

MICROENCAPSULAÇÃO DE VITAMINA D3 PARA COMBATER DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS

Ana Carolina Rosa da Costa¹, Isabella Liberalino Paulista², Rachel Santos², Maiara Taís Bazana³, Cassandra de Deus³, Maritiele Naissinger da Silva⁴, Cristiano Augusto Ballus²

¹Universidade Franciscana, Santa Maria, Brasil (anacarolinarosadacosta44@gmail.com)

²Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

³Weecaps Comércio de Insumos para Alimentos Ltda, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

⁴Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo: A deficiência de vitamina D3 (colecalfiferol) representa um importante problema de saúde pública, associada a alterações ósseas, metabólicas e imunológicas. Este trabalho revisou os avanços da microencapsulação da vitamina D3 como estratégia para fortificação alimentar. Estudos recentes demonstram que a técnica aumenta a estabilidade, protege contra fatores ambientais e melhora a biodisponibilidade do nutriente, contribuindo para a promoção da saúde e da segurança alimentar.

Palavras-chave: Colecalciferol; microencapsulação; fortificação alimentar; biodisponibilidade; segurança alimentar.

INTRODUÇÃO

A vitamina D3, também conhecida como colecalfiferol, desempenha funções essenciais no organismo humano, atuando na homeostase do cálcio e fósforo, na manutenção da saúde óssea, na função muscular e na modulação do sistema imunológico (Srivastava et al., 2024). Apesar de sua importância, a deficiência dessa vitamina continua sendo um problema de saúde pública, afetando diferentes grupos populacionais e contribuindo para o aumento do risco de doenças ósseas, metabólicas e imunológicas (Espinoza-Espinoza et al., 2024).

A fortificação de alimentos tem sido considerada uma estratégia eficaz para ampliar o acesso das pessoas à vitamina D. Entretanto, sua aplicação em alimentos apresenta limitações devido à instabilidade da vitamina frente à exposição à luz, ao oxigênio, ao calor e às condições de processamento e armazenamento (Zhao et al., 2025). Essas características podem reduzir sua biodisponibilidade e comprometer a eficácia dos alimentos fortificados (Espinoza-Espinoza et al., 2024).

Nesse contexto, a microencapsulação surge como uma tecnologia promissora para proteger compostos bioativos sensíveis, aumentando sua estabilidade, controlando sua liberação e preservando suas propriedades funcionais (Zhao et al., 2025). Diferentes materiais de revestimento, como alginato, maltodextrina, proteínas do soro do leite e gomas

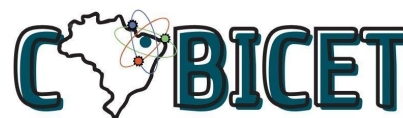
naturais, vêm sendo utilizados para encapsular vitaminas lipossolúveis, incluindo a vitamina D, com resultados positivos em relação à estabilidade e à aplicação em produtos alimentícios (Estevinho; López- Rubio, 2024; Srivastava et al., 2024).

Além dos benefícios tecnológicos, a microencapsulação de colecalfiferol apresenta potencial para contribuir com a segurança alimentar e nutricional em um cenário marcado por transformações sociais, econômicas e sanitárias. Dessa forma, a utilização dessa tecnologia pode representar uma boa estratégia para enfrentar desafios relacionados à deficiência de micronutrientes e à promoção da saúde da população (Peñuñuri-Pacheco et al., 2024; Kouravand et al., 2024).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo revisar os avanços recentes da microencapsulação da vitamina D (colecalfiferol), destacando a deficiência do micronutriente como desafio na saúde pública, a aplicação em alimentos e o potencial da vitamina D3 na fortificação alimentar.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura. A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados *PubMed*, *Scopus*, *ScienceDirect* e *Web of Science*, utilizando os descritores "vitamin D", "microencapsulation", "food fortification", "encapsulation" e "bioavailability", combinados pelo



operador booleano AND. Foram selecionados artigos publicados entre 2020 e 2026, em língua inglesa e portuguesa, que abordassem técnicas de microencapsulação da vitamina D3, estabilidade, biodisponibilidade e aplicações em alimentos. Após a leitura dos títulos, resumos e textos completos, os estudos considerados relevantes para a temática foram incluídos na análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Deficiência de vitamina D3 como desafio de saúde pública

A deficiência de vitamina D permanece um problema global que afeta diferentes faixas etárias e grupos populacionais. Entre os fatores associados estão a baixa exposição ao sol, hábitos alimentares inadequados e condições socioeconômicas desfavoráveis. Além de comprometer a saúde óssea, níveis insuficientes de colecalciferol têm sido relacionados a alterações imunológicas, metabólicas e musculares (Espinoza-Espinoza et al., 2024).

