, esses compostos são susceptíveis a degradação causada por fatores como pH, temperatura, oxigênio, exposição à luz e condições de estocagem. Logo, com o intuito de conferir proteção à diferentes compostos com propriedades bioativas, promover a manutenção e a biodisponibilidade por um determinado espaço de tempo, mascarar as características sensoriais e permitir uma liberação controlada, diferentes técnicas de microencapsulação têm sido aplicadas em diversos segmentos industriais (HOLKEM et al 2015, MELO & CONSTANI 2021).

A seleção da técnica de microencapsulação adequada se baseia nas propriedades físico-químicas do material que será encapsulado e do agente encapsulante, analisando-se a finalidade de aplicação do ingrediente alimentício (VANISKI et al. 2017). A gelificação iônica é um método que usa as características de interação eletroquímica dos compostos, material de parede e substância bioativa, permitindo que a diferentes compostos fiquem em sua estrutura, incluindo sólidos, líquidos e substâncias hidrofílicas ou hidrofóbicas (MELO & CONSTANT 2021). O

processo requer materiais de parede, como carboidratos, celulose, lipídios, proteínas ou materiais inorgânicos, além de uma solução de reticulação, normalmente íons de cálcio, gerando de pequenas gotículas do material da parede e do composto, que serão encapsuladas ou revestidas (HERMAN-LARA et al. 2024).

Diante do exposto, o presente estudo visou desenvolver micropartículas de gelificação iônica, utilizando alginato e pectina como materiais de parede na proteção dos compostos fenólicos presentes no extrato da folha de *E. dysenterica* DC. com vistas a aplicação em alimentos e determinar o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante do extrato e micropartículas.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta da *Eugenia dysenterica* DC.

As partes aéreas de *E. dysenterica* DC. foram coletadas entre os meses de outubro e novembro nas dependências da Universidade Federal de Mato Grosso, do *Campus* Universitário do Araguaia, Unidade I, no município de Pontal do Araguaia. Estas foram identificadas de acordo com a exsicata sob registro de número 09835, armazenada no herbário do *Campus* Universitário do Araguaia. Após a coleta e a identificação o material vegetal, este foi selecionado e submetido à secagem a uma temperatura de 40 °C, em estufa com circulação de ar forçado (NOVA ETICA, 404/D, São Paulo, Brasil) por um período de 16 a 24 horas. Em seguida, o material foi triturado em moinho de facas tipo wilye (FORTINOX, STAR FT 80, São Paulo, Brasil) até a obtenção de um produto com espessura fina com aparência de um pó (LOPES 2017).

Obtenção do extrato

O pó obtido após a secagem das folhas foi submetido ao processo de extração de acordo com metodologia descrita por LOPES (2017) com modificações. Uma massa de 400 gramas do material foi adicionada em um frasco ao abrigo de luz e adicionado dois litros de metanol e submetido ao processo de maceração por sete dias com agitações diárias para obtenção do extrato. Após esse período, o extrato obtido foi filtrado e submetido a processo de concentração em evaporador rotativo (FISATOM 801, São Paulo, Brasil) acoplado a uma bomba de vácuo (PRISMATEC, 131, São Paulo, Brasil) e condensador (SOLAB, SL 152, São Paulo, Brasil) mantido a temperatura de 50 °C. O extrato concentrado foi armazenado à -15 °C até o momento de uso.

Produção das micropartículas

As micropartículas foram produzidas de acordo com metodologia adaptada de RIBEIRO et al. (2014). Uma dispersão de alginato:pectina (80/20) e 5 % (v/v) de extrato de *E. dysenterica* DC. (21 mg.mL⁻¹) foi pulverizada sobre uma solução de cloreto de cálcio a 2% (m/v) (pH 4,0) a temperatura ambiente, com distância de 12 cm da ponta do atomizador a superfície da solução de cloreto de cálcio. Durante o processo de atomização, a solução foi mantida sob agitação constante. Após o término da atomização, a solução foi mantida sob agitação constante por 30 minutos para maturação das micropartículas. Em seguida as micropartículas foram lavadas três vezes seguidas com água destilada (pH 4,0) em peneira com 250 mesh (BERTEL, São Paulo, Brasil) para retiradas do excesso de cloreto de cálcio e armazenadas sob refrigeração até o momento de uso.

