

## Polska tkanina barierowa do stosowania w prewencji uczulenia na roztocza kurzu domowego – ocena właściwości barierowych w warunkach laboratoryjnych

MAREK L. KOWALSKI, BARBARA MAJKOWSKA-WOJCIECHOWSKA, MARZANNA JARZĘBSKA, JANINA GRZEGORCZYK, MARIAN ORNAT\*, GRAŻYNA MALINOWSKA\*, ZBIGNIEW WAWRZASZEK\*, STEFAN BRZEZIŃSKI

Katedra i Zakład Immunologii Akademii Medycznej, ul. Mazowiecka 11, 92-213 Łódź

\*Instytut Inżynierii Materiałów Włókienniczych, ul Gdańska 118, 90-520 Łódź

Stosowanie pokrowców, wykonanych z tkanin barierowych, nie przepuszczających alergenów, uważane jest za najlepszą i najbezpieczniejszą strategię w profilaktyce roztoczowej. Opracowanie laboratoryjnej metody badania barierowości, umożliwiło obiektywną ocenę skuteczności przeciwalergicznego serii tkanin, dzianin oraz kompozytowych materiałów włókienniczych wyprodukowanych przez Instytut Inżynierii Materiałów Włókienniczych w Łodzi. Wyniki naszych badań stanowiły podstawę do dokonania wyboru optymalnego materiału barierowego oraz wdrożenia przemysłowej technologii wytwarzania tkaniny poliestrowo-bawełnianej z polimerową powłoką hydrofobową o strukturze mikroporowatej, przeznaczonej na pokrowce pościeli chroniące przed alergenami roztoczy kurzu domowego.

Alergeny roztoczy kurzu domowego stanowią ważny czynnik etiologiczny atopowej astmy oskrzelowej [1-5], alergicznego nieżyty nosa [6] i atopowego zapalenia skóry [7,8].

U pacjentów z alergią, zasadniczym sposobem postępowania, jest unikanie ekspozycji na alergen równoległe z leczeniem farmakologicznym. Jednocześnie uważa się, że nie powinno się zaczynać immunoterapii bez próby eliminacji alergenu [9]. Miejscem największej ekspozycji na alergeny roztoczy są łóżka, w których znajdują one najbardziej sprzyjające warunki rozwoju, choć obecne są również w wykładzinach, dywanach, i obiciach meblowych [10]. W Polsce dominującymi gatunkami są roztocza *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae* i *Euroglyphus maynei* a dominacja gatunkowa innych roztoczy z rodziny *Pyroglyphidae* związana jest z cechami klimatycznymi poszczególnych regionów Polski oraz z mikroklimatem pomieszczeń mieszkalnych [11,12]. Z rodzaju *Dermatophagoides* bardziej hydrofilny *D. pteronyssinus* obecny jest w materacach, w puchowych kołdrach i poduszkach oraz w bawełnianych powłóczkach, gdzie znajduje korzystne warunki rozwoju. Dusbabek [13] badając dyspersję roztoczy w materacach wykazał, że najliczniej zasiedlone są te wypełnione końską sierścią i gręplowaną wełną, a roztocza skupiają się przeważnie na bokach materacy, mniej licznie występują na spodniej i górnej stronie. Jednak roztocza żyją w materacach nie tylko blisko powierzchni ale penetrują również głębsze

warstwy skąd trudno je usunąć [14]. Wełniane kołdry i koce, są również rezerwuarami alergenów. Z badań Tovey'a i wsp. [15] wynika, że roztocza najintensywniej zasiedlają tekstylia z wełny, a zalecana dla nich sucha - chemiczna konserwacja, chociaż usuwa kurz nie usuwa alergenów Der p I ani nie zabija osobników żywych. Bawełniana pościel i bielizna ze względu na stosunkowo luźną strukturą i hydrofilność, łatwo wchłaniająca pot i absorbująca duże ilości naskórka, może kumulować roztocza i ich alergeny [16]. Skuteczność stosowania chemicznych środków roztoczobójczych jest ciągle dyskusyjna [17-19]. Powszechnie uważa się, że całkowite usunięcie tych organizmów nie jest możliwe. Ponieważ największa ekspozycja na alergeny roztoczy może następować podczas snu stosowanie pokrowców, wykonanych z tkanin barierowych, nie przepuszczających alergenów, okazało się najlepszą i najbezpieczniejszą strategią w profilaktyce roztoczowej, pozwalającą na redukcję stężenia alergenów roztoczy w otoczeniu chorych i zmniejszenie objawów klinicznych u osób uczulonych [20-30]. W wielu krajach stosowanie pokrowców jest uważane za podstawową formę profilaktyki roztoczowej; np. w Szwecji, takie pokrowce można kupić w aptekach a ubezpieczeni pacjenci nie ponoszą kosztów ich zakupu [28].

Tkanina barierowa powinna spełniać kilka warunków. Po pierwsze musi stanowić barierę dla roztoczy, uniemożliwiając im penetrację i zasiedlenie wnętrza materacy (poduszek, kołder). Po drugie powinna

stanowiąc barierę redukującą możliwość przedostawania się na zewnątrz ich alergenów skumulowanych głównie w mikroskopijnych grudkach kałowych. Po trzecie powinna spełniać wymogi wygody i higieny uwzględniając swobodny przepływ powietrza i pary wodnej a zatem komfort wypoczynku nocnego użytkowników przy równoczesnym obniżeniu kosztów wytwarzania pokrowców przeciwalergiczych. Jak dotąd brak jest wystandaryzowanych metod oceny barierowości tkanin przeciw-alergiczych. Uniemożliwia to zbadanie efektywności tych tkanin przed wdrożeniem procesu produkcyjnego, co stanowi ryzyko wytworzenia produktu niepełnowartościowego. Z tego względu obecnie dostępne na rynku polskim tkaniny przeznaczone na pościel profilaktyczną i powszechnie propagowane jako „pościel przeciwalergiczna” nie posiadają dokumentacji efektywności barierowej.

