

Biologischer Abbau speziell designer, an die Enzymologie von Umweltorganismen angepasster Polyacrylate und deren beispielhafte Anwendung in Pflegedispersi- onen für elastische Bodenbeläge

O1IF21946N

Laut Schätzungen des Fraunhofer UMSICHT werden ca. 0,1 % der jährlich in Deutschland produzierten Polymere als Wirk- oder Hilfsstoffe in Wasch-, Pflege- und Reinigungsprodukten eingesetzt; davon gelangen 55 t/a als Mikroplastik und 23.200 t/a als gelöste, gelartige oder flüssige Polymere in die Umwelt. Zu diesen Polymeren zählen auch Polyacrylate, welche erheblich zur Performance von Wasch- und Reinigungsmitteln beitragen. Ferner sind Polyacrylate Hauptbestandteil von Pflegebefilmungen, die sich positiv auf Anschmutz- und Reinigungsverhalten sowie Lebensdauer elastischer Bodenbeläge auswirken.

Ziel des Forschungsvorhabens war Mikroorganismen bzw. mikrobielle Konsortien aus der Umwelt zu isolieren und Enzyme zu identifizieren, die Polyacrylate abbauen können. Die Klassifizierung der Enzyme erfolgt anhand der von ihnen katalysierten Reaktionen (Wirkungsspezifität) und gibt Aufschluss über die von ihnen gespaltene Bindungsart. Basierend auf erzielten Ergebnissen (z.B. Wirkungsspezifität identifizierter Enzyme) wurden Polyacrylate mit chemisch und enzymatisch spaltbaren Bindungen im Polymerrückgrat synthetisiert, um den mikrobiellen bzw. enzymatischen Abbau zu beschleunigen.

Mikrobielle Konsortien wurden aus Umweltproben isoliert, die sich in Kulturen anzüchten ließen, welche als einzige Kohlenstoffquelle ein Polyacrylat (z.B. Polyacrylsäure, Polymethylmethacrylat) oder ein Monomer (MMA: Methylmethacrylat; HEMA: 2-Hydroxyethylmethacrylat) enthielten, und hinsichtlich ihrer bakteriellen Zusammensetzung mittels Diversitätsanalysen und Sequenzierung der 16S rRNA analysiert. Zudem wurde ein Bakterium identifiziert, das HEMA und MMA für sein Wachstum nutzen kann. Zur Identifizierung von Schlüsselenzymen aus diesem Organismus, die für den Abbau der Polyesteracrylate zuständig sind, erfolgte eine Sequenzierung des Genoms.

Biodegradation of specially designed polyacrylates adapted to the enzymology of environmental organisms and their exemplary application in care dispersions for resilient floor coverings

O1IF21946N

According to estimates by Fraunhofer UMSICHT, approximately 0.1% of the polymers produced annually in Germany are used as active substances or auxiliary agents in detergents, personal care and cleaning products. Of these, 55 tonnes per year are released into the environment as microplastics, and 23,200 tonnes per year as dissolved, gel-like, or liquid polymers. This group includes polyacrylates, which significantly enhance the performance of detergents and cleaning agents. Moreover, polyacrylates are a key component of care coatings that positively influence soil resistance, cleanability, and the durability of resilient floor coverings.

The objective of the research project was to isolate microorganisms or microbial consortia from environmental samples and to identify enzymes capable of degrading polyacrylates. Enzymes were classified based on the reactions they catalyze (substrate specificity), providing insights into the types of chemical bonds they cleave. Based on the findings (e.g. substrate specificity of identified enzymes), polyacrylates with chemically and enzymatically cleavable bonds in the polymer backbone were synthesized to enhance microbial or enzymatic degradation.

Microbial consortia were isolated from environmental samples and cultivated in media containing either a polyacrylate (e.g. polyacrylic acid, polymethyl methacrylate) or a monomer (MMA: methyl methacrylate; HEMA: 2-hydroxyethyl methacrylate) as the sole carbon source. The bacterial composition of these cultures was analyzed using diversity profiling and 16S rRNA gene sequencing. Additionally, a bacterial strain capable of utilizing HEMA and MMA for growth was identified. To determine the key enzymes involved in polyester acrylate degradation, whole-genome sequencing was conducted.

Fortsetzung auf Seite 2

To be continued on page 2

Fortsetzung:

O1IF21946N

Polyesteracrylate wurden mittels radikalischer Ringöffnungs-polymerisation aus zyklischen Ketenacetalen, vor allem MDO (2-Methylen-1,3-dioxepan), und verschiedenen Monomeren, z.B. MMA, Styrol, HEMA, MAA (Methacrylsäure) synthetisiert (Substanzpolymerisation). Die synthetisierten Copolymere mussten mittels Lösemittelaustauschmethode (THF nach Wasser) dispergiert werden, um unter Berücksichtigung praxisüblicher Rezepturen Pflegedispersionen zu erstellen.

Appliziert auf elastische Bodenbeläge wiesen die Befilmungen eine vergleichbare Stabilität (Haftfestigkeit, Abrasionsbeständigkeit), Trittsicherheit (Gleitreibung), Schmutzabweisung und Barriere Wirkung auf wie eine herkömmliche Pflegebefilmung, ließen sich aber bei der Grundreinigung schlechter entfernen. Ein Einfluss auf die Farbe der Bodenbeläge war nicht erkennbar. Die Polyesteracrylate konnten alkalisch hydrolysiert werden; zudem wurden Enzyme (Esterasen) identifiziert, die die Esterbindungen im Polymerrückgrat spalten konnten.

Der Forschungsbericht ist auf Anfrage beim
wfk - Cleaning Technology Institute erhältlich.

Continued:

O1IF21946N

Polyester acrylates were synthesized via radical ring-opening polymerization of cyclic ketene acetals - primarily MDO (2-methylene-1,3-dioxepane) - in combination with various monomers such as MMA, styrene, HEMA, and MAA (methacrylic acid), using a bulk polymerization approach. The resulting copolymers were dispersed using a solvent exchange method (from THF to water) to formulate care dispersions aligned with industry-standard formulations.

When applied to resilient floor coverings, the resulting films demonstrated comparable performance to conventional care coatings in terms of adhesion, abrasion resistance, slip resistance (coefficient of friction), soil repellency and barrier properties. However, they exhibited reduced removability during deep cleaning procedures. No perceptible impact on the color of the floor coverings was observed. The polyester acrylates were susceptible to alkaline hydrolysis, and esterases capable of cleaving ester bonds within the polymer backbone were identified.

The research report is available on request from the
wfk - Cleaning Technology Institute



Das Projekt O1IF21946N wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

The project O1IF21946N was supported by the Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action (BMWK) due to a decision of the German Bundestag.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages