



YAPIŞKAN DURUMLAR:

TUTKALIN MUCİZELERİ

Çeviri: Seren TÜRKER

Tarih: 26.09.2017

Birçoğumuz için, tutkalın mucizeleri ilkokul dönemlerinde zirve yapıyor. Onu yasaklı bir lezzet olarak tüketir, dönem dönem elişi kraft kağıtlarını oluşturmak için kullanır ve bazılarımız da eşyaları süslemekte renk çeşitliliği yaratmak için kullanırız. Sonra, örneğin ikinci sınıfta, çoğu kişi tutkal hakkındakileri unuttur. İlk çekicilik uçar gider ve bunun yerine yapışkan maddeleri kabullenmeye başlarız. Fakat, gerçekte tutkal daha fazla ilgiyi hak ediyor. Çünkü, birçok farklı şekilde karşımıza çıkar, şaşırtıcı kaynaklardan türetilir ve birçok fonksiyonu yerine getirir.

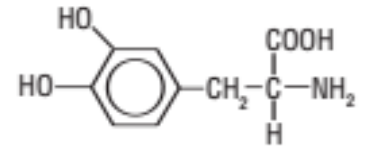
Yapışkan canlılar ve canlılardan elde edilen yapışkan maddeler

Midye, balık ve kertenkelenine ortak özellikleri neler? Hepsini yapışma veya yapışkan olma özelliğine sahipler. Bu grubun en çarpıcı üyesi midyedir. Midyeler daimi olarak hayatlarını okyanuslardaki kayalara yapışarak geçirirler. Stresli bir hayat-süreklilik olarak sert dalgalara maruz kalırlar, fakat yine de yerlerinden sökülmezler. Peki sırları nedir? Midyenin sağlamlığının anahtarı, "ayaklarındaki" salgı bezlerinden kaynaklanan, İngilizce'de byssus adı verilen, Türkçe'de sakal olarak adlandırdığımız yapışkan bir salgıdır. Santa Barbara'daki California Üniversitesi'nde araştırmacı olan Herbert Waite, bu bezlerin iki materyal salgıdığını keşfetti: reçine benzeri proteinler ve sertleştirici maddeler.



İkisi karışıp su ile temas ettiğinde, sertleşirler, bin kat darbelere karşı dayanıklı bir bağ oluşturur. Sertleştirme sürecinde ilginç kimya devreye girmektedir.

Yapıştırıcı sertleşmeden önce, sakalın içindeki moleküller DOPA veya dihidroksifenilalanininden oluşan yan gruplara sahip polimer zincirleri formundadırlar.



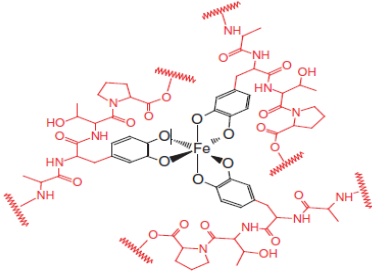
dihidroksifenilalanin (DOPA)

Polimer zincirleri basit olarak, moleküllerin kovalent olarak birbirleriyle bağlanması ile oluşan uzun zincirlerdir. DOPA niye önemli? Pekala, oksitlenmiş haliyle, midye tutkalının protein zincirleri arasındaki çapraz bağlanmada yer alır ve midyeyi kayaya bağlayan bir ağ oluşturur. Çapraz bağlanma kendi tutkalının yapışkanlığı ve yüzeylere yapışabilmesi için önemlidir.



Bununla birlikte, DOPA'nın çapraz bağlanma hikayesi burada bitmiyor. Midye tutkalı önemli derecede yüksek derişimde demir içermektedir ve Purdue Üniversitesi'nden Jonathan Wilker bunun nedenini araştırmak istemiştir. 2004'te Wilker tarafından yapılan araştırma; midyeler su ile çevrelendiklerinde, sudaki demiri çapraz- bağ yapısını oluşturan DOPA yan zincirleri ile aracılığı ile beraber sakalı oluşturan moleküllere katılmak için kullandıklarını gözler önüne sermektedir. Her bir demir atomunun üç DOPA yan zincirine bağlanabileceği ortaya çıkmıştır.

Demir-DOPA ile bağlı moleküller oksijene maruz kaldıklarında, bu kompleks radikaller oluşturur. Radikaller son derece reaktif maddelerdir ve bu durumda reaktiviteleri tutkalın iç çapraz bağlanmasında ve tutkalın yüzeylere bağlanmasında rol oynar. Sürecin sonunda midyeler, hayatları için seçtikleri kayalıkta kalacak güçlü, su geçirmez bir yapıştırıcıya sahip olur.