Wobec zapotrzebowania na nowe tkaniny o wyższych parametrach barierowości, komfortu i odporności na warunki konserwacji, przy równoczesnym obniżeniu kosztów ich wytwarzania, podjęliśmy się opracowania metody laboratoryjnej pozwalającej na ocenę barierowości wybranych tkanin.

Celem pracy było opracowanie i standaryzacja metody badania barierowości tkanin antyalergiczych wobec kurzu i zawartych w nim alergenów Der p I. Metoda ta umożliwiła nam wytypowanie najlepszej tkaniny do stosowania w prewencji uczulenia na alergeny kurzu domowego spośród 50 tkanin wykonanych w tym celu według różnych technologii.

## METODY

### Zbieranie kurzu do oceny barierowości tkanin

Zbieranie kurzu do badań barierowości tkanin prowadzono w łódzkich mieszkaniach w których wcześniej stwierdzono najwyższe stężenia antygeny Der p I [31]. Do odkurzacza Zelmer Meteor 1010.5 zakładano nowy worek papierowy i starannie odkurzano pokrycia materacy, łóżek oraz kołdry, poduszki, koce, dywany, fotele, meble tapicerowane, podłogę w pokojach wypoczynkowych i sypialniach. Kiedy zbieranie kurzu było zakończone, uszczelniano krążkiem otwór papierowej torby z kurzem, umieszczano ją w worku foliowym i transportowano do laboratorium. Następnie kurz homogenizowano w ciągu 4h przy użyciu wytrząsarki i mieszadła hematologicznego.

### Metoda badania barierowości tkanin

Porcje kurzu o wadze 30g, umieszczano w metalowych pojemnikach z otworkami w ściankach bocznych umożliwiającymi cyrkulację powietrza, a następnie mocowano badane tkaniny, przez które kurz był przesysany przy pomocy odkurzacza (ryc. 1 i 2). Na rurę ssącą odkurzacza Zelmer Meteor 1010.5 nakładano



Ryc. 1. Urządzenie do zbierania kurzu (po lewej) i filtr, na którym osiada zbierany kurz (po prawej) przykryty płytką ochronną. W czasie zbierania kurzu filtr znajduje się wewnątrz urządzenia, które połączone jest z odkurzaczem.

urządzenie do zbierania próbek kurzu (firmy ALK Dania), zawierające porowatą płytkę, pokrytą filtrem bibułowym, o wielkości porów 6  $\mu\text{m}$  (ryc 1). Następnie odkurzaczem zasysano kurz ze zbiornika przez badaną tkaninę 3 razy po 5 minut (przy standaryzacji metody stosowano też czas 3 razy po 15 minut). Po zakończeniu odkurzania, płytkę zamykano pokrywką, opisywano i ważono. Obliczano wagę netto zebranego kurzu. W zakręcanych, plastikowych probówkach o objętości 50ml umieszczano zebrane próbki kurzu razem z bibułowymi filtrami i odpowiednimi ilościami buforu amonowego. Szczelnie zamknięte probówki wytrząsano przez 2h w temperaturze pokojowej. Następnie próbki odwirowywano w ciągu 20 min. przy 2500 obr/min. Nadsącze filtrowano przez filtry mikrobiologiczne firmy Milipore o średnicy porów  $\phi = 0,22 \mu\text{m}$ . Tak uzyskane wyciągi antygenowe przechowywano w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$  do czasu pomiaru stężenia alergenu roztoczy.



Ryc. 2. Metoda badania barierowości tkaniny. W pojemniku trzymany przez osobę po lewej i pokrytym badaną tkaniną znajduje się porcja 30 g kurzu. Podłączone do odkurzacza urządzenie zasysa kurz przez badaną tkaninę - kurz gromadzi się na filtrze wewnątrz urządzenia.

### Pomiar stężenia antygeny Der p I w wyciągach

Stężenie Der p I określano przy pomocy testu ELISA z zastosowaniem dwóch przeciwciał: monoklonalnego i poliklonalnego (ALK Indoor Allergen Analysis). Do studzienek płytki opłaszczonych przeciwciałami monoklonalnymi przeciwko antygenom Der p I, dodawano po 100 µl ekstraktu kurzu domowego i standardów. Płytkę inkubowano 2 godziny w temperaturze pokojowej, a po inkubacji przepłukiwano roztworem PBS i 0,05% Tweenu. Następnie dodawano po 100 µl przeciwciał poliklonalnych przeciwko antygenom kurzu domowego związanych z peroksydazą chrzanową i inkubowano przez 1 godzinę w temperaturze pokojowej. Po inkubacji studzienki ponownie przepłukiwano i dodawano po 100 µl substratu OPD i inkubowano 15 min. w temp. pokojowej. Reakcję zatrzymywano 1 M kwasem siarkowym. Pomiar absorbancji przeprowadzano automatycznym spektrofotometrem firmy Sanofi-Pasteur przy długości fali 490 nm. Orientacyjnego odczytu stężeń antygeny Der p I w badanych próbkach dokonywano na podstawie wykresu krzywej wzorcowej, natomiast dokładny odczyt uzyskiwano z równania regresji liniowej między zlogarytmowanymi zmiennymi absorbancji i stężeń wzorców. Wyniki wyrażano w ng/ml ekstraktu lub w mg/g kurzu. Czułość stosowanej metody wynosiła 0,6 ng antygeny Der p I na 1 ml roztworu.

