

虽然合成生物学还是一门发展中的新技术，但它在解决海洋塑料问题上的潜力越来越被重视。据调查研究显示，生物工程和生物降解技术在应对塑料污染方面展现出巨大潜力，这表明合成生物学可能会成为未来应对塑料污染的关键技术之一^[2]。通过设计和优化生物降解酶，科学家们能够开发出针对不同类型塑料（如PBAT、PLA、PET等）同时具有降解能力的酶制剂，这将大大提高塑料污染治理的效率。

合成生物学正在以绿色、可持续的方式，为我们提供应对塑料污染的新选择。为了解决聚酯塑料在海洋环境中的持久性问题，POLYGONE团队正在采用合成生物学方法，开发一种源自海洋的酯水解酶。希望突破现有酶在复杂环境中不稳定、效率低的瓶颈。这种方案不仅成本更低、适用性更广，也有望成为解决海洋塑料难题的重要一步。

[1] Yoshida S et al. Science, 2016, 351: 1196.

[2] Sheth M U et al. Frontiers in Marine Science, 2019, 6: 624.



POLYGONE
BUCT-iGEM



海洋塑料污染如今已成为全球面临的严峻生态问题，严重威胁着可持续发展和人类健康。虽然当前的回收技术和清理手段正在不断进步，但它们依然难以有效应对那些在海洋中难以降解的塑料残留物。传统方法，比如机械回收、填埋和化学处理，通常只能处理表层的塑料，效率也不高，而且在处理过程中还可能带来新的污染问题。而近年来兴起的合成生物学，作为一种绿色科技手段，为解决这一难题提供了新的希望。

科学家们早就发现，海洋中某些天然微生物，比如细菌和真菌，能够部分分解塑料。有研究显示，*Ideonella sakaiensis* 细菌可以产生两种酶，能够分别水解PET及其反应中间产物，这两种酶共同作用，可将PET高效降解为两种对环境无害的单体^[1]。这项发现告诉我们，在自然环境中已经存在着具有塑料降解能力的天然酶，这为我们利用生物手段治理塑料污染提供了重要的启发。

但问题在于，这些天然酶在实际应用中常常效率不高，降解过程慢，效果也难以控制。而且，酶在自然环境下很容易失活，无法继续发挥作用。因此，如何优化这些天然酶，让它们在海洋这种复杂环境中也能持续、高效地工作，成为了当前科学研究的重要方向之一。

目前，科学家通常通过“定向进化”的方法来提升酶的活性。这种方法模拟自然界中的进化过程，对酶的基因进行反复突变和筛选，从中找到更高活性、更高稳定性或具备特定功能的酶。

除了定向进化，还有“理性设计”的方法，它借助计算机对酶的三维结构进行分析，精确改造其活性位点，以提升酶的活性，从而提高其降解塑料的能力。

尽管优化后的酶在实验室中表现出色，能够高效降解塑料，但真正应用到海洋环境中时，还会面临很多挑战，比如酶的稳定性差、难以重复使用等问题。因此，科学家发展出了一种叫“固定化酶”的技术。这种方法是把酶“固定”在某些具有耐高温、耐腐蚀特性的载体材料上，从而提升酶在恶劣环境中的稳定性和使用寿命。



Although synthetic biology is still an emerging technology, its potential in solving the marine plastic problem is increasingly being recognized. Research indicates that bioengineering and biodegradation technologies show enormous potential in addressing plastic pollution, suggesting that synthetic biology could become one of the key technologies for tackling plastic pollution in the future[2]. By designing and optimizing biodegrading enzymes, scientists can develop enzyme formulations that can degrade various types of plastics (such as PBAT, PLA, PET), which will significantly improve the efficiency of plastic pollution management.

