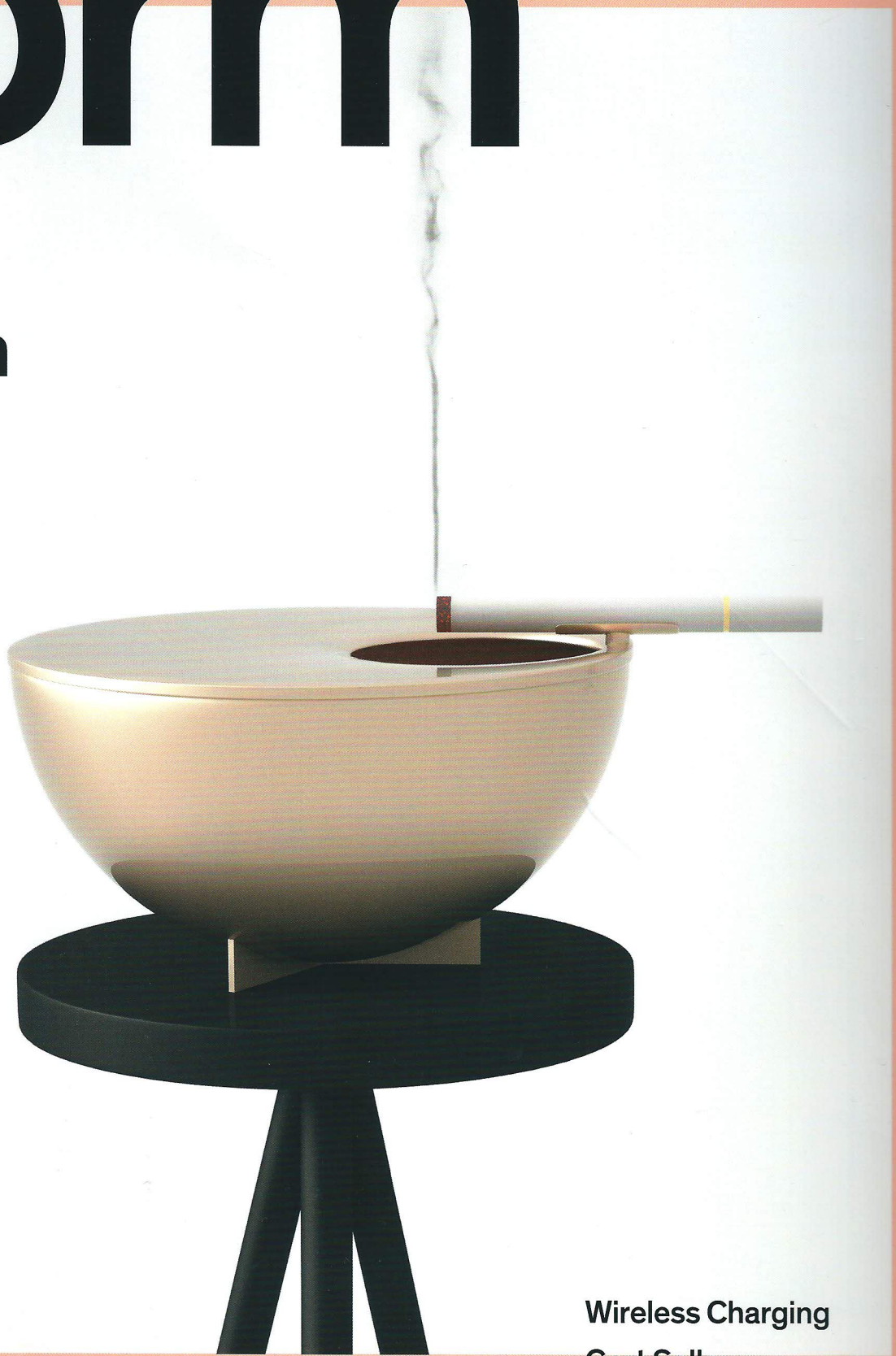
form

Design Meets Health



Wireless Charging

Gert Selle:
Design from the Cloud

Space Design

Design Magazine
N° 261, Sep/Oct 2015
Established 1957

DE €16.90 AT € 17.90 CHF 25.00
BE €19.50 ES €22.90 FIN € 25.50
LU €19.50 ITA €19.50

4194205016907 05

Chitosan

Text: Mareike Gast

Nach Cellulose ist Chitin das zweithäufigste natürliche Polymer. Jedoch lässt sich Chitin in seiner natürlichen Form nicht gut verarbeiten, da es im Gegensatz zu beispielsweise Stärke weder wasserlöslich noch thermoplastisch formbar ist. Es verfügt aber über beeindruckende mechanische Eigenschaften und ist verhältnismäßig beständig gegen chemische Einflüsse und eben wasserfest. Nicht umsonst bestehen Insektenpanzer und Krabbenschalen im Wesentlichen aus Chitin. Leicht verändert in seinen Eigenschaften und somit wesentlich einfacher zu verarbeiten ist Chitosan. Diese lösliche Variante wird durch eine sogenannte Entacetylierung aus Chitin – ursprünglich mittels Kochen in Kaliumlauge – gewonnen. Das resultierende modifizierte Naturprodukt ist nach wie vor durch natürlich vorkommende Enzyme biologisch abbaubar. Darüber hinaus ist es biokompatibel, antimikrobiell, antiviral, antiallergen, fettbindend und wundheilungsfördernd. Diese Eigenschaften machen sich besonders die Medizin und Nahrungsmittelindustrie seit vielen Jahren zunutze. Durch neue Verarbeitungsmöglichkeiten wachsen die Anwendungsfelder des Biokunststoffs derzeit enorm.