### Wskaźnik przepuszczalności dla bawełny

Do zbiornika dodawano 30 g zhomogenizowanego kurzu domowego, w którym uprzednio oznaczono stężenie antygeny Der p I. Po założeniu na pojemnik tkaniny badanej kurz zasysano przez nią trzykrotnie przez 5 minut, a następnie oznaczano w ekstrakcie z uzyskanej próbki kurzu stężenie Der p I. Procentowy stosunek stężenia Der p I w próbce kurzu pobranej ze zbiornika do stężenia w próbce uzyskanej po przefiltrowaniu przez badaną tkaninę bawełnianą określano jako wskaźnik przepuszczalności Der p I dla bawełny.

### Wskaźniki przepuszczalności dla tkanin badanych

Celem oceny efektywności barierowej tkanin, porównywano stężenie alergenów Der p I w próbkach kurzu filtrowanych przez każdą z tkanin badanych (barierowych), równoległe z tkaniną kontrolną (bawełnianą). Stosunek stężeń Der p I w próbkach kurzu dla obu tkanin (badanej / bawełnianej) określano jako *wskaźnik przepuszczalności Der p I* dla tkaniny badanej i wyrażano w procentach. Podobnie obliczano procentowy *wskaźnik przepuszczalności kurzu*, porównując wagę kurzu zgromadzonego na filtrze po zasysaniu przez tkaninę badaną w odniesieniu do tkaniny bawełnianej.

### Opracowanie tkanin o potencjalnych właściwościach barierowych

Łącznie przeprowadzono ocenę przydatności barierowej 50 rodzajów wyrobów włókienniczych wykonanych z różnego rodzaju włókien i przędz z uwzględnieniem wielu technologii wykończeń opracowanych w Instytucie Inżynierii Materiałów Włókienniczych w Łodzi. W selekcji przebadanych wyrobów brano pod uwagę względy barierowości antyalergicznego, uwarunkowania ekonomiczne i użytkowe oraz możliwości technologiczne. Badaniom przydatności antyalergicznego poddano wyroby włókiennicze, wykonane według następujących technologii:

#### 1. Tkaniny nie powlekane

Tkaniny nie powlekane wykonano z jedwabnych włókien poliestrowych:

- tkaniny o specjalnie gęstej strukturze wątku i osnowy, w których barierowość uzyskiwano poprzez odpowiedni dobór grubości i liczności nitek wątku i osnowy oraz rodzaju splotu,
- tkaniny gładzone z dodatkową, termiczno-mechaniczną obróbką powierzchniową, zagęszczającą strukturę tkanin poprzez deformację (spłaszczanie) przędz i tym samym zmniejszenie prześwitów w tkaninie oraz zmniejszanie przesuwalności nici.

#### 2. Tkaniny powlekane

Wykonano je z jedwabów poliestrowych oraz przędz poliestrowo-bawełnianych, pokrytych powłokami najnowszej generacji polimerów błonotwórczych firm: Ciba, Bayer i BASF, wzmagających barierowość wyrobów włókienniczych. Powlekanie polegało na nanoszeniu polimerów błonotwórczych, zapewniających nieprzepuszczalność powleczonej tkaniny dla roztoczy i ich alergenów zawartych w grudkach kałowych, dobre własności higieniczne, przepuszczalność dla pary wodnej i powietrza oraz odporność na konserwację - mechaniczne pranie wodne. Badaniom poddano dwa rodzaje polimerów błonotwórczych, nanoszonych na tkaniny:

- o charakterze hydrofobowym i strukturze mikroporowatej, wytwarzanych z polimerów poliuretanowych, charakteryzujących się występowaniem mikroporów i kanalików o średnicy rzędu  $10^{-6}$  m,
- o charakterze hydrofilowym, otrzymywanych z kopolimerów poliuretanowych, w które wbudowane są grupy hydrofilowe takie jak polimery aminokwasowe lub winylo-alkoholowe, posiadające zdolność absorpcji i transportu pary wodnej, tworzące względem siebie nieregularne załamania dające intermolekularne pory, czyli minimalne kanaliki, umożliwiające przepuszczalność powietrza.

3. Działiny osnowowe z jedwabnych przędz poliestrowych - powlekane.
4. Tkaniny barierowe dwóch renomowanych firm zagranicznych (Allergopharma i ACb).

### Własności fizyko-mechaniczne i użytkowe tkanin

oceniano między innymi na podstawie takich parametrów jak: siła zrywająca - wydłużanie przy rozciąganiu, wytrzymałość na rozdieranie, przesuwalność nici, przepuszczalność pary wodnej, przepuszczalność powietrza, antyelektrostatyczność, porowatość, sztywność zginania, wodoszczelność, układalność/ chwyt, parametry humano - ekologiczne, koszty wytwarzania i konfekcjonowania.

## WYNIKI

### Standaryzacja metody oceny barierowości

Stwierdzono, że trzykrotne odkurzenie przez 5 minut tej samej porcji kurzu domowego, nie powodowało istotnego zmniejszenia stężenia antygeny Der p I w kurzu przechodzącym przez tkaninę bawełnianą a wskaźnik przepuszczalności wynosił średnio 95% (n=11) i nie różnił się istotnie w kolejnych badaniach. Wskaźnik ten nie zależał od stężenia Der p I w porcji kurzu umieszczonej w zbiorniku. Jednokrotne zasysanie kurzu w ciągu 15 minut powodowało istotne zmniejszenie stężenia alergenu (o około 50%) w kolejnej próbie. Wobec tego do dalszych badań wybrano 5 minutowy czas filtrowania kurzu przez badane tkaniny.