Caracterização da partícula

A partícula foi caracterizada em relação ao teor de umidade (AOAC 2006) e ao diâmetro médio. O diâmetro médio das micropartículas foi realizado através da captura de imagem utilizando microscópio óptico (LEICA MICROSYSTEMS DM 750, Suíça) no aumento de 40x. Para determinação foram coletadas de 200 imagens e o diâmetro das micropartículas foi obtido individualmente, em duplicata, utilizando o programa Laz Ez e o diâmetro médio calculado utilizando o programa Microsoft Excel® (MUKAI-CORREA et al. 2007, CARVALHO et al. 2019).

Eficiência da encapsulação

A eficiência da encapsulação foi determinada de acordo com a quantidade de material encapsulado (ARRIOLA et al. 2019), de acordo com a seguinte equação:

$$EE (\%) = \frac{L}{L_0} \times 100$$

Onde: L = Compostos fenólicos totais na solução de citrato de sódio de micropartículas de alginato e pectina rompidas; L₀ = Compostos fenólicos totais no extrato de *E. dysenterica* DC.

Determinação qualitativa por Cromatografia de camada delgada (CCD)

Compostos fenólicos

A presença de compostos fenólicos no extrato (21 mg.mL⁻¹) e na micropartícula foi analisado por CCD, usando ácido gálico como padrão positivo de comparação. A placa foi eluída em CHCl₃/MeOH (9:1) e CHCl₃/MeOH/H₂O (65:30:5) e, após secagem a placa de CCD foi introduzida em uma câmara contendo cristais de iodo e observado o aparecimento de pontos de coloração marrom avermelhado, que sugere a presença de compostos fenólicos, em comparação com o padrão (SOUSA et al. 2007).

Atividade antioxidante

A atividade antioxidante do extrato (21 mg.mL⁻¹) e da micropartícula foi analisada por CCD usando ácido gálico como padrão positivo de comparação. A placa foi eluída em CHCl₃/MeOH (9:1) e CHCl₃/MeOH/H₂O (65:30:5) e, após secagem, foram nebulizadas com solução do radical DPPH 40 µg.mL⁻¹ em álcool etílico. A placa foi observada até o aparecimento de mancha amarela sob fundo de coloração púrpura, indicativo de possível atividade antioxidante (SOUSA et al. 2007).

Análise quantitativa de extrato e micropartículas

Compostos fenólicos - Método Folin-Ciocalteu

Os compostos fenólicos no extrato e nas micropartículas foram determinados através do método de Folin-Ciocalteu, com modificações (DELADINO et al. 2008). Antes da realização da quantificação as micropartículas foram rompidas para a extração dos compostos conforme metodologia descrita por ARRIOLA et al. (2019). Uma alíquota de 2 mL de carbonato de sódio, 200 µL de Folin-Ciocalteu e 200 µL da solução (extrato ou micropartículas) foram adicionadas em um tubo de ensaio, homogeneizadas e mantida em repouso por 30 minutos ao abrigo de luz. Uma curva padrão de ácido gálico com concentrações de 10 µg.mL⁻¹ a 512 µg.mL⁻¹ foi elaborada. Após esse período, a mistura reacional contendo o extrato, conteúdo das micropartículas e os pontos da curva padrão foram submetidas à leitura em espectrofotômetro (FEMTO 600S, São Paulo, Brasil) a 750 nm. O total de compostos

fenólicos foi expresso em mg de ácido gálico/100g de amostra. A equação da curva de calibração do ácido gálico foi $Y = 0,0022x + 0,0945$ e o coeficiente de correlação $R = 0,9846$. A análise foi realizada em triplicata.

