

# **Właściwości fizykochemiczne komercyjnych alginianowych opatrunków aktywnych**

ANNA PIELESZ<sup>1</sup>, KATARZYNA BĄK, MATEUSZ KLIMCZAK

Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku

Instytut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

---

## **Streszczenie**

Celem pracy było prześledzenie zmienności we właściwościach fizykochemicznych komercyjnych alginianowych opatrunków aktywnych, oraz ocena próby usprawnienia ich działania przez modyfikację chemiczną.

Modyfikacja chemiczna opatrunków polegała na obróbce zaprojektowanymi roztworami mleczanu sodu oraz oleju arachidowego. Następnie dokonano weryfikacji wybranych własności fizykochemicznych (sorpcja i desorpcja, gęstość teoretyczna, dostępność farmaceutyczna związków chemicznych, odporność na rozmywanie), w zestawieniu surowy – zmodyfikowany chemicznie opatrunek.

**Słowa kluczowe:** komercyjne alginianowe opatrunki aktywne, własności fizykochemiczne

---

## **WSTĘP**

Rana to powszechny uraz, którego człowiek często doświadcza. Od początku istnienia ludzkości, człowiek próbuje znaleźć najbardziej odpowiednią metodę opatrywania ran. Do tego celu wykorzystywano wiele różnych materiałów, począwszy od gorącej oliwy i wosku w starożytności, płótna bawełnianego w XIX wieku, do lnu, gazy, wiskozy i parafiny w XX wieku [1]. Leczenie ran zawsze przebiegało według schematu: oczyszczanie, osłonięcie przed

dotatkowymi urazami, zabrudzeniem oraz częste zmiany opatrunków mające na celu usuwanie patologicznych wydzielin ze zranionego miejsca i stałe osuszanie [2].

Prowadzone przez lata badania doprowadziły do powstania nowej koncepcji leczenia ran, której najważniejszym czynnikiem jest zachowanie stałej wilgotności w obrębie rany. Z obserwacji klinicznych wynika, że płyn wytwarzany przez powierzchnię rany zawiera tlen i czynniki odżywcze, które zapewniają właściwy wzrost tkankowy i stanowią podłoże umożliwiające rozwój ziarniny oraz prawidłowy przebieg procesu naskórkowania. Zasada ta dotyczy każdego typu ran, również zakażonych. Niewłaściwy więc okazał się dawny pogląd, że częste osuszanie rany wspomaga gojenie [2]. Badania umożliwiły rozwój i produkcję różnego rodzaju syntetycznych i naturalnych, nowoczesnych materiałów opatrunkowych [1], tzw. opatrunków aktywnych. Opatrunki aktywne to opatrunki, które: utrzymują wysoką wilgotność między raną a opatrunkiem, usuwają nadmiar wysięku i toksycznych komponentów, pozwalają na wymianę gazową pomiędzy raną a otoczeniem, są nieprzepuszczalne dla bakterii i innych mikroorganizmów, są wolne od toksycznych substancji, stanowią ochronę nowo powstałych tkanek, są łatwe do usunięcia z powierzchni rany bez spowodowania urazu [3].

Podstawowymi typami dostępnych opatrunków aktywnych są hydrokoloidy, hydrożele, opatrunki alginianowe, opatrunki poliuretanowe i opatrunki mieszane/złożone [3].

W grupie opatrunków chłonnych znajdują się alginiany wapniowe lub wapniowo-sodowe, otrzymywane z soli kwasu alginianowego. Opatrunek występuje w formie włókniny (przeznaczony do ran płaskich) lub w formie sieci sprasowanych włókien przypominających sznur (przeznaczony do wypełnienia ubytku w głębokich ranach). Absorbując wysięk, tworzy on wokół każdego włókna żel, który wiąże zarówno wysięk, jak i znajdujące się w nim bakterie [1]. Są to opatrunki o bardzo dużych właściwościach pochłaniających. Pozostające w ranie resztki żelu ulegają biodegradacji, nie wywołują objawów nietolerancji i alergii.

Alginian jest powszechnie znanym polisacharydem pozyskiwanym z alg morskich, głównie brunatnic (*Phaeophyceae*) [4, 5] lub produkowanym pozakomórkowo przez niektóre bakterie, takie jak *Azotobacter vinelandii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens* [6-8].

Pod względem chemicznym, kwas alginianowy jest liniowym kopolimerem składającym się z dwu monomerycznych jednostek [9], którymi są reszty kwasu  $\beta$ -D-mannuronowego (M) oraz  $\alpha$ -L-guluronowego (G), połączone razem  $\beta$ -1,4 i  $\alpha$ -1,4 wiązaniami glikozydowymi. Blok D-mannuronowy występuje w konformacji  ${}^4C_1$ , natomiast L-guluronowy w konformacji  ${}^1C_4$ , niezależnie od ich najbliższej sąsiedniej jednostki [10].

W aplikacjach farmaceutycznych makrocząsteczki alginianu są stosowane jako nośniki do immobilizowania komórek, enzymów i białek, a także do kontrolowanego uwalniania leków, z powodu ich unikatowych właściwości, takich jak naturalne pochodzenie, biokompatybilność i stosunkowo niskie koszty [9].

Specyficzne właściwości uzyskanych opatrunków alginianowych, polegające na wspieraniu procesu gojenia się ran oraz wysoka absorpcja, właściwości hemostatyczne i zdolności jonowymienne włókien alginianowych, stanowią o ich wzrastającym znaczeniu w zastosowaniach medycznych, głównie na środki opatrunkowe.

Dla wytworzenia gotowego materiału opatrunkowego proponuje się w pierwszej kolejności formowanie włókien, a w następnym etapie produkcję płaskich wyrobów włókienniczych.

W przypadku specyficznych zastosowań medycznych, wytwarzane włókniny opatrunkowe wymagają takich metod wykończenia, jak np. wprowadzania superabsorbentów, powlekania, perforowania – stosowane dla ułatwienia penetracji płynów do wnętrza włókniny [10].

Fizyczna mikrostruktura, która zostaje wykształcona we włóknach w ich finalnej postaci może podlegać modyfikacji. Z reguły modyfikacja mikrostruktury jest wynikiem zamierzonych działań, których celem jest uzyskanie lepszych, poprawionych właściwości włókna, a tym samym ulepszonych, a często nowych właściwości tekstyliów z nich wykonanych. Modyfikacja fizycznej mikrostruktury włókien może zachodzić w wyniku fizycznej, chemicznej lub biologicznej obróbki włókna [11].