Badania barierowości bawełnianego płótna pościelowego, stanowiącego układ kontrolny, wykazały, że:

1. Przez jedną warstwę bawełny, w czasie trzykrotnego, 5 - minutowego odkurzenia z każdej puszkii przenikało średnio  $95 \pm 11\%$  alergenu, (dla n = 11). Porównania wskaźników procentowej przepuszczalności bawełny dla Der p I przeanalizowane testem t Studenta nie wykazywały różnic statystycznie istotnych pomiędzy poszczególnymi badaniami barierowości bawełny przy korzystaniu z porcji kurzu pochodzących z różnych mieszkań o zróżnicowanych stężeniach Der p I. W związku z tym, taki układ badawczy zastosowano do dalszych badań.
2. Przez dwie warstwy bawełny pościelowej, w czasie odkurzenia w ciągu 15 minut uzyskano przenikanie podobnej ilości alergenów jak przez 1 warstwę, ponowne odkurzenie tego samego pojemnika powodowało redukcję stężenia alergenu i stanowiło przeciążenie dla silnika odkurzacza mogące spowodować jego uszkodzenie. Ustalono że najbardziej adekwatny układ pomiarowy to trzykrotne, 5-minutowe odkurzenie przez jedną warstwę bawełny porcji 30 g świeżo zebranego kurzu, homogenizowanego w ciągu 4 godzin i intensywnie wytrząsanego w trakcie odkurzenia (Tabela I).

Tabela I. Wyniki standaryzacji metody badania barierowości tkanin, uzyskane dla bawełny i przedstawiające stężenia Der p I w ekstraktach próbek kurzu, uzyskanych po trzykrotnym, 5 min. odkurzeniu homogenizowanych porcji kurzu przez bawełnę.

Nr Zbiornika kurzu	Kontrola		Bawełna	Wskaźnik przepuszczalności bawełny dla Der p I (%)
	Stężenie Der p I w 1 g homogenizowanego kurzu pobranego z każdej puszkii przygotowanej do odkurzenia	Średnie stężenia Der p I (ng/ml) z 3 prób kurzu, uzyskanych po 5 min odkurzeniach przez bawełnę	Średnie stężenia Der p I (ng/ml) z 3 prób kurzu, uzyskanych po 5 min odkurzeniach przez bawełnę	
1	169,74 ng/ml	140,06	82,53	
2	160,36	151,18	99,67	
3	182,54	203,40	111,43	
4	224,16	241,61	107,7	
5	220,20	195,97	89,0	
6	220,50	232,78	105,50	
7	246,42	213,15	86,73	
8	143,80	138,78	96,43	
9	230,42	210,48	95,5	
10	104,25	94,37	90,67	
11	25,87	20,63	79,77	
x śr. = 175,20		x śr. = 167,49	x śr. = 94,99 ± 11	

Porównania wskaźników przepuszczalności bawełny dla Der p I w kolejnych pomiarach przeanalizowane testem t-Studenta nie wykazywały różnic statystycznie istotnych.

### Ocena przepuszczalności dla antygeny Der p I i kurzu wybranych wyrobów włókienniczych

W tabelach II-V przedstawiono przykładowe wyniki badania 2 tkanin i działin z każdej z grup technologicznych. Wybrano tu tkaniny o skrajnych właściwościach barierowych.

#### Tkaniny nie powlekane

Tabela II przedstawia wyniki badań barierowości dla alergenów kurzu domowego dwóch wybranych tkanin barierowych nie powlekanych: gładzonej i nie gładzonej. Wskaźnik przepuszczalności dla przykładowej tkaniny

Tabela II. Wyniki badań przepuszczalności dla alergenów kurzu domowego dwóch wybranych tkanin nie powlekanych, gładzonej i nie gładzonej

Rodzaj tkaniny	Stężenie Der p I w kurzu [ng/ml]		Wskaźnik Przepuszczalności Der p I %	Masa próbek kurzu [g]		Wskaźnik Przepuszczalności Kurzu %
	bawełna	wyrób badany		bawełna	wyrób badany	
Tkanina barierowa nie gładzona A	188,34	190,50	101 %	2,98	0,19	6 %
Tkanina barierowa gładzona B	123,46	36,88	30 %	4,10	0,09	3 %

nie gładzonej (A) wynosił 101% dla Der p I i 6% dla kurzu a zastosowanie dodatkowej obróbki w postaci gładzenia, mającego na celu uzyskanie dużej zwartości powierzchniowej wyrobu, prowadziło do poprawy wskaźnika przepuszczalności tkaniny gładzonej (B), odpowiednio do 30% dla Der p I i 5% dla kurzu. Pomimo poprawy wskaźników przepuszczalności Der p I (wzrostu barierowości) dla tkanin poddanych operacji gładzenia w stosunku do niegładzonych, ogólna ocena obu wersji tkanin jest negatywna. Wynika ona zarówno z wysokich bezwzględnych wartości wskaźnika przepuszczalności Der p I dla obu wersji tkanin, jak również sztywniejszego chwytu spowodowanego operacją gładzenia (tkaniny w wersji gładzonej).

Te wyniki zdyskwalifikowały przydatność antyalergiczną grupy tkanin nie powlekanych.

### Tkaniny powlekane hydrofilowo

Tabela III przedstawia wyniki badań barierowości dla alergenów kurzu domowego dwóch tkanin barierowych powlekanych powłokami hydrofilowymi C i D. Wskaźniki przepuszczalności obu tkanin powlekanych dla alergenu Der p I i kurzu były zbliżone i wynosiły mniej niż 1 %. Tkaniny te cechowały się jednak niską przepuszczalnością pary wodnej, wysokimi kosztami produkcji i dużą sztywnością wyrobów (niskie właściwości użytkowe).

