

Complexo de inclusão do mancozebe com (2-hidroxipropil) - β -ciclodextrina: Uma prospecção em artigos e patentes

Mancozeb inclusion complex with (2-hydroxypropyl)- β -cyclodextrin: A search of articles and patents

Complejo de inclusión de mancozeb con (2-hidroxipropil)- β -ciclodextrina: Una búsqueda de artículos y patentes

Recebido: 29/11/2025 | Revisado: 06/12/2025 | Aceitado: 06/12/2025 | Publicado: 07/12/2025

Gilberto Tomaz Filho¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1945-7096>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil

E-mail: gtf.filho@gmail.com

George Laylson da Silva Oliveira²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-2526>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil

E-mail: george.laylson@ifmt.edu.br

Resumo

O mancozebe é um fungicida de amplo espectro amplamente utilizado na agricultura, porém sua baixa solubilidade em água compromete sua eficácia operacional e aumenta os impactos ambientais. A utilização de ciclodextrinas, especialmente a 2-hidroxipropil- β -ciclodextrina (HP- β -CD), emerge como uma alternativa promissora para melhorar a solubilidade, estabilidade e desempenho agrônomo do mancozebe. Este artigo apresenta uma prospecção tecnológica em artigos científicos e patentes, avaliando métodos de complexação, evidências de interação molecular e aplicações potenciais na formulação de defensivos agrícolas. Os resultados evidenciam uma lacuna significativa na literatura sobre o complexo de inclusão mancozebe/HP- β -CD, reforçando o potencial inovador dessa abordagem para formulações mais eficientes e ambientalmente sustentáveis.

Palavras-chave: Mancozebe; Ciclodextrinas; Complexo de inclusão; HP- β -CD; Formulações agrícolas.

Abstract

Mancozeb is a broad-spectrum fungicide widely used in agriculture; however, its poor water solubility limits its operational efficiency and increases environmental impact. Cyclodextrins, particularly 2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin (HP- β -CD), have emerged as promising carriers capable of enhancing the solubility, stability, and agronomic performance of poorly soluble active ingredients. This article presents a technological prospecting study covering scientific publications and patents, focusing on inclusion complex formation, analytical evidence of molecular interactions, and potential applications in agrochemical formulations. The findings reveal a significant gap in the literature regarding the mancozeb/HP- β -CD inclusion complex, highlighting the innovative potential of this strategy for developing more efficient and environmentally friendly formulations.

Keywords: Mancozeb; Cyclodextrins; Inclusion complex; HP- β -CD; Agrochemical formulations.

Resumen

El mancozeb es un fungicida de amplio espectro ampliamente utilizado en la agricultura; sin embargo, su baja solubilidad en agua limita su eficiencia operativa y aumenta los impactos ambientales. Las ciclodextrinas, especialmente la 2-hidroxipropil- β -ciclodextrina (HP- β -CD), surgen como portadores prometedores capaces de mejorar la solubilidad, estabilidad y desempeño agronómico de ingredientes activos poco solubles. Este artículo presenta una prospección tecnológica en artículos científicos y patentes, evaluando la formación del complejo de inclusión, evidencias analíticas de interacción molecular y aplicaciones potenciales en formulaciones agrícolas. Los resultados evidencian una notable ausencia de estudios sobre el complejo de inclusión mancozeb/HP- β -CD, reforzando el potencial innovador de esta estrategia para desarrollar formulaciones más eficientes y sostenibles.

Palabras clave: Mancozeb; Ciclodextrinas; Complejo de inclusión; HP- β -CD; Formulaciones agrícolas.

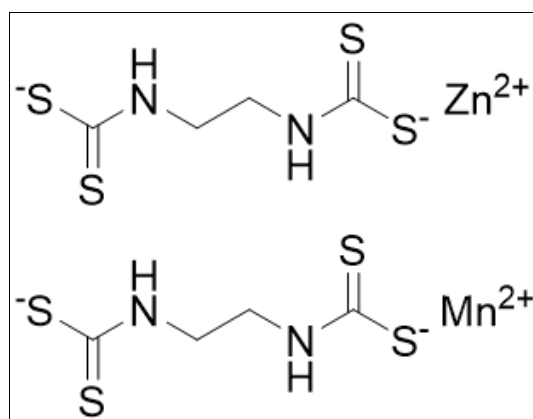
¹ Instituto Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Química Tecnológica e Ambiental, Cuiabá, MT, Brasil.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Centro de Referência de Jaciara. Brasil.

