

1. Microbial Enzymes for Biofilm Removal

Biofilms are robust structures composed of microorganisms and extracellular polymeric substances (EPS) and are difficult to remove by conventional cleaning. We are developing microbial enzyme-based technologies that degrade EPS and remove biofilms while minimizing damage to equipment and materials.

Application	Biofilm-related problems	Aim of microbial enzyme use
RO & water-treatment membranes	Biofouling, reduced permeability, pressure loss	Restore membrane permeability; reduce chemical-induced membrane degradation
Heat exchangers	Flow restriction; reduced heat-transfer efficiency	Cleaning with reduced equipment damage
Piping, cooling & circulating water systems	Biofouling and slime formation	A complementary approach to chemical treatment
Scrubbers & exhaust-gas treatment systems	Biofilm formation on packing materials and piping	Enzymatic removal of deposits; reduced cleaning labor and costs
Fermentation & food-processing equipment	Residual biofilms in tanks and piping	Enzymatic cleaning to complement chemical cleaning

2. Black Yeast Melanin as a Functional Biomaterial

Microbially produced DHN melanin and allomelanin-like materials synthesized from 1,8-DHN have been reported to exhibit diverse functions and applications, including adsorption, antioxidant activity, photoprotection, and functional coatings.

© Demonstrated in an application-oriented material/device ○ Function experimentally demonstrated △ Potential application proposed

Function / application	Material	Demonstrated in original studies	Stage	Representative reference
Metal-ion adsorption	Natural fungal DHN-type / natural allomelanin / synthetic 1,8-DHN	Cr(VI) adsorption by fungal DHN-type melanin; Cu ²⁺ , Zn ²⁺ , and Fe ³⁺ adsorption by natural and synthetic allomelanins	○	Medina-Armijo et al., 2024; Aman et al., 2026
Dye adsorption	Natural allomelanin / synthetic 1,8-DHN	Adsorption of methylene blue and rhodamine B	○	Aman et al., 2026
Water-treatment filter	Synthetic 1,8-DHN	pDHN-coated nylon membranes removed methylene blue while maintaining membrane flow	◎	Lino et al., 2023
Ammonia capture	Synthetic 1,8-DHN	Porous particles captured up to 17.0 mmol/g ammonia	○	McCallum et al., 2021

2. Black Yeast Melanin | Functions & Applications (continued)

© Demonstrated in an application-oriented material/device ○ Function experimentally demonstrated △ Potential application proposed

Function / application	Material	Demonstrated in original studies	Stage	Representative reference
Hazardous-chemical adsorption	Synthetic 1,8-DHN	Adsorption of an organophosphorus nerve-agent simulant	○	McCallum et al., 2021
Protective fabric	Synthetic 1,8-DHN	Coating on breathable fabric suppressed breakthrough of an organophosphorus simulant	◎	McCallum et al., 2021
Radical scavenging / antioxidant activity	Natural allomelanin / synthetic 1,8-DHN	Radical-scavenging activity demonstrated for natural allomelanin extracts and synthetic allomelanin-like materials	○	Zhou et al., 2019; Aman et al., 2026
UV / photoprotection	Synthetic 1,8-DHN	Broadband light absorption, light-enhanced radical scavenging, and suppression of UV-induced ROS	○	Zhou et al., 2019; Petropoulos et al., 2025
Functional coatings	Synthetic 1,8-DHN	Thick films formed on conductive substrates such as Au and Co-Cr; film thickness and swelling controlled	◎	Ziegler et al., 2025
Antimicrobial surfaces	Synthetic 1,8-DHN	Electrodeposited 1,8-DHN films showed strong antimicrobial activity against two <i>P. aeruginosa</i> strains	◎	Ziegler et al., 2025
Free-standing functional films	Synthetic 1,8-DHN	Detachable free-standing films were fabricated	◎	Ziegler et al., 2025
Sensors, energy, catalysis & optoelectronics	Synthetic 1,8-DHN	Applications proposed based on film-forming, redox, and optical properties	△	Ziegler et al., 2025

Key Point

* Synthetic 1,8-DHN refers to allomelanin-like materials obtained by chemical polymerization of 1,8-dihydroxynaphthalene (1,8-DHN). Their structure and composition are not necessarily identical to those of natural fungal DHN melanin.

Most application-oriented studies to date have used materials chemically synthesized from 1,8-DHN.

Studies using natural fungal DHN melanin as a functional material remain limited.

We are investigating the production of natural DHN melanin by black yeast cultivation and its use as a functional material.