Tabela III. Wyniki badań przepuszczalności dla alergenu Der p I roztoczy kurzu domowego dwóch wybranych tkanin barierowych, powlekanych powłokami hydrofilowymi (metoda bezpośredniego powlekania)

Rodzaj tkaniny	Stężenie Der p I w kurzu [ng/ml]		Wskaźnik Przepuszczalności Der p I %	Masa próbek kurzu [g]		Wskaźnik Przepuszczalności Kurzu %
	bawełna	wyrób badany		bawełna	wyrób badany	
Tkanina C	195.97	1.69	<b>0.86</b>	2.97	0.03	<b>0.9</b>
Tkanina D	195.57	1.59	<b>0.81</b>	3.07	0.02	<b>0.7</b>

### Tkaniny powlekane hydrofobowo

W tabeli IV przedstawiono wyniki badań barierowości dla alergenów roztoczy kurzu domowego dwóch tkanin barierowych powlekanych powłokami hydrofobowymi – mikroporowatymi. Obie tkaniny wykazywały wybitną barierowość zarówno w stosunku do kurzu mierzonego wagowo jak i do alergenu roztoczy Der p I. Odpowiednie wskaźniki przepuszczalności wynosiły poniżej 1% w odniesieniu do tkaniny bawełnianej, co oznacza śladową przepuszczalność w założonych, eksperymentalnych warunkach doświadczalnych. Stwierdzono, że po 10 praniach

Tabela IV. Wyniki badań przepuszczalności dla alergenu Der p I i kurzu dwóch wybranych tkanin barierowych powlekanych powłokami hydrofobowymi, mikroporowatymi, przed i po 10 praniach wodnych

Rodzaj tkaniny	Stężenie Der p I w kurzu [ng/ml]		Wskaźnik Przepuszczalności Der p I %	Masa próbek kurzu [g]		Wskaźnik Przepuszczalności Kurzu %
	bawełna	wyrób badany		bawełna	wyrób badany	
Tkanina E	224.16	0.19	<b>0.10</b>	1.58	0.009	<b>0.4</b>
Tkanina E 10x prana	195.16	1.98	<b>1.01</b>	1.96	0.005	<b>0.2</b>
Tkanina F	224.25	0.20	<b>0.10</b>	2.33	0.007	<b>0.3</b>
Tkanina F 10x prana	195.97	1.66	<b>0.87</b>	2.72	0.023	<b>1.2</b>

przepuszczalność tkanin E i F dla kurzu jak i przepuszczalność dla Der p I była nadal bardzo niska i wynosiła poniżej 1 % wobec bawełny.

### Dzianiny powlekane hydrofobowo

Przydatność przeciwalergiczną dzianin powlekanych hydrofobowo została oceniona wysoko. Tabela V zawiera wyniki badań barierowości dla alergenów kurzu domowego dwóch wybranych dzianin barierowych, powlekanych hydrofobowo G i H przed i po 10 praniach wodnych. Obie dzianiny powlekane wykazywały niskie wskaźniki przepuszczalności dla Der p I i kurzu: poniżej 1%. Zaletami dzianin powlekanych okazały się także ich wysokie parametry mechaniczne - wytrzymałość na przebicie i ich miękkość. Wadą dzianin powlekanych są ich wysokie koszty

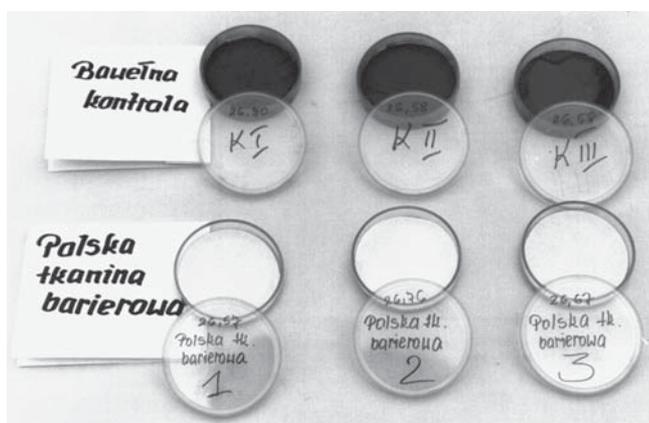
Tabela V. Wyniki badań barierowości dla alergenów roztoczy kurzu domowego dwóch dzianin barierowych, powlekanych: przed i po 10 praniach wodnych

Rodzaj tkaniny	Stężenie Der p I w kurzu [ng/ml]		Wskaźnik Przepuszczalności Der p I %	Masa próbek kurzu [g]		Wskaźnik Przepuszczalności Kurzu %
	bawełna	wyrób badany		bawełna	wyrób badany	
Dzianina G	214.08	1.70	<b>0.80</b>	1.77	0.02	<b>0.01</b>
Dzianina G 10x prana	222.39	3.0	<b>1.40</b>	7.30	0.05	<b>0.70</b>
Dzianina H	177.15	0.19	<b>0.10</b>	2.80	0.001	<b>0.03</b>
Dzianina H 10x prana	140.06	0.54	<b>0.40</b>	2.86	0.01	<b>0.2</b>

wynikające przede wszystkim z powlekania, gdyż proces ten ograniczony jest do metody odwracalnej - transferowej znacznie droższej od metody bezpośredniej powlekania, również dzianiny w ten sposób wytworzone są trudne do konfekcjonowania.

### Wybór przeciwalergiczej tkaniny barierowej i rodzaj jej wykończenia

Na podstawie wykonanych badań, prowadzonych równolegle dla bawełny i tkanin badanych, wybrano tkaninę powlekaną hydrofobowo stanowiącą układ kompozytowy, będący tkaniną poliestrowo-bawełnianą, na którą naniesiono, metodą bezpośrednią, poliuretanową powłokę o strukturze mikroporowatej (tkanina F w tabeli IV i ryc. 3). Tkanina ta posiada symbol fabryczny



Ryc. 3. Filtry gromadzące kurz do badania po przepuszczeniu kurzu przez tkaninę kontrolną bawełnianą (rzęd górny) oraz wyprodukowane tkaniny barierowe (rzęd dolny). Przy zastosowaniu tkaniny barierowej ilość przepuszczonego kurzu jest tak mała, że nie widoczna gołym okiem na filtrze.