1. Introdução

A demanda crescente por alimentos, impulsionada pelo aumento populacional e pela intensificação dos sistemas produtivos, tem reforçado a necessidade do uso de defensivos agrícolas, entre os quais o fungicida mancozebe se destaca pelo amplo espectro e eficiência (Wan et al., 2023). Entretanto, sua baixa solubilidade em água ($\approx 6,2$ ppm a 20°C) compromete a eficiência operacional, favorecendo entupimentos, distribuição irregular e maior persistência ambiental, o que evidencia a necessidade de alternativas tecnológicas capazes de superar essas limitações (Montecchi, Russo & Liu, 2013; Tripathi et al., 2025).

Figura 1: Estrutura química do mancozebe (PubChem/CID 3034368).



Fonte: Autoria própria.

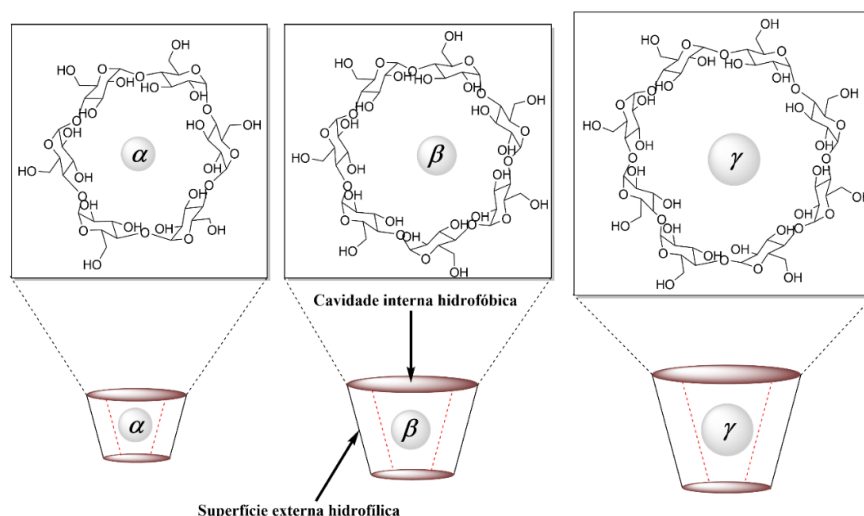
As ciclodextrinas (CDs) vêm emergindo como ferramentas eficazes na melhoria da solubilidade e estabilidade de moléculas pouco solúveis. Essas estruturas cíclicas, formadas por unidades de glicopiranosídeos, possuem cavidade interna hidrofóbica capaz de abrigar compostos apolares, além de superfície externa hidrofílica que favorece a dispersão em água (Flaherty et al., 2013; Márton et al., 2025; Xiao et al., 2025).

As CDs podem ser alteradas/modificadas para melhorar suas propriedades e atender a diferentes requisitos, aumentando assim sua aplicação em complexos de inclusão (Fouda-Mbanga et al., 2025). Além disso, são inertes e não interfere nas propriedades biológicas das substâncias hóspedes. A 2-hidroxipropil- β -ciclodextrina (HP- β -CD, Figura 2) é particularmente relevante devido à sua maior solubilidade, baixa toxicidade e capacidade elevada de formar complexos de inclusão com compostos hidrofóbicos (Loftsson & Duchêne, 2007; Mura, 2014; Zhao et al., 2025).

Adicionalmente, o uso de ciclodextrinas em formulações agrícolas também se alinha a princípios de sustentabilidade conforme destacado no estudo de Yoshimura et al. (2026), uma vez que são biodegradáveis e apresentam baixa toxicidade/citotoxicidade. A encapsulação pode modular a liberação do ingrediente ativo, reduzir perdas por volatilização e lixiviação, minimizar efeitos em organismos não alvo e potencialmente reduzir doses aplicadas, ampliando a eficiência agrônômica com menor impacto ambiental (Crini, 2014; Niu et al., 2025; Zhang & Ma, 2024).

