



BLOOD REPELLENT SUPERHYDROPHOBIC SURFACES CONSTRUCTED FROM NANOPARTICLE-FREE AND BIOCOMPATIBLE MATERIALS

NANOPARTİKÜL İÇERMİYEN BİYUYUMLU MALZEMELERLE YAPILMIŞ KAN İTİCİ SÜPERHİDROFOBİK YÜZEYLER

ALINTI: doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2021.111864>

YAZARLAR: Nusret Celik, Furkan Sahin, Mahmut Ruzi, Mehmet Yay, Ekrem Unal, M. Serdar Onses

ÖZETLEYEN: Furkan ŞAHİN

GİRİŞ

Düşük yüzey enerjili, mikro ve/veya nano ölçekli yüzey pürüzlülüğüne sahip yüksek temas açılı süperhidrofobik yüzeyler, üzerindeki sıvı-katı arayüzünü minimize ederler. Bunun bir sonucu olarak bu yüzeylerin kan itici özelliklerinin geliştirilmesi konusunda son yıllarda çalışmalar hız kazanmıştır. Kan, yabancı bir yüzeyle temas ettiğinde, proteinler hızlı bir şekilde yüzeye adsorbe olur, trombositlerin bağlanması ve reaksiyonunu hızlandırarak pıhtılaşmaya yol açar. Eritrositlerin yüzeyle etkileşimi ise hemolize sebep olabilir ve bu da beyaz kan hücrelerinin reaksiyonu sonucunda iltihaplanma ve şişme gibi bağışıklık yanıtı oluşmasına sebep olabilir. Süperhidrofobik yüzeyler küçük katı-sıvı arayüzü sayesinde kanın istenmeyen davranışını engelleyerek pıhtılaşmayı engelleyebilir. Ayrıca stentlerde, kalp kapakçıklarında, damarlarda, ayırma ve test cihazlarında kullanılarak sürtünmenin azalmasına, proteinlerin ve hücrelerin adsorpsiyonu engelleyerek tıkanmaların önüne geçebilir.

Bu çalışmada bu amaçla biyoyumlu PDMS (polidimetilsiloksan) ve Carnouba Wax malzemeleri kullanılarak esnek, kan bileşenlerine karşı yüksek iticilik gösteren yüzeyin üretimi rapor edilmiştir. Geliştirilen yüzeylerin başlıca avantajları; ucuz malzeme ve işlemler, deriye ve akciğere nüfuz ettiğinde iltihaba neden olduğu bilinen nanopartikülleri içermemesi, biyoyumlu malzemelerle üretilmesidir.

GEREÇ-YÖNTEM

KAN ÜRÜNLERİNİN TOPLANMASI VE İŞLENMESİ Gönüllü bağışçılardan 450 ± 45 mL hacminde tam kan, antikoagülan içeren (sitrata-fosfat-dekstroz, %14) Reveos marka kan toplama torbasına üretici firmanın önerileri ve Ulusal standartlarına göre kan alınmıştır. Alınan her tam kan ünitesi otomatik kan işleme sistemi (Reveos, Thermo) tarafından işlenerek üç bileşene ayrılmıştır: Eritrosit konsantrasyonu, taze donmuş plazma, trombosit süspansiyonu. Loko pack tabakası imha edilmiştir.

KAĞIT YAPISININ PDMS YÜZEYİNE AKTARILMASI

PDMS kürleştirme ajanıyla 10:1 oranında (toplam 5 gr) karıştırılmış sonrasında içerisindeki hava kabarcıklarının giderilmesi için 10 dakika desikatörde tutulmuştur. Ardından kağıt yapısını aktarabilmek için, hazırlanan PDMS, tabanına A4 kağıdı sabitlenmiş petri kabı içerisine dökülmüş ve 85°C sıcaklıkta 45 dakika kürlenmiştir. Özetle kağıt yüzey yapısının negatif kopyasına sahip, mikro ölçekte yüzey pürüzlülüğüne sahip yaklaşık 1 mm kalınlığında esnek PDMS yüzey üretilmiştir.