Celem niniejszej pracy było prześledzenie zmienności we właściwościach fizykochemicznych komercyjnych alginianowych opatrunków aktywnych, oraz próba usprawnienia ich działania przez modyfikację chemiczną mleczanem sodu (czynnik sieciujący) oraz olejem arachidowym (substancja uelastyczniająca matrycę).

## **MATERIAŁY**

W niniejszej pracy zastosowano następujące materiały i odczynniki:

- alginianowy opatrunek aktywny Medisorb A (wyprodukowany przez TZMO SA, Toruń),
- $10^{-5}$  M roztwory barwników 1F, 2F, 5F, 6F,
- 2% roztwór mleczanu sodu,
- olej arachidowy,

- 0,1% roztwór Pronazy E w 0,1 M kwasie solnym,
- płyn Ringera (8,600g NaCl, 0,3000g KCl, 0,4800g CaCl<sub>2</sub>; całość rozpuszczono w wodzie destylowanej w kolbie miarowej o pojemności 1 dm<sup>3</sup>).

## **METODY BADAŃ**

Sporządzono 10<sup>-5</sup> M roztwory czterech barwników: 1F, 2F, 5F, 6F. Barwniki te są niegenotoksycznymi analogami kancerogennych barwników azowych. Wybrane do badań barwniki zsyntezowano w North Carolina State University Raleigh (USA). Rycina 1 przedstawia wzory strukturalne wybranych barwników.

### **Sposoby modyfikacji próbek opatrunku**

Przygotowane próbki komercyjnego alginianowego opatrunku aktywnego Medisorb A umieszczono w 4 naczynkach, zawierających po 5ml sporządzonych uprzednio roztworów barwników. Naczynka z próbkami umieszczono w eksykatorze. Po upływie 30 minut wyjęto wybarwione próbki opatrunku i suszono je w suszarce laboratoryjnej w temp. 35°C. Wysuszone próbki ważono do stałej masy.

Próbki surowego oraz wybarwionego opatrunku umieszczono w naczynkach, zawierających 5 ml 2% roztworu mleczanu sodu.

Próbki surowego oraz wybarwionego opatrunku umieszczono w naczynkach, zawierających 5 ml wody destylowanej oraz kolejno 1, 3 i 5 kropli oleju arachidowego.

Próbki surowego oraz wybarwionego opatrunku umieszczono w naczynkach, zawierających 5 ml 2% roztworu mleczanu sodu oraz 1, 3 i 5 kropli oleju arachidowego.

W każdym z powyższych przypadków naczynka z próbkami umieszczono w eksykatorze. Po upływie 15 minut wyjęto zmodyfikowane próbki opatrunku i suszono je w suszarce laboratoryjnej w temp. 35°C. Wysuszone próbki ważono do stałej masy.

Dla surowych i modyfikowanych opatrunków określono następujące parametry fizykochemiczne: gęstość teoretyczną, zdolności sorpcyjne wobec wody i roztworów barwników, odporność na rozmywanie i dostępność farmaceutyczną.

## **BADANIE GĘSTOŚCI TEORETYCZNEJ**

Komercyjny opatrunek pocięto na próbki o wymiarach około 1 cm × 1 cm i zważono na wadze analitycznej. Gęstość opatrunku obliczano na podstawie wzoru:

$$D = m/g \times h \times a$$

gdzie:  $D$  – gęstość,  $m$  – masa fragmentu matrycy,  $g$ ,  $h$ ,  $a$  – wymiary opatrunku [13].

Dla surowych i modyfikowanych opatrunków wykonano po 10 pomiarów, z których obliczono średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe.

## **BADANIE ZDOLNOŚCI SORPCYJNYCH**

### **Badanie zdolności sorpcyjnych wobec wody**

Do badania zdolności sorpcyjnej użyto próbek surowego opatrunku o wymiarach 1 cm × 0,5 cm, zważonych na wadze analitycznej. Próbki te umieszczono w uprzednio zważonych naczynkach, zawierających 5 ml wody destylowanej. Po upływie 30 minut próbki opatrunku usuwano, a naczynka ponownie ważono.

### **Badanie zdolności sorpcyjnych w stosunku do roztworów barwników**

Do badania zdolności sorpcyjnej użyto próbek opatrunku surowego oraz próbek modyfikowanych mleczanem sodu i olejem arachidowym o wymiarach 1 cm × 0,5 cm, zważonych na wadze analitycznej. Próbki te umieszczono w uprzednio zważonych naczynkach, zawierających 5 ml uprzednio sporządzonych  $10^{-5}$  M roztworów barwników 1F, 2F, 5F i 6F. Po upływie 30 minut próbki opatrunku usuwano, a naczynka ponownie ważono. Zdolność sorpcyjną opatrunku obliczano na podstawie ubytku wody w naczynkach według wzoru [13]:

$$S_w = (W_a - W_b)/W_s$$

gdzie:  $S_w$  – ilość pochłoniętej wody lub roztworu barwnika,  $W_a$  – masa naczynka przed badaniem,  $W_b$  – masa naczynka po usunięciu próbki,  $W_s$  – masa próbki.

## **BADANIE ODPORNOŚCI NA ROZMYWANIE**

Próbki opatrunku surowego, wybarwionego oraz modyfikowanego mleczanem sodu i olejem arachidowym o wymiarach 1 cm × 1 cm, umieszczano w kolbach zawierających 20 ml 0,1% roztworu pronazy (Pronaza E ze *Streptomyces griseus*) w 0,1 M kwasie solnym. Zawartość kolb mieszano z użyciem mieszadła magnetycznego z prędkością 50 obr./min. Po upływie 30 minut wyjmowano pozostałości opatrunku i suszono je w suszarce laboratoryjnej w temp. 35°C. Wysuszone próbki ważono, a procent pozostałości oznaczano według wzoru [13]:

$$\%P = (W_{sb} \times 100\%) / W$$

gdzie: %P – procent pozostałości,  $W_{sb}$  – masa suchej pozostałości, W – masa wyjściowa próbki opatrunku.