Atividade antioxidante

A análise antioxidante seguiu a metodologia descrita por SOUSA et al. (2007) com modificações. O extrato da planta (21 mg.mL^{-1}) e do controle positivo (ácido gálico) em etanol foram diluídas nas concentrações que variam $10 \text{ }\mu\text{g.mL}^{-1}$ a $512 \text{ }\mu\text{g.mL}^{-1}$, respectivamente. As micropartículas foram rompidas para a extração dos compostos utilizando citrato de sódio 2% (m/v) (ARRIOLA et al. 2019). A medida da absorbância da mistura reacional, 0,3 mL da solução (extrato ou micropartícula ou controle positivo) e 2,7 mL da solução estoque de DPPH na concentração de $40 \text{ }\mu\text{g.mL}^{-1}$, foram realizadas a 515 nm, após 30 minutos. A mistura de etanol (2,7 mL) e solução etanólica do extrato (0,3 mL) foi utilizada como branco. A curva de calibração com DPPH foi obtida no espectro de absorbância de 515 nm. A equação da curva de calibração do DPPH foi $Y = 0,0129x - 0,0082$ e o coeficiente de correlação $R = 0,9986$. A análise foi realizada em triplicata.

A porcentagem de atividade antioxidante foi calculada a partir dos valores de absorbância em todas as concentrações testadas, após 30 minutos, de acordo com a equação:

$$\%AA = \frac{\{[Abscontrole - (Absamostra - Abscontrole) \times 100]\}}{Abscontrole}$$

Onde: Abscontrole: absorbância inicial da solução etanólica de DPPH;

Absamostra: absorbância da mistura reacional (DPPH+amostra).

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada utilizando Microsoft Excel®. Os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão. Análise de regressão foi usada para determinação do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante do extrato e micropartículas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das partículas

As micropartículas de alginato e pectina produzidas pela técnica de gelificação iônica apresentaram teor de umidade de 92,01%, estando dentro dos padrões comumente encontrados para micropartículas produzidas por esta técnica (OTÁLORA et al. 2016). Esse resultado pode ser relacionado a alta capacidade de absorção de água pelos biopolímeros utilizados como materiais encapsulantes, que tem caráter hidrofílico (BELSCAK-CVITANOVIC et al. 2011).

Com relação a morfologia e distribuição de tamanho, essas apresentaram diâmetros variados (Figura 1A) e forma esférica com distribuição do extrato vegetal por todo o volume (Figura 1B). O diâmetro médio das partículas foi de $46,06 \pm 18,81 \text{ }\mu\text{m}$. Diâmetros superiores foram obtidos por TOMÉ & SILVA (2022) utilizando a mesma técnica de encapsulação para o aprisionamento de extrato de manjeriço (*Ocimum basilicum*), salsa (*Petroselinum crispum*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), cerefólio (*Anthriscus cerefolium*) e cebolinha (*Allium*

fistulosum) sendo observado partículas com diâmetros variaram de $920,08 \pm 11,63$ a $754,28 \pm 16,62 \mu\text{m}$.

A variação do diâmetro das partículas quando avaliado diferentes tipos de estudos pode ser associada ao tipo de atomizador, distância e diâmetro da agulha do atomizador e o nível da solução catiônica, concentração de soluções encapsulantes, (MUKAI-CORREA et al. 2007).

