



UCONN | UNIVERSITY OF CONNECTICUT

Challa Kumar hat Methoden zur Herstellung neuartiger kunststoffähnlicher Materialien aus Proteinen und Textilien entwickelt.

Jedes Jahr fallen weltweit 400 Millionen Tonnen Plastikmüll an. Zwischen 19 und 23 Millionen Tonnen dieses Plastikmülls gelangen in aquatische Ökosysteme, der Rest landet im Boden. Weitere 92 Millionen Tonnen Textilabfälle werden zusätzlich jährlich erzeugt.

Challa Kumar, emeritierter Chemieprofessor, war es leid, dass die Menschen immer mehr Giftmüll in die Umwelt pumpen und fühlte sich gezwungen, etwas zu tun. Für den Chemiker bedeutete dies, sein Fachwissen für die Entwicklung neuer, nachhaltiger Materialien einzusetzen.



Challa Kumar, emeritierter Professor für Chemie, in seinem Labor. (zur Verfügung gestelltes Foto)

„Jeder sollte darüber nachdenken, wo immer er kann, auf fossilen Brennstoffen basierende Materialien durch natürliche zu ersetzen, um unserer Zivilisation zu helfen zu überleben“, sagt Kumar. „Das Haus brennt, wir können nicht warten. Wenn das Haus brennt und man beginnt, einen Brunnen zu graben, dann wird das nicht funktionieren. Es ist an der Zeit, das Haus zu löschen.“

Kumar hat zwei Technologien entwickelt, die Proteine bzw. Textilien verwenden, um neue Materialien zu schaffen. Die Technology Commercialization Services (TCS) der UConn haben für beide Technologien vorläu-

fige Patente angemeldet.

Inspiziert von der Fähigkeit der Natur, eine Vielzahl funktioneller Materialien zu konstruieren, entwickelten Kumar und sein Team eine Methode zur Herstellung stufenlos steuerbarer, ungiftiger Materialien.

„Die Chemie ist das Einzige, was uns in die Quere kommt“, so Kumar. „Wenn wir die Proteinchemie verstehen, können wir Proteinmaterialien herstellen, die so stark wie ein Diamant oder so weich wie eine Feder sind.“

Die erste Innovation ist ein Verfahren zur Umwandlung natürlich vorkommender Proteine in kunststoffähnliche Materialien. Kumars Student, Ankarao Kalluri '23 Ph.D., arbeitete an diesem Projekt.

Proteine haben „reaktive Gruppen“ auf ihrer Oberfläche, die mit Substanzen reagieren können, mit denen sie in Berührung kommen. Kumar und sein Team nutzten sein Wissen über die Funktionsweise dieser Gruppen, um Proteinmoleküle durch eine chemische Verbindung miteinander zu verknüpfen.

Bei diesem Prozess entsteht ein sogenannter Dimer - ein Molekül, das aus zwei Proteinen besteht. Anschließend wird das Dimer mit einem anderen Dimer zu einem Tetramer verbunden, und so weiter, bis ein großes 3D-Molekül entsteht. Dieser 3D-Aspekt der Technologie ist einzigartig, da die meisten synthetischen Polymere lineare Ketten aufweisen.

Dank dieser innovativen 3D-Struktur kann sich das neue Polymer wie ein Kunststoff verhalten. Genau wie die Proteine, aus denen es besteht, kann sich das Material dehnen, seine Form verändern und falten. So kann das Material mit Hilfe der Chemie für eine Vielzahl von spezifischen Anwendungen maßgeschneidert werden.

Da Kumars Material aus Proteinen und einer biologisch verbindenden Chemikalie besteht, kann es im Gegensatz zu synthetischen Polymeren biologisch abgebaut werden, so wie es pflanzliche und tierische Proteine natürlich tun.