## **DOSTĘPNOŚĆ FARMACEUTYCZNA**

Opatrunek surowy oraz modyfikowany mleczanem sodu i olejem arachidowym pocięto na fragmenty o wymiarach 1 cm × 1,5 cm. Próbki umieszczono w kolbach zawierających 50 ml  $10^{-5}$  M roztworu barwników. Następnie kolby umieszczono w wytrząsarce pracującej z prędkością 50 obr./min. Po upływie 15 minut pobrano z kolb 10 ml roztworu barwnika, a dodano 10 ml płynu Ringera. Po upływie kolejnych 15 min pobrano z kolb 10 ml roztworu barwnika w płynie Ringera. Czynność powtórzono 7-krotnie. Badanie prowadzono w temp. 37°C. Pobrane ilości roztworów oznaczano metodą spektrofotometrii UV - VIS w aparacie Spekol Carl Zeiss.

## **OMÓWIENIE WYNIKÓW**

### **Badanie gęstości teoretycznej**

Stwierdzono, że skład jakościowy próbek opatrunków w istotny sposób wpływa na wartości gęstości teoretycznej.

Gęstość teoretyczna próbek surowego opatrunku zawiera się w przedziale od 0,0357 g/cm<sup>3</sup> do 0,0530 g/cm<sup>3</sup>, tzn. że opatrunek charakteryzuje się dużą niejednorodnością struktury. Średnia wartość gęstości teoretycznej wynosi 0,0443 g/cm<sup>3</sup> (± S.D. 0.0064).

Dodatek modyfikatora, zarówno mleczanu sodu jak i oleju arachidowego, spowodował zwiększenie wartości gęstości teoretycznej opatrunku. Wartości gęstości teoretycznej dla opatrunku modyfikowanego 5ml 2% roztworu mleczanu sodu, zawierają się w przedziale od 0,0947 g/cm<sup>3</sup> do 0,1010 g/cm<sup>3</sup>. Średnia wartość gęstości teoretycznej wynosi 0,0977 g/cm<sup>3</sup> ( $\pm$  S.D. 0.0020).

Dla próbek modyfikowanych olejem arachidowym, gęstość teoretyczna zawiera się w przedziale od 0,1055 g/cm<sup>3</sup> (dla próbki modyfikowanej 1 kroplą oleju) do 0,1555 g/cm<sup>3</sup> (dla próbki modyfikowanej 5 kroplami oleju). Średnie wartości gęstości teoretycznej wynoszą odpowiednio 0,1149 g/cm<sup>3</sup> ( $\pm$  S.D. 0.0061) (dla próbki modyfikowanej 1 kroplą oleju) oraz 0,1400 g/cm<sup>3</sup> ( $\pm$  S.D. 0.0072) (dla próbki modyfikowanej 5 kroplami oleju).

Łączna modyfikacja próbek 1 kroplą oleju arachidowego oraz 5 ml 2% roztworu mleczanu sodu, powoduje obniżenie wartości gęstości teoretycznej opatrunku w porównaniu do próbek zmodyfikowanych tylko 1 kroplą oleju arachidowego, bez dodatku mleczanu sodu. Średnia wartość gęstości teoretycznej próbek modyfikowanych mleczanem sodu i 1 kroplą oleju arachidowego wynosi 0,1063 g/cm<sup>3</sup> ( $\pm$  S.D. 0.0098), gdy dla próbek modyfikowanych tylko 1 kroplą oleju wynosi 0,1149 g/cm<sup>3</sup> ( $\pm$  S.D. 0.0061).

Dodanie 5 ml 2% roztworu mleczanu sodu do próbek modyfikowanych 5 kroplami oleju arachidowego, powoduje wzrost wartości gęstości teoretycznej opatrunku i wynosi średnio 0,2173 g/cm<sup>3</sup> ( $\pm$  S.D. 0.0813), podczas gdy dla próbek modyfikowanych tylko 5 kroplami oleju arachidowego wynosiła 0,1400 g/cm<sup>3</sup> ( $\pm$  S.D. 0.0072).

Zestawienie wyznaczonych średnich wartości gęstości teoretycznej badanych próbek opatrunku przedstawiono na rycinie 2. Każda zastosowana modyfikacja powoduje zwiększenie wartości gęstości teoretycznej. Najlepiej można to zaobserwować przy modyfikacji opatrunku 5 kroplami oleju arachidowego, lub przy modyfikacji mleczanem sodu i 5 kroplami oleju arachidowego. Tak więc największy wpływ na gęstość teoretyczną badanych próbek ma ilość dodawanego oleju arachidowego, który przez „obciążenie” próbek powoduje zwiększenie ich gęstości.

### **Badanie zdolności sorpcyjnych**

W przeprowadzonym badaniu oceniano zdolność próbek surowego opatrunku do sorpcji wody oraz roztworów barwników. Oceniano także zdolność próbek modyfikowanych do sorpcji roztworów barwników. W tabeli 1 zestawiono obliczone wartości sorpcji wody dla próbek surowego opatrunku. Próbki surowego opatrunku charakteryzowały się sorpcją wody

w przedziale 30,21 – 40,97. Przy czym średnia ilość pochłoniętej wody przez te próbki wynosiła 33,70 ( $\pm$  S.D. 2.85). W przypadku badania zdolności sorpcyjnych surowego opatrunku względem roztworów barwników, otrzymano wyniki zależne od rodzaju zastosowanego barwnika. Próbki surowego opatrunku najlepiej chłoniły roztwór barwnika 1F na poziomie 39,705 ( $\pm$  S.D. 3.761), następnie roztwór barwnika 2F - 36,48 ( $\pm$  S.D. 4.853) oraz roztwór barwnika 5F na poziomie 30,06 ( $\pm$  S.D. 2.202). Próbki surowego opatrunku pochłoniły najmniejszą ilość barwnika 6F tj. 24,74 ( $\pm$  S.D. 2.308). Modyfikacja sieciująca próbek mleczanem sodu spowodowała istotne zmniejszenie zdolności sorpcyjnych wobec roztworów barwników. I tak, sorpcja barwnika 1F wyniosła 8,73 ( $\pm$  S.D. 2.520), sorpcja barwnika 5F wyniosła 7,33 ( $\pm$  S.D. 0.665) oraz barwnika 6F - 6,97 ( $\pm$  S.D. 0.645). Próbki pochłoniły najmniejszą ilość barwnika 2F, którego sorpcja wynosi 4,707 ( $\pm$  S.D. 0.281). Zestawienie ilości pochłoniętego barwnika przez powyższe opatrunki została przedstawiona na rycinie 3.