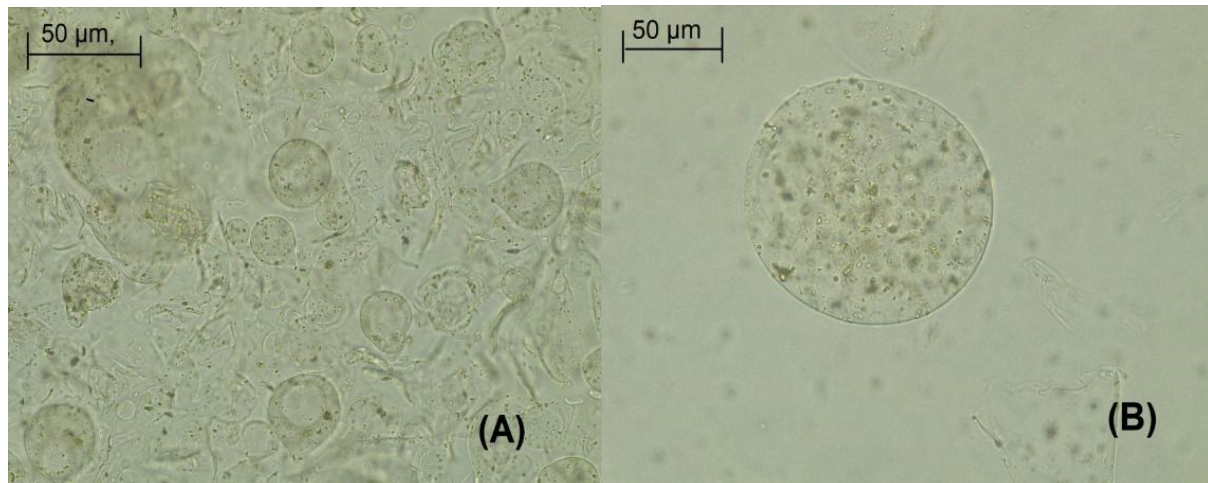


Figura 1. Microscopia óptica da morfologia e distribuição de tamanho das micropartículas contendo extrato da folha da *E. dysenterica* DC (40x)

Figure 1. Optical microscopy of the morphology and size distribution of microparticles containing leaf extract of *E. dysenterica* DC (40x).

Eficiência de microencapsulação

A eficiência de encapsulação do extrato foi 16,10%, valor este considerado baixo, indicando que a incorporação de 5% do extrato da folha em uma concentração de $21 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ foi pequeno, quando observado os valores obtidos em diferentes estudos, que apresentaram eficiência de encapsulação de 45,00 a 93,39%, utilizando a mesma técnica de microencapsulação (AZEVEDO & NORENÃ 2021, TOMÉ & SILVA 2022, BUDIN et al. 2023, ALEXANDRE et al. 2024). Fatores como as características físico-químicas do ativo, o pH do meio, a quantidade de composto ativo adicionado na formulação, o tamanho da partícula e a solubilidade do revestimento com o ingrediente ativo, assim suas interações, podem influenciar a eficiência de encapsulação (SCHAFFAZICK et al. 2003, MARTINOVIĆ et al. 2023). Eficiência de encapsulação entre $68,24 \pm 0,15$ a $93,39 \pm 0,01\%$ foi observada na produção de micropartículas com ervas aromáticas utilizando a técnica de gelificação iônica e alginato como material de parede (TOMÉ & SILVA 2022). MARTINOVIĆ et al. (2023) descrevem que uma melhor eficiência de encapsulação de compostos fenólicos pode ser obtida utilizando proteínas, visto que os compostos fenólicos e proteínas podem se ligar por ligações de hidrogênio e hidrofóbicas, e proteínas podem também ser ligadas a grupos carboxila livres de outros revestimentos, como alginato de sódio.

Compostos fenólicos totais no extrato

O extrato das folhas de *E. dysenterica* DC. apresentou $171,89 \text{ mg EAG}\cdot\text{100g}^{-1}$, valor superior ao encontrado no fruto, de $111,00 \text{ mg EAG}\cdot\text{100g}^{-1}$ (ROCHA et al. 2013) e de $143,81 \text{ mg EAG}\cdot\text{g}^{-1}$ (NASCIMENTO et al. 2020). ROCHA et al (2011) descrevem