A complexação do mancozebe com HP- β -CD (Figura 2) apresenta benefícios diretos, como aumento da solubilidade aparente, melhoria da dispersão em meio aquoso e alteração dos perfis térmicos e fotoquímicos, contribuindo para maior estabilidade (Xiang et al., 2024). Evidências experimentais relatadas na literatura mostram alterações em bandas vibracionais no FTIR — incluindo o alargamento da banda O–H da ciclodextrina e a supressão de sinais característicos do mancozebe — confirmando a interação molecular entre hospedeiro e hóspede (Schneider et al., 1998; Monteiro et al., 2017).

Figura 2: Estruturas das ciclodextrinas α , β e γ com 6, 7 e 8 unidades de glicopiranosídeo, respectivamente.



Fonte: Autoria própria.

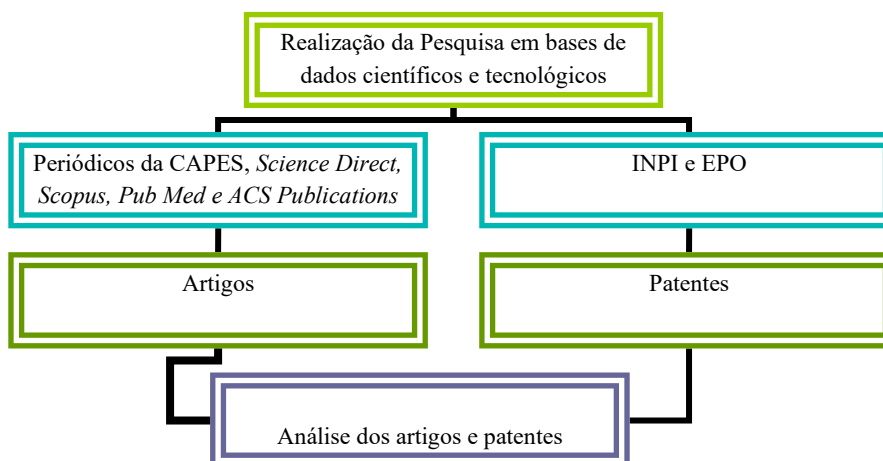
Este artigo objetiva apresentar uma prospecção tecnológica em artigos científicos e patentes, avaliando métodos de complexação, evidências de interação molecular e aplicações potenciais na formulação de defensivos agrícolas.

Diante do exposto, este artigo de revisão propõe sintetizar a prospecção em artigos e patentes sobre o complexo de inclusão entre mancozebe e 2-hidroxipropil- β -ciclodextrina, destacando métodos de preparo, mecanismos de interação, técnicas analíticas de caracterização e implicações agrônômicas e ambientais da aplicação dessa tecnologia.

2. Metodologia

Este trabalho foi realizado como uma pesquisa bibliográfica em artigos e patentes, somente (Oliveira & Freitas, 2015; Oliveira et al., 2014; Oliveira et al., 2021). Os artigos foram pesquisados em bancos de dados dos Periódicos da CAPES (<http://www.periodicos.capes.gov.br>), Science Direct (<http://www.sciencedirect.com>), Pub Med (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) e ACS Publications (<http://pubs.acs.org>). Em seguida a busca de patentes foi realizada na base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI) e European Patent Office (EPO). Um fluxograma mostrando as etapas da realização desta pesquisa está demonstrado na Figura 3.

Figura 3: Fluxograma das etapas da realização dessa pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

O foco da presente pesquisa é a utilização do mancozebe complexado com 2-hidroxiopropil- β -ciclodextrina para aplicação como fungicida e acaricida em diversas culturas e por isso, as palavras-chaves utilizadas foram os termos “mancozebe ou mancozeb”, “2-hidroxiopropil- β -ciclodextrina ou 2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin”. As combinações de termos, “mancozebe e complexo de inclusão ou mancozeb and inclusion complex”, “mancozebe e ciclodextrina ou mancozeb and cyclodextrin”, “mancozebe” e 2-hidroxiopropil- β -ciclodextrina ou mancozeb and 2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin”, também foram utilizadas para o desenvolvimento desse trabalho. As palavras-chaves em inglês foram destinadas para as bases internacionais e as palavras-chaves em português foram utilizados para a busca de artigos em base nacional, sendo considerados válidos os artigos/patentes que apresentassem esses termos no título e/ou resumo. A periodicidade da presente pesquisa foi realizada no mês de novembro de 2025.