●

Rohstoffe und Gewinnung

Als Rohstoffquellen dienen derzeit vornehmlich Abfälle von Krustentieren aus der Lebensmittelindustrie, wie Garnelenschalen. Nach aktuellen Schätzungen fallen laut dem Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB) jährlich weltweit sechs bis zehn Millionen Tonnen, innerhalb der EU circa 280.000 Tonnen chitinhaltige Fischereiabfälle bei der Verarbeitung von Krustentieren an.[1] Durch chemische oder enzymatische Prozesse wird das in den Schalen enthaltene Chitin von den übrigen Stoffen wie Proteinen, Fetten, Pigmenten, Mineralien sowie Schwermetallen befreit, um es anschließend in Chitosan umzuwandeln. Die Eigenschaften von Chitosan unterscheiden sich einerseits durch die Prozessierung, dem Grad der Entacetylierung, aber auch durch die Art und Herkunft der Krustentiere. Hochreines Chitosan wird beispielsweise von der Firma Primex aus den Schalen der im Nordatlantik rund um Island wild gefangenen Kaltwassergarnele Pandalus borealis gewonnen: Es ist absolut farb-, geschmack- und geruchlos und allergenfrei.

Eine weitere, aber bisher weit weniger genutzte Quelle für Chitin stellen Pilze dar. Die belgische Firma Kitozyme stellt bereits aus den mit Zuchtchampignons verwandten Pilzen Aspergillus niger Chitosan her. Dabei greift sie ebenso auf Nebenprodukte der Lebensmittelindustrie zurück, da sie Teile der Pilze verwendet, die für den Verkauf im Supermarkt aussortiert wurden. Im Gegensatz zu Chitosan aus Garnelenschalen, das abgesehen von der hochreinen Variante meistens noch Krabbenreste in sich trägt, ist Pilzchitosan von sich aus farb-, geschmack- und geruchlos – eine wesentliche Voraussetzung für die Firma

1 Fraunhofer Jahresbericht, online verfügbar unter http://www1.igb.fraunhofer.de/deutsch/jahresberichte/2014-15-jahresbericht/epaper/ausgabe.pdf?rnd=55117eba484fb (zuletzt geprüft am 23. Juli 2015).

Translation: Emily J. McGuffin

Chitin is the second most abundant natural polymer after cellulose. In its natural form however, chitin cannot be easily processed because it is neither water-soluble nor thermoplastically mouldable – unlike starch, for example. It does have impressive mechanical properties though, is relatively chemical-resistant and even waterproof. It is no accident that insect carapaces and crab shells consist primarily of chitin. Chitosan is an altered form of chitin with slightly different properties making it significantly easier to process. This soluble variant is obtained through the deacetylation of chitin, originally done by cooking it in potassium lye. The resulting modified natural product is still biodegradable by naturally occurring enzymes. It is also biocompatible, antimicrobial, antiviral, anti-allergenic, fat binding, and it promotes wound healing. These characteristics are why it has been used for many years, especially in the medical and food industry. New processing techniques are now tremendously expanding the fields of application for this bioplastic.

●

Raw Materials and Extraction

The main raw material source today is shell waste from crustaceans prepared in the food industry, such as shrimp. According to current estimates published by the Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering and Biotechnology (IGB), between six and ten million tons of chitin-containing fishery waste are generated annually in processing worldwide, of which the EU accounts for approximately

Aagje Hoekstra, Insektenpanzer/insect shells, Basismaterial für / basic material for Coleoptera

Kitozyme, die vor allem Nahrungszusätze aus Chitosan herstellt. Kitozyme-Produkte nutzen unter anderem die Fähigkeit des Chitosans, Fett zu binden, um so beim Abnehmen zu helfen. Wie auch die meisten anderen funktionalen Eigenschaften besitzt Chitosan diese Eigenschaft nur, wenn es positiv geladen ist. Positiv geladenes Chitosan bindet in diesem Fall die negativ geladenen Fettmoleküle, sodass diese nicht verdaut, sondern wieder ausgeschieden werden. Zumeist ist die positive Ladung ein praktischer Nebeneffekt, wenn Chitosan in Wasser gelöst wird: Da Chitosan nur in Wasser mit einem pH-Wert unter sechs löslich ist, wird eine Säure, oftmals Essigsäure, hinzugegeben, die eine Protonierung, also eine Anlagerung von positiv geladenen Protonen, bewirkt. Das heißt, in Wasser gelöstes oder vormals gelöstes Chitosan ist immer positiv geladen. Interessant ist, dass in den Produkten von Kitozyme die Protonierung nicht im Vorfeld, sondern direkt im Magen durch die Magensäure stattfindet.

In ihrem Projekt Coleoptera zeigt die Designerin Aagje Hoekstra, dass auch Insekten – ebenfalls ein industrielles Abfallprodukt – als Ausgangsmaterial für die Gewinnung von Chitosan genutzt werden können: Mehlkäfer fallen für die Zucht von Mehlwürmern als Tierfutter in großen Mengen an, da sie nur wenige Monate, nachdem sie ihre Eier gelegt haben, sterben. Hoekstra ist es mit Hilfe eines Studierenden der University of Applied Sciences Utrecht gelungen, das Chitin in den Panzern der Mehlkäfer von den restlichen Substanzen zu reinigen und in Chitosan umzuwandeln, ohne dabei die Struktur der Panzer zu zerstören.