uma diferença de concentração entre o fruto verde e maduro da *E. dysenterica* DC., onde foi observado 90,00 mg EGA.100g⁻¹ e 111,00 mg EGA.100g⁻¹, respectivamente. Os resultados obtidos no presente estudo indicam que as folhas de *E. dysenterica* DC. são uma boa fonte de compostos fenólicos. Ressalta-se a importância do método de extração e do tipo de solvente, visto que estes podem influenciar na extração dos compostos fenólicos em função da polaridade dos mesmos (MOURA-FILHO et al. 2017, BORGES et al. 2022). A utilização metanol em diferentes concentrações tem mostrado ser efetivo na extração de compostos fenólicos totais em diferentes plantas tanto do bioma Cerrado, quando comparado a solventes como etanol, hexano e água (SANTOS et al. 2016, MOURA-FILHO et al. 2017, BORGES et al. 2022).

Análise qualitativa de compostos fenólicos e atividade antioxidante

Na avaliação qualitativa dos compostos fenólicos, foi observado pontos de coloração marrom avermelhado no controle positivo (ácido gálico – A) e no extrato da planta (21 mg.mL⁻¹ – B), sugerindo a presença de compostos fenólicos (Figura 2). Estes resultados corroboram com os estudos de BASTOS et al. (2016), que observou pontos de coloração marrom avermelhada, indicando presença de compostos fenólicos no extrato de *Eugenia florida* DC.

No entanto, não foi observado a presença destes compostos na micropartícula após o processo de rompimento (C) (Figura 2). A ausência da presença dos compostos, pode estar associada quantidade de extrato encapsulado, uma vez que foi observada uma baixa eficiência de encapsulação (16,10%). Fatores como tamanho da partícula, concentração do extrato adicionado no processo de produção das micropartículas e baixa interação do extrato com os polímeros influenciam na eficiência de encapsulação e conseqüentemente, uma redução da quantidade de compostos biologicamente ativo presente (JYOTHI et al. 2010, MARTINOVIĆ et al. 2023).

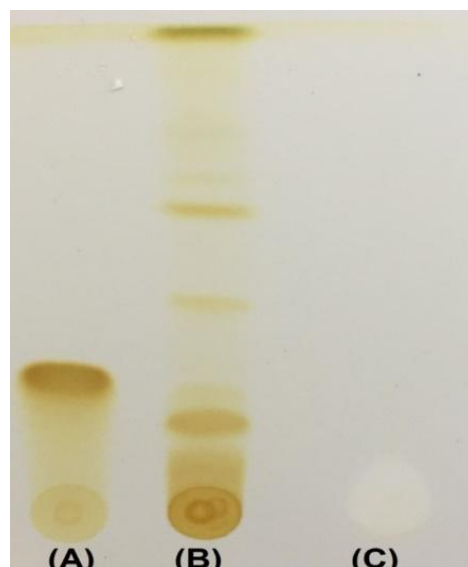


Figura 2. Avaliação qualitativa de compostos fenólicos por CCD com eluição em iodo.

Figure 2. Qualitative evaluation of phenolic compounds by TLC with iodine elution.

Com relação a atividade antioxidante, foi observado o aparecimento de manchas amarelas com o fundo da placa em cor roxa no controle positivo (ácido gálico – A) e no extrato da planta (21 mg.mL⁻¹ – B), indicando que houve o consumo do radical

DPPH (Figura 3). Observa-se que na eluição do extrato (B), pontos diversificados de coloração amarela, característica positiva para atividade antioxidante (Figura 3).

Já no extrato microencapsulado (C) não foi observado o aparecimento da coloração amarela. O resultado obtido corrobora ao observado na avaliação qualitativa de compostos fenólicos nas micropartículas, uma vez que a atividade antioxidante encontra-se diretamente relacionada com o teor de compostos fenólicos. Na maioria dos vegetais, os compostos fenólicos constituem os antioxidantes mais abundantes (ROCHA et al. 2011). Assim, a ausência da formação de pontos de coloração amarela pode ser associada aos mesmos fatores descritos para avaliação qualitativa de compostos fenólicos.