Lj 33/96. Charakteryzuje się zdolnością zatrzymywania ponad 99 % alergenów Der p I i ponad 99% wagowych ilości kurzu w stosunku do bawełny, dobrze przepuszcza parę wodną ( $> 2000 \text{ g/m}^2/24\text{h}$ ) i posiada dobre właściwości mechaniczne, miękki chwyt, odporność na konserwację, czyli na mechaniczne pranie wodne oraz pozytywną opinię Laboratorium Badań Ekologii Wyrobów Włókienniczych [32]. Powłokę poliuretanową naniesiono od strony wewnętrznej wyrobu, co zapewnia:

- wysoką barierowość wobec roztoczy gromadzących się wewnątrz chronionych materacy, kołder, poduszek,
- zmniejszony stopień narażenia powłoki polimerowej na uszkodzenia mechaniczne,
- gładkość powłoki wewnętrznej, zapobiegająca przywieraniu cząstek alergenowych do powierzchni tkaniny i przeciwdziałająca kumulowaniu się dużej ilości alergenów w przestrzeniach międzywłókienniczych, ułatwiając jej konserwację,
- wzmożenie komfortu użytkowania, dzięki udziałowi w tkaninie bawełny, wyczuwalnej od jej zewnętrznej

strony, nadającej pokrowcom cechy i wygląd typowej bielizny pościelowej,

- podniesienie trwałości pokrowców barierowych, ze względu na udział w tkaninie wysoce elastycznych, sprężystych i wytrzymałych włókien poliestrowych odpornych na uszkodzenia termiczne, pęcznienie, degradację hydrolityczną itp.

### Badania porównawcze z tkaninami barierowymi firm zagranicznych

Opisaną metodą, dodatkowo zbadano barierowość, czyli zdolność zatrzymywania alergenów Der p I dwóch tkanin przeciwalergiczych renomowanych firm zagranicznych. Stwierdzono, że podobnie jak polska tkanina barierowa IIMW, charakteryzują się one przepuszczalnością dla alergenów Der p I poniżej 1% w stosunku do tkaniny bawełnianej. Stopień zatrzymywania alergenów przez wyselekcjonowaną na podstawie opisanej wyżej metody tkaniny IIMW okazał się porównywalny a nawet nieco wyższy w odniesieniu do tkanin firm zagranicznych (tabela VI).

Tabela VI. Porównanie barierowości polskiej tkaniny Instytutu Inżynierii Materiałów Włókienniczych w Łodzi (IIMW) z dwoma wyrobami włókienniczymi firm zagranicznych

Rodzaj tkaniny	Polska tkanina barierowa IIMW	II producent zagraniczny	II producent zagraniczny
Przepuszczalność dla alergenów roztoczy kurzu domowego* Der p I w procentach $x \pm SD$	0,6% $\pm$ 0,1	0,78% $\pm$ 0,09	0,66% $\pm$ 0,11

\* Przepuszczalność dla zwykłej, bawełnianej tkaniny pościelowej wynosi 100%

### DYSKUSJA

W pracy przedstawiono wyniki badań potwierdzających skuteczność barierową (przeciwalergiczną) tkaniny, wybranej spośród ponad 50, wyprodukowanych według wielu różnych technologii w Instytucie Inżynierii Materiałów Włókienniczych w Łodzi. Przeprowadzenie oceny tak dużej liczby tkanin możliwe było jedynie dzięki opracowanej w Katedrze Immunologii oryginalnej metodzie badania barierowości wobec alergenów kurzu domowego w warunkach laboratoryjnych. Dotychczas większość badań barierowości wyrobów włókienniczych stosowanych w profilaktyce przeciwoztoczowej koncentrowało się jedynie na testach penetracji, ruchliwych postaci roztoczy, takich jak larwy, protonimfy, deutonomimfy i imagines przez pory istniejące między nitkami przędzy [33]. Poprawną dokumentację barierowości pokrowców wobec alergenów roztoczy i ich postaci ruchliwych, posiadają pokrowce przeciwalergiczne Aller Stop® [34].

Główną zaletą opracowanej i wdrożonej metody badania barierowości tkanin jest możliwość nie tylko

oceny przenikania cząstek kurzu (w tym roztoczy) ale także i ich alergenów skumulowanych w wydalinach, zawartych w kurzu. Wymagania stawiane wyrobom włókienniczym, przeznaczonym na pokrowce anty-alergiczne najlepiej spełniały tkaniny powlekane o wysokiej gęstości wątku i osnowy oraz grubości włókien mniejszych niż konwencjonalne. Na podstawie wykonanych badań, prowadzonych równolegle dla bawełny i tkanin badanych, wybrano układ kompozytowy, będący tkaniną poliesterowo-bawełnianą o zwartej strukturze tkania, na którą naniesiono mikroporowatą, powłokę poliuretanową charakteryzującą się zdolnością zatrzymywania ponad 99% alergenów i kurzu, przepuszczającą parę wodną ( $> 2000 \text{ g/m}^2/24 \text{ h}$ ) i posiadającą dobre właściwości mechaniczne i użytkowe, takie jak: miękki chwyt, odporność na konserwację, czyli na mechaniczne pranie wodne oraz pozytywną opinię Laboratorium Badań Ekologii Wyrobów Włókienniczych. Wyniki oceny barierowości tej tkaniny, oznaczonej symbolem F, przedstawiono w tabeli IV. Przy wyborze jej uwzględniono również względy ekonomiczne, technologiczne i użytkowe. Wartość wybranej tkaniny została sprawdzona poprzez porównanie jej własności barierowych z dwoma produktami renomowanych firm zagranicznych: Allergocover firmy Allergopharma i ACb firmy Allergy Control Products, INC. Nasza tkanina wykazywała zbliżone a nawet lepsze własności barierowe w odniesieniu do wyrobów tych firm. Tkaniny powlekane powłokami hydrofilowymi również wykazywały dobrą barierowość czyli zdolność zatrzymywania alergenu Der p I oraz dobry, chociaż mniejszy, w odniesieniu do hydrofobowych, transport wilgoci. Zdecydowaną wadą była większa sztywność tkanin tej grupy, mogąca zmniejszyć stopień akceptacji pokrowców przez użytkowników.