CARNOUBA WAX'IN KAPLANMASI VE SÜPERHİDROFOBİK YÜZEYİN GELİŞTİRİLMESİ

Geliştirilen kağıt yapılı PDMS süperhidrofobik değildir (temas açısı $\sim 137^{\circ}$). Süperhidrofobik yüzeyin elde edilmesi için, ısıtıcı üzerinde cam şişede 0.4 gr Carnouba wax 20 mL etanol içerisinde süt benzeri bir dispersiyon elde edilene kadar iyice çözdürülmüştür. Kolloidal Carnouba Wax dispersiyonu, 30 cm mesafeden 4 bar basınçta 0.35 mm nozzle çapına sahip bir püskürtme tabancası kullanılarak PDMS-Paper üzerine spreyle kaplanmıştır. Oda sıcaklığında yaklaşık iki saat kurutmadan sonra, Carnouba Wax kaplı PDMS (Wax@PDMS-Paper) bir alüminyum folyo, zımpara kağıdı ve/veya nitril eldiven (parmakla ovma) vb. yardımıyla aşındırılmıştır. Bu işlemde sonra süperhidrofobik yüzey (temas açısı $\sim 169^{\circ}$) elde edilmiş ve Rubbed-Wax@PDMS-Paper olarak isimlendirilmiştir.

SONUÇ-TARTIŞMA

Yüzeyin geliştirilmesine dair şematik gösterim Şekil 1a'da verilmiştir. Bu işlemler sırasında yüzey morfolojisinin ve temas açısının nasıl değiştiğini gösteren taramalı elektron

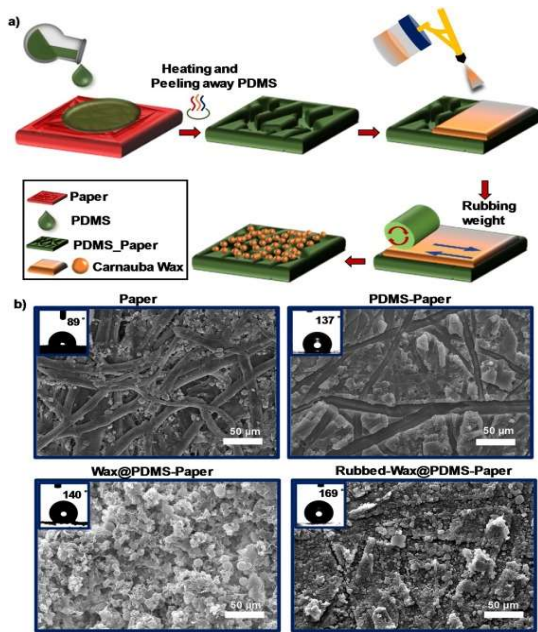
mikroskobu görüntüleri ve temas açıları ise Şekil 1b'de gösterilmiştir. Burada PDMS yüzeyin temas açısı 117° iken, kağıt yüzeyindeki selüloz mikrofiber yapıların negatif kopyasının aktarılması sonrasında (PDMS-Paper) 137° , Carnouba Wax dispersiyonu ile kaplandıktan sonra 140° , aşındırılıp mikro yapıların ortaya çıkarılmasından sonra ise 169° temas açısı, 3° kayma açısı göstererek süperhidrofobiklik sergilemiştir. Yüzeyin dayanıklılığının karakterize edilmesi için su darbe testi ile su püskürtme testi yapılmıştır. Buna göre, yüzey 160 döngü su püskürtme etkisinde (7.41 kPa) ve 50000 su darbesinde süperhidrofobikliğini korumuştur (Şekil 2a-b). Ayrıca yüzeyin, 500 saniye su jeti testi ile en az 500 kez bükmenin ardından bile süperhidrofobikliğini koruması yüzeyin mekanik dayanımını göstermektedir. Bu PDMS yüzeyine kağıt yapısının aktarılması ile açıklanmaktadır.

Süperhidrofobik yüzeyin kanı püskürtmek ve pıhtılaşmayı azaltmak için uygulama potansiyeli test edilmiştir. Burada, süperhidrofobik yüzey, tam kana, trombosit süspansiyonuna, eritrosit konsantrisine ve taze plazmaya karşı aşırı derecede iticilik (169° temas açısı) sergilemiştir (Şekil 3a). Ayrıca, kan, herhangi bir kalıntı bırakmadan süperhidrofobik yüzeyden kolayca kayar (5° 'lik KA) oysa PDMS yüzeyine (kontrol örneği) yapışır (Şekil 3b). Tam kan, süperhidrofobik yüzeyde düz bir PDMS yüzeyi (22 s) ile karşılaştırıldığında, 0.23 s içinde hızla kayar (30° eğimde) (Şekil 3c). Süperhidrofobik yüzey, herhangi bir kalıntı bırakmadan kan akışını (200 mL/dk) tamamen iter (Şekil 3d ve link 1). Ek olarak, kan damlası, süperhidrofobik yüzeyde en az bir saat boyunca belirgin pıhtılaşma olmaksızın kalabilirken, düz PDMS yüzeyinde hızla pıhtılaşır, yüzeye yapışır ve eğildikten sonra bile yerinden çıkmaz. Bu sonuçlar, tıbbi cihazları içeren uygulamalarda pıhtılaşmayı ve enfeksiyonu azaltmak için faydalı olan sürtünme azalması ve kan iticiliği anlamına gelir.