Synthetic biology is providing us with a new sustainable and green approach to dealing with plastic pollution. To address the persistence of polyester plastics in the ocean environment, the POLYGONE team is employing synthetic biology methods to develop ester hydrolase enzymes derived from the ocean. They hope to break through the current bottleneck of enzyme instability and low efficiency in complex environments. This solution not only offers a lower cost and broader applicability but also promises to be an important step in solving the marine plastic problem.



POLYGONE

BUCT-iGEM



[1] Yoshida S et al. Science, 2016, 351:

1196.

[2] Sheth M U et al. Frontiers in Marine Science, 2019, 6: 624.



Marine plastic pollution has become a severe global ecological issue that threatens sustainable development and human health. Although current recycling technologies and cleanup methods are continuously improving, they are still ineffective in dealing with plastic residues in the ocean that are difficult to degrade. Traditional methods such as mechanical recycling, landfilling, and chemical treatment usually only address surface-level plastics, and their efficiency is low. Moreover, these methods can cause new pollution issues during the process. However, the recent emergence of synthetic biology, as a green technology, offers new hope for solving this problem.

Scientists have long discovered that certain natural microorganisms in the ocean, such as bacteria and fungi, can partially degrade plastics. Research has shown that the bacterium *Ideonella sakaiensis* produces two enzymes that can hydrolyze PET and its intermediate reaction products[1]. Together, these enzymes can efficiently degrade PET into two environmentally harmless monomers. This discovery tells us that natural enzymes with plastic-degrading abilities already exist in the natural environment, providing important insights for using biological methods to address plastic pollution.

However, the problem is that these natural enzymes often have low efficiency in practical applications, slow degradation processes, and unpredictable results. Moreover, enzymes are prone to deactivation in natural environments, preventing them from continuing to function. Therefore, optimizing these natural enzymes to make them work continuously and efficiently in complex environments like the ocean has become one of the key directions of current scientific research.

Currently, scientists usually improve enzyme activity through a method called "directed evolution." This method simulates the natural evolutionary process, repeatedly mutating and screening the genes of enzymes to find enzymes with higher activity, greater stability, or specific functions. In addition to directed evolution, a "rational design" method is used, which involves analyzing the three-dimensional structure of enzymes with computers and precisely modifying their active sites to enhance enzyme activity and improve their ability to degrade plastics.

Bien que les enzymes optimisées aient d'excellentes performances en laboratoire et dégradent efficacement les plastiques, leur application dans l'environnement marin présente de nombreux défis, tels que la faible stabilité des enzymes et la difficulté de les réutiliser. Par conséquent, les scientifiques ont développé une technologie appelée "enzymes immobilisées". Cette méthode consiste à "immobiliser" les enzymes sur des matériaux porteurs ayant des propriétés de résistance à la chaleur et à la corrosion, ce qui améliore la stabilité des enzymes et prolonge leur durée de vie dans des environnements difficiles.



L'Avenir de la Biologie Synthétique Bien que la biologie synthétique soit encore une technologie émergente, son potentiel pour résoudre le problème des plastiques marins est de plus en plus reconnu. Des recherches indiquent que l'ingénierie biologique et les technologies de biodégradation montrent un potentiel énorme dans la lutte contre la pollution plastique, suggérant que la biologie synthétique pourrait devenir l'une des technologies clés pour lutter contre la pollution plastique à l'avenir[2]. En concevant et en optimisant des enzymes de biodégradation, les scientifiques peuvent développer des formulations enzymatiques capables de dégrader divers types de plastiques (tels que PBAT, PLA, PET), ce qui améliorera considérablement l'efficacité de la gestion de la pollution plastique.

La biologie synthétique nous offre une nouvelle approche verte et durable pour lutter contre la pollution plastique. Afin de résoudre le problème de la persistance des plastiques polyester dans l'environnement marin, l'équipe POLYGONE utilise des méthodes de biologie synthétique pour développer des enzymes d'hydrolyse des esters issues de l'océan. Ils espèrent dépasser le goulot d'étranglement actuel de l'instabilité des enzymes et de leur faible efficacité dans des environnements complexes. Cette solution offre non seulement des coûts plus bas et une applicabilité plus large, mais elle promet également de représenter une étape importante dans la résolution du problème des plastiques marins.