Her bir demir atomu DOPA'nın üç yan zincirini birbirine bağlar

Balık tutkalı

Midye tutkalı, güçlü olmasından kaynaklanan etkileyiciliğine rağmen, sadece midyelerin amaçlarına uygundur. Diğer hayvansal türevli tutkallar, kendi ihtiyaçlarını karşılamak için insanlar tarafından kullanılmıştır. Örnek olarak balık tutkalı, belirli balık türlerinin derisini veya kemiklerini suda ısıtarak hazırlanır. Ekstra-saf balık tutkalı balıkların hava kesesinden üretilir. Protein temelli madde, 1750'lerde patentlendi ve halen bugün çeşitli görevler için kullanılıyor. Balık tutkalı özeldir çünkü deriye iyi yapışır ve sıcak su veya buhar ile (bağlandığı yüzeyde bozulma yapmaksızın) kolayca çıkartılabilir. Bu nitelikler, ilginç bir şekilde boru organlarının restorasyonu ve onarımı için iyi bir aday olmasını sağlar.

Balık derisinden elde edilen yapıştırıcı, vana disklerinde, contalarda ve pnömattikte kullanılır. Bu deri bileşenleri kaçınılmaz olarak aşınır ve değiştirilmesi gerekir. Balık tutkalı, yeni derileri yeniden birleştirirken bir seçenektir, çünkü bozulunca (yaklaşık 50 yıl sonra veya daha fazla) tutkal alete zarar vermeden çıkarılabilir.

Tutkal fabrikasına gidilirse...

Ama, yapışkan olan organizmalar sadece deniz hayvanları değiller. Tutkallar, aynı zamanda at gibi hayvanların toynak, deri ve kemiklerinin kaynatılmasıyla da elde edilir. Yaşlı atların yapıştırıcı fabrikasına götürüldüğünü duymuş olabilirsiniz. İçlerinde bazı gerçekler var. Örneğin, geçmişte deri yapışkanı yay yapmak, seramikleri birbirine yapıştırmak için kullanılırdı ve günümüzde hala ahşap işlerinde kullanılmakta. Tutkal, kollajen salan post ve derilerin; onları yumuşatma ve dokuyu bozma özelliğindeki kireç (Ca(OH)₂) içeren bazik bir çözeltide ısıtılması ile elde edilir.

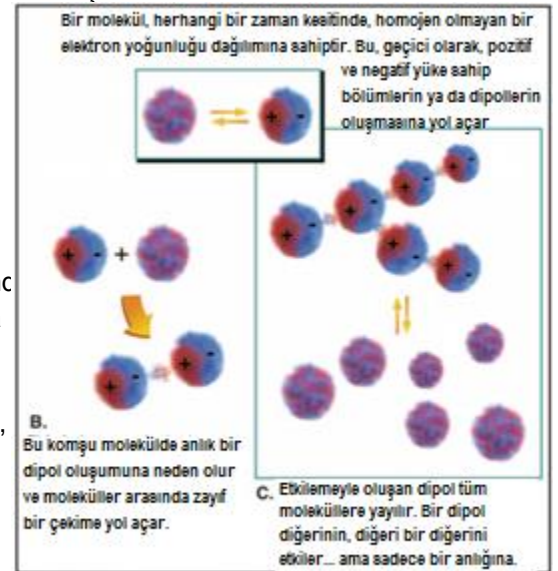
Daha sonra, deriler fazla olan kirecin giderilmesi için su ile durulanır ve kirecin uzaklaştırılması için nötralizasyon amacıyla hidroklorik asit eklenir. Sonuçta "stok" olarak bir süre ısıtılır; bu da kolajenin yapışkan bir maddeye daha fazla dönüşmesini sağlar. Deri tutkalı soğuduktan sonra, jelatinimsi bir kaliteye ulaşır. Tüm su buharlaştığı için deri tutkalı konsantre tabakalar veya bloklar haline gelecektir. Deri tutkalını kullanmak için, uygun miktar sıcak suya eklenip eritilmesi, daha sonra da yapışması istenen cismin üzerine vavılması gerekir.

Duvarlara tırmanan kertenkelelerimiz var

Kertenkeleler tümüyle dikey olanlar da dahil olmak üzere her çeşit yüzeye tırmanırlar.