## Piśmiennictwo

1. Custovic A., Taggart S.C., Francis H.C. i wsp.: Exposure to house dust mite allergens and the clinical activity of asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1996; 98: 64-72.
2. de Bruin-Weller M.S., Weller F.R., Rijssenbeek-Nouwens L.H.M. i wsp.: Allergen-induced changes in airway responsiveness are related to baseline airway responsiveness. *Allergy* 1996; 51: 401-406.
3. Kalsheker N.A., Deam S., Chambers L. i wsp.: The house dust mite allergen Der p1 catalytically inactivates alpha 1-antitrypsin by specific reactive centre loop cleavage: a mechanism that promotes airway inflammation and asthma. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1996; 5, 221: 59-61.
4. Guy B., Marks E., Euan R. i wsp.: Mite allergen (Der p I) concentration in houses and its relation to the presence and severity of asthma in population of Sydney schoolchildren. *J. Allergy. Clin. Immunol.* 1995; 96: 441-8.
5. van der Heide S., de Monchy J.G., de Vries K. i wsp.: Seasonal variation in airway hyperresponsiveness and natural exposure to house dust mite allergens in patients with asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1994; 93: 470-5.
6. Small P., Barrett D.: Evaluation of dust and dust mite nasal provocation. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 1995; 75: 501-6.
7. Tan B., Weald D., Strickland I. i wsp.: Double blind controlled trial of effect of house dust-mite allergen avoidance on atopic dermatitis. *Lancet* 1996; 347: 15-8.
8. Tupker R.A., De Monchy J.G., Coenraads P.J. i wsp.: Induction of atopic dermatitis by inhalation of house dust mite. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1996; 97: 1064-70.
9. Stanowiska Europejskiej Akademii Alergologii i Immunologii Klinicznej. EAACI, Paryż, 1992. *Medycyna praktyczna* 1992.
10. van Strien R.T., Verhoeff A.P., van Wijnen J.H. i wsp.: Der p I concentrations in mattress surface and floor dust collected from infants' bedrooms. *Clin. Exp. Allergy.* 1995; 25: 1184-9.
11. Solarz K. Fauna i biologia Pyroglyphidae Polski. *Wiad. Parazytol.* 1995; 41: 343-353.
12. Samoliński B., Zawisza E., Wasylik A.: Akarofauna domowa na terenie Warszawy w mieszkaniach chorych z alergią wziewną. *Mat. VI Symp. Akarontomol. Med. Wet., Gdańsk* 17-21 września 1989: 37.

Wymogów barierowości nie spełniały, jak wykazano, tkaniny nie powlekane. Stwierdziliśmy, że posiadają one przepuszczalność zbliżoną do zwykłych materiałów pościelowych. Należy podkreślić, że właśnie takie tkaniny dostępne są w handlu pod nazwą „pościeli przeciwalergiczej”, nie posiadając żadnej dokumentacji efektywności barierowej. Wyniki naszych badań wskazują, że stosowanie tkanin, nie testowanych według wystandaryzowanej metody, nie spełnia efektu ochronnego u osób uczulonych.

Krytycznej ocenie poddano również dzianiny powlekane. Zostały one odrzucone, z uwagi na koszt wytwarzania pomimo tego, że ich barierowość antyroztoczową oceniono pozytywnie.

**Podsumowując**, można stwierdzić, że oryginalna metoda oceny barierowości wyrobów włókienniczych do stosowania w prewencji uczulenia na alergeny roztoczy kurzu domowego okazała się przydatna w tego typu badaniach. Umożliwiła wyselekcjonowanie tkaniny barierowej, charakteryzującej się przepuszczalnością dla alergenów Der p I znacznie poniżej 1% w stosunku do typowej tkaniny bawełnianej a stopień zatrzymywania przez nią alergenów był porównywalny a nawet nieco wyższy w odniesieniu do tkanin barierowych renomowanych firm zagranicznych. Przeprowadzone badania kliniczne [35] wykazały, że pokrowce barierowe wykonane z tej tkaniny, stosowane u chorych z astmą i nieżytem nosa, uczulonych na roztocza kurzu domowego powodują istotną poprawę stanu klinicznego chorych.