280,000 tons.[1] Through chemical or enzymatic processes the chitin in the shells is extracted from the other materials, including proteins, fats, pigments, minerals, and heavy metals, for the subsequent conversion into chitosan. Chitosan properties differ after processing in terms of degree of deacetylation and by the crustaceans' nature and origin. The company Primex is one of the firms, which extracts high-purity chitosan from the shells of the cold-water shrimp Pandalus borealis caught wild in the North Atlantic around Iceland. It is absolutely colourless, tasteless and odourless and free of allergens.

Mushrooms are another source of chitin, albeit a minor one by comparison. The Belgian company Kitozyme has been producing chitosan from Aspergillus niger mushrooms, relatives of the cultivated mushrooms, as well as from by-products of the food industry, using parts of the mushrooms sorted out for grocery store sale. While shrimp shells usually contain shrimp remains except with the high-purity version of chitosan, mushroom chitosan is already colourless, tasteless, and odourless, making it more suitable for the company Kitozyme, which principally produces food supplements using chitosan. The fat-binding property of chitosan is one of the reasons why it is used in Kitozyme weight loss products. Like functional characteristics in general however, chitosan only evidences this property if it is positively charged. Positively charged chitosan binds negatively charged fat molecules so that they are excreted rather than digested. In most cases the positive charge is a convenient side effect if chitosan is dissolved in water. Because it is only soluble in water with a pH below six, an acid has to be added, often acetic acid, which causes protonation – that is an accretion of positively charged protons. Chitosan dissolved in water or previously dissolved is thus always positively charged. It is interesting that Kitozyme products protonation takes place only in the stomach through gastric acid, rather than in pre-processing.

The Coleoptera project of designer Aagje Hoekstra demonstrates that even insects can be used – likewise an industrial waste product – as a material for the extraction of chitosan. Large quantities of mealworm beetles accumulate in the breeding of mealworms for animal feed, as the beetles die within a few months of laying eggs. With the help of a student from the University of Applied Sciences Utrecht, Hoekstra has succeeded in removing other substances from the chitin in mealworm beetle carapaces and converting it into chitosan without destroying the carapace structure. She then presses the carapaces into intriguing surfaces and bowls which highlight the material's natural structure and call attention to its origins.

Chitosan in Textiles

Chitosan is widely used in textiles due to its antibacterial – or more precisely bacteriostatic – property. Like its fat-binding characteristic, this property results from the positive charge of the molecules. Protonated chitosan attracts the generally negatively charged bacteria, inhibiting cell division and thus multiplication through various interactions.

This is how the chitosan coated Tencel C fibres produced by the company Lenzing have a skin-calming effect, promoting healing and regeneration. Used in compression stockings, the recommended 30 per cent in content is said to demonstrably slow down skin ageing through better moisture transport.

The company Pulcra even goes one step further with its Skintex product, which not only exploits the skin-effective properties of chitosan but also uses it to integrate additional

1 Fraunhofer annual report, online available at http://www1.igb.fraunhofer.de/deutsch/jahresberichte/2014-15-jahresbericht/epaper/ausgabe pdf?rnd=55117eba484fb (last checked on 23 July 2015).

Aagje Hoekstra, Coleoptera, Biokunststoff aus gepressten Insektenpanzern / bioplastic made of pressed insect shells

Jeongwon Ji, Krabbenschalen/crab shells, Basismaterial für / basic material for Bio Electric

Anschließend presst sie die Panzer zu beeindruckenden Flächen und Schalen, die die natürliche Materialstruktur und damit auch die Herkunft des Materials in den Vordergrund stellen.

Chitosan in Textilien

Aufgrund seiner antibakteriellen, genauer bakteriostatischen Wirkung findet Chitosan vielfältig Anwendung in Textilien. Diese Eigenschaft erklärt sich – wie auch die fettbindende Eigenschaft – durch die positive Ladung des Moleküls: Protoniertes Chitosan zieht die zumeist negativ geladenen Bakterien an und hemmt durch verschiedene Wechselwirkungen die Zellteilung und somit ihre Vermehrung.

Die Tencel C Fasern der Firma Lenzing bieten durch ihre Chitosanbeschichtung eine hautberuhigende Wirkung und fördern den Heilungs- und Regenerationsprozess. Eingesetzt in Kompressionsstrümpfen soll schon ein empfohlener Materialanteil von 30 Prozent eine nachweislich reduzierte Hautalterung durch verbesserten Feuchtigkeitstransport erreichen.

Einen Schritt weiter geht die Firma Pulcra mit ihrem Produkt Skintex, das nicht nur die hautwirksamen Eigenschaften von Chitosan nutzt, sondern Chitosan zudem einsetzt, um weitere aktive Wirk- und Duftstoffe in Textilien zu integrieren und nach Bedarf freizusetzen. Das Chitosan fungiert als Mikroverkapselungshülle, die verschiedene andere Stoffe in sich trägt. Auf Kleidung aufgebracht, geben die Kapseln die Wirkstoffe durch die Reibung des Textils auf der Haut frei, indem sie aufbrechen. Außerdem wird das Chitosan von körpereigenen Enzymen langsam abgebaut, was ergänzend zur Freisetzung der Wirkstoffe beiträgt.