Em cenários de transformação social e sanitária, a deficiência de vitamina D3 permanece um grande desafio de saúde pública, especialmente entre crianças, adolescentes, gestantes, lactantes e idosos, grupos que frequentemente apresentam ingestão insuficiente do nutriente ou baixa exposição solar. Nesses indivíduos, a deficiência está associada ao desenvolvimento de doenças como raquitismo em crianças, osteomalácia e osteoporose em adultos, além de fraqueza muscular, maior risco de quedas e fraturas, comprometimento da resposta imunológica e pior qualidade de vida (Holick et al., 2024; Bouillon et al., 2024).

Embora a vitamina D3 possa ser obtida por meio da exposição solar, do consumo de alimentos como peixes gordurosos, gema de ovo, fígado e alimentos fortificados, muitas vezes essas fontes não são suficientes para atender às necessidades diárias, tornando necessária a suplementação. No Brasil, entretanto, a suplementação medicamentosa não está amplamente disponível pelo Sistema Único de Saúde (SUS) para toda a população, o que pode dificultar o acesso, principalmente entre indivíduos em situação de vulnerabilidade socioeconômica. Nesse contexto, a fortificação de alimentos com vitamina D3, especialmente quando associada à microencapsulação, surge como uma estratégia promissora para ampliar o acesso ao nutriente e contribuir para a prevenção das deficiências nutricionais. Tecnologias como a microencapsulação surgem com esse objetivo de tornar o acesso a essas vitaminas mais fácil por meio de incorporação em alimentos que são consumidos diariamente.

(Espinoza-Espinoza et al., 2024; Estevinho; López-Rubio, 2024).

2. Aplicação da microencapsulação na proteção da vitamina D3

Os estudos avaliados demonstraram que a vitamina D apresenta sensibilidade à luz, ao oxigênio, à umidade e às altas temperaturas, fatores que podem provocar sua degradação durante o processamento e armazenamento dos alimentos (Zhao et al., 2025). A microencapsulação tem sido utilizada para minimizar essas perdas por meio da formação de uma barreira física ao redor da vitamina lipossolúvel (Zhao et al., 2025).

Diversos materiais encapsulantes foram relatados na literatura, incluindo maltodextrina, alginato, goma arábica, proteínas do soro do leite e polissacarídeos naturais. Esses materiais apresentaram capacidade de proteger a vitamina D contra processos oxidativos e aumentar sua estabilidade durante períodos prolongados de armazenamento (Kouravand et al., 2024; Zhao et al., 2025).

Entre as técnicas mais utilizadas destacam-se a secagem por atomização (*spray drying*) e a gelificação iônica, a escolha do método depende das características do alimento e dos objetivos da aplicação tecnológica, sendo que resultados recentes apontam elevada eficiência de encapsulação e preservação da atividade biológica da vitamina, por gelificação iônica os materiais de parede que obtém melhores resultados com pectina de beterraba, matriz de maltodextrina e gelatina (Srivastava et al., 2024; Peñuñuri - Pacheco et al., 2024).

3. Potencial da vitamina D3 microencapsulada na fortificação alimentar

A encapsulação contribuiu para reduzir interações indesejáveis entre a vitamina e os componentes dos alimentos, preservando suas propriedades durante o processamento (Timilsena et al., 2017), podendo encapsular eficientemente a vitamina D3 e permitir sua aplicação na fortificação de produtos à base de pescado, mantendo elevada estabilidade do nutriente (Zhao et al., 2025).

Kouravand et al. (2024) verificaram que os sistemas encapsulantes proporcionam uma liberação mais controlada da vitamina D3 no trato gastrointestinal, promovendo maior estabilidade do composto e favorecendo sua biodisponibilidade, o que pode aumentar a eficiência da absorção do nutriente. Essa característica aumenta a eficiência da absorção e potencializa os benefícios nutricionais dos alimentos fortificados (Espinoza-Espinoza et al., 2024).