3. Resultados e Discussão

3.1 Resultados da prospecção de documentos encontrados no portal dos periódicos da CAPES, Science Direct, Pub Med e ACS Publications

Utilizando a palavra-chave mancozebe no campo “buscar” no Portal de periódicos de Capes, foi encontrado 9 artigos, somente. Para o mesmo termo, mancozebe, foram encontrados 439, 7 e 9 artigos nas bases *Science Direct*, *Pub Med* e *ACS Publications*, respectivamente. Após análise dos artigos encontrados para o termo mancozebe ou mancozeb, foi observado que nenhum deles tem relação com a obtenção de uma formulação por complexo de inclusão, uma vez que o mancozebe necessário considerar que esta substância é praticamente insolúvel em água. Nenhum artigo referente a combinação de termos foi encontrado nas bases usadas, o que indica que o presente tema é pouco pesquisado, ainda. Os resultados da busca de artigos estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da prospecção realizada em artigos.

Palavras chaves	CAPES	Science Direct	Pub Med	ACS Publications
Mancozebe ou mancozeb	9	439	7	99
Mancozebe e ciclodextrina ou Mancozeb and cyclodextrin	0	0	0	0
Mancozebe e complexo de inclusão ou mancozeb and inclusion complex	0	0	0	0
Mancozebe e 2-hidroxiopropil- β -ciclodextrina ou mancozeb and 2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin	0	0	0	0

Fonte: Autoria Própria (2025).

Entre o total de artigos encontrado para o termo mancozeb, é possível destacar o trabalho do Gündel et al. (2019). Neste trabalho, foi demonstrado que uma formulação de nanoemulsão que contém mancozebe e eugenol (óleo essencial com propriedades fungicidas) reduziu significativamente a citotoxicidade do Mancozeb e aumentou a sua solubilidade. Considerando a baixa solubilidade que limita sua aplicação e eficácia, o desenvolvimento de pesquisas que visam a preparação de formulações na forma de nanoemulsão ou complexo de inclusão pode potencializar a aplicação do mancozebe como defensivo agrícola conforme evidenciando no trabalho de Daqa et al. (2022).

3.2 Resultados da prospecção de patentes encontrados no INPI e EPO

As informações de abordagem tecnológicas podem ser encontradas em patentes, que são consideradas como uma fonte essencial de conhecimento científico tecnológico e que possui informações sobre o número da publicação, número de

registro, título da invenção, nome do inventor, classificação internacional de patentes (CIP), resumo e uma descrição detalhada da invenção e reivindicações (Montecchi; Russo & Liu, 2013).

Durante a realização desta pesquisa, foi encontrado 20 pedidos de depósito de patente na base do INPI e 878 depósitos de patentes na base do EPO, totalizando 898 depósitos de patentes para a palavra-chave mancozeb (Tabela 2). Com relação ao termo mancozeb and cyclodextrin e mancozeb and inclusion complex, foi encontrado somente 1 pedido de patente na base do EPO, sendo que é a mesma patente (CN1443449A). Os dados estabelecidos na Tabela 2 demonstram que existe uma quantidade de documentos maior para a palavra-chave mancozeb em relação a combinação de termos.

Tabela 2: Total de depósitos de patentes nas bases da INPI e EPO.

Palavras chaves	INPI	EPO
Mancozebe ou mancozeb	20	878
Mancozebe e ciclodextrina ou Mancozeb and cyclodextrin	0	1
Mancozebe e complexo de inclusão ou mancozeb and inclusion complex	0	1
Mancozebe e 2-hidroxipropil- β -ciclodextrina ou mancozeb and 2-hydroxypropyl- β -cyclodextrin	0	0

Fonte: Autoria Própria (2025).

Uma análise mais específica das patentes encontrados na base do INPI e EPO está descrita na Tabela 3 com o número (pedido), título e classificação internacional de patentes (CIP). É importante ressaltar que a patente CN1443449A descreve uma inovação química para desenvolver formulações de pesticidas utilizando a técnica de complexação com ciclodextrina para superar as principais desvantagens do mancozebe como insolubilidade em água que dificulta significativamente sua aplicação como fungicida e acaricida, uma vez que as partículas insolúveis podem obstruir filtros e bicos de pulverização.

Tabela 3: Descrição das patentes encontrados na base do INPI e EPO.

