

Press release

Ruhr-Universität Bochum

Meike Drießen

05/14/2024

<http://idw-online.de/en/news833569>

Research results, Scientific Publications
Biology, Environment / ecology
transregional, national



Allgegenwärtige Kunststoffe biologisch abbaubar machen

Polystyrol wird aus Styrol-Bausteinen hergestellt und ist der mengenmäßig am meisten verwendete Kunststoff, zum Beispiel für Verpackungen. Anders als PET, das inzwischen biotechnologisch hergestellt und auch recycelt werden kann, ist die Herstellung von Polystyrol bislang eine rein chemische Angelegenheit. Auch abgebaut werden kann der Kunststoff nicht biotechnologisch.

Das wollen Forschende ändern: Ein internationales Team unter Leitung von Dr. Xiaodan Li vom Paul Scherrer Institut, Schweiz, unter Beteiligung von Prof. Dr. Dirk Tischler, Leiter der Arbeitsgruppe Mikrobielle Biotechnologie der Ruhr-Universität Bochum, hat ein bakterielles Enzym entschlüsselt, das eine Schlüsselrolle im Styrolabbau einnimmt. Damit ist der Weg zur biotechnologischen Anwendung frei. Die Forschenden berichten in der Zeitschrift Nature Chemistry vom 14. Mai 2024.

Styrol in der Umwelt

„Jedes Jahr werden mehrere Millionen Tonnen Styrol produziert und transportiert“, so Dirk Tischler. „Dabei kommt es auch zur unbeabsichtigten Freisetzung in die Natur.“ Das ist aber nicht die einzige Quelle von Styrol in der Umwelt: Es kommt natürlicherweise in Stein- und Braunkohlenteer vor, kann in Spuren in essenziellen Ölen von einigen Pflanzen auftreten oder entsteht beim Abbau von Pflanzenmaterial. „Daher ist es gar nicht verwunderlich, dass Mikroorganismen gelernt haben, damit umzugehen oder es sogar zu verstoffwechseln“, so der Forscher.

Schnell, aber aufwändig: der mikrobielle Styrolabbau

Bakterien und Pilze sowie auch der menschliche Körper aktivieren Styrol unter Zuhilfenahme von Sauerstoff und bilden Styroloxid. Styrol selbst ist giftig, Styroloxid jedoch noch schädlicher. Daher ist die schnelle Verstoffwechselung entscheidend. „In manchen Mikroorganismen und auch im menschlichen Körper wird das so gebildete Epoxid in der Regel mittels Glutathion konjugiert und damit wasserlöslicher gemacht, wodurch ein Abbau, aber auch die Ausscheidung vereinfacht werden“, erklärt Dirk Tischler. „Dieser Weg ist sehr schnell, aber für die Zellen auch sehr teuer. Es muss quasi für jedes Molekül Styroloxid ein Glutathion-Molekül geopfert werden.“

Die Bildung des Glutathion-Konjugats und ob, beziehungsweise wie Glutathion zurückgewonnen werden kann, ist Teil der aktuellen Forschung in der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Graduiertenschule MiCon an der Ruhr-Universität. Einige Mikroorganismen haben eine günstigere Variante entwickelt. Sie nutzen zum Abbau des Epoxids ein kleines Membranprotein, die Styroloxid-Isomerase.

Styroloxid-Isomerasen sind effizienter

„Schon nach der ersten Anreicherung der Styroloxid-Isomerase aus dem Bodenbakterium Rhodococcus konnten wir dessen rötlich Farbe wahrnehmen und zeigen, dass dieses Enzym in der Membran gebunden ist“, berichtet Dirk Tischler.

Über die Jahre hat er mit seinem Team verschiedenste Enzyme der Familie untersucht und vor allem in der Biokatalyse eingesetzt. All diese Styroloxid-Isomerasen sind katalytisch hoch effizient, sehr schnell und verbrauchen zudem keine anderen Stoffe (Co-Substrate). Damit erlauben sie eine schnelle Entgiftung des toxischen Styroloxids im Organismus und zudem eine potente biotechnologische Anwendung im Bereich der Feinchemikalien-Synthese.

„Um letztere optimieren zu können, ist aber ein Verständnis der Funktion nötig“, erklärt Dirk Tischler. „Das konnten wir in der internationalen Kooperation zwischen Forschenden aus der Schweiz, Singapur, den Niederlanden und Deutschland erheblich voranbringen.“ Das Team konnte zeigen, dass das Enzym als Trimer mit drei identischen Einheiten in der Natur vorliegt. Die Strukturuntersuchungen zeigten, dass zwischen jeder Untereinheit je ein Häm-Cofaktor sitzt und dieser mit einem Eisenion beladen ist. Das Häm bildet dabei einen essenziellen Teil der sogenannten aktiven Tasche und ist relevant für die Fixierung und Umsetzung des Substrates. Das Eisenion des Häm-Cofaktors koordiniert dabei das Sauerstoffatom des Styroloxids und aktiviert so das Substrat. „Damit konnte eine neue biologische Funktion von Häm in Proteinen umfassend beschrieben werden“, resümiert Dirk Tischler.

Förderung

Die Arbeiten werden zum Teil durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Graduiertenkollegs MiCon unterstützt.

contact for scientific information:

Prof. Dr. Dirk Tischler
Arbeitsgruppe Mikrobielle Biotechnologie
Fakultät für Biologie und Biotechnologie
Ruhr-Universität Bochum
Tel.: +49 234 32 22656
E-Mail: dirk.tischler@ruhr-uni-bochum.de

Original publication:

Basavraj Khanppnavar et al.: Structural Basis of the Meinwald Rearrangement Catalyzed by Styrene Oxide Isomerase, in: Nature Chemistry, 2024, DOI: 10.1038/s41557-024-01523-y, <https://www.nature.com/articles/s41557-024-01523-y>