Die gezielte Wirkstoffintegration und -freisetzung ist ebenfalls das Ziel des Deutschen Textilforschungszentrums Nord-West (DTNW). In dem kürzlich begonnenen Forschungsprojekt Tex Depot beschichtet das DTNW Textilien mit Polyelektrolytschichten – hauchdünne, sich abwechselnde Schichten aus positiv geladenen, kationischen und negativ geladenen, anionischen Polymeren. Eine Wirkstoffaufnahme ist möglich, weil eine Einlagerung von Molekülen zwischen die Elektrolytschichten stattfindet. Wird das beschichtete Textil in eine wässrige Lösung mit hohem Wirkstoffgehalt getaucht, findet automatisch ein Ausgleich der Verteilung der Wirkstoffe statt. Die Wirkstoffabgabe verläuft nach dem gleichen Prinzip: In feuchter Umgebung (zum Beispiel durch Schweiß) erfolgt wieder ein Konzentrationsausgleich, sodass Wirkstoffe abgegeben werden.

Polyelektrolytbeschichtungen sind zudem interessant, weil das Aufbringen sehr einfach ist: Die in Wasser gelösten Polyelektrolyte werden einfach abwechselnd auf das Textil – oder auf jedes andere leicht geladene Material – gesprüht oder darin eingetaucht. Polyelektrolytschichten weisen darüber hinaus eine inhärente antimikrobielle Aktivität auf, wobei durch Langzeittests auf Türgriffen neben der Wirksamkeit auch die mechanische Beständigkeit der Beschichtung nachgewiesen wurde. Prinzipiell können alle wasserlöslichen, geladenen Polymere als Polyelektrolyt eingesetzt werden. Protoniertes Chitosan eignet sich aufgrund seiner hautfreundlichen Eigenschaften jedoch im Besonderen für die Verwendung auf Textilien. Ebenso wird Chitosan gegenüber Beschichtungen aus nicht nachwachsenden und nicht biologisch abbaubaren Polymeren bevorzugt, da Natürlichkeit und Nachhaltigkeit in der Textilindustrie eine zunehmend wichtige Rolle spielen. Als Polyanionen stellen Alginate, Nanocellulose oder auch Hyaluronsäure ein perfektes Pendant zu Chitosan dar. Erste Versuche hat das DTNW bereits mit einer Kombination aus Carrageenan, einem aus Rotalgen gewonnen Hydrokolloid, und Chitosan unternommen.

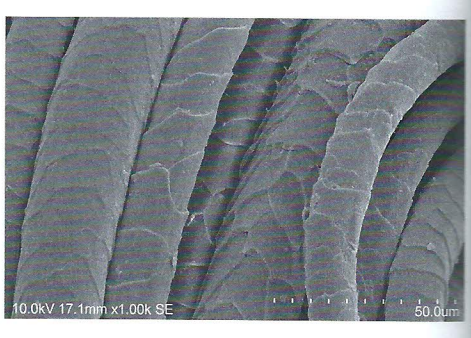
Chitosan als Folie

Die University of the Basque Country erforscht den Einsatz von Chitosan als Verpackungsmaterial für Gemüse. Wiederum ist es die antibakterielle Wirkung von Chitosan, die die

active agents and fragrances in textiles and release these as required. The chitosan acts as a micro capsule, containing various substances within itself. Applied on clothing, the capsules release the active agents when broken upon through friction of the fabric with the skin. In addition, body enzymes also slowly break down chitosan, augmenting the release of active agents.

Targeted substance integration and release is the subject of investigation by the Deutsches Textiforschungszentrum Nord-West (DTNW). In the recently launched Tex Depot research project the DTNW coated textiles with polyelectrolyte layers – extremely thin alternating layers of positively charged cationic and negatively charged anionic polymers. Substance absorption is possible because intercalation of the molecules between the electrolyte layers is occurring. When the coated textile is immersed in an aqueous solution with high substance content, the distribution of substances is automatically evened out. Substance release occurs by the same principle: concentration is evened out within an aqueous environment (like sweat, for example), releasing the substances.

Polyelectrolyte coatings are interesting as well due to their ease of application. Dissolved in water they are simply alternately sprayed onto the fabric (or any other easily charged material), or the fabric is immersed in the solution. Polyelectrolyte layers furthermore exhibit inherent antimicrobial activity. Long-term studies on door handles demonstrated that the coatings are not only effective but also mechanically durable. Any water-soluble charged polymer can in principle be utilised as a polyelectrolyte. Protonated chitosan however, is especially suited for use on textiles due to its skin-friendly properties. Chitosan is also preferable to coatings of non-renewable and non-biodegradable polymers due to an increasing demand for natural and sustainable textile products. Alginates, nanocellulose, and hyaluronic acid are superb complements to chitosan as polyanions. The DTNW has already begun experimenting with combining chitosan with carrageenan – a hydrocolloid extracted from red algae.