Lewis ve Clark Üniversitesi'ndeki Profesör Autumn Keller ve lisans öğrencileri yaratıkların yerçekimine nasıl karşı koyabildiklerini keşfettiler. Kertenkelenin atik ayak hareketlerinin temeli ayakları üzerinde yer alan setae adı verilen milyonlarca küçük saç lifidir. Seta'ların her biri, spatula olarak adlandırılan ve mikroskopik ölçülerdeki milyarlarca sayıdaki daha fazla uca bölünmüştür. Bu minik kıllar, kertenkelenin yapışkan bir maddeyi salgılamasından ziyade mekanik yaklaşımla bir yüzeye tutunması için çalışırlar. Böylece, kertenkelenin "yapışkanlığı" nın anahtarı, van der Waals kuvvetleri denilen bir şeydir. Van der Waals kuvvetleri nötr moleküller arasındaki üç tür çekici kuvveti ifade eder: dipol-dipol kuvvetlerini, hidrojen bağlarını ve London dispersiyon kuvvetlerini. Kıvrak kertenkele tarafından kullanılan van der Waals kuvvetleri London dispersiyon kuvvetleridir. Bunlar, bir atomda anlık, oluşan geçici bir dipolunun komşu atom üzerinde etkimesiyle, moleküller arasında oluşan zayıf elektrodinamik kuvvetler olup atomların birbirine çekilmesine neden olur.



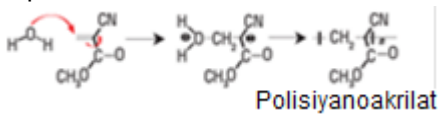
Van der Waals kuvvetleri

Tüm moleküller van der Waals kuvvetlerine maruz kalırlar, ancak kertenkelenin sırrı yüzey alanıdır. Çünkü, çok sayıda kıl ve spatula nedeniyle, kertenkelenin ayağının toplam temas alanı muazzam büyük olabilir, bu yüzden tüm küçük çekim merkezleri ciddi yapışkanlık katabilir.

Van der Waals kuvvetlerinin yanında kertenkelenin yapışma yetkinliği geometriye dayandırılabilir. Bir kertenkele çalışırken, ayakları kıl ve yüzey arasındaki teması optimize edecek şekilde hareket eder. Kertenkele, aslında ayak tabanlarını aşağıya iter ve hafifçe kaydırarak yapışmayı başlatır. Ayaklarını tekrar kaldırmak için kılların yüzeyle temas açısını artırılır ve kertenkele her defasında ayağını yerden "soyar".

Herhangi başka bir isimle tutkal

Deri tutkalı sizin için haberlere sahip olsa da, süper tutkal ve goril tutkalı gibi ürünleri tanımak daha kolay olabilir. Süper tutkal küçük kaplar halinde gelir ve ciddi anlamda çok yapışkanlık sağlar. Yapışma kalitesinden sorumlu olan molekül akrilik bir reçine, siyanoakrilattır. Siyanoakrilat, 1940 larda Eastman Kodak firmasındaki Harry Coover tarafından keşfedildi. Yapışkan maddeyi keşfinden sonra, Eastman Kodak malzemenin alternatif kullanımlarını araştırmaya başladı. Siyanoakrilat tutkalının kilitleme noktası deriye yapışmasıdır. Bu nedenle, cerrahi insizyonu çevreleyen dokunun bir araya getirilmesinde tıbbi olarak kullanılabilirliğini görmek için araştırma yapıldı. Yapabildi ve yaptı. Aslında Vietnam Savaşı boyunca, savaş yaralarında siyanoakrilat yaralanmış kişinin tıbbi bir tesise götürüleşiye kadarki kanamayı hızlıca durdurmak için kullanılmıştır. Peki siyanoakrilat, Supertutkal gibi ürünlerdeki yapışkan sihrini nasıl etkiliyor? Sıvı durumda Supertutkal'ın ana maddesi metil-2-siyanoakrilat monomeridir. Suya maruz kalma, (veya suda bulunan az miktarda hidroksit iyonu) monomerlerin, iki yüzeyi birbirine bağlayabilecek uzun zincirler oluşturduğu bir polimerizasyon tepkimesine neden olur.



Çoğu yüzeyde eser miktarda nem var olduğundan, Supertutkal çok fazla koaksiyel olmaksızın hızlıca kürlenir. Supertutkalın paketinin duvarlarına yapışmasının nedeni, asidik bir stabilizatör eklenmesidir.