Sorpcja barwników próbek modyfikowanych substancją uelastyczniającą, olejem arachidowym zależy od ilości użytego oleju. Próbki modyfikowane 1 kroplą oleju charakteryzowały się największą sorpcją roztworów barwników, a najtrudniej pochłaniały barwniki próbki zmodyfikowane 5 kroplami oleju arachidowego. Zauważono, że próbki modyfikowane jedną kroplą i trzema kroplami oleju najlepiej chłoniły barwnik 1F odpowiednio w ilości 19,59 ( $\pm$  S.D. 1.910) i 16,17 ( $\pm$  S.D. 1.270). Próbki modyfikowane pięcioma kroplami oleju arachidowego najlepiej chłoniły barwnik 6F w ilości 9,083 ( $\pm$  S.D. 0.525). Zastosowanie jednoczesnej modyfikacji próbek mleczanem sodu i olejem arachidowym, skutkuje znacznym obniżeniem zdolności sorpcyjnych. Próbki modyfikowane mleczanem sodu i 1 kroplą oleju arachidowego w największej ilości, tj. 8,59 ( $\pm$  S.D. 2.019) pochłoniły barwnik 1F, a najmniej pochłoniły barwnik 2F na poziomie 4,19 ( $\pm$  S.D. 0.323). Natomiast dodanie pięciu kropel oleju arachidowego skutkuje obniżeniem sorpcji barwnika 5F do wartości 3.89 ( $\pm$  S.D. 0.159). Zestawienie ilości pochłoniętych barwników w zależności od zastosowanego modyfikatora przedstawia rycina 4.

Stwierdzono ponadto korelację pomiędzy gęstością opatrunku, a jego zdolnością sorpcyjną. Próbki zawierające mniejszą ilość oleju arachidowego, a przez to wykazujące mniejszą gęstość, charakteryzowały się lepszymi właściwościami sorpcyjnymi. Można wnioskować, że zdolności sorpcyjne opatrunku warunkowane są wiązaniem wody przez alginian oraz zatrzymywaniem jej w porach materiału.

## **Badanie odporności na rozmywanie**

Najlepszą odporność na rozmywanie wykazały próbki wybarwione barwnikami 1F i 2F, których procenty pozostałości wynosiły odpowiednio 65,2% i 65,5%. Natomiast próbki wybarwione barwnikami 5F i 6F charakteryzowały się nieco słabszą odpornością na rozmywanie.

Charakteryzowano także procent pozostałości opatrunków wybarwionych, po ich modyfikacji mleczanem sodu i olejem arachidowym na rozmywanie, w zależności od użytego barwnika. Stwierdzono, że mniejszą odporność na rozmywanie, w porównaniu do próbek wybarwionych, wykazały próbki wybarwione i modyfikowane zarówno mleczanem sodu jak i 5 kroplami oleju arachidowego. W tym przypadku najlepszą odporność na rozmywanie stwierdzono dla próbki wybarwionej barwnikiem 5F, tj. procent pozostałości 64,2%. Słabszą trwałość na działanie enzymu wykazały próbki wybarwione barwnikami 1F, 2F, 6F, których procenty pozostałości wynosiły odpowiednio 62,8%, 62,3% i 58,9%. Zestawienie odporności na rozmywanie opatrunku wybarwionego oraz zmodyfikowanego mleczanem sodu i olejem arachidowym, zależne od zastosowanego barwnika, przedstawia rycina 5.

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że ani dodatek modyfikatorów uelastyczniających ani usztywniających, nie polepsza odporności komercyjnego opatrunku na działanie enzymów proteolitycznych. Wykazano, że modyfikacja próbek opatrunków w mało istotny sposób wpływa na ich odporność na działanie enzymów proteolitycznych.

## **Dostępność farmaceutyczna**

Analizując dostępność roztworów barwników do komercyjnego alginianowego opatrunku aktywnego metodą spektrofotometrii UV-VIS stwierdzono, że wraz z upływem czasu między opatrunkiem, a roztworem barwnika i płynem Ringera zachodzi wymiana jonowa.

W szczególności, największe zmiany wartości absorbancji, a także stężenia molowego odnotowano dla roztworów barwników 1F, 2F, 6F. Przebieg zmienności powyższego parametru przedstawia rycina 6.

Śledząc proces wymiany jonów między roztworami barwników, a zmodyfikowaną próbką stwierdzono, że wraz z upływem czasu największe zmiany absorbancji oraz stężenia

molowego odnotowano dla roztworów barwników 1F i 2F (tabela 2). Przy czym w porównaniu do wartości absorbancji uzyskanych dla tych roztworów w poprzednim badaniu, wartość absorbancji dla roztworu barwnika 1F i 2F zwiększyła się, co świadczy o większej wymianie jonowej.

Roztwór barwnika 5F w płynie Ringera, w którym zanurzone były próbki modyfikowane wykazuje zmniejszenie wartości absorbancji, zaś w przypadku roztworu barwnika 6F w płynie Ringera, w którym zanurzone były próbki modyfikowane, obserwuje się zwiększenie wartości absorbancji oraz zmniejszenie wymiany jonowej (rycina 7). Wraz z upływem czasu odnotowano znikome zmiany stężenia molowego roztworów barwników 5F i 6F w płynie Ringera.

Wydaje się, że istotne znaczenie dla wymiany jonowej między roztworem barwnika, płynem Ringera a opatrunkiem ma stopień zachowania struktury porowatej. Na rycinach 3 i 4 pokazano, że spośród zastosowanych barwników, barwnik 1F jest najlepiej sorbowany zarówno przez surowy, jak i modyfikowany opatrunek aktywny. Obserwacje te znajdują potwierdzenie w procesie wymiany jonowej.

## DYSKUSJA

Uzyskane wyniki wykazują, że zarówno dodatek substancji uelastyczniającej (olej arachidowy) jak i zastosowanie czynnika sieciującego (mleczan sodu), zmieniają parametry fizykochemiczne aktywnych opatrunków alginianowych Medisorb A.

Porównując otrzymane w niniejszej pracy wyniki, prezentowane dla komercyjnych opatrunków alginianowych z podobnymi badaniami dla liofilizowanych matryc [13], stwierdzono interesujące trendy zmienności parametrów fizykochemicznych w komercyjnych opatrunkach. Badane biopolimery podlegają zmianom na poziomie cząsteczkowym i nadcząsteczkowym, nie tylko w trakcie ich wytwarzania, ale także użytkowania.