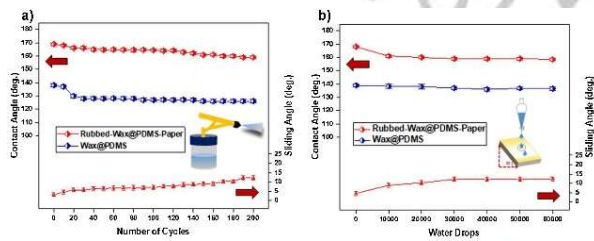
Şekil 4'te gösterilenler ise Wax@PDMS-Kağıt yüzeyinde tam kan, trombosit süspansiyonu ve su sıçramasının anlık görüntüleridir. Damlacıklar, yüzeye çarpma, maksimum yayılma, geri tepme ve havalanma gibi davranışlar sergilemektedirler. Tüm damlacıklar yüzeyi $44,3 \text{ cm/s}$ 'lik bir hızla etkiler. Ancak tam kan damlası 2,5 kez, trombosit süspansiyonu damlası 5 kez ve su damlası 7 kez sıçrar. Sıçrama dinamikleri, damlacığın yanal olarak maksimuma uzandığı (en boy oranı tam kan için ~ 2.9 , trombosit süspansiyonu için ~ 2.4 ve su için ~ 1.9 'dur). Özetle, tam kan ve bileşenleri, düşük çarpma hızında bile süperhidrofobik

yüzeylerden tamamen sıçar. Tam zıplama, bazıları bakteri veya virüs içerebilen kan damlacıklarının süperhidrofobik yüzeyden tamamen sıçradığı, dolayısıyla temizleme ve dezenfeksiyon ihtiyacını azalttığı cerrahi giysiler, masalar vb. gibi kendi kendini temizleyen uygulamalar için faydalıdır. Ayrıca, süperhidrofobik yüzeyin uyumlu ve esnek yapısı, onu tüplerin ve saklama torbalarının imalatı için ideal bir aday yapar.

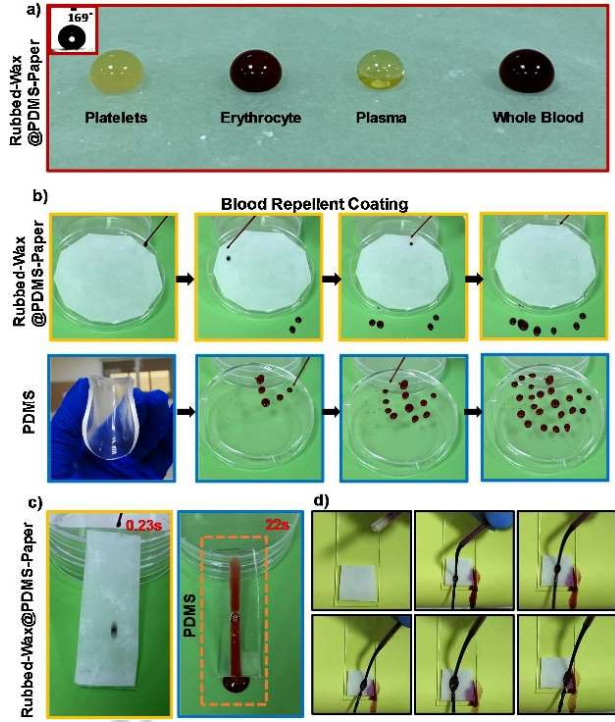
ŞEKİL VE TABLOLAR



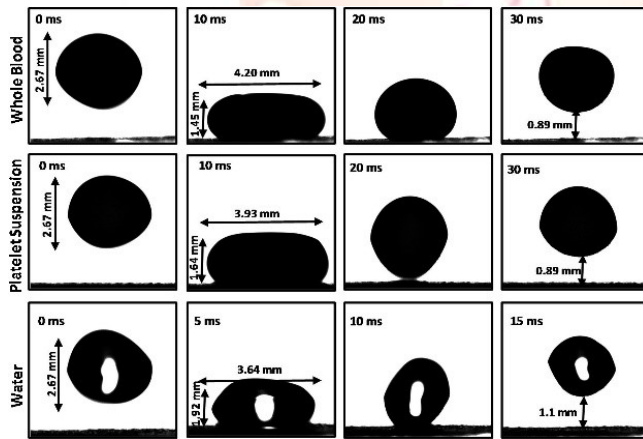
Şekil 1.



Şekil 2.



Şekil 3.



Şekil 4.