Número/Pedido	Título (resumo)	CIP
INPI		
BR 11 2023 001141 8	Composição fungicida sinérgica	A01N 43/40
BR 11 2021 025246 0	Formulações estabilizadas de ditiocarbamatos	A01N 47/14
BR 11 2021 026425 6	Composição sinérgica fungicida	A01N 47/14
BR 10 2019 025543 9	Fungicida agrícola granulado solúvel micronizado a base de mancozebe e processo de fabricação	A01N 47/14
BR 12 2024 026297 5	Misturas fungicidas, composição pesticida, uso da mistura e método para controlar pragas fitopatogênicas	A01N 43/56
BR 12 2024 026255 0	Misturas fungicidas, composição pesticida, uso da mistura e método para controlar pragas fitopatogênicas	A01N 43/56
BR 11 2021 006019 7	Misturas fungicidas, composição pesticida, uso não terapêutico da mistura e método não terapêutico para controlar pragas fitopatogênicas	A01N 43/56
BR 11 2021 006045 6	Misturas fungicidas, composição pesticida, uso da mistura e método para o combate de parasitas fitopatogênicos	A01N 37/44
BR 12 2024 026240 1	Misturas fungicidas, composição pesticida, uso da mistura e método para controlar pragas fitopatogênicas	A01N 43/56
BR 12 2024 026247 9	Misturas fungicidas, composição pesticida, uso da mistura e método para o combate de parasitas fitopatogênicos	A01N 37/44
BR 12 2024 026287 8	Misturas fungicidas, composição pesticida, uso da mistura e método para o combate de parasitas fitopatogênicos	A01N 37/44
BR 11 2021 005684 0	Composições fungicidas	A01N 43/42
BR 11 2020 004750 3	Composição fungicida e método de controle ou prevenção de doenças fitopatogênicas	A01N 43/42

BR 12 2023 027013 4	Compostos fungicidas	A01N 43/42
BR 11 2019 023010 6	Misturas e composições fungicidas sinérgicas, seus usos, método para controle ou prevenção de ataque fúngico, e plantas, partes de plantas e/ou sementes resistentes a fungos	A01N 43/54
BR 11 2019 023021 1	Misturas e composições fungicidas sinérgicas, seus usos, e método para tratamento de plantas para controle e prevenção de patógeno fúngico	A01N 43/54
BR 11 2018 071895 5	Composição fungicida	A01N 47/14
BR 11 2013 015503 5	Formulação localizada tópica, uso de uma formulação, e, método para tratamento ou profilaxia de infestação de parasita de um animal	A61K 31/42
BR 11 2013 015498 5	Formulação localizada tópica, uso da formulação, e, método para tratamento ou profilaxia de infestação de parasita de um animal	A61K 31/42
EPO		
CN1443449A	Mancozeb enveloping compound pesticide preparation	A01N47/24

Fonte: Autoria Própria (2025).

4. Conclusão

O estudo de prospecção que foi desenvolvido em artigos e patentes destaca que, apesar do mancozebe ser um ditiocarbamato fungicida amplamente utilizado e objeto de numerosos estudos e depósitos de patentes conforme evidenciado na Tabela 2, a pesquisa sobre a sua complexação com a 2-hidroxipropil- β -ciclodextrina (HP- β -CD) constitui uma área pouco explorada, ainda. Ficou evidenciado na Tabela 1 uma ausência de artigos científicos que abordem diretamente essa estratégia e a localização de apenas uma patente específica (CN1443449A) reforçam a oportunidade para inovação tecnológica neste segmento. Os resultados demonstram que a complexação com HP- β -CD surge como uma alternativa promissora para superar as principais limitações do mancozebe que inclui a sua baixa solubilidade em água, que impacta negativamente a sua eficiência operacional e o seu perfil ambiental

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) e ao Programa de Pós-Graduação em Química Tecnológica e Ambiental e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso.