W toku niniejszych badań stwierdzono, że także niejednorodny strukturalnie, komercyjny opatrunek o niezdefiniowanej budowie wykazuje dobrą, powtarzalną charakterystykę zmienności parametrów fizykochemicznych.

## WNIOSKI

1. Komercyjny opatrunek charakteryzuje się dużą niejednorodnością struktury oraz wykazuje dobrze zachowaną strukturę porowatą opatrunku.
2. Skład próbek komercyjnego opatrunku wpływa na wartość gęstości teoretycznej. Dodatek modyfikatora, zarówno mleczanu sodu jak i oleju arachidowego, spowodował zwiększenie wartości gęstości teoretycznej opatrunku. Przy czym w przypadku oleju arachidowego był on bardziej widoczny. Ilość dodawanego oleju arachidowego „obciąża” próbki, powodując wzrost ich gęstości.
3. Zdolności sorpcyjne surowego opatrunku względem roztworów barwników są uzależnione od rodzaju barwnika. Modyfikacja próbek mleczanem sodu spowodowała zmniejszenie zdolności sorpcyjnych wobec roztworów barwników, co wskazuje na przebudowanie struktury nadcząsteczkowej matrycy i zmniejszenie ilości obszarów amorficznych, zdolnych do sorpcji barwników. Zastosowanie jednoczesnej modyfikacji próbek mleczanem sodu i olejem arachidowym, skutkuje znacznym obniżeniem zdolności sorpcyjnych.
4. Stwierdzono korelację pomiędzy gęstością opatrunku, a jego zdolnością sorpcyjną. Próbki zawierające mniejszą ilość oleju arachidowego, a przez to wykazujące mniejszą gęstość, charakteryzowały się lepszymi właściwościami sorpcyjnymi.
5. Skład próbek w niewielkim stopniu wpływa na ich trwałość na działanie enzymów proteolitycznych.
6. Trend zmian wartości absorbancji dla wszystkich przebadanych roztworów barwników świadczy, że wraz z upływem czasu między opatrunkiem, a roztworem barwnika i składnikami płynu Ringera zachodzi wymiana jonowa. Najłatwiej przebiega wymiana jonowa między opatrunkiem, a roztworem barwnika 1F (maksymalnie sorbowanym przez matrycę) i składnikami płynu Ringera (głównie jony  $\text{Na}^+$ ). Istotne znaczenie dla wymiany jonowej między roztworem barwnika, płynem Ringera a opatrunkiem, ma stopień zachowania struktury porowatej. Dobrze zachowana struktura porowata ułatwia penetrację roztworów do wnętrza opatrunku.

## LITERATURA

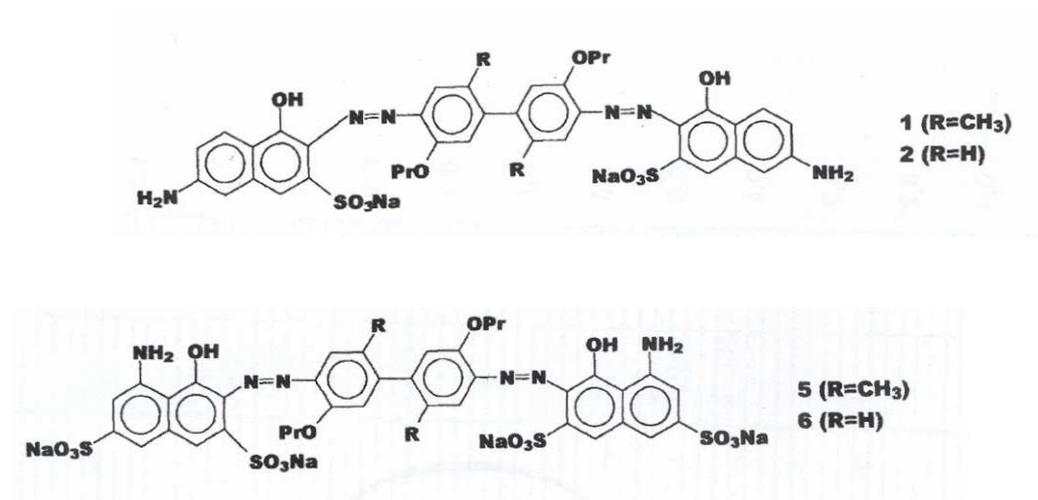
- [1] Szewczyk M. T., Cwajda J.: Opatrunki nowej generacji. Zakażenia (2005), 5.

- [2] Szewczyk M. T., Jawień A.: Rola opatrunków hydrokoloidowych w leczeniu owrzodzeń żylnych. *Zakażenia* (2004), 4.
- [3] Szewczyk M. T., Jawień A., Cwajda J., Cierniakowska K.: Miejscowe leczenie owrzodzeń żylnych – zasady wyboru opatrunków. *Zakażenia* (2005), 1.
- [4] Pereira L., Sousa A., Coelho H., Amolo A. M., Ribeiro – Claro P. J. A.: Use of FTIR, FT Raman and C – NMR spectroscopy for identification of some seaweed phycocolloids. *Biomolecular Engineering* (2003), 20, 223 – 228.
- [5] Tonnesen H. H., Karlsen J.: Alginate in drug delivery system, *Drug Development and Industrial Pharmacy* (2002), 26, 6, 621 – 630.
- [6] Holte O., Onsoyen E., Myrvold R., Karlsen J., Sustained release of water – soluble drug from directly compressed alginate tablets. *European Journal of Pharmaceutical Sciences* (2003), 20, 403 – 407.
- [7] Emmerichs N., Wingender J., Flemming H. C., Mayer C.: Interaction between alginates and manganese cations: identification of preferred cation binding sites, *International Journal of Biological Macromolecules*, (2004).
- [8] Nivens D. E., Ohman D. E., Williams J., Franklin M. J.: Role of Alginate and Its O Acetylation in Formation of *Pseudomonas aeruginosa* microcolonies and biofilms. *Journal of Bacteriology* (2001), 183, 3.
- [9] Tu J., Bolla S., Barr J., Miedema J., Li X., Jasti B.: Alginate microparticles prepared by spray – coagulation method: Preparation, drug loading and release characterization. *International Journal of Pharmaceutics* (2005, 303, 171 – 181.
- [10] Sartori C., Finch D. S., Ralph B., Gilding K.: Determination of the cation content of alginate thin films by FTi.r. spectroscopy. *Polymer* (1997), 38, 1.
- [11] Polus Z.: Produkcja, zastosowanie i uszlachetnianie włókien, *Przegląd Włókienniczy* (2002), 2.
- [12] Urbańczyk G. W.: *Fizyka Włókna*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2002.