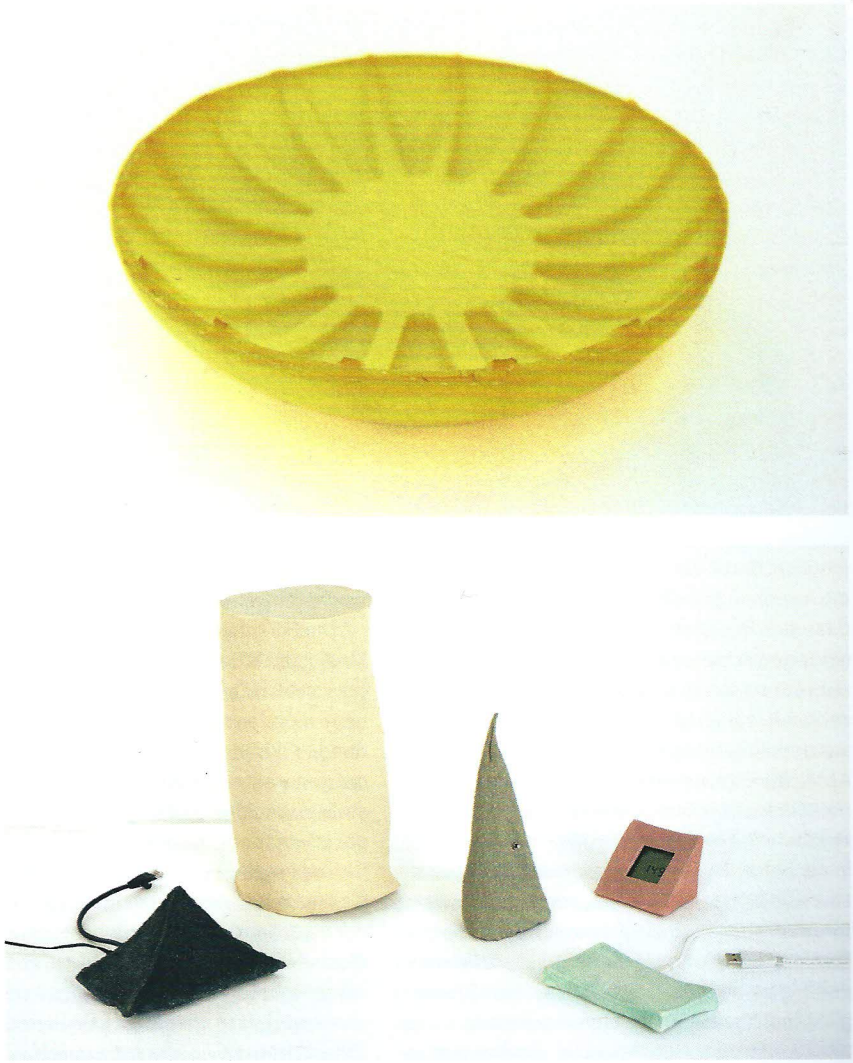
Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West, Tex Depot, Rasterelektronenmikroskopie von Wollgewebe mit zwölf Doppelschichten Chitosan / scanning electron microscopy of wool fabric with twelve double layers of chitosan

Haltbarkeit der Lebensmittel verlängert und auch ihre Farbe länger frisch hält. Koro de la Caba verfolgt zwei verschiedene Ansätze der Anwendung: Zum einen stellt sie eine Art Frischhaltefolie her, um Gemüse darin zu verpacken, zum anderen erforscht sie die direkte Beschichtung von Gemüse mit Chitosan. Die Beschichtung ist völlig transparent und farblos und daher auf dem Gemüse nicht sichtbar. Da sich die Beschichtung nicht einfach abziehen lässt, wurde bisher nur Gemüse beschichtet, das ohnehin geschält werden muss. Es ist auch denkbar, das Gemüse mit der Beschichtung zu essen – dazu fehlt jedoch bisher die Zulassung. Um das Chitosan in Wasser zu lösen und sprühen zu können, verwendet de la Caba nicht wie üblich Essigsäure, sondern Zitronen- oder Milchsäure. Obwohl der Säureanteil sehr gering ist, sind die Eigenschaften der Folie je nach verwendeter Säure unterschiedlich: so ist die Chitosanfolie, die mit Hilfe von Milchsäure hergestellt wurde, flexibler. Nach Aufsprühen der Chitosan-Lösung verdunstet das Wasser und zurück bleibt eine Beschichtung auf dem Gemüse oder eine biologisch abbaubare Frischhaltefolie, die ihrem Namen wahrhaftig gerecht wird.

Die Hochschule Osnabrück untersucht mit weiteren Forschungspartnern ebenfalls gesprühte Chitosanfolie – allerdings für Mulchfolie auf Ackerflächen. Mulchfolien dienen im Allgemeinen dem Abdecken von Ackerflächen, um das Wachstum von Unkraut auch ohne Herbizide zu verhindern. Eine erste, bereits erfolgreich getestete, eingefärbte Sprühfolie besteht aus Chitosan und Xanthan. Sie soll mit in der Landwirtschaft üblicher Technik auf die Ackerflächen aufgesprüht werden können, dort zur Folie aushärten und somit viel Arbeitszeit im Gegensatz zu herkömmlich ausgelegten Folien einsparen. Außerdem muss die Chitosan-Xanthan-Folie nicht wie andere biologisch abbaubare Mulchfolien untergepflügt werden, da sie auch auf der Oberfläche ausreichend gleichmäßig und schnell biologisch abgebaut wird.

