



Unter der Leitung von Keiji Numata ist es Wissenschaftlern des RIKEN Center for Sustainable Resource Science in Japan zusammen mit Kollegen des RIKEN Pioneering Research Cluster gelungen, ein Gerät zu entwickeln, das künstliche Spinnenseide spinnt, die der natürlichen Spinnenseide sehr ähnlich ist. Die künstliche Seidendrüse war in der Lage, die komplexe molekulare Struktur der Seide nachzubilden, indem sie die verschiedenen chemischen und physikalischen Veränderungen nachahmte, die in der Seidendrüse einer Spinne natürlich auftreten. Diese umweltfreundliche Innovation ist ein großer Schritt in Richtung Nachhaltigkeit und könnte für verschiedene Branchen relevant sein. Diese Studie wurde am 15. Januar in der Fachzeitschrift Nature Communications veröffentlicht.

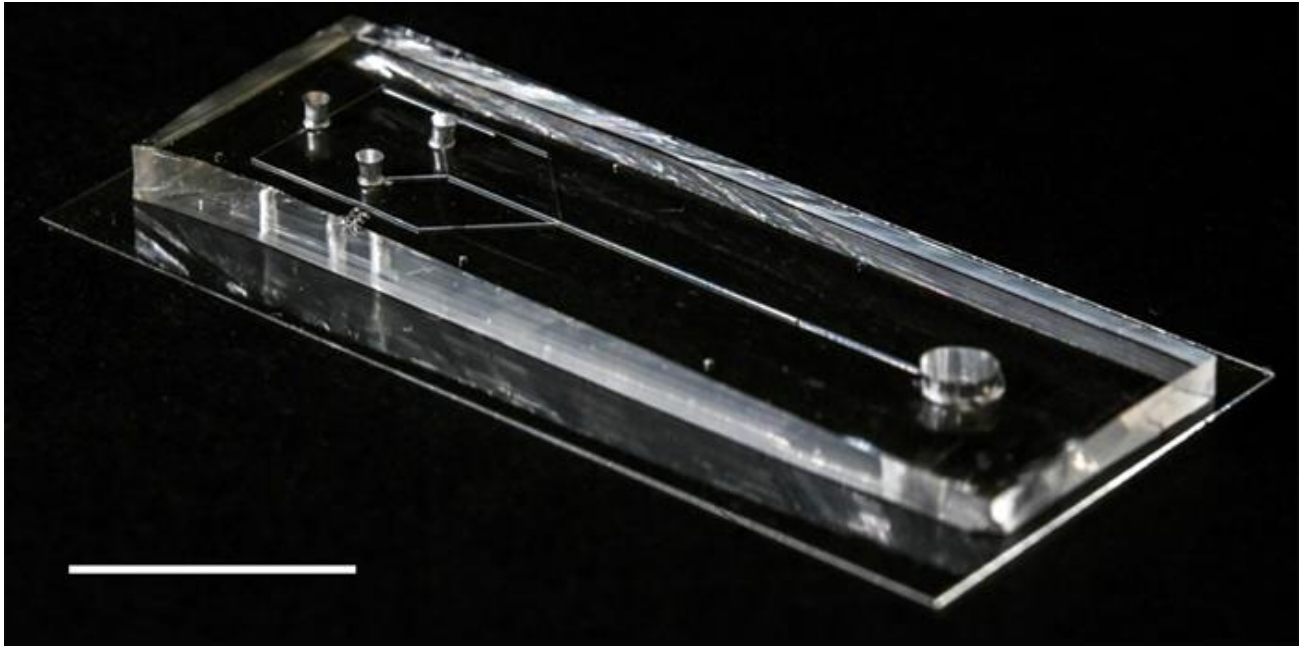


Foto: Sibi Suku, unsplash

Spinnenseide ist bekannt für ihre außergewöhnliche Stärke, Flexibilität und Leichtigkeit, vergleichbar mit Stahl desselben Durchmessers, aber mit einem unvergleichlichen Verhältnis von Stärke zu Gewicht. Darüber hinaus ist sie biokompatibel, d. h. sie kann in der Medizin eingesetzt werden, und biologisch abbaubar. Warum wird dann nicht alles aus Spinnenseide hergestellt? Die Gewinnung von Spinnenseide in großem Maßstab hat sich aus verschiedenen Gründen als unpraktisch erwiesen, so dass Wissenschaftler ein Verfahren entwickeln mussten, um sie im Labor herzustellen.

