

Gudrun Schmidt  
PURDUE UNIVERSITY

## 🇬🇧 New bio-based glues form adhesive bonds that grow stronger in water

## 🇮🇹 Nuove colle bio formano legami adesivi che si rafforzano nell'acqua

Patent-pending adhesive formulations developed at Purdue University from fully sustainable, bio-based components establish bonds that grow stronger when underwater or exposed to wet conditions.

Gudrun Schmidt, an associate professor of practice in Purdue's Department of Chemistry, and a team of researchers developed the formulations from zein, a protein found in corn, and tannic acid.

The adhesive formulations could be further developed and used in the restoration of coral reefs and have applications in the construction, manufacturing, biomedical, dental, food and cosmetic industries.

### STRONGER IN WATER

Schmidt and her colleagues conducted underwater adhesive experiments on their formulations, using different surfaces and different waters, including seawater, saline solution, tap water and deionized water.

"Interestingly, the water type does not influence performance a great deal, but the substrate type does", Schmidt said. "An additional unexpected result was bond strengths increasing over time when exposed to water, contradicting general experiments of working with traditional, petroleum-based glues. Initial adhesion underwater was stronger compared to benchtop adhesion, suggesting that water helps to make the glue stick underwater".

Protective skin formed on the surface of the adhesives when placed underwater, which kept water from entering the rest of the material immediately.

"But once the skin was in place, it could be broken to induce faster bond formation", Schmidt said.

The experiments also indicated maximum bonding at about 30 degrees Celsius, then another increase at higher temperatures. Schmidt said the process to make the adhesive formulations is a short one. "We can use inexpensive, sustainably sourced,

*Le formulazioni di adesivi in attesa di rilascio del brevetto, sviluppate presso l'Università Purdue, che contengono componenti di origine naturale e completamente sostenibili, formano legami che si rafforzano quando entrano in contatto con l'acqua oppure quando vengono esposti a condizioni di alta umidità.*

*Gudrun Schmidt, professore associato tecnico pratico del dipartimento di Chimica dell'Università Purdue, insieme a un team di ricercatori, hanno messo a punto le formulazioni a base di zeina, una proteina del mais e di acido tannico.*

*Le formulazioni dell'adesivo possono essere ulteriormente migliorate per essere utilizzate nel recupero delle barriere coralline con applicazioni nelle industrie delle costruzioni, industrie produttive, biomedicali, dentali, alimentari e dei cosmetici.*

### ANCORA PIÙ RESISTENTI QUANDO IMMERSI NELL'ACQUA

*Schmidt e i suoi colleghi hanno eseguito esperimenti con gli adesivi immersi nell'acqua delle loro formulazioni, utilizzando differenti superfici e tipologie di acqua, fra cui quella di mare e le soluzioni saline, l'acqua del rubinetto e l'acqua deionizzata.*

*"E' interessante notare che la tipologia di acqua non influisce molto sulla prestazione, come invece nel caso della tipologia di substrato", ha commentato Schmidt. "Un ulteriore risultato inatteso è stato che la tenacità del legame aumenta con il tempo in condizioni di esposizione all'acqua, contraddicendo la pratica generale di lavoro con le colle a base di petrolio tradizionali. L'adesione iniziale sott'acqua si è rivelata superiore a quella in uso in laboratorio, a dimostrare che l'acqua contribuisce a intensificare il potere adesivo in condizioni di immersione in acqua".*

*Sulle superfici degli adesivi immersi nell'acqua si forma una pelle protettiva che previene immediatamente l'ingresso dell'acqua nelle parti restanti di materiale.*



plant-based materials to make gallons of glue within hours", Schmidt said. "The adhesives are very simple to make in the lab or outdoors, everywhere on the planet".

#### THE DEMAND FOR NONTOKIC FORMULATIONS

Schmidt said other researchers are formulating adhesives that mimic the glues used by mussels, barnacles, oysters and sandcastle worms to adhere to the seafloor and other wet surfaces. Those best-performing formulations, however, are fully synthetic.

"Lengthy syntheses with the use of harsh chemicals may hold back their future development," Schmidt said. "Nontoxicity, sustainably sourced materials and minimal environmental impact are increasingly in demand. Consequently, several groups have turned to developing new and remaking old adhesive systems using bioinspired or bio-based chemistry". The increased demand of nontoxic materials has led to creating adhesives for biomedical applications. The resulting glues have properties similar to soft tissue. Schmidt said that bio-based adhesives have further applications.

"Once the in vivo and biomedical realm is left behind, there is an entire world of other applications requiring metals, plastics, wood and inorganic substrates that need adhesives to work in the presence of water", Schmidt said. "Food, oral and cosmetic applications are less restrictive when it comes to purity of starting materials. Food-grade polymers can often be used for making wet adhesives. We also are working on dental applications, trying to make bonds in this wet and challenging environment".

Schmidt disclosed the adhesive formulations to the Purdue Innovates Office of Technology Commercialization, which has applied for a patent to protect the intellectual property.

*"Una volta che la pelle si è consolidata, potrebbe rompersi accelerando la formazione del legame", ha aggiunto Schmidt.*

*Gli esperimenti hanno dimostrato anche la formazione di un legame massimo a circa 30° C con un ulteriore incremento a temperature più elevate. Schmidt ha poi aggiunto che il processo di formulazione dell'adesivo è veloce: "Possiamo utilizzare materiali non costosi, ricavati da fonti sostenibili di origine vegetale per realizzare galloni di colla in poche ore". "Questi adesivi sono facili da realizzare in laboratorio oppure in ambiente esterno, in qualsiasi luogo del pianeta".*

#### LA DOMANDA DI FORMULAZIONI ATOSSICHE

*Schmidt ha poi affermato che i ricercatori formulano attualmente adesivi che assomigliano alle sostanze usate dai mitili, cirripedi, ostriche e vermi della sabbia per aderire al fondale marino e ad altre superfici bagnate.*

*Queste formulazioni che offrono prestazione massima, tuttavia, sono interamente sintetiche.*

*"I processi di sintesi laboriosi, basati sull'utilizzo di materiali chimici critici potrebbero ostacolare il loro sviluppo futuro", ha aggiunto Schmidt. "L'atossicità, i materiali ricavati da fonti sostenibili e il minimo impatto sull'ambiente rappresentano la tendenza verso cui si tende sempre più marcatamente. Di conseguenza, diversi gruppi si sono indirizzati verso nuove attività di sviluppo ricreando i vecchi sistemi adesivi con l'ausilio di processi chimici realizzati con materiali di origine naturale". La domanda crescente di materiali atossici ha portato a realizzare adesivi per applicazioni nel campo biomedicale. Le colle risultanti presentano proprietà simili a quelle dei tessuti molli e gli adesivi bio possono trovare nuove aree di applicazione. Schmidt: "Oltre al campo biomedico e biologico, esiste un mondo intero di altre applicazioni in cui i metalli, la plastica e altri substrati di legno e inorganici che richiedono l'uso degli adesivi, devono offrire prestazioni quando entrano in contatto con l'acqua. Le applicazioni in campo alimentare, dentale e dei cosmetici sono meno restrittive quando si affronta il tema della purezza dei materiali da cui si parte. I polimeri nelle varianti alimentari possono essere utilizzati spesso per realizzare adesivi idonei all'uso a contatto con l'acqua. Stiamo lavorando anche alle applicazioni in campo odontoiatrico e cercando di realizzare legami in ambiente umidi e critici".*

*Schmidt ha rivelato le formulazioni dell'adesivo alla Purdue Innovates Office of Technology Commercialization, che ha richiesto un brevetto per proteggere la proprietà intellettuale.*