3D-geformt

Über den Einsatz als Beschichtung oder Folie hinaus sind zukünftig auch dreidimensionale Bauteile aus Chitosan herstellbar. Einen ersten Schritt in diese Richtung zeigt der Designer Jeongwon Ji. Die Nachricht, dass sich derzeit die chinesische Wollhandkrabbe in der Themse ausbreitet, nahm der Student des Royal College of Art zum Anlass, die allgemein riesige Rohstoffmenge von Chitin aus Krabbenschalen in seinem Projekt Bioelectric für kurzlebige Elektronikprodukte zu nutzen. Mithilfe des Doktoranden Wan Nawawi vom Imperial College gelang es ihm, das Chitin aus den Krabbenabfällen selbst zu extrahieren. Er wandelt es jedoch nicht in Chitosan um, sondern zermahlt und presst es mit einem Binder aus Glycerin und roter Alge zu biologisch abbaubaren Gehäusen für verschiedene Elektrogeräte. Diese chemikalienfreie „Slow Production", wie Ji sie nennt, soll (zumindest konzeptionell) auch die schlechten



Jeongwon Ji, Bioelectric

Chitosan as Film

The University of the Basque Country is researching the use of chitosan as a packaging material for vegetables. The described antibacterial effect of chitosan extends food shelf life and keeps colours vibrant longer. Koro de la Caba has two applications: in cling film for vegetable packaging and as direct coating of vegetables with chitosan. Being completely transparent and colourless, the presence of the coating on vegetables is invisible. The coating is difficult to remove, thus so far only vegetables have been coated, which are peeled anyway. Vegetables could potentially be eaten with the coating on, but this has not been approved yet. To dissolve chitosan in water for spray application de la Caba uses citric or lactic acid rather than the standard acetic acid. The properties of the film still vary depending on the acid used, despite the amount of acid used being relatively small. Using lactic acid, for example, makes chitosan film more flexible. After spraying the chitosan solution, the water evaporates, leaving a coating on the vegetables or a biodegradable plastic wrap that keeps foods fresh.

Together with research partners the Osnabrück University of Applied Sciences is studying spray-on chitosan as a mulch film on agricultural fields. Mulch films are generally used to cover arable land to combat weeds without herbicides. The first successfully tested, dyed spray film is made of chitosan and xanthan. It is to be sprayed on farmland using conventional agricultural technology where it congeals into a film, saving a lot of work compared to conventional laying of films. Chitosan-xanthan film does not have to be ploughed under like other biodegradable mulch films because it biodegrades sufficiently evenly and rapidly on the surface.

Moulded in 3D

Beyond coating and film applications, in future it will also be possible to produce three-dimensional components out of chitosan. Designer Jeongwon Ji, a Royal College of Art student, has taken the first step in this direction and has responded to news of the spread of the Chinese mitten crab in the Thames with a bioelectric project in which the rich chitin content in the crab's shell is used to make short life electronics products.

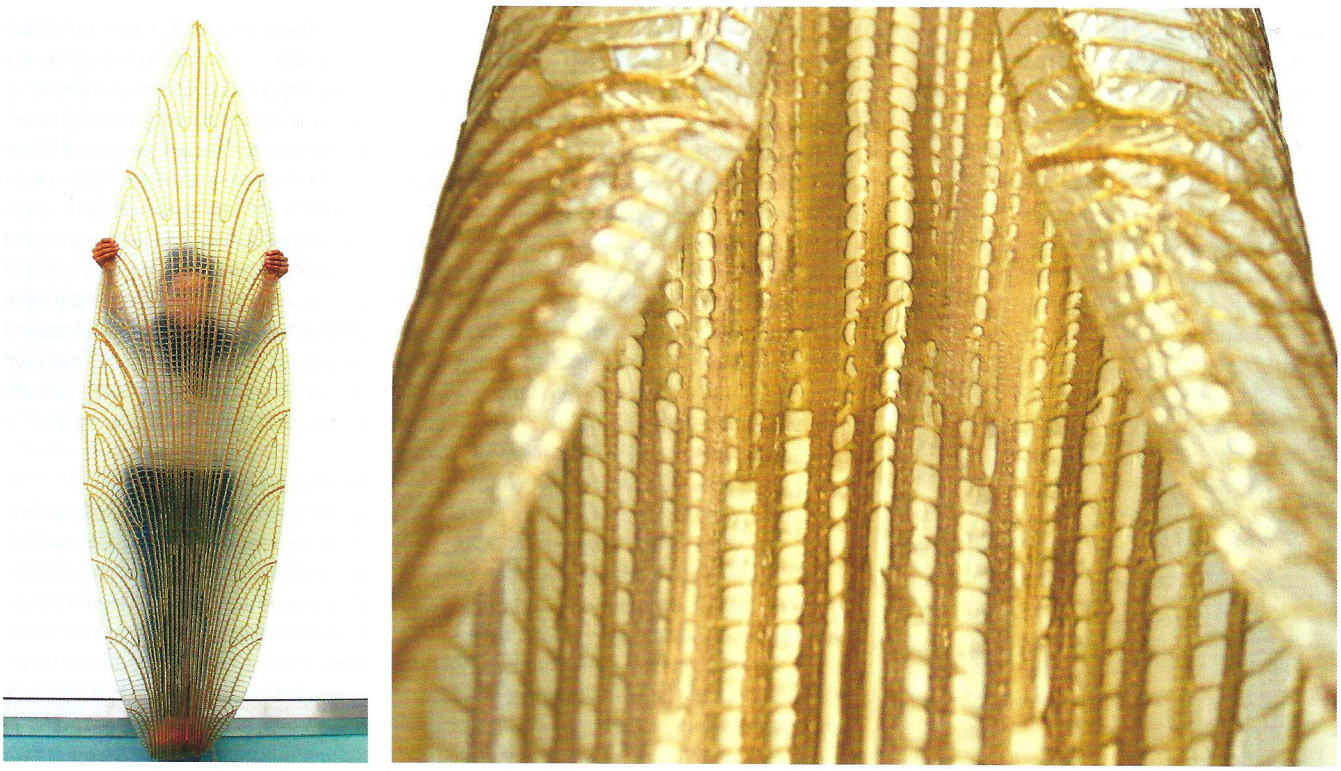
Umgebungsbedingungen der Fabrikarbeiter, in der heutigen Elektronikproduktion, verbessern. Den größten Mehrwert des Materials sieht er in dessen hoher taktiler Qualität, der angenehmen Oberfläche, der steuerbaren Transluzenz und Flexibilität sowie in der Nachhaltigkeit.