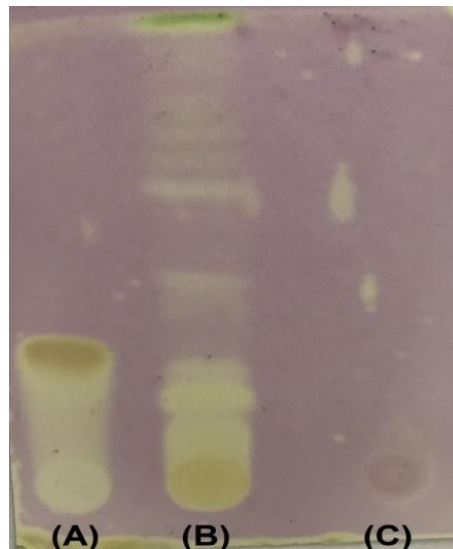


Figura 3. Avaliação qualitativa da atividade antioxidante por CCD com eluição em solução etanólica de DPPH.

Figure 3. Qualitative evaluation of antioxidant activity by CCD eluting in ethanolic DPPH solution.

Avaliação quantitativa da atividade antioxidante

A quantificação da atividade antioxidante do extrato de *E. dysenterica* DC. na concentração de 21 mg.mL^{-1} foi de 91,09% para o extrato, valor superior ao encontrado para a polpa do fruto por SCHIASSI et al. (2018), em que apresentou 73,57% de atividade antioxidante. Com relação ao extrato microencapsulado, a atividade antioxidante foi de 34,17%. RAMÍREZ et al. (2017) encapsularam o extrato do fruto por *spray-dried* e obtiveram uma atividade antioxidante que variou de 5,8 a 26,5%, inferior a observada no presente estudo. Mostrando que a técnica de gelificação iônica por ser um método não térmico, propicia a manutenção da estabilidade dos compostos com atividade antioxidante. Porém, a atividade antioxidante pode ser melhorada com o aumento da eficiência de encapsulação. Outro fator que deve ser observado é que, a interação de um composto com potencial antioxidante com o DPPH depende da sua conformação estrutural, onde alguns compostos reagem muito rapidamente com DPPH e reduz uma série de moléculas de DPPH correspondentes aos números hidroxilados e outros necessitam de um maior tempo reação para o consumo do DPPH (BRAND-WILLIAMS et al. 1995).

CONCLUSÃO

O extrato da folha da *E. dysenterica* apresenta compostos fenólicos com potencial antioxidante, evidenciando potencial tecnológico desta planta do bioma Cerrado para aplicação em alimentos. A técnica de encapsulação utilizada mostrou ser bastante viável para o carreamento destes compostos e para aplicação em alimentos em virtude do pequeno diâmetro, o que é de suma importância para não alterar a percepção sensorial do alimento. A concentração do extrato na produção, mostrou ser uma variável importante para melhorar o carreamento dos compostos fenólicos presentes na folha dessa planta comumente encontrada nesse bioma. Estudos futuros serão realizados para otimizar a eficiência de encapsulação e direcionar a aplicação das micropartículas no alimento.

CONTRIBUIÇÕES DO AUTOR

Conceitualização, metodologia e análise formal, Sebastião Moreira dos Santos Junior, Eliane Augusto Ndiaye, Keily Alves de Moura Oliveira e Karina da Silva Chaves; software e validação, Sebastião Moreira dos Santos Junior, Thiago Teixeira de Oliveira e Karina da Silva Chaves; investigação, Sebastião Moreira dos Santos Junior, Eliane Augusto Ndiaye, Thiago Teixeira de Oliveira, Keily Alves de Moura Oliveira, e Karina da Silva Chaves; recursos e curadoria de dados, Sebastião Moreira dos Santos Junior, Eliane Augusto Ndiaye, Thiago Teixeira de Oliveira, Keily Alves de Moura Oliveira, Karina da Silva Chaves; redação - preparação do rascunho original, Sebastião Moreira dos Santos Junior, Thiago Teixeira de Oliveira e Karina da Silva Chaves; redação - revisão e edição, Eliane Augusto Ndiaye, Keily Alves de Moura Oliveira e Karina da Silva Chaves; visualização, Sebastião Moreira dos Santos Junior, Thiago Teixeira de Oliveira e Karina da Silva Chaves; supervisão, Eliane Augusto Ndiaye, Keily Alves de Moura Oliveira e Karina da Silva Chaves; administração do projeto, Eliane Augusto Ndiaye, Keily Alves de Moura Oliveira e Karina da Silva Chaves; obtenção de financiamento, Karina da Silva Chaves. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