Bu stabilizatör, polimer zincirlerinin oluşumunu engeller; ancak, orta derecede nem içeren her yerde yüzeyleri kaplayan ince su filmleri stabilizatörün durdurucu etkisini yok eder. Supertutkalın oluşturduğu güçlü, su geçirmez bağın kırmanın bir yolu var mıdır? Yapışkanlığını zayıflatabilecek bazı etmenler vardır. Örneğin, yapışmış maddeleri 82 °F nin üzerine ısıtmak veya 0 ° C'nin altına soğutmak tutkalı yumuşatır veya kırılabilir hale gelmesine neden olur. Oje çıkartıcılarında bulunan bir madde olan aseton da, polimer zincirlerini kısmen çözerek birbirlerinden ayırarak kolaylaştırarak bağı yumuşatabilir.



Primatlar ve poliüretan

Size tanıdık gelen insan yapımı tutkalın bir diğer türü Gorilla Tutkalıdır. Gorilla Tutkalı, ev tamirlerinde ve ağaç işlerinde kullanılır ve su geçirmez bağı ile bilinir. Supertutkalın aksine, Gorilla Tutkalı saniyeler içerisinde kurumaz. Bunun yerine, kişiye yüzeylerin kayganlaştırılabilir mükemmelliğe getirilebileceği 20 dakikalık bir pencere kullanmasına izin verir. Bu bağı önemi nedir? Cevap poliüretan polimerleridir. Bir poliüretan polimeri üreten bağları aracılığı ile birbirine tutturulmuş bir molekül zinciridir. Zincir oluşumundan sorumlu ana reaksiyon iki monomer türü arasındadır: bir poliöl (polietilen glikol veya polyeşter poliöl) ve bir diizosiyanat (aromatik veya alifatik). Monomer türüne ve/veya kullanılan katalizöre bağlı olarak, poliüretanlar birçok farklı özelliğe sahiptirler. Maddenin; polimerleştirici reaktiflerin çeşitliliği ve farklı katkıları ile tutkal olarak kullanılmasına rağmen, bir vernik veya köpük olarak işlev görmesini sağlayan özellikler elde edebilir. Örneğin, bir aromatik diizosiyanat monomerin kullanılması, lineer bir monomerin kullanılmasının aksine, farklı mekanik özelliklere sahip bir madde oluşturacaktır.

Kullanılan poliöl ile de aynı çeşitlilik sağlanabilir; bir polietilen glikol monomeri, bir polyeşter poliölden daha yumuşak, daha esnek bir poliüretan üretir.

Yapışkanın iç yüzü

Şimdiye kadar farklı tutkal türlerinin nasıl bağlar oluşturduğunu inceledik, bir sonraki mantıklı soru da, tutkalların yapıştıkları yüzeylerle nasıl etkileşime girdiğidir? Bir tutkal küresi, iki cismi kendisine ve birbirlerine yapışmaya nasıl ikna eder? Bu çeşitli yollarla olabilir. İlk yol sağduyuyla kavranabilir. Tutkallar mekanik olarak, iki yüzeydeki gözeneklere ve çatlaklara nüfuz edip yapışma alanını artırır. Bazen yapışkanların etkinliği, yüzeylerin daha pürüzlü hale getirilmesi ile artırılabilir. Bu, tutkalın içine yayılacağı ve nüfuz edebileceği bolca çatlak sağlar.

Tutkalın çalışabilmesi için diğer bir önemli yol, yapıştırılan nesnelerin yüzeylerinde bulunan elektrostatik kuvvetlerden faydalanmaktır. Farklı nesnelere, değişen dipol momentleri ile birbirlerine çekebilecekleri moleküller içerir. Elektronlar, bir yüzeyden diğerine aktarılırken birbirlerini çeken pozitif ve negatif yükler oluşturularak bir yapışma kuvveti yaratırlar. Çocukluk tadına bakılan bir şey olarak anımsananduygusal rolüne kıyasla tutkalın çok daha fazla boyuta sahip olduğu açıktır. İster hayvanlar isterse insanlar yapıyor olsun, tutkallar gerek duyduğumuz pek çok şeyi yapıştırıyorlar. Etrafa bakın; tutkallar doğadan kimya laboratuvarına kadar her yerde var.

KAYNAKLAR

* Burdick, A. *Biochemists Turn to Mussels for a Real Bonding Experience*. Discover, 2005, 24.

* Cobb, C. and M. Fetterolf. *The Amazing Science of Familiar Things*. New York: Prometheus Books, 2005.

* Goho, A. *Marine Superglue: Mussels Get Stickiness From Iron in Seawater*, Science News Online, 2004, 165.

* Additional references can be found in the Teacher's Guide.

* Linda Shiber is a freelance writer living in Louisville, KY. She is working on a medical degree and lives with her dog, Ralph.