Referências

- Crini, G. (2014). Review: Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. *Progress in Polymer Science*, 39, 442-484.
- Daqa, W. M., Alshoaibi, A., Ahmed, F., & Rao, T. N. (2022). Synthesis and Characterization of Nanoformulation of the Broad-Spectrum Enzyme Inhibitor Mancozeb by Polyethylene Glycol Capping and Its Dissipation Kinetics in Water Using TiO₂ Nanoparticles. *Processes*, 10(12), 2733.
- Fouda-Mbanga, B. G., Tywabi-Ngeva, Z., Badawy, W. M., Ebite, C., Onotu, O. P., Abogidi, C., Uzordinma, A. P., & Kaba, S. (2025). Green cyclodextrins-derivatives for sustainable remediation of pesticides and heavy metals: A review. *Journal of Molecular Structure*, 1328, 141326.
- Flaherty, R. J., Nshime, B., DeLaMarre, M., DeJong, S., Scott, P., & Lantz, A. W. (2013). Cyclodextrins as complexation and extraction agents for pesticides from contaminated soil. *Chemosphere*, 91(7), 912-920.
- Gündel, S., dos Reis, T. R., Copetti, P. M., Favarin, F. R., Sagrillo, M. R., da Silva, A. S., Segat, J. C., Baretta, D., & Ourique, A. F. (2019). Evaluation of cytotoxicity, genotoxicity and ecotoxicity of nanoemulsions containing Mancozeb and Eugenol. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169, 207-215.
- Loftsson, T., & Duchêne, D. (2007). Cyclodextrins and their pharmaceutical applications. *International Journal of Pharmaceutics*, 329, 1-11.
- Márton, R., Hermann, H., Kiss, V. T., Fenyvesi, É., Szente, L., & Molnár, M. (2025). Cyclodextrins in action: Modulating candida albicans biofilm formation and morphology. *Biotechnology Reports*, 47, e00912.
- Montecchi, F., Russo, A., & Liu, J. (2013). Technology intelligence for innovation in the early phases of the innovation process: A collaborative approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 399-412.
- Mura, P. (2014). Analytical techniques for characterization of cyclodextrin complexes in the solid state: a review. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 101, 238-250.

- Niu, J., Wang, C., Liao, M., Liu, Y., Ding, Y., Yao, H., Zhang, H., & Cao, H. (2025). Supramolecular self-assembly of emamectin benzoate with β -cyclodextrin and polylactic acid: Enhancing pesticide efficacy and environmental safety. *Chemical Engineering Journal*, 509, 160834.
- Oliveira, G., Moraes, J., Saudanha, G., Freitas, R., David, J., & Freitas, R. (2014). Neoflavonoids and its implications with relation to treatment of neglected diseases: a technological forecasting. *Revista Gestão, Inovação e Tecnologias*, 4, 1169-1179.
- Oliveira, G. L., & Freitas, R. M. (2015). Diminazene aceturate—An antiparasitic drug of antiquity: Advances in pharmacology & therapeutics. *Pharmacological Research*, 102, 138-157.
- Oliveira, G. L., Martines, N. A., & da Costa Barbosa Oliveira, J. (2021). Pathogenesis and Immune Status in COVID-19 Pneumonia - A Minireview. *Coronaviruses*, 2(9), 11-21.
- Tripathi, K., Harshangkumar, T., Narayanan, N., Gupta, S., Singh, S. B., & Banerjee, T. (2025). Development and validation of a sensitive liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for the analysis of Mancozeb residues in cauliflower: Risk assessment of real samples. *Journal of Chromatography Open*, 7, 100226.
- Xiao, Z., Xu, Z., Zhou, L., Kang, Y., Niu, Y., & Zhao, D. (2025). Application of cyclodextrin-based microcapsules in food flavors and fragrances. *Carbohydrate Polymers*, 367, 123963.
- Xiang Chuin, L., Kamaruzaman, S., Mangala Praveena, S., & Yahaya, N. (2024). Recent applications of β -cyclodextrin in selective adsorption of pesticides, heavy metals, and organic pollutants from water samples: Mini review. *Microchemical Journal*, 206, 111583.
- Wan, M., Lv, S., Hong, T., Zhao, Y., Peng, L., & Sun, L. (2023). Carboxymethyl β -cyclodextrin grafted hollow copper sulfide@mesoporous silica carriers for stimuli-responsive pesticide delivery. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 228, 113425.
- Yoshimura, I., Piazza, R. D., da Silva Vale, R., Sass, D. C., de Carvalho, L. B., & Contiero, J. (2026). Formation and Characterization of Rhamnolipid–Cyclodextrin Complexes. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 731, 139049.
- Zhao, R., Tang, B., Xu, Z., & Fang, G. (2025). β -Cyclodextrin-based polyelectrolyte complexes for drug delivery. *Coordination Chemistry Reviews*, 534, 216581.
- Zhang, H., & Ma, Z. (2024). Sustainable applications of cyclodextrins in agriculture. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12, 110321.