Mit ebenso vielfältigen Materialeigenschaften, aber für den Einsatz in einer industriellen Fast Production geeignet, verarbeitet Sebastian Boris Hein vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) Chitosan seit Kurzem thermoplastisch mit normalen Spritzgussmaschinen. Normalerweise ist dies unmöglich, da die Polymerketten von Chitosan eine so starke Anziehungskraft zusammenhält, dass die benötigte Hitze, um diese zu lösen, die Polymere selbst zerstört. Da die Chitosanketten jedoch nicht wie bei Duroplasten chemisch vernetzt sind, war es Hein möglich, durch den Einsatz von Weichmachern die Anziehungskräfte so weit herabzusetzen, dass sich das Chitosan bei ausreichend niedrigen Temperaturen verformen lässt, ohne dabei Schaden zu nehmen. Als Weichmacher verwendet Hein keine toxischen Substanzen, sondern Fruchtsäuren wie Zitronensäure, Apfelsäure oder Weinsäure. So bleibt auch die rückstandsfreie biologische Abbaubarkeit erhalten. Die Herausforderung, so Hein, besteht in der richtigen Zusammensetzung aus Fruchtsäure und Chitosan, sodass das Material zwar formbar, aber auch nicht zu weich wird. Hier kommen erschwerend die natürlich variierenden Eigenschaften von Krabben hinzu. Etwas gleichmäßiger seien die Lieferungen aus Krabbenfarmen. Besonders ist, dass in dem fertigen Bauteil die thermoplastischen Eigenschaften wieder rückgängig gemacht werden können. Durch verschiedene Zusätze und die Parameter der Prozessierung können wie auch sonst im Spritzguss üblich die Eigenschaften des Materials hinsichtlich der Haptik, des Abbauverhaltens oder der Härte beeinflusst werden. Anwendungsmöglichkeiten von extrem kosteneffizient hergestellten Spritzgussteilen aus Chitosan sieht Hein aufgrund der hervorragenden biologischen Abbaubarkeit des Biokunststoffes vor allem in Verpackungen, um den aktuell riesigen Umweltproblemen zu begegnen. Ebenso vorstellbar sind degradierende medizinische Implantate, da sich Chitosan im Körper abbaut, ohne störende oder sogar schädliche Abbauprodukte zu hinterlassen. Im Gegensatz dazu hinterlassen beispielsweise Polylactide (PLA) Milchsäure, die im Körper zur Absenkung des pH-Werts führen und somit das Knochenwachstum mindern kann.

Die Forscherin Laia Mogas-Soldevila der Mediated Matter Gruppe des Media Lab des MIT, die von Neri Oxman geleitet wird, zeigt völlig neue architektonische Strukturen und Anwendungen durch die Verarbeitung von Chitosan mit generativen Technologien. Im August 2015 stellt sie auf dem Future Visions Symposium der International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) in Amsterdam den Ocean Pavilion aus Chitosan-Leichtbaukompositen vor, der nach dem Vorbild von Insektenflügeln und Blattaderstrukturen konstruiert und generativ durch Robotereinheiten gefertigt wurde. Sie verwendet dazu allerdings kein thermoplastisches Chitosan, sondern die übliche wasserlös-

With the help of Imperial College PhD student Wan Nawawi he successfully extracted chitin from crab waste on his own. Instead of converting it into chitosan however, he grinds it up and presses it using a glycerol binder and red algae into biodegradable casings for various electronics devices. This chemical-free slow production, as Ji calls it (conceptually slow at any rate), is intended to improve poor environmental conditions faced by the factory workers who make today's consumer electronics. The greatest added value delivered by the material lies in his opinion in its high tactile quality, agreeable surface, controllable translucency, and flexibility, and its sustainability factor.