[1] Yoshida S et al. Science, 2016, 351: 1196.

[2] Sheth M U et al. Frontiers in Marine Science, 2019, 6: 624.



POLYGONE

BUCT-iGEM



La pollution plastique marine est devenue un problème écologique mondial majeur qui menace le développement durable et la santé humaine. Bien que les technologies de recyclage actuelles et les méthodes de nettoyage soient en constante amélioration, elles demeurent inefficaces face aux résidus plastiques dans l'océan difficiles à dégrader. Les méthodes traditionnelles telles que le recyclage mécanique, les décharges et les traitements chimiques ne traitent généralement que les plastiques en surface et leur efficacité est faible. De plus, ces méthodes peuvent entraîner de nouveaux problèmes de pollution pendant le processus. Cependant, l'émergence récente de la biologie synthétique, en tant que technologie verte, offre un nouvel espoir pour résoudre ce problème.

Les scientifiques ont longtemps découvert que certains microorganismes naturels dans l'océan, tels que les bactéries et les champignons, peuvent partiellement dégrader les plastiques. Des recherches ont montré que la bactérie *Ideonella sakaiensis* produit deux enzymes capables d'hydrolyser le PET et ses produits intermédiaires. Ensemble, ces enzymes peuvent dégrader efficacement le PET en deux monomères inoffensifs pour l'environnement[1]. Cette découverte nous montre qu'il existe déjà dans la nature des enzymes capables de dégrader les plastiques, ce qui nous offre une perspective importante pour utiliser les méthodes biologiques pour lutter contre la pollution plastique.

Cependant, le problème réside dans le fait que ces enzymes naturelles ont souvent une faible efficacité dans les applications pratiques, des processus de dégradation lents et des résultats difficiles à contrôler. De plus, les enzymes sont sujettes à la désactivation dans les environnements naturels, ce qui les empêche de continuer à fonctionner. Par conséquent, l'optimisation de ces enzymes naturelles pour qu'elles puissent fonctionner de manière continue et efficace dans des environnements complexes comme l'océan est devenue l'un des axes majeurs des recherches scientifiques actuelles.

Actuellement, les scientifiques améliorent généralement l'activité des enzymes par une méthode appelée "évolution dirigée". Cette méthode simule le processus évolutif naturel, en mutagenisant et en sélectionnant de manière répétée les gènes des enzymes pour trouver celles ayant une activité plus élevée, une stabilité accrue ou des fonctions spécifiques. En plus de l'évolution dirigée, une méthode de "conception rationnelle" est utilisée, qui consiste à analyser la structure tridimensionnelle des enzymes à l'aide d'ordinateurs et à modifier précisément leurs sites actifs pour améliorer leur activité et leur capacité à dégrader les plastiques.

Although optimized enzymes perform excellently in laboratory settings and can efficiently degrade plastics, applying them to marine environments presents many challenges, such as poor enzyme stability and difficulty in reuse. As a result, scientists have developed a technology called "immobilized enzymes." This method involves "immobilizing" enzymes on carrier materials that have heat and corrosion resistance properties, thus enhancing enzyme stability and extending their lifespan in harsh environments.



Aunque la biología sintética sigue siendo una tecnología emergente, su potencial para resolver el problema del plástico marino es cada vez más reconocido. Investigaciones muestran que la ingeniería biológica y las tecnologías de biodegradación muestran un enorme potencial para abordar la contaminación plástica, lo que sugiere que la biología sintética podría convertirse en una de las tecnologías clave para enfrentar la contaminación plástica en el futuro[2]. Al diseñar y optimizar enzimas biodegradantes, los científicos pueden desarrollar formulaciones enzimáticas que puedan degradar varios tipos de plásticos (como PBAT, PLA, PET), lo que mejorará significativamente la eficiencia de la gestión de la contaminación plástica.

