

Potential use of lignin in antifouling paints, a new study about its properties in coatings

CoaST

■ With the escalating concern for environmental sustainability, the coatings industry has increasingly been seeking solutions that are not only high performance but also environmentally friendly. This demand necessitates a shift from traditionally used petrochemical-based raw materials to more sustainable, bio-based alternatives. In the quest for such materials, lignin has emerged as a promising candidate. Lignin is among the primary components of vascular plants and ranks second after polysaccharides in natural abundance. An amount of 98 wt.% of the worldwide extracted lignin is utilized as a renewable combustible. The remaining 2 wt.% are used in various applications, also in coatings. Lignin possesses numerous appealing industrial properties, including abundant natural availability, low-cost supply, and biodegradability. Its antiradical, UV absorption and antimicrobial characteristics, which primarily stem from the phenolic groups present in lignin, are particularly attractive for specialized applications.

Compounds containing phenol groups have the ability to act as micro biocides that target cell membranes.

These compounds can penetrate the cell wall and react with cellular proteins and protoplasm, leading to the inhibition of enzymes such as oxidoreductase and the general protein metabolism of the cells. Depending on the concentration of phenol, these compounds can

either restrict the growth and multiplication of microbiota or destroy the cells. Increasing the hydrophilicity of phenol-based materials enhances their biocidal effect.

Antifouling properties of unmodified kraft lignin for potential use in marine coatings were investigated by a group of researchers at CoaST at the Department of Chemical and Biochemical Engineering. The study was based on preliminary findings that pointed toward lignin's efficacy against seawater organisms during laboratory tests. Coatings were formulated that contained lignin as a filler and had a pigment volume concentration above the critical pigment volume concentration. This ensured direct interaction between lignin and seawater organisms, as the lignin particles remained incompletely wetted by the binder. Moreover, all formulations were waterborne to mitigate the release of volatile organic compounds. Despite the initial promise, the antifouling performance of the formulated lignin coatings during field experiments at the CoaST Maritime Test Center was limited, and the anticipated mechanism must be reconsidered. Additionally, it was found that high lignin concentrations, while facilitating organism interaction, compromised the coating's mechanical properties. Nevertheless, the waterborne coating formulation introduced here might provide a foundation for other researchers to further investigate lignin's potential as a bio-based pigment or a filler in coatings.



Uso potenziale della lignina nelle pitture antivegetative, nuovo studio sulle proprietà nei rivestimenti

CoaST

■ Con la crescente sensibilità alla sostenibilità ambientale, l'industria produttrice di rivestimenti è sempre di più alla ricerca di soluzioni che non offrano soltanto alta prestazione, ma anche rispetto per l'ambiente. Questa domanda richiede un cambiamento dall'uso tradizionale di materie prime di origine petrolchimica ad alternative bio, più sostenibili. Alla ricerca di materiali di questo tipo, la lignina si è fatta strada come candidato promettente. Essa si colloca tra i componenti primari delle piante

vascolari e al secondo posto dopo i polisaccaridi, molto abbondanti in natura. Una quantità pari al 98% in peso della lignina estratta in tutto il mondo viene utilizzata come combustibile rinnovabile. Il rimanente 2% in peso è utilizzato per varie applicazioni, fra cui i rivestimenti.

La lignina possiede diverse proprietà interessanti per l'industria, fra cui l'abbondante disponibilità in natura, le forniture a basso costo, e la biodegradabilità. Le sue caratteristiche antiradicali, di adsorbimento degli UV e antimicrobiche, che derivano principalmente dai gruppi fenolici presenti nella lignina, sono particolarmente interessanti per applicazioni specialistiche. I composti contenenti gruppi fenolici possono agire da microbiocidi contro le membrane cellulari. Essi possono penetrare nella parete cellulare e reagire con le proteine e il protoplasma cellulare, causando l'inibizione degli enzimi quale l'ossidoreduttasi e il metabolismo generale della proteina delle cellule. In base alla concentrazione di fenolo, questi composti possono o

limitare la crescita e la riproduzione dei microbioti oppure distruggere le cellule. L'incremento della natura idrofila dei materiali a base di fenoli ne incrementa l'effetto biocida.

Le proprietà antivegetative della lignina kraft non modificata per un uso potenziale nei rivestimenti per uso nautico sono state studiate da un gruppo di ricercatori di CoaST del Dipartimento di Ingegneria Biochimica e Chimica. Lo studio si è basato su dati preliminari che hanno indicato nei test di laboratorio l'efficacia della lignina contro gli organismi marini. I rivestimenti formulati contenevano lignina come riempitivo e presentavano una concentrazione in volume di pigmento superiore alla concentrazione in volume di pigmento critica. Ciò garantisce l'interazione diretta fra la lignina e gli organismi marini, con l'incompleta bagnatura delle particelle di lignina ad opera del legante. Inoltre, tutte le formulazioni erano a base acquosa mitigando così il rilascio dei composti organici volatili. Nonostante la promessa iniziale, la prestazione antivegetativa dei rivestimenti formulati con la lignina durante gli esperimenti sul campo presso il Centro Maritime Test CoaST si è rivelata limitata e il meccanismo anticipato ha richiesto ulteriori considerazioni.

Oltre a tutto questo, è stato riscontrato che le alte concentrazioni di lignina, pur facilitando l'interazione degli organismi, compromettevano le proprietà meccaniche del rivestimento. Nonostante tutto, la formulazione del rivestimento a base acquosa presentato potrebbe creare le basi di altri studi di ricercatori per conoscere il potenziale della lignina come pigmento bio o come riempitivo per rivestimenti.