

Antimikrobielle Kunststoffe – oder wie werde ich die Mikroben los? Antimicrobial Polymers or How to Get Rid of Microbes

Nadja Noormofidi

Mit zunehmender Resistenzbildung des Menschen gegen eine immer größer werdende Anzahl von Mikroorganismen steigt auch der Bedarf an langzeitwirksamen, antibakteriellen Materialien, die keine niedermolekularen Bestandteile an die Umgebung abgeben und so das Risiko der Resistenzbildung minimieren. Derartige Materialien finden sowohl in der Lebensmittel- und Verpackungsindustrie als auch in der Medizintechnik Anwendung. Das RP7-Projekt BIOSURF – koordiniert von der TU Graz – hat sich die Entwicklung solcher antimikrobieller Oberflächen und Beschichtungen, die die Mikrobenadhäsion minimieren, zum Ziel gesetzt. Weiters werden entsprechende Sensormodule zur Detektion von Mikroben und Biofilmen entwickelt.

Die Prävention von mikrobiellen Kontaminationen und Biofilmbildung ist von großem Interesse für viele verschiedene Anwendungsgebiete. Besonders in der Lebensmittelindustrie – Produktion sowie Verpackung von Lebensmitteln – besteht eine zunehmende Notwendigkeit, mikrobielle Kontaminationen zu verhindern bzw. ihnen vorzubeugen. Dabei ist es besonders wichtig, dass Oberflächen, die in Kontakt mit Lebensmitteln kommen, frei von schädlichen Mikroorganismen sind. In den letzten Jahren konnten sich antimikrobielle Kunststoffe als attraktive Alternative zu niedermolekularen Wirkstoffen vermehrt etablieren. Gründe dafür sind schwerwiegende Nachteile der niedermolekularen Verbindungen wie z. B. deren Toxizität, deren Akkumulation im Erdboden und eine zunehmende Resistenzbildung vieler Keime. Im Vergleich dazu haben antibakterielle Kunststoffe den Vorteil, thermisch stabil und nicht flüchtig zu sein und keine niedermolekularen Bestandteile in die Umgebung freizusetzen. Kommen Mikroorganismen in Kontakt mit derartigen Materialien, werden diese abgetötet (Kontaktbiocide).

With increasing resistance formation in humans against more and more microorganisms, the demand increases for long-term active, antimicrobial materials which do not release low molecular weight components to the surroundings and thus minimise the risk of resistance formation. Such materials are applicable in the foods and beverages industries as well as in medical care products. The FP7-project BIOSURF – coordinated by the Graz University of Technology – aims at the development of such antimicrobial surfaces and coatings that minimise microbe adhesion. Furthermore, corresponding monitoring modules for the detection of microbes are being developed.

The prevention of microbial contamination and biofilm formation is a topic of great interest for many different fields of application. Especially across the supply and production chain in the food industry – in the food processing and packaging industries – there is a common need for preventing and eradicating microbial contamination. Thus, it is important that all surfaces which come into close contact with food and foodstuffs are free of potentially hazardous micro-organisms. In recent years, polymeric antimicrobial materials have been intensively explored as an attractive alternative to low molecular weight agents. These small molecules exhibit severe drawbacks such as human toxicity and the tendencies to develop bacterial resistance and to accumulate in the soil. In comparison, polymeric antimicrobial materials have the advantages of being non-volatile, chemically stable and do not release degradation products of low molecular weight into the environment. Microorganisms are killed on contact with such materials (contact biocides). Such contact biocides are currently being developed in the BIOSURF project at the Institute of



Nadja Noormofidi studierte Technische Chemie und ist seit 2007 wissenschaftliche Assistentin am Institut für Chemische Technologie von Materialien der TU Graz. Sie ist wissenschaftliche Koordinatorin des Projekts BIOSURF und neben Roland Fischer Projektleiterin des FEMtech-Karriereprojekts „erfinderin“. In beiden Projekten liegt der Forschungsschwerpunkt auf der Entwicklung antimikrobieller Materialien.

Nadja Noormofidi studied Chemical Engineering and has been employed as scientific assistant at the Institute of Chemistry and Technology of Materials at Graz University of Technology since 2007. She is scientific coordinator of the BIOSURF project and together with Roland Fischer project manager of the FEMtech-Karriere project „erfinderin“. In both projects the main research focus is on the development of antimicrobial materials.



© Noormofidi

Abb. 1: Produkte und Verpackungsmaterialien des Endnutzers COASA.