Sob a perspectiva da resiliência frente aos desafios contemporâneos, a microencapsulação da vitamina D3 representa uma inovação capaz de fortalecer estratégias de combate às deficiências nutricionais (Estevinho; López-Rubio, 2024). O desenvolvimento de alimentos enriquecidos mais estáveis e eficazes contribui para a construção de sistemas alimentares mais seguros, sustentáveis e adaptáveis às necessidades da população, como a incorporação em massas e produtos lácteos.



Fortalece ossos e dentes

Ajuda na absorção de cálcio e fósforo, prevenindo osteoporose, fraturas e mantendo ossos e dentes fortes.



Melhora da função muscular

Contribui para a força e o desempenho muscular, ajuda no equilíbrio corporal e diminui o risco de quedas, principalmente em idosos.



Saúde cardiovascular

Participa da regulação da pressão arterial e da função dos vasos sanguíneos.

Figura 1. Benefícios da Vitamina D3

CONCLUSÃO

Os estudos avaliados neste trabalho confirmam que a microencapsulação da vitamina D3 representa uma tecnologia promissora para aumentar a estabilidade, a proteção e a eficiência da fortificação de alimentos. As evidências científicas analisadas demonstram que essa técnica reduz a degradação da vitamina causada pela exposição à luz, ao oxigênio, à umidade e às altas temperaturas. Diferentes materiais encapsulantes e métodos de microencapsulação têm apresentado elevada eficiência de encapsulação, ampliando as possibilidades de aplicação do colecalciferol em matrizes alimentares sem comprometer sua qualidade ou estabilidade.

Nesse contexto, a fortificação de alimentos com vitamina D3 microencapsulada é uma alternativa viável para ampliar o acesso da população a esse micronutriente, contribuindo para a prevenção da deficiência de vitamina D e de suas consequências para a saúde óssea, muscular, metabólica e imunológica. Além disso, essa abordagem fortalece estratégias de promoção da segurança alimentar e nutricional, especialmente em populações mais vulneráveis e em cenários de desafios sanitários e sociais.

Embora os resultados disponíveis sejam promissores, são necessários novos estudos que avaliem a

estabilidade dos sistemas encapsulantes em diferentes alimentos, pois não foram identificados assuntos que realmente tratem diretamente da incorporação em alimentos, da aceitação pelos consumidores, da viabilidade econômica da produção em escala industrial e dos efeitos da fortificação a longo prazo. Dessa forma, a microencapsulação da vitamina D3 consolida-se como uma ferramenta inovadora e de grande potencial futuro para contribuir com a saúde das pessoas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelo apoio institucional e pela concessão de bolsas de pesquisa. Este trabalho foi desenvolvido com apoio do programa Inovatec Finova, CNPq e da Fadex.

REFERÊNCIAS

ESTEVINHO, B. N.; LÓPEZ-RUBIO, A. Recent advances in encapsulation for food applications. *Foods*, v. 13, n. 4, p. 579, 2024. doi.org/10.3390/foods13040579

ESPINOZA-ESPINOZA, L. A.; GARCÍA-MORENO, P. J.; JACOBSEN, C. Microencapsulation of vitamins: a review and meta-analysis of coating materials, release and food fortification. *Food Research International*, v. 187, p. 114420, 2024. DOI: 10.1016/j.foodres.2024.114420

KOURAVAND, F.; TABRIZI, M. H.; KHANEGHAH, A. M. hysicochemical stability and controlled release of vitamin D3-loaded emulsions stabilised by whey protein isolate-basil seed gum conjugates. *Journal of Microencapsulation*, v. 41, n. 8, p. 776-791, 2024

PEÑUÑURI-PACHECO, N. et al. Optimization of the encapsulation of Vitamin D3 in oil-in-water nanoemulsions: preliminary application in a functional meat model system. *Foods*, v. 13, n. 17, p. 2842, 2024

SRIVASTAVA, S. et al. Effect of microencapsulation techniques on the different properties of bioactives, vitamins and minerals. *Food Science and Biotechnology*, v. 33, n. 14, p. 3181-3198, 2024

ZHAO, W. et al. pH-modulated pea protein-β-glucan and carboxymethyl chitosan double-layer complex coacervate microcapsules: efficient vitamin D3 encapsulation and functional fortification of surimi. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 306, p. 143472, 2025. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2025.143472