

Fitormônios encapsulados em hidróxidos lamelares

Gabrielle Diniz F. S. de Souza

Vera R. Leopoldo Constantino

Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química da Universidade de

São Paulo (IQ-USP), São Paulo, SP

gabrielledinizsouza@usp.br

Objetivo

O estudo desenvolvido objetivou a intercalação dos íons indolacetato, indolbutirato, naftalenoacetato e salicilato (Figura 1) em sal básico lamelar de zinco por método de precipitação em pH constante e a caracterização estrutural, espectroscópica e térmica desses materiais.

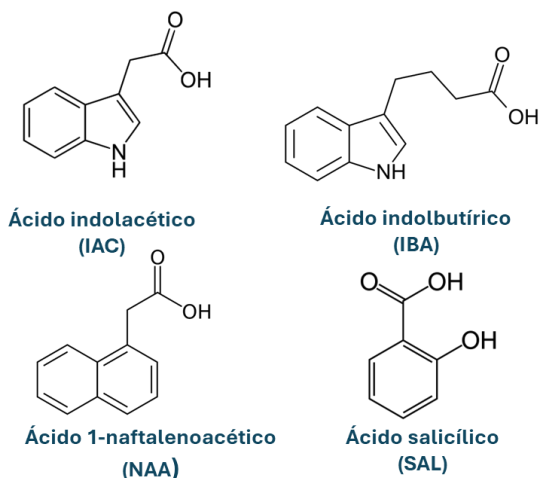


Figura 1. Estrutura dos ácidos cujos ânions foram estudados neste trabalho.

A segurança alimentar requer grande atenção, considerando-se o aumento da população mundial e as limitações dos recursos disponíveis em decorrência das mudanças climáticas. A adaptação das plantas envolve processos complexos como a ativação do sistema enzimático ou a regulação hormonal. Os bioestimulantes e bioprotetores são considerados parte da solução para a agricultura sustentável por serem ambientalmente amigáveis quando se considera o crescimento vegetal. Porém, possuem baixa estabilidade química frente ao calor, à luz e à umidade. Logo, precisam ser

aplicados em altas quantidades, causando desperdícios. Os fitormônios da classe das auxinas (estruturas mostradas na Figura 2 com exceção do ácido salicílico) são importantes no desenvolvimento das raízes, o que permite que as plantas absorvam mais água e nutrientes minerais^[1]. A aplicação exógena desses metabólitos secundários auxilia as plantas em condições de estresse como secas, salinidade do solo e água e ataque de insetos.

Materiais como hidróxidos lamelares são explorados como carregadores de espécies bioativas para aumento do tempo de prateleira e liberação modificada.

Os sais básicos lamelares (SBLs), descritos pela fórmula $M^{2+}(OH)_{2-x}(A^{m-})_{x/m} \cdot nH_2O$, na qual M^{2+} representa um cátion bivalente e A^{m-} representa um ânion de carga m , responsável por compensar a carga positiva das lamelas^[2-3], como mostra a Figura 2. As lamelas possuem íons metálicos em sítios octaédricos (azul escuro) e tetraédricos (azul claro).

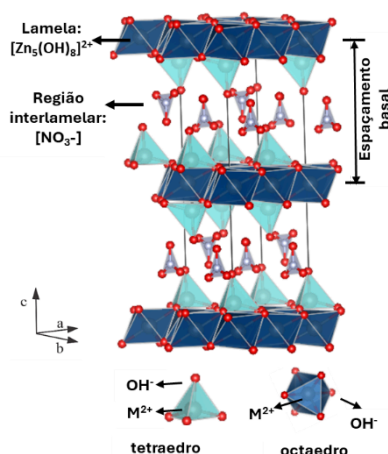


Figura 2: Estrutura de um SBL de zinco intercalado com íons nitrato.

Métodos e Procedimentos

Foram preparados sais de sódio derivados dos ácidos indolacético, indolbutírico, naftalenoacético e salicílico por reação com solução de NaOH (proporção estequiométrica). Para a obtenção dos sais sódicos de indolbutirato e naftalenoacetato, foi necessária a adição de álcool etílico para auxiliar a solubilização. As soluções obtidas com indolacetato e salicilato foram congeladas e secadas por liofilização, enquanto as soluções alcoólicas foram secas por remoção do solvente em um rotavapor.

Os materiais SBL intercalados foram preparados pela adição gota a gota de solução de $Zn(NO_3)_2$ em solução de ácido orgânico em pH 7,5 e proporção molar Zn:ânion igual a 1:0,5. Os sólidos obtidos foram lavados em centrífuga e secados sob pressão reduzida em dessecador com sílica gel.

Os materiais foram caracterizados por difratometria de raios X (DRX), espectroscopia vibracional no infravermelho e Raman por Transformada de Fourier (FTIR e FT-Raman), análise termogravimétrica (TGA) e análises elementares CHN.

Resultados

Os padrões de DRX mostraram que o valor do espaçamento basal de todos os materiais aumentou em relação ao do SBL-nitrato (0,78 nm), indicando o êxito na intercalação. Os padrões de DRX observados são os esperados para um material de hidróxido de zinco lamelar. A Tabela 1 mostra os valores obtidos para os planos 00l. Considerando as dimensões dos ânions, em algumas estruturas pode ter ocorrido a formação de uma bicamada de espécies (SBL-IBA, por exemplo).

Os espectros vibracionais mostraram que as espécies foram intercaladas como ânions e que a estrutura química foi preservada. Os valores das bandas de estiramento antissimétrico e simétrico do grupo carboxilato estão mencionados na Tabela 1.

Os dados de CHN e de zinco obtidos por TGA permitiram propor as fórmulas gerais $[Zn_5(OH)_8]A_2 \cdot nH_2O$ e $[Zn_4(OH)_6]A_2 \cdot nH_2O$ para os quatro materiais sintetizados.

A capacidade de carregamento dos materiais foi satisfatória e acima de 25% (massa/massa), conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Valores de espaçamento basal, estiramentos do grupo carboxílico e capacidade de carregamento da espécie bioativa.

SBL-ânion (A)	d_{hkl} (nm)	-COO ⁻ (cm ⁻¹)	A /SBL-A m/m (%)
A: IAC	1,61	1549 1377	37,2
A: IBA	2,02	1547 1396	49,6
A: NAA	1,33	1549 1373	38,40
A: SAL	0,85	1558 1248	26,50

Conclusões

Os parâmetros sintéticos usados permitiram a obtenção de espécies bioativas intercaladas em SBL com cristalinidade, com preservação da estrutura química e com capacidade de carregamento entre 26-49 m/m%.

As autoras declaram não haver conflito de interesses. G.D.F.S.S. realizou a coleta e análise dos dados, e redigiu o resumo. V.R.L.C. é responsável pela conceitualização, supervisão, análise de dados, redação e revisão final do resumo. Todas as autoras aprovaram a versão final do resumo.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pela bolsa de IC.

Referências

- [1] RODRÍGUEZ, A.; TRUJILLO, M. Las Auxinas: síntesis, transporte y señalización. *Biológicas*, 20,1-7, 2018.
- [2] NABIPOUR, H.; HU, Y. Layered zinc hydroxide as vehicle for drug delivery systems: a critical review. *Journal of Porous Materials*, 29, 341–356, 2021.
- [3] CUNHA, V. R. R. et al. Hidróxidos duplos lamelares: nanopartículas inorgânicas para armazenamento e liberação de espécies de



interesse biológico e terapêutico. Química
Nova, 33, 159–171, 2010.