- [13] Pluta J., Haznar D.: Właściwości fizykochemiczne oraz kinetyka uwalniania substancji leczniczej z matrycy żelatynowo – alginianowych. *Polimery w Medycynie T.* (2006), 36, 3, 2006.

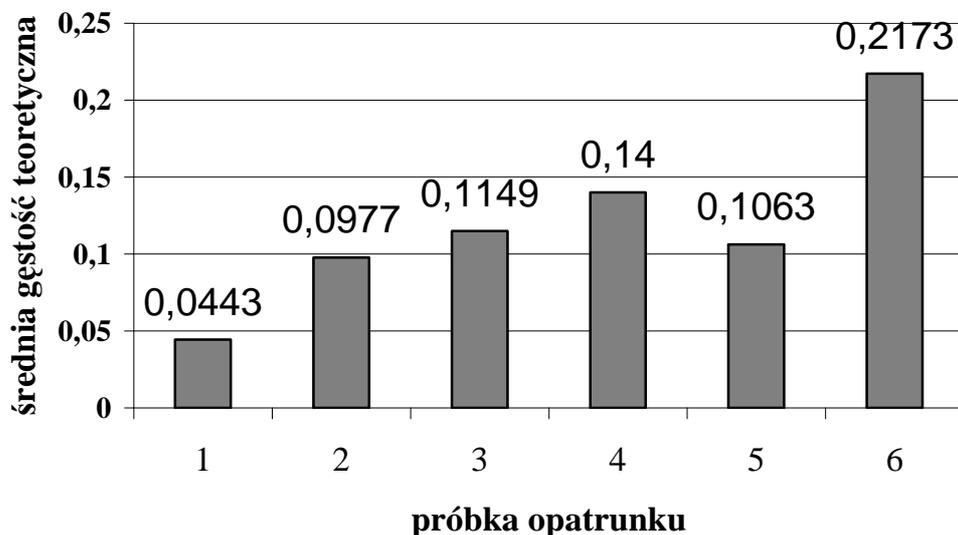
Adres autorów

Akademia Techniczno-Humanistyczna  
Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku  
Instytut Inżynierii Tekstyliów  
i Materiałów Polimerowych  
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała  
e-mail. [apielesz@ath.bielsko.pl](mailto:apielesz@ath.bielsko.pl)



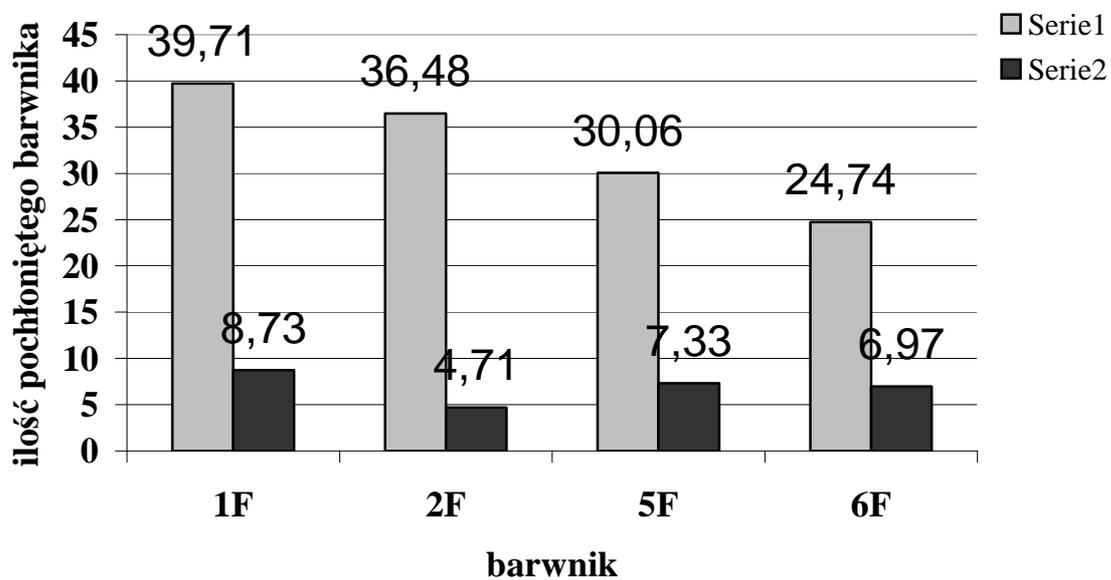
Ryc. 1. Wzory strukturalne wybranych do badań modelowych barwników azowych

Fig. 1. Structural formulae for the model azo-dyes selected for analysis



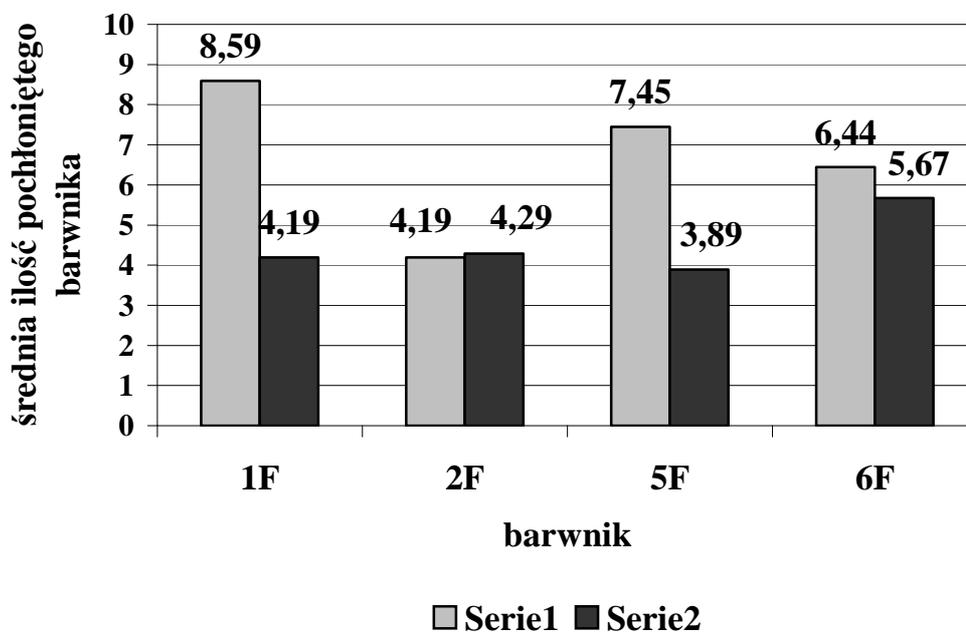
Ryc. 2. Zestawienie średniej wartości gęstości teoretycznej [g/cm<sup>3</sup>] dla badanych próbek opatrunku: 1 - próbka surowa, 2- próbka modyfikowana mleczanem sodu, 3 - próbka modyfikowana 1 kroplą oleju arachidowego, 4 - próbka modyfikowana 5 kroplami oleju arachidowego, 5 - próbka modyfikowana mleczanem sodu i 1 kroplą oleju arachidowego, 6 - próbka modyfikowana mleczanem sodu i 5 kroplami oleju arachidowego