Fig. 1: Products and packaging material of the end-user COASA.

Im Zuge von BIOSURF wird derzeit am Institut für Chemische Technologie von Materialien (ICTM) der TU Graz an der Entwicklung derartiger Kontaktbiocid gearbeitet. BIOSURF (development and implementation of a contact biocid polymer as anti-microbial and anti-deposit surface in food industry) ist ein europäisches Forschungsprojekt zur Unterstützung von Klein- und Mittelbetrieben (KMUs), das von der europäischen Kommission innerhalb des siebenten Rahmenprogramms gefördert wird. Das Konsortium besteht aus sechs Partnern aus Österreich, Deutschland, Spanien und Großbritannien, wobei das ICTM mit tatkräftiger Unterstützung von Eva Bradacs vom F&T-Haus der TU Graz die Rolle des Koordinators übernimmt.

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten basieren auf patentgeschützten Konzepten, die von den KMUs KEKELIT Kunststoff GmbH (Linz, Österreich) und LAGOTEC GmbH (Magdeburg, Deutschland) bereits entwickelt wurden. Das Know-how und die Interessen der einzelnen Partner ergänzen sich derart, dass im BIOSURF-Projekt alle Partner an der Erreichung eines gemeinsamen Ziels arbeiten. KEKELIT produziert Kunststoffteile für verschiedene Anwendungen wie z. B. Wasserrohre und Fernwärme. LAGOTEC entwickelt industrielle Sensortechnologien (Kontrolle von Biofilmbildungen) und COASA (Oviedo, Spanien) ist spezialisiert auf die Produktion, Verpackung und den Verkauf von Käse, Honig, Marmeladen, Konservendosen und Cider. Diese drei KMU-Partner werden von den drei Forschungseinrichtungen Universität Dundee (Dundee, Großbritannien), TTZ Bremerhaven (Bremerhaven, Deutschland) und dem ICTM der TU Graz unterstützt.

Das Ziel des BIOSURF-Projekts ist die Entwicklung von antimikrobiellen Oberflächen sowie die Untersuchung ihrer antimikrobiellen und Antihafteigenschaften. Dazu konzentrierte sich das Kon-

Chemistry and Technology of Materials (ICTM) of Graz University of Technology. BIOSURF (development and implementation of a contact biocid polymer as anti-microbial and anti-deposit surface in food industry) is a European research project for the benefit of small and medium sized enterprises (SMEs) funded by the European Commission within the Seventh Framework Programme. The consortium consists of six participating partners from Austria, Germany, Spain and the United Kingdom, and is coordinated by the ICTM and vigorously supported by Eva Bradacs from Graz University of Technology's Research & Technology House.

The research and development activities are based on initial patent-protected concepts developed by KEKELIT GmbH (Linz, Austria) and LAGOTEC GmbH (Magdeburg, Germany). The project is centred on complementary technological issues and innovation needs of the participating SMEs. KEKELIT manufactures plastic equipment such as plastic pipe systems, pipe insulation and pre-insulated pipes for different industrial applications. LAGOTEC develops industrial monitoring technologies (biofilm control/microbial plant safety) and COASA (Oviedo, Spain) as the end-user is specialized in the production, packaging and distribution of farmhouse cheese, honey, jams, canned food and cider. These three SME partners are supported by the three researchers University of Dundee (Dundee, United Kingdom), TTZ Bremerhaven (Bremerhaven, Germany) and the ICTM of Graz University of Technology.

The aim of the BIOSURF project is the development of antimicrobial surfaces and their assessment with regard to their antimicrobial and anti-deposit characteristics. In order to develop antimicrobial surfaces, the consortium initially focused on the assessment and specification of the microbial and deposit characteristics being typical for food processing branches in general and



© Noormofidi

sortium zunächst auf die Untersuchung und Beschreibung von mikrobiellen Ablagerungen, die typischerweise in der Lebensmittel verarbeitenden Industrie im Allgemeinen und beim Endnutzer COASA im Speziellen auftreten. Verpackungsmaterialien des Partners COASA wurden analysiert, um dessen Bedingungen vor Ort genau zu untersuchen. Durch diese Maßnahmen konnten vier Zielbakterien ermittelt werden, deren Auftreten in den darauf folgenden antimikrobiellen Tests untersucht wurde. Das heißt, derzeitige Reinigungs- und Desinfektionsbedingungen wurden abgeschätzt und auf die Anforderungen an angemessene Kontrollmodule übertragen. Entsprechend wurden auch die Polymerarchitekturen und die Zusammensetzung der Beschichtungen optimiert und die Softwareanforderungen definiert.