Contact

Institute of Microbial Chemistry, Numazu Branch
18-24 Miyamoto, Numazu, Shizuoka 410-0301, Japan
+81-55-924-0601
Hiroyasu Doi
doi.h@bikaken.or.jp

1. 微生物酵素によるバイオフィルム除去

バイオフィルムは微生物と細胞外高分子物質（EPS）からなる強固な構造体で、通常の洗浄では除去が困難です。私たちは、微生物が生産する酵素によってEPSを分解し、設備や材料への負荷を抑えながらバイオフィルムを除去する技術の開発を進めています。

主な応用分野	バイオフィルムによる問題	微生物酵素利用のねらい
RO膜・水処理膜	生物汚損、透水性低下、圧力損失	膜の目詰まり回復、薬剤による膜劣化の低減
熱交換器	流路狭窄、熱交換効率低下	設備への負荷を抑えた洗浄
配管・冷却水・循環水系	生物汚損、スライム形成	薬剤処理を補完する除去技術
スクラパー・排ガス処理設備	充填材・配管等へのバイオフィルム形成	付着物の酵素的除去、洗浄作業の省力化・人件費抑制
発酵・食品製造設備	タンク・配管への残存バイオフィルム	薬剤洗浄を補完する酵素洗浄

2. 機能性バイオマテリアルとしての黒酵母メラニン

微生物が生産したDHNメラニンおよび1,8-DHNから合成されたアロメラニン様材料については、吸着、抗酸化、光防護、機能性コーティングなど、多様な機能・応用が報告されています。

◎ 用途を想定した材料・デバイス形態で実証 ○ 機能を実験的に実証 △ 応用可能性の提案段階

機能・応用	材料	原著で実証された内容	段階	代表文献
金属イオン吸着	天然・菌由来DHN型／天然アロメラニン／合成1,8-DHN系	菌由来DHN型メラニンによるCr(VI)吸着、および天然・合成アロメラニンによるCu ²⁺ 、Zn ²⁺ 、Fe ³⁺ 吸着を実証	○	Medina-Armijo et al., 2024; Aman et al., 2026
色素吸着	天然アロメラニン／合成1,8-DHN系	メチレンブルー、ローダミンBの吸着を実証	○	Aman et al., 2026
水処理フィルター	合成1,8-DHN	pDHN被覆ナイロン膜を作製し、メチレンブルーを除去。膜の流量も維持	◎	Lino et al., 2023
アンモニア捕捉	合成1,8-DHN	多孔質粒子で最大17.0 mmol/gのアンモニア捕捉	○	McCallum et al., 2021

2. 黒酵母メラニン | 機能・応用例（続き）

◎ 用途を想定した材料・デバイス形態で実証 ○ 機能を実験的に実証 △ 応用可能性の提案段階

機能・応用	材料	原著で実証された内容	段階	代表文献
有害化学物質の吸着	合成1,8-DHN	有機リン系神経作用物質類似物を吸着	○	McCallum et al., 2021
有害物質防護布	合成1,8-DHN	通気性布へ被覆し、有機リン系類似物の破過を抑制	◎	McCallum et al., 2021
ラジカル捕捉・抗酸化	天然アロメラニン / 合成1,8-DHN系	天然抽出アロメラニンおよび合成アロメラニン様材料でラジカル捕捉能を実証	○	Zhou et al., 2019; Aman et al., 2026
UV・光防護	合成1,8-DHN	広帯域光吸収、照射下でのラジカル捕捉、およびUV曝露に伴うROS抑制を実証	○	Zhou et al., 2019; Petropoulos et al., 2025
機能性コーティング	合成1,8-DHN	Au、Co-Cr等の導電性基板上へ厚膜形成。膜厚・膨潤等を制御	◎	Ziegler et al., 2025
抗菌性表面	合成1,8-DHN	1,8-DHN電着膜が2株の緑膿菌に強い抗菌性	◎	Ziegler et al., 2025
自立型機能性フィルム	合成1,8-DHN	基板から剥離可能な自立膜を作製	◎	Ziegler et al., 2025
センサー・エネルギー・触媒・光電子材料	合成1,8-DHN	膜形成性、酸化還元性・光学特性などを基に用途展開を提案	△	Ziegler et al., 2025

注目点 ※合成1,8-DHNは、1,8-dihydroxynaphthalene（1,8-DHN）を化学的に重合して得られたアロメラニン様材料を示します。天然の菌類由来DHNメラニンとは構造・組成が必ずしも同一ではありません。

これまでの応用研究の多くでは、1,8-DHNから化学的に合成された材料が使用されています。

天然の菌類由来DHNメラニンを機能性材料として利用した研究例は、まだ限られています。

私たちは黒酵母の培養による天然DHNメラニンの生産と、その機能性材料としての利用を検討しています。

連絡先

微生物化学研究所沼津支所
410-0301 静岡県沼津市宮本18-24
055-924-0601
土井 宏育（Hiroyasu Doi）
doi@bikaken.or.jp