Fig. 2. Average values of theoretical density [g/cm<sup>3</sup>] for the dressing samples examined: 1 - raw sample; 2 - sample modified with sodium lactate; 3 - sample modified with 1 drop of arachis oil; 4 - sample modified with 5 drops of arachis oil; 5 - sample modified with sodium lactate and 1 drop of arachis oil; 6 - sample modified with sodium lactate and 5 drops of arachis oil



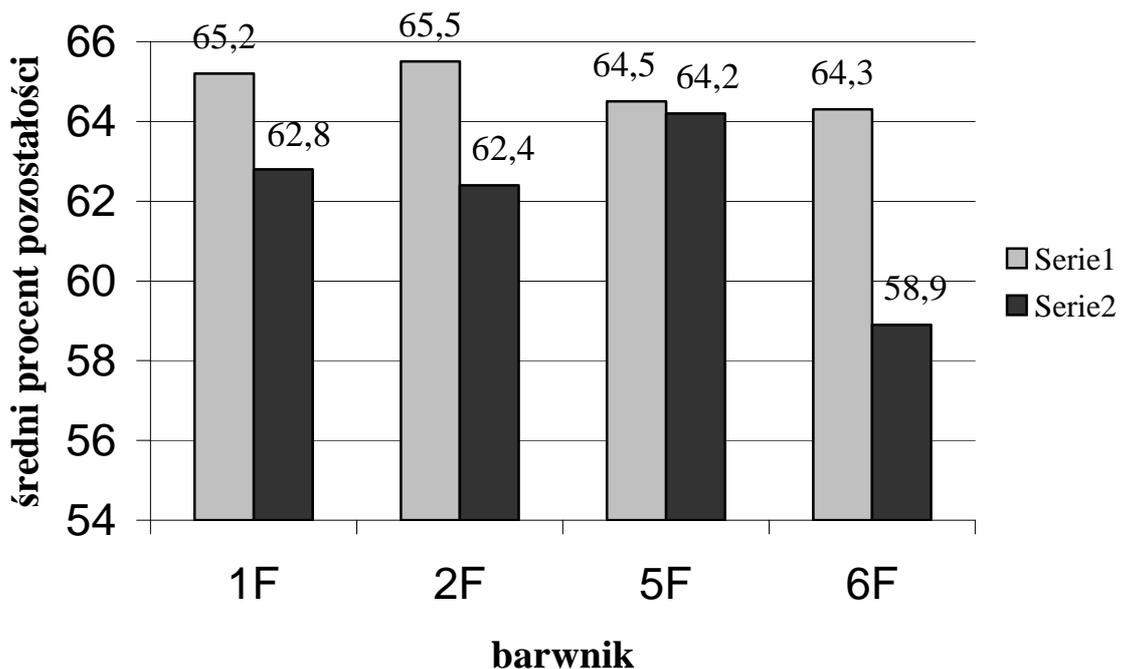
Ryc. 3. Zestawienie ilości pochłoniętego barwnika przez surowy opatrunek (seria 1) oraz przez opatrunek modyfikowany mleczanem sodu (seria 2) zależne od rodzaju zastosowanego barwnika

Fig. 3. Amount of dye sorbed by a raw dressing (series 1) and by a dressing modified with sodium lactate (series 2) depending on the kind of the dye used



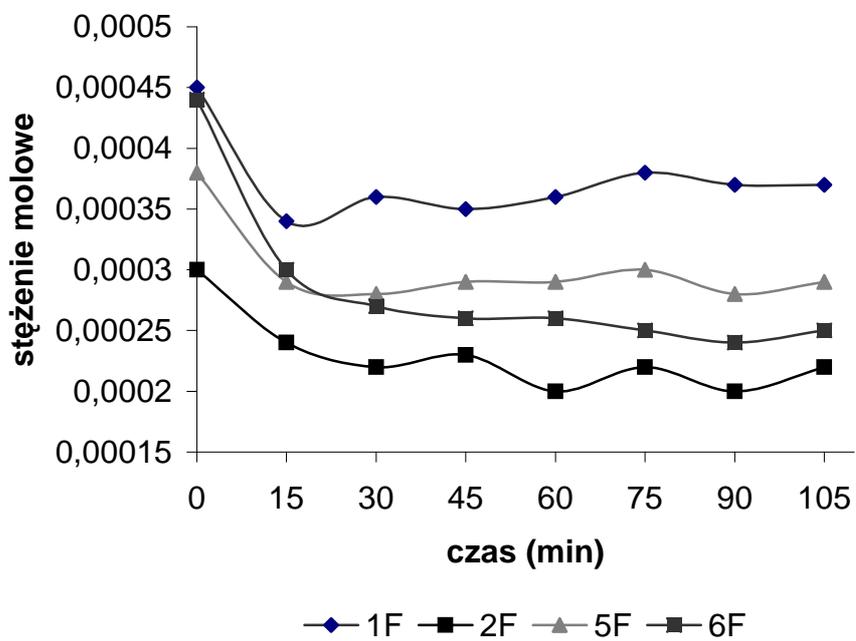
Ryc 4. Zestawienie ilości pochłoniętego barwnika przez opatrunek modyfikowany mleczanem sodu i olejem arachidowym w zależności od ilości użytego oleju (1 kropla oleju arachidowego – seria 1; 5 kropli oleju – seria 2)