Boris Sebastian Hein of the Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials (IFAM) has recently begun thermoplastically processing chitosan, with its myriad properties as a material, on standard injection moulding machines for industrial fast production purposes. This is impossible under normal circumstances, as chitosan's polymer chains are bonded so strongly that the heat required to dissolve them would destroy the polymers themselves. However, because chitosan chains are not chemically cross-linked like thermosets, Hein succeeded in reducing the bonding strength using softening agents to render chitosan mouldable without damage at sufficiently low temperature. Hein uses no toxic substances for plasticising, just citric, malic, tartaric, and other fruit acids, thus ensuring residue-free biodegradability. The challenge, according to Hein, is to get the right proportion of fruit acid to chitosan to make the material



Mediated Matter Group, MIT Media Lab, Konstruktion aus Chitosan-Leichtbaukompositen / construct made of lightweight chitosan composites

liche Variante als Hydrogel. Je nach Konzentration des Gels variiert es von einer weichen bis zu einer steifen Konsistenz. Durch einen maßgeschneiderten mehrkanaligen Extrusionskopf für wasserbasierte Materialien ist es dem Team möglich, gradierende Materialeigenschaften innerhalb eines Bauteils herzustellen und so die stabilisierenden Prinzipien des Flügels zu imitieren: Die Aderstruktur verteilt durch die Verästelungen von außen wirkende Kräfte ideal. Der besondere Aufbau der Flügel mit eingelagertem Wasser verleiht ihm eine elastische Stabilität und die Möglichkeit zur Anpassung bei sich verändernden Krafteeinwirkungen – analog zum Turgordruck, dem stabilisierend wirkenden Zellinnendruck. Außerdem erlaubt die Fertigung mit einem Roboter die Realisierung großer Formate von bis zu drei Metern Höhe und einem Meter Breite, als auch individuelle Geometrien und Strukturen. Darüber hinaus falten sich die Flügel nach einem zweidimensionalen Prinzip, abhängig von Extrusionsdruck und Geschwindigkeit eigenständig in eine stabilere Form mit Hilfe von punktuell betriebenen und computergesteuerten Ventilatoren, die den Schrumpf im Material durch Wasserverdunstung gezielt beeinflussen. In Zukunft sollen in die wässerigen Strukturen sogar fotosynthetisch aktive Cyanobakterien integriert werden und damit die architektonischen Blätter komplettieren.

Die Vielfalt der besonderen Eigenschaften und natürlichen Vorkommen als auch der neuartigen Verarbeitungsmöglichkeiten machen Chitosan zu einem beeindruckenden und vor allem zukunftsweisenden Material, das hoffentlich schon bald eine weit größere Anwendung findet als bisher.

• Mareike Gast ist Industriedesignerin mit einem eigenen Büro in Frankfurt am Main, spezialisiert auf neue Materialien und Technologien. In enger Zusammenarbeit mit der Industrie und Forschung entwickelt sie innovative Produkte und Produktstrategien. Neben ihrer Tätigkeit in der Produktentwicklung lehrt Mareike Gast regelmäßig an verschiedenen internationalen Hochschulen.

primex.is
kitozyme.com
aagjehoekstra.nl
lenzing-fibers.com/tencel/
dtnw.de/forschungsvorhaben/aktuelle-forschungsvorhaben/texdepot
sc.ehu.es/iawcacik/Ingles
jeongwonji.com
ifam.fraunhofer.de
matter.media.mit.edu/people/bio/laia-mogas-soldevila

Fraunhofer IFAM, Extrudate aus thermoplastischem Chitosan / extrudates made of thermoplastic chitosan

malleable but not too soft. The fact that crabs' properties vary creates difficulties, which can be addressed by taking supplies from crab farms. Intriguingly, the thermoplastic properties of the finished components can be reversed. As usual in injection moulding, various additives and processing parameter changes can influence the material's haptics, degrading behaviour or hardness. Because of the factors of extremely low-cost production and the excellent biodegradability of bioplastic, Hein sees the chief applications for injection moulded parts made of chitosan being in packaging, to help tackle today's grave environmental problems. Biodegradable medical implants are another conceivable application, as chitosan degrades in the body without harmful or even bothersome breakdown products resulting. In contrast, polylactide (PLA) leaves lactic acid residue, which lowers the body's pH value and can therefore hinder bone growth.

Lead research assistant Laia Mogas-Soldevila of the Mediated Matter Group directed by Neri Oxman, part of the Media Lab at the MIT, has demonstrated entirely new architectural structures and applications through the processing of chitosan using generative technologies. At the Future Visions Symposium held in Amsterdam by the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) in August 2015, Mogas-Soldevila presented an Ocean Pavilion made of light-weight chitosan composites. Modelled after a insect wings and leaf venation patterns, the structures were robotically manufactured by a platform. Instead of thermoplastic chitosan she used regular a water-soluble hydrogel. The gel's consistency can vary from a soft to stiff viscosity depending on the concentration. Using a custom multi channel extrusion head, the team managed to create different material properties within a component to achieve stabilisation observed in wing structures, with veins, which distribute external forces in ideal fashion. The special design of the wings with embedded water gives them an elastic stability and allows modification in response to changes in force in a manner analogous to turgor pressure, that is the stabilising internal pressure of cells. In addition, robot production permits realisation of larger formats of up to three meters in height and one meter in width, as well as individual geometries and structures. The wings fold on their own into a more stable form according to the level of two-dimensional material organisation, levels of extrusion pressure, and speed, as well as via the use of a locally actuated computer fan array, which drives the material to shrink it in a targeted manner via evaporation of water content. In the future, photosynthetic cyanobacteria will even be integrated into the aqueous structures, complementing the architectural leaves.

Its array of special properties and natural sources and new processing techniques make chitosan an extremely promising and impressive material which one can only hope will soon be more widely used than in the past.

• Mareike Gast is an industrial designer with her own business in Frankfurt/Main, specialising in new materials and technologies. In close co-operation with the industry and research, she develops innovative products and product strategies. In addition to her work in product development, she also regularly teaches at various international universities.