*Praca wykonana w ramach grantu KBN zakończona 30.12.1996 r. Nr projektu badawczego: 7 S205 020 07.*

*Podziękowanie: Autorzy dziękują Jackowi Olczykowi i Leszkowi Wojtkasowi, technokom Szpitala Klinicznego nr 2 za pomoc w testowaniu tkanin barierowych.*

13. Dusbabek F.: Present state of research on house dust mites (Pyroglyphidae) in the Czech Republic. *Wiad. Parazytol.* 1995; 41: 337-342.
14. de Boer R., van der Geest L.P.: House dust mite (Pyroglyphidae) populations in mattresses and their control by electric blankets. *Exp. Appl. Acarol.* 1990; 9: 113-22.
15. Tovey E.R., Mahmic A., McDonald L.G.: Clothing - an important source of mite allergen exposure. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1995; 96: 999-1001.
16. Siebers R.W., Patchett K., Fitzharris P. i wsp.: Mite allergen (Der p 1) on children's clothing [letter]. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1996; 98: 853-4.
17. Manjra A., Berman D., Toerien A.: The effects of a single treatment of an acaricide, Acarosan, and a detergent, Metsan, on Der p I allergen levels in the carpets and mattresses of asthmatic children. *S. Afr. Med. J.* 1994; 84: 278-80.
18. Weeks J., Oliver J., Birmingham K. i wsp.: A combined approach to reduce mite allergen in the bedroom. *Clin-Exp-Allergy.* 1995; 25: 1179-83.
19. Rebmann H., Weber A.K., Focke I. i wsp.: Does benzyl benzoate prevent colonization of new mattresses by mites? *Allergy* 1996; 51: 876-882.
20. Wickman M., Nordvall S.L., Pershagen G. i wsp.: Mite allergens during 18 months of intervention. *Allergy* 1994; 49: 114-119.
21. Dornelas A., de Andrade D., Charpin J. i wsp.: Clinical aspects of allergic disease. Indoor allergen levels in day nurseries. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1995; 95: 1158-63.
22. Babe K.S., Aralian L.G., Confer P.D. i wsp.: House dust mite (*Dermatophagoides farinae* and *Dermatophagoides pteronyssinus*) prevalence in the rooms and hallways of a tertiary care hospital. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1995; 95: 801-5.
23. Murray A.B., Ferguson A.C.: Dust - free bedrooms in the treatment of asthmatic children with house dust or house dust mite allergy: A controlled trial. *pediatrics.* 1983; 71: 3.
24. Van der Heide S., Kauffman H.F., Dubois A.E. i wsp.: Allergen avoidance measures in homes of house-dust-mite-allergic asthmatic patients: effects of acaricides and mattress encasing. *Allergy*; 1997; 52: 921-7.
25. Van der Heide S., Kauffman H.F., Dubois-A.E. i wsp.: Allergen reduction measures in houses of allergic asthmatic patients: effects of air-cleaners and allergen-impermeable mattress covers. *Eur. Respir. J.* 1997; 10: 1203-4.
26. Hill D.J., Thompson P.J., Stewart GA i wsp.: The Melbourne house dust mite study: eliminating house dust mites in the domestic environment. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1997; 99: 323-9.
27. Maeda Y., Yasueda H., Akiyama K., i wsp.: Special cloth futon-cover (Miroguard) as a protection against house mite exposure. *Alerugi.* 1994; 43: 120-6.
28. Svenonius E., Höjerback A.L., Landquist G. i wsp.: Mattress covers offer relief for house-dust mite allergic patients. *Läkartidningen, het Swedish Medical Journal.* 1993; 90: 264-5.
29. Carswell F., Birmingham K., Oliver J. i wsp.: The respiratory effects of reduction of mite allergen in the bedrooms of asthmatic children—a double-blind controlled trial. *Clin. Exp. Allergy.* 1996; 26: 386-96.
30. Niklassen U., Halken S., Hansen L.G. i wsp.: Effect of a semi-permeable polyurethane mattress cover in children with asthma and allergy against housedust mites. *European Society of Pediatric Allergy and Clinical immunology nad European Respiratory Society Paediatric Assembly.* Odense, Denmark, May 22.-25.1996.
31. Kowalski M.L., Majkowska-Wojciechowska B., Grzegorzczak J.: Stężenie alergenów roztoczy kurzu domowego Der p I w mieszkaniach łódzkich. *Alergia Astma Immunologia P.K.* 1996; 1: 41-46.
32. Wawrzaszek Z., Brzeziński S., Kowalski M.L. i wsp.: Włókiennicze antyalergiczne materiały barierowe chroniące przed roztoczymi kurzu domowego. Łódź, 1996. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczego Nr: S205 020 07.
33. Control Methodology in Textile Engineering and Economics. Tickproof Bed Cover. *Journal of the Text Inst.* 1992; 3: 342.
34. Rigamonti I.E., Di Berardino L., Lozzia G.C.: Study on ability of a new barrier to reduce airborne mite allergens. *Extrait du volume XXVIII;* 1996: 70-73.
36. Kowalski M.L., Korzon L., Majkowska-Wojciechowska B. i wsp.: Polska Tkanina barierowa do stosowania w prewencji alergii na roztocza kurzu domowego. Ocena klinicznej efektywności stosowania pościeli z tkaniny barierowej u chorych z alergiczną astmą oskrzelową i/lub nieżytem nosa. *VI Zjazd Polskiego Towarzystwa Alergologicznego.* Katowice 20-23. XI. 1997.

## A new barrier fabric for mattress covers - laboratory testing of permeability to house dust and Der p I antigen

MAREK L. KOWALSKI, BARBARA MAJKOWSKA-WOJCIECHOWSKA, MARZANNA JARZĘBSKA, JANINA GRZEGORCZYK, MARIAN ORNAT, GRAŻYNA MALINOWSKA, ZBIGNIEW WAWRZASZEK, STEFAN BRZEZIŃSKI

### Summary

The effectiveness of mattress covers in reducing exposure to house dust mite and symptoms of house dust mite allergy has been established in several clinical trials. The goal of the study was to employ a new laboratory method for testing fabrics for mattress covers. We used original methods developed in our laboratory, which allows for measurement permeability to house dust particles and to Der p I antigen assayed by specific enzyme-linked immunosorbent assay. With this method 50 fabrics, manufactured according to various technologies were tested. We were able to choose a single fabric which demonstrated permeability to house dust and Der p I antigen below 1% of reference cotton fabric. This fabric is being tested in a clinical trial of mattress covers effectiveness against HDM allergy.