La biología sintética nos está proporcionando una nueva opción verde y sostenible para abordar la contaminación plástica. Para abordar la persistencia de los plásticos de poliéster en el entorno marino, el equipo POLYGONE está utilizando métodos de biología sintética para desarrollar enzimas de hidrólisis de ésteres derivadas del océano. Esperan superar el cuello de botella actual de la inestabilidad y baja eficiencia de las enzimas en entornos complejos. Esta solución no solo es más económica y tiene una mayor aplicabilidad, sino que también promete ser un paso importante en la solución del problema del plástico marino.

[1] Yoshida S et al. Science, 2016, 351: 1196.

[2] Sheth M U et al. Frontiers in Marine Science, 2019, 6: 624.



POLYGONE

BUCT-iGEM



La contaminación plástica marina se ha convertido en un grave problema ecológico global que amenaza el desarrollo sostenible y la salud humana. Aunque las tecnologías de reciclaje actuales y los métodos de limpieza están mejorando continuamente, aún son ineficaces para enfrentar los residuos plásticos en el océano que son difíciles de degradar. Los métodos tradicionales, como el reciclaje mecánico, el vertido en vertederos y el tratamiento químico, generalmente solo abordan los plásticos en la superficie, y su eficiencia es baja. Además, estos métodos pueden causar nuevos problemas de contaminación durante el proceso. Sin embargo, el surgimiento reciente de la biología sintética, como una tecnología verde, ofrece una nueva esperanza para resolver este problema.

Los científicos descubrieron hace mucho tiempo que ciertos microorganismos naturales en el océano, como las bacterias y los hongos, pueden degradar parcialmente los plásticos. Investigaciones han mostrado que la bacteria *Ideonella sakaiensis* produce dos enzimas que pueden hidrolizar el PET y sus productos intermedios[1]. Juntas, estas enzimas pueden degradar eficientemente el PET en dos monómeros inofensivos para el medio ambiente. Este descubrimiento nos muestra que ya existen enzimas naturales con capacidad para degradar plásticos en el medio ambiente, lo que nos proporciona una perspectiva importante para utilizar métodos biológicos para abordar la contaminación plástica.

Sin embargo, el problema es que estas enzimas naturales suelen tener una baja eficiencia en aplicaciones prácticas, procesos de degradación lentos y resultados difíciles de controlar. Además, las enzimas son propensas a la desactivación en los entornos naturales, lo que les impide seguir funcionando. Por lo tanto, optimizar estas enzimas naturales para que puedan funcionar de manera continua y eficiente en entornos complejos como el océano se ha convertido en una de las direcciones clave de la investigación científica actual.

Actualmente, los científicos suelen mejorar la actividad de las enzimas mediante un método llamado "evolución dirigida". Este método simula el proceso evolutivo natural, mutando y seleccionando repetidamente los genes de las enzimas para encontrar aquellas con mayor actividad, mayor estabilidad o funciones específicas. Además de la evolución dirigida, se utiliza un método de "diseño racional", que implica analizar la estructura tridimensional de las enzimas mediante computadoras y modificar con precisión sus sitios activos para mejorar su actividad y su capacidad para degradar plásticos.

Aunque las enzimas optimizadas funcionan excelentemente en laboratorio y degradan los plásticos de manera eficiente, su aplicación en el entorno marino enfrenta muchos desafíos, como la baja estabilidad de las enzimas y la dificultad de reutilizarlas. Como resultado, los científicos han desarrollado una tecnología llamada "enzimas inmovilizadas". Este método implica "inmovilizar" las enzimas en materiales portadores con propiedades de resistencia al calor y a la corrosión, lo que mejora la estabilidad de las enzimas y prolonga su vida útil en entornos difíciles.