FINANCIAMENTO

Este trabalho foi apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT.

DECLARAÇÃO DO CONSELHO DE REVISÃO INSTITUCIONAL

Não aplicável a estudos que não envolvam humanos ou animais.

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Não aplicável porque este estudo não envolveu humanos.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados podem ser disponibilizados mediante solicitação.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT pela concessão de bolsa.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE JB et al. 2024. Encapsulation of beetroot extract (*Beta vulgaris* L.) obtained by internal and external ionic gelation: a comparative study. *Food Science and Technology* 44: e00225.
- AOAC. 2006. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of AOAC International. Washington: AOAC.
- ARRIOLA NDA et al. 2019. Encapsulation of *Stevia rebaudiana bertonii* aqueous crude extracts by ionic gelation – Effects of alginate blends and gelling solutions on the polyphenolic profile. *Food chemistry* 275: 124-134.
- ARRUDA HS et al. 2022. Underexploited Brazilian Cerrado fruits as sources of phenolic compounds for diseases management: A review. *Food Chemistry: Molecular Sciences* 5: 100148.
- AZEVEDO ES & NORENÃ CPZ. 2021. External ionic gelation as a tool for the encapsulation and stability of betacyanins from *Bougainvillea glabra* bracts extract in a food model. *Journal of Food Processing and Preservation* 45: e15637.
- BASTOS RG et al. 2016. Chemical characterization and antimicrobial activity of hydroethanolic crude extract of *Eugenia florida* DC (Myrtaceae) leaves. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 8: 110-115.
- BELSCAK-CVITANOVIC A et al. 2011. Encapsulation of polyphenolic antioxidants from medicinal plant extracts in alginate – chitosan system enhanced with ascorbic acid by electrostatic extrusion. *Food Research International* 44: 1094–1101.
- BORGES PRS et al. 2022. The bioactive constituents and antioxidant activities of ten selected Brazilian Cerrado fruits. *Food Chemistry: X* 14:100268.
- BRAND-WILLIAMS W et al. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology* 28: 5-30.
- BUDIN AC et al. 2023. Stability of yerba mate extract, evaluation of its microencapsulation by ionic gelation and fluidized bed drying. *Heliyon* 9: e16611.
- CARVALHO AGS et al. 2019. Anthocyanins from jussara (*Euterpe edulis Martius*) extract carried by calcium alginate beads pre-prepared using ionic gelation. *Powder Technology* 345: 283-291.
- DELADINO L et al. 2008. Encapsulation of natural antioxidants extracted from *Ilex paraguariensis*. *Carbohydrate Polymers* 71: 126-134.
- FERREIRA-NUNES R et al. 2018. Incorporation of *Eugenia dysenterica* extract in microemulsions preserves stability, antioxidant effect and provides enhanced cutaneous permeation. *Journal of Molecular Liquids* 265: 408–415.
- HERMAN-LARA E et al. 2024. Encapsulation of hydroalcoholic extracts of *Moringa oleifera* seed through ionic gelation. *LWT* 203:116368.
- HOLKEM AT et al. 2015. Emulsificação/gelificação iônica interna: alternativa para