Kunststoff aus Maisprotein, Zein.  
(zur Verfügung gestelltes Foto)

„Die Natur baut Proteine ab, indem sie die Amidbindungen in ihnen aufspaltet“, sagt Kumar. „Sie verfügt über Enzyme, die diese Art von Chemie beherrschen. Wir haben die gleichen Amidbindungen in unseren Materialien. Die gleichen Enzyme, die in der Biologie arbeiten, sollten also auch bei diesem Material funktionieren und es auf natürliche Weise abbauen.“

Im Labor stellte das Team fest, dass sich das Material innerhalb weniger Tage in saurer Lösung zersetzt. Jetzt untersuchen sie, was passiert, wenn sie dieses Material im Boden vergraben, was das Los vieler Post-Consumer-Kunststoffe ist.

Sie haben gezeigt, dass das Material auf Proteinbasis eine Vielzahl von kunststoffähnlichen Produkten bilden kann, darunter Kaffeetasendeckel und dünne transparente Folien. Es könnte auch zur Herstellung von feuerfesten Dachziegeln oder höherwertigen Materialien wie Autotüren, Raketenspitzen oder Herzklappen verwendet werden.

Die nächsten Schritte für diese Technologie bestehen darin, ihre mechanischen Eigenschaften, wie Festigkeit

oder Flexibilität, sowie ihre Toxizität weiter zu testen.

„Ich denke, wir brauchen ein soziales Bewusstsein dafür, dass wir keine toxischen Substanzen in die Umwelt bringen dürfen“, sagt Kumar. „Das geht einfach nicht. Wir müssen damit aufhören. Und wir können auch keine Materialien verwenden, die aus fossilen Brennstoffen stammen.“

Kumars zweite Technologie beruht auf einem ähnlichen Prinzip, verwendet aber nicht nur Proteine, sondern solche, die mit Naturfasern, insbesondere Baumwolle, verstärkt sind.

„Durch die sich schnell verändernde Modeindustrie entsteht jedes Jahr eine Menge Textilabfall“, sagt Kumar. „Warum sollten wir diese Abfälle nicht nutzen, um nützliche Materialien herzustellen - Abfall in Wohlstand umzuwandeln.“

Genau wie die kunststoffähnlichen Proteinmaterialien (Proteios, abgeleitet von den griechischen Originalwörtern) erwartet Kumar, dass die aus Proteinen und Naturfasern hergestellten Verbundmaterialien biologisch abbaubar sind, ohne toxische Abfälle zu produzieren.

Im Labor hat Kumars ehemaliger Student, der Doktorand Adekeye Damilola, viele Objekte aus Protein-Gewebe-Verbundstoffen hergestellt, darunter kleine Schuhe, Tische, Blumen und Stühle. Dieses Material enthält Textilfasern, die als Bindemittel für die Proteine dienen, und nicht die Vernetzungskemikalien, die Kumar für die proteinbasierten Kunststoffe verwendet.

Die Querverbindung verleiht dem neuartigen Material die Festigkeit, die es braucht, um dem Gewicht standzuhalten, das beispielsweise auf einem Stuhl oder Tisch lastet. Die natürliche Affinität zwischen Fasern und Proteinen ist der Grund, warum es so schwierig ist, Lebensmittelflecken aus der Kleidung zu entfernen. Die gleiche Anziehungskraft sorgt für starke Materialien aus Proteinfasern.

Kumars Team hat zwar bisher nur mit Baumwolle gearbeitet, geht aber davon aus, dass sich andere Faser-materialien wie Hanffasern oder Jute aufgrund ihrer inhärenten, jedoch ähnlichen chemischen Eigenschaften wie Baumwolle auch so verhalten würden.

„Das Protein haftet auf natürliche Weise an der Oberfläche des Materials“, sagt Kumar. „Wir nutzten diese Erkenntnis, um zu sagen: 'Hey, wenn es sich so fest an Baumwolle bindet, warum machen wir dann nicht ein Material daraus? Und es funktioniert, es funktioniert erstaunlich.'“

Mit der Unterstützung von TCS sucht Professor Kumar derzeit nach Industriepartnern, um diese Technologien auf den Markt zu bringen. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Michael Invernale unter [michael.invernale@uconn.edu](mailto:michael.invernale@uconn.edu).

*Anna Zarra Aldrich '20 (CLAS), Büro des Vizepräsidenten für Forschung*