Das ICTM synthetisierte verschiedene aminofunktionalisierte Kunststoffe unter Verwendung unterschiedlicher Konzepte unter Berücksichtigung niedriger Produktionskosten sowie einfacher Verarbeitung und Produktion der entsprechenden Materialien. Die antimikrobielle Aktivität der Kunststoffe in Hinblick auf deren potenzielle Anwendung als antimikrobielle Oberflächen wurde untersucht. Die Universität Dundee verfolgte einen weiteren Ansatz und konzentrierte sich auf die Entwicklung neuer Beschichtungen für Stahlrohre aus Nanoverbundmaterialien, die eine minimale Bakterienanhaftung gewährleisten. Die Kombination der beiden komplementären Konzepte könnte sogar zu einer besseren Aktivität führen. Das ICTM arbeitet gemeinsam mit der Universität Dundee derzeit an der Entwicklung dieser Hybridmaterialien.

Weiters werden antimikrobielle und Antihafensensormodule sowie Kontrollprotokolle für die Endnutzer entwickelt. Während der Partner LAGOTEC das Sensormodul entwickelte, war das TTZ Bremerhaven für die Softwareentwicklung ver-

for the BIOSURF end-user partners in particular. Packaging samples of COASA were analysed aiming at the determination of the end-user's on-site conditions. This led to the identification of "target bacteria" used for antimicrobial tests. Thus, current cleaning and disinfection requirements were assessed and then transferred into requirements for adequate monitoring tools. Accordingly, the polymer architectures and coating compositions were optimised and the sensor and software requirements were defined.

The ICTM synthesised different amino-functionalised polymers using different approaches taking into account low production costs as well as easy processing and production. The antimicrobial effectiveness of the polymers was tested with regards to their implementation as antimicrobial surfaces. As another approach, the University of Dundee is developing new coatings-based nanocomposites that assure minimal bacteria attachment. The combination of both complementary concepts might lead to a further improved antimicrobial activity. Preparations to produce such hybrid materials are currently ongoing.

Furthermore, the development and testing of anti-deposit monitoring modules as well as the development of monitoring and control protocols for the end-users was addressed. While the LAGOTEC partner was responsible for the development of an anti-deposit monitoring module, TTZ Bremerhaven was in charge of the sensor software development which will be required for process control and monitoring.

The developed materials together with the monitoring modules are currently being tested and optimised under real production conditions in a pilot plant in order to achieve marketable products which should be available on the free market in the next three years.

The development of anti-microbial and anti-deposit surfaces and coatings aims at preventing

Abb. 2: Laborarbeit der Mitarbeiterinnen des BIOSURF-Projekts.

Fig. 2: Laboratory work of BIOSURF employees.



© Noormofidi

Abb. 3: BIOSURF-Konsortium bei der Betriebsbesichtigung des Endnutzers COASA.

Fig. 3: BIOSURF consortium visiting the facilities of the end-user COASA.

antwortlich, die für die Prozesskontrolle notwendig ist.

Derzeit werden die entwickelten Materialien in Kombination mit den Sensormodulen unter realen Prozessbedingungen in einer Pilotanlage getestet und optimiert, um marktfähige Produkte zu erzielen, die innerhalb der nächsten drei Jahre auf dem freien Markt erhältlich sein sollen.

Die Entwicklung von antimikrobiellen Antihaftoberflächen und -beschichtungen hat die Prävention von Biofouling zum Ziel, um so Durchlaufzeiten zu erhöhen und Totzeiten sowie Kosten zu minimieren. Dadurch kann der Umsatz potenzieller Endnutzer beträchtlich erhöht werden. Darüber hinaus kann die Verwendung von gefährlichen Chemikalien dramatisch verringert werden, da Reinigungs- und Desinfektionsprozesse minimiert werden. Davon profitieren nicht nur die Endnutzer, sondern alle Menschen und unsere Umwelt.

biofouling and longer processing times and thus minimises downtimes and gives substantial cost benefits. This results in a substantial increase in turnover for the end-user. Moreover, the consumption of partially hazardous chemicals is dramatically decreased by minimising cleaning and disinfection processes. Beneficiaries are not only the end-users but also people in general and the entire environment.

Abb. 4: Bakterienbewuchs auf Agarplatten.

Fig. 4: Bacterial growth on agar.



© TTZ Bremerhaven