- microencapsulação de compostos bioativos. *Ciência e Natura* 37: 116-124.
- JORGE N et al. 2010. *Eugenia dysenterica* DC: antioxidant activity, fatty acids profile and tocopherols determination. *Revista Chilena de Nutricion* 37: 208-214.
- JUSTINO AB et al. 2022. Flavonoids and proanthocyanidins-rich fractions from *Eugenia dysenterica* fruits and leaves inhibit the formation of advanced glycation end-products and the activities of α -amylase and α -glucosidase. *Journal of Ethnopharmacology* 285: 114902.
- LIMA TB et al. 2011. In vivo effects of cagaita (*Eugenia dysenterica*, DC.) leaf extracts on diarrhea treatment. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2011: 1–10.
- JYOTHI NVN et al. 2010. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *Journal of Microencapsulation* 27: 187–197.
- LOPES MP. 2017. Avaliação da Atividade Antimicrobiana de Plantas do Cerrado Brasileiro sobre Espiroquetas do Complexo *Borrelia burgdorferi* sensu lato (s.l.). Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas). Lisboa: Universidade Nova de Lisboa. 86p.
- MARTINOVIĆ J et al. 2023. In Vitro Bioaccessibility Assessment of Phenolic Compounds from Encapsulated Grape Pomace Extract by Ionic Gelation. *Molecules* 28: 5285.
- MELO FO & CONSTANT PBL. 2021. Microencapsulação por Gelificação Iônica: uma prospecção tecnológica com base no INPI. *Cadernos de Prospecção* 14: 1236-1247.
- MOURA-FILHO JM et al. 2017. Determinação do solvente ótimo para extração dos compostos fenólicos do fruto de buriti. *Brazilian Journal of Food Research* 8: 22-28.
- MUKAI-CORREA R et al. 2007. Controlled release of protein microencapsulated by ionic gelation. *Current Drug Delivery* 1: 265-273.
- NASCIMENTO ALAA et al. 2020. Chemical characterization and antioxidant potential of native fruits of the Cerrado of northern Minas Gerais. *Brazilian Journal of Food Technology* 23: e2019296.
- OTÁLORA MC et al. 2016. Encapsulating betalains from *Opuntia ficus-indica* fruits by ionic gelation: Pigment chemical stability during storage of beads. *Food Chemistry* 202: 373–382.
- RAMÍREZ LDD et al. 2017. Functional properties of encapsulated Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extract. *Food Bioscienc* 18: 15-21.
- RIBEIRO MCE et al. 2014. Effect of microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 on physicochemical, sensory and microbiological characteristics of stirred probiotic yoghurt. *Food Research International* 66: 424–431.
- ROCHA MS et al. 2013. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (*in vitro*) de frutos do cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Fruticultura* 35: 933-941.
- ROCHA WS et al. 2011. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33: 1215-1221.
- ROESLER R et al. 2007. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 27: 53-60.

- SANTOS MAI et al. 2016. Effect of different extraction methods on the antioxidant activity and phenolic compounds profile of cassava leaf. *Brazilian Journal Food Technology* 19: e2015067.
- SCHAFFAZICK SR et al. 2003. Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos. *Química Nova* 26: 726-737.
- SCHIASSI MCEV et al. 2018. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chemistry* 245: 305-311.
- SILVA RSM et al. 2001. Caracterização de frutos e arvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) no sudoeste do estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23: 330-334.
- SILVA SMM et al. 2015. *Eugenia dysenterica* Mart. Ex Dc. (Cagaita): Planta brasileira com potencial terapêutico. *Infarma - Ciências Farmacêuticas* 27: 49-95.
- SOUSA CMM et al. 2007. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova* 30: 351-355.
- TOMÉ AC & SILVA FA. 2022. Alginate based encapsulation as a tool for the protection of bioactive compounds from aromatic herbs. *Food Hydrocolloids for Health* 2: 100051.
- VANISKI R et al. 2017. Técnicas e materiais empregados na microencapsulação de probióticos. *Brazilian Journal of Food Research* 8: 156-184.