الأصباغ البكتيرية

أ.د. عبدالرؤوف المناعمة

2025-05-25

تعرف البكتيريا بقدرتها على إنتاج مجموعة متنوعة من الأصباغ ذات الألوان الزاهية، والتي لا تُذهل العين فحسب، بل تلعب أدواراً حيوية في بقاء الكائنات الدقيقة وفي تطبيقات صناعية وطبية ثورية.

تُعتبر هذه الأصباغ مركبات كيميائية طبيعية تنتجها سلالات بكتيرية متنوعة كجزء من استراتيجياتها للتكيف مع البيئات القاسية، أو للتفاعل/التنافس مع الكائنات الأخرى. من الأحمر القرمزي إلى الأزرق الفاتن، تفتح الأصباغ البكتيرية آفاقًا جديدة في مجالات مثل الطب الحيوي والزراعة المستدامة والصناعات الغذائية.

الوظائف البيولوجية: أكثر من مجرد ألوان

تلعب الأصباغ البكتيرية أدوارًا متعددة في بيئتها الطبيعية:

- الحماية من الإشعاع: تمتص الكاروتينات والميلانين الأشعة فوق البنفسجية، مما يقلل تلف الحمض النووي. - مكافحة الإجهاد التأكسدي: تحييد الجذور الحرة عبر خصائصها المضادة للأكسدة. - التواصل الخلوي: بعض الأصباغ تُستخدم كإشارات كيميائية بين الخلايا. - المنافسة البيئية: مثل الفيولاسين الذي يقتل الكائنات الدقيقة المنافسة.

جدول: قائمة ببعض أنواع الأصباغ البكتيرية وألوانها المبهرة واستخداماتها الطبية

الفوائد للبشرية: من المختبر إلى الحياة اليومية

1- البدائل الطبيعية في الصناعة

- تُستخدم الكاروتينات كملونات غذائيةمثل (E160a) بدلًا من المواد الكيميائية الاصطناعية. - يُستخرج البروديجيوسين لصبغ المنسوجات والأغذية بشكل آمن.

الصبغة	اللون	الكائنات الدقيقة المنتجة	الاستخدامات الطبية
Carotenoids الكاروتينات			
Canthaxanthin كانثاكسانثين	برتقالي إلى وردي غامق	*Bradyrhizobium* spp., *Lactobacillus plantarum*	مضاد للأكسدة، حماية من الضوء، مضاد للسرطان، مضاد للالتهاب
Astaxanthin أستاكسانثين	أحمر إلى برتقالي	*Agrobacterium aurantiacum*, *Paracoccus carotinifaciens*	مضاد للأكسدة، حماية من الضوء، مضاد للسرطان، مضاد للالتهاب
Zeaxanthin زياكسانثين	أصفر	*Staphylococcus aureus*, *Flavobacterium* spp., *Paracoccus zeaxanthinifaciens*	حماية من الضوء، مضاد للأكسدة
β-Carotene بيتا-كاروتين	أحمر	*Rhodococcus marii*, *Rhodococcus ruber*	مضاد للسرطان، مضاد للأكسدة
Staphyloxanthin ستافيلوكسانثين	أصفر	*Staphylococcus aureus*	مضاد للأكسدة
Deinoxanthin ديانوكسانثين	أحمر	*Deinococcus radiodurans*	مضاد للسرطان
Prodiginines البروديجينيات			
Prodigiosin بروديجيوسين	أحمر	*Serratia marcescens*	مضاد للسرطان، القسام الجهاز الهضمي، منظم للمناعة
Undecylprodigiosin أونديسيلبروديجيوسين	أحمر	*Streptomyces* sp.	نشاط مضاد للملاريا، مضاد للبكتيريا، مضاد للأكسدة، مضاد للسرطان
Heptyl Prodigiosin هيبتيل بروديجيوسين	أحمر	α-Proteobacteria	مضاد للملاريا

2- التطبيقات الطبية

- الفيولاسين: يُدرس لقدرته على قتل الخلايا السرطانية ومقاومة الملاريا. - البروديجيوسين: يُستعمل في علاج الأورام اللمفاوية بسبب آثاره المثبطة للانقسام الخلوي. - البايوسيانين: على الرغم من سميته، يُستفاد من خصائصه المضادة للميكروبات.

الصبغة	اللون	الكائنات الدقيقة المنتجة	الاستخدامات الطبية
Phycobiliproteins الفيكوبيليبروتينات			
Pycocyanin بيكوسيانين	أزرق	*Pseudomonas* spp.	تسمم غذائي، موت الخلايا المعدلة، خلل في حركة الأهداب، محفز للالتهاب
Oxyindoles الأوكسي إندولات			
Violacein فيولاسين	بنفسجي	*Chromobacterium violaceum*, *Collimonas* sp., *Duganella* sp., *Pseudoalteromonas* sp.	مضاد للفطريات، مضاد للبكتيريا، مضاد للملاريا، مضاد للسرطان

3- الاستدامة البيئية

- تُستخدم البكتيريا الصبغية في العلاج الحيوي (Bioremediation) لتحليل الملوثات مثل النفط والمعادن الثقيلة. - إنتاج الأصباغ الحيوية يقلل الاعتماد على البتروكيماويات، مما يخفض الانبعاثات الكربونية.

4- التجميل والمواد الذكية

- تدخل الأصباغ في صناعة مستحضرات التجميل الواقية من الشمس بفضل خصائصها الامتصاصية للأشعة. - تُطور أبحاث حديثة أغشية حيوية صبغية لتغيير لونها عند وجود ملوثات، كأجهزة استشعار حية.

التحديات والآفاق المستقبلية

رغم الإمكانات الهائلة، تواجه استغلال الأصباغ البكتيرية تحديات مثل:

- صعوبة الإنتاج بكميات صناعية بسبب صغر كميات الصبغات المنتجة. - الحاجة إلى تحسين الاستقرار الحراري والكيميائي لبعض الأصباغ. - القيود التنظيمية لاستخدامها في الغذاء والدواء.

لكن مع تطور تقنيات الهندسة الوراثية والتخمير الحيوي، يُتوقع تعزيز إنتاجية الأصباغ وتنويع تطبيقاتها، خاصة في مجالات مثل الطب الشخصي والمواد النانوية الحيوية.

المراجع

Liu, G. Y., & Nizet, V. (2009). Color me bad: microbial pigments as virulence factors. Trends in Microbiology. - Dufossé, L. (2018). Microbial Pigments: From the Lab to the Market. Journal of Food Science and Technology. - Venil, C. K., et al. (2020). Bacterial Pigments: Sustainable Compounds with Market Potential. Pharmaceutics.

تواصل مع الكاتب: elmanama_144@yahoo.com