Spinnenseide ist eine Biopolymerfaser, die aus großen Proteinen mit sich stark wiederholenden Sequenzen, den sogenannten Spidroinen, besteht. In den Seidenfasern befinden sich molekulare Unterstrukturen, die so genannten β -Faltblätter, die richtig ausgerichtet sein müssen, damit die Seidenfasern ihre einzigartigen mechanischen Eigenschaften erhalten. Die Wiederherstellung dieser komplexen molekularen Struktur hat die

Wissenschaftler jahrelang vor ein Rätsel gestellt. Anstatt zu versuchen, den Prozess von Grund auf neu zu entwickeln, wählten die RIKEN-Wissenschaftler den Ansatz der Biomimikry. Numata erklärt: „In dieser Studie haben wir versucht, die natürliche Spinnenseidenproduktion mit Hilfe der Mikrofluidik zu imitieren, bei der kleine Mengen von Flüssigkeiten durch enge Kanäle fließen und manipuliert werden. Man könnte sogar sagen, dass die Seidendrüse der Spinne als eine Art natürliches mikrofluidisches Gerät funktioniert.“



Das mikrofluidische Gerät. Die Spidroin-Vorläuferlösung wird an einem Ende platziert und dann durch Unterdruck zum anderen Ende gezogen. Während die Spidroine durch die mikrofluidischen Kanäle fließen, werden sie präzisen Veränderungen in der chemischen und physikalischen Umgebung ausgesetzt und bauen sich selbst zu Seidenfasern auf. © RIKEN, Japan

Das von den Wissenschaftlern entwickelte Gerät sieht aus wie ein kleiner rechteckiger Kasten, in den winzige Kanäle eingearbeitet sind. Die Spidroin-Vorläuferlösung wird an einem Ende platziert und dann mit Hilfe von Unterdruck zum anderen Ende gezogen. Während die Spidroine durch die mikrofluidischen Kanäle fließen, sind sie präzisen Veränderungen der chemischen und physikalischen Umgebung ausgesetzt, die durch das Design des mikrofluidischen Systems ermöglicht werden. Unter den richtigen Bedingungen bauten sich die Proteine selbst zu Seidenfasern mit ihrer charakteristischen komplexen Struktur auf.

Um die richtigen Bedingungen zu finden, experimentierten die Wissenschaftler und konnten schließlich die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Bereichen des mikrofluidischen Systems optimieren. Unter anderem entdeckten sie, dass es nicht funktionierte, die Proteine mit Kraft durchzudrücken. Nur wenn sie Unterdruck einsetzten, um das Spidroin so zu ziehen, dass es sich auflöst, konnten kontinuierliche Seidenfasern mit der korrekten Ausrichtung der β -Faltblätter entstehen.



Foto: rotonara, Pixabay

„Es war überraschend, wie robust das mikrofluidische System war, sobald die verschiedenen Bedingungen festgelegt und optimiert waren“, sagt der leitende Wissenschaftler Ali Malay, einer der Koautoren der Studie. „Der Aufbau der Fasern erfolgte spontan, extrem schnell und in hohem Maße reproduzierbar. Wichtig ist, dass die Fasern die ausgeprägte hierarchische Struktur aufwiesen, die in natürlichen Seidenfasern zu finden ist.“



Foto: Fernando Zhiminaicela, Pixabay

Die künstliche Herstellung von Seidenfasern mit dieser Methode könnte zahlreiche Vorteile mit sich bringen. Sie könnte nicht nur dazu beitragen, die negativen Auswirkungen der derzeitigen Textilherstellung auf die Umwelt zu verringern, sondern die biologisch abbaubare und biokompatible Beschaffenheit der Spinnenseide macht sie ideal für biomedizinische Anwendungen wie Nahtmaterial und künstliche Bänder.

„Im Idealfall wollen wir eine Wirkung in der realen Welt erzielen“, sagt Numata. „Um dies zu erreichen, müssen wir unsere Faserproduktionsmethode skalieren und zu einem kontinuierlichen Prozess machen. Außerdem werden wir die Qualität unserer künstlichen Spinnenseide anhand verschiedener Metriken bewerten und auf dieser Grundlage weitere Verbesserungen vornehmen.“

Nachweis

Chen et al. (2024) Replicating shear-mediated self-assembly of spider silk through microfluidics. Nat Commun. doi: [10.1038/s41467-024-44733-1](https://doi.org/10.1038/s41467-024-44733-1).

Quelle: RIKEN Center for Sustainable Resource Science, Japan.