Fig. 4. Amount of dye sorbed by a dressing modified with sodium lactate and arachis oil depending on the amount of the dye used (1 drop of arachis oil – series 1; 5 drops – series 2)



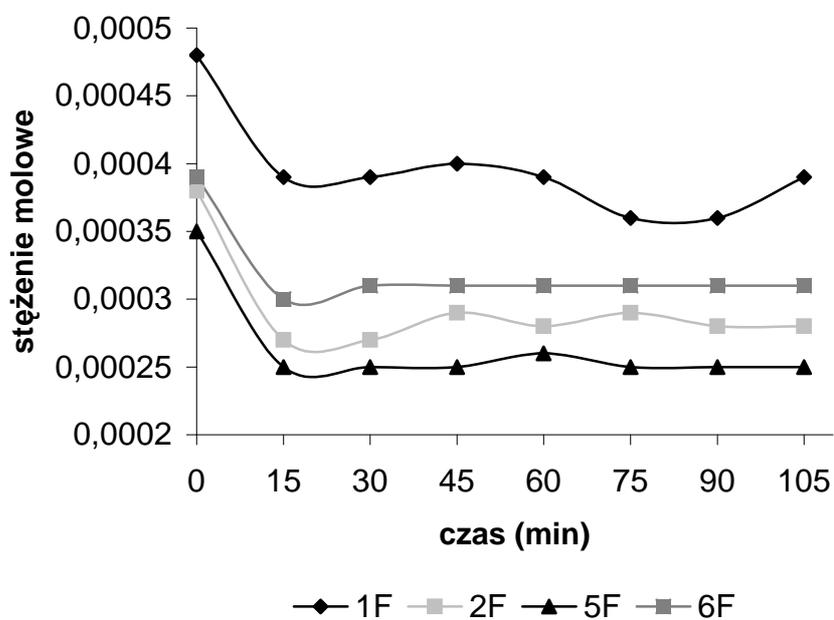
Ryc. 5. Średni procent pozostałości wybarwionego opatrunku po rozmywaniu, w zależności od zastosowanego barwnika (seria 1). Średni procent pozostałości opatrunku modyfikowanego mleczanem sodu i olejem arachidowym oraz wybarwionego po rozmywaniu, w zależności od zastosowanego barwnika (seria 2)

Fig. 5. Average percentage of residue from a dyed dressing after washing depending on the dye used (series 1). Average percentage of residue from a dressing modified with sodium lactate and arachis oil, and dyed after washing, depending on the dye used (series 2)



Ryc. 6. Zmiana stężenia molowego roztworów barwników w czasie (dla surowego opatrunku)

Fig. 6. Change of molar concentration of dye solutions in time (for a raw dressing)



Ryc. 7. Zmiana stężenia molowego roztworów barwników w czasie (dla opatrunku modyfikowanego 5ml mleczanu sodu i 3 kroplami oleju arachidowego)

Fig. 7. Change of molar concentration of dye solutions in time (for a dressing modified with 5ml of sodium lactate and 3 drops of arachis oil)

TABELA 1. Ilość wody pochłoniętej przez próbki surowego opatrunku

Table 1 Amount of water sorbed by samples of raw dressing

Lp.	Wa [g]	Wb [g]	Ws [g]	Sw
1	23,8324	23,6476	0,0030	33,00
2	23,1100	22,9233	0,0043	32,75
3	53,0792	52,8972	0,0055	33,10
4	23,0874	22,8615	0,0065	34,75
5	27,7715	27,5690	0,0060	33,75
6	27,6230	27,4755	0,0036	40,97
7	30,0250	29,8356	0,0060	31,57
8	27,8956	27,7055	0,0056	33,95
9	26,7348	26,5998	0,0050	30,21
10	28,4816	28,2771	0,0037	32,98
Średnia	-	-	-	33,70
Odchyl. Stand.	-	-	-	2,85

TABELA 2. Zestawienie średnich absorbancji i stężeń molowych dla roztworów barwników w płynie Ringera, w którym zanurzono surowe i modyfikowane mleczanem sodu i 3 kroplami oleju arachidowego opatrunki aktywne

Table 2. Average absorbances and molar concentrations for dye solutions in Ringer's solution, in which raw dressings and dressings modified with sodium lactate and 3 drops of arachis oil were immersed

	A	c		A	c		A	c		A	c
		[mol/dm <sup>3</sup> ]			[mol/dm <sup>3</sup> ]			[mol/dm <sup>3</sup> ]			[mol/dm <sup>3</sup> ]
	surowy			surowy			surowy			surowy	
1F	0,497	0,00045	2F	0,180	0,00030	5F	0,375	0,00038	6F	0,269	0,00044
	0,361	0,00034		0,138	0,00024		0,275	0,00029		0,187	0,00030
	0,369	0,00036		0,130	0,00022		0,272	0,00028		0,184	0,00027
	0,366	0,00035		0,136	0,00023		0,275	0,00029		0,181	0,00026
	0,391	0,00036		0,125	0,00020		0,275	0,00029		0,181	0,00026
	0,380	0,00038		0,131	0,00022		0,276	0,00030		0,178	0,00025
	0,375	0,00037		0,124	0,00020		0,273	0,00028		0,177	0,00024
	0,375	0,00037		0,127	0,00022		0,275	0,00029		0,178	0,00025
	<b>modyfikowany</b>		<b>modyfikowany</b>		<b>modyfikowany</b>		<b>modyfikowany</b>				
	0,521	0,00048	0,224	0,00038	0,350	0,00035	0,249	0,00039			
	0,403	0,00039	0,168	0,00027	0,260	0,00025	0,189	0,00030			
	0,405	0,00039	0,170	0,00027	0,260	0,00025	0,187	0,00031			
	0,411	0,00040	0,186	0,00029	0,263	0,00025	0,194	0,00031			
	0,408	0,00039	0,182	0,00028	0,267	0,00026	0,195	0,00031			
	0,392	0,00036	0,188	0,00029	0,263	0,00025	0,194	0,00031			
	0,389	0,00036	0,184	0,00028	0,265	0,00025	0,194	0,00031			
0,405	0,00039	0,185	0,00028	0,265	0,00025	0,193	0,00031				