

## PŮVODNÍ A METODICKÉ PRÁCE

### TESTOVÁNÍ ANTIBAKTERIÁLNÍHO ÚČINKU TEXTILÍ OŠETŘENÝCH FOTOAKTIVNÍM FTALOCYANINOVÝM BARVIVEM

JANA VRKOSLAVOVÁ<sup>a</sup>, HANA BENDOVÁ<sup>a</sup>,  
KRISTINA KEJLOVÁ<sup>a</sup>, RADKA KOŘÍNKOVÁ<sup>b</sup>,  
LUBOMÍR KUBÁČ<sup>b</sup> a LENKA MARTINKOVÁ<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48/49, 100 00 Praha 10,

<sup>b</sup> Centrum organické chemie s.r.o., Rybitví 296, 533 54

Rybitví, <sup>c</sup> INOTEX spol. s r.o., Štefánikova 1208, 544 01

Dvůr Králové nad Labem

jana.vrkoslavova@szu.cz

Došlo 18.11.19, přijato 17.5.21.

**Klíčová slova:** ftalocyaniny, textilní materiály, antibakteriální vlastnosti

#### Úvod

Fotoaktivní látky jsou obvykle aromatické nebo heterocyklické molekuly, např. fenothiaziny, porfyriny, kyselina deltaaminolevulová, xanteny, psoraleny, chloriny nebo ftalocyaniny. Po ozáření světlem příslušné vlnové délky se dostávají ze základního klidového stavu do excitovaného stavu a v přítomnosti kyslíku může dojít ke vzniku jeho reaktivních cytotoxických produktů – hydroxylového radikálu, superoxidového radikálu nebo singletového kyslíku  $^1\text{O}_2$ . K letálnímu poškození buňky dochází dvěma způsoby: destrukcí DNA nebo poškozením cytoplazmatické membrány, které pak dovoluje únik obsahu buňky ven a zároveň inaktivuje membránové transportní systémy. Samotná fotoaktivní látka obvykle nemá žádný nebo má jen zanedbatelný baktericidní efekt<sup>1</sup>.

Elektromagnetické záření absorbované buňkou vyvolává v buňce chemické změny – je zdrojem energie pro fotosyntézu, vyvolává orientovanou odpověď (fototropický a fototaktický efekt). Pro většinu nefotosyntetizujících mikroorganismů není světlo nutné. Dokonce některé mikroorganismy může poškozovat. Především při delší expozici může působit toxicky i samotné viditelné světlo, zejména modré a modrofialové spektrum<sup>2</sup>.

Pro posouzení antimikrobiálních vlastností textilií je využíváno několika metod. Jde o metody kvalitativní (např. AATCC Test Method<sup>TM</sup> 147: 2011, ISO 20645: 2004 a JIS L 1902: 2008) nebo kvantitativní (např. AATCC TM 100: 2004, ISO 20743: 2013 a JIS L 10902: 2008)<sup>3</sup>. Srovnávací studie dostupných standardů pro hod-

nocení antimikrobiální aktivity v textilním průmyslu ukázala, že kvantitativní testy jsou přesnější a spolehlivější než kvalitativní metody<sup>4</sup>. Absorpční metoda popsaná v ČSN EN ISO 20743 (cit.<sup>5</sup>) předepisuje vhodné mikroorganismy pro testování, kultivační a ředící média, uspořádání experimentu, ale nepočítá s testováním textilií upravených pomocí fotoaktivních látek<sup>6</sup>.

V našem projektu jsme se zaměřili na fotoinaktivaci bakterií, která je založená na fotogenerování singletového kyslíku na textilních materiálech vybarvených ftalocyaninovými barvivy. Studované organické fotoaktivní látky po expozici viditelným světlem generují reaktivní formy kyslíku, především pak tzv. singletový kyslík. Tyto formy kyslíku jsou silně reaktivní a mimo jiné způsobují letální poškození buňky. Singletový kyslík v plynné fázi má relativně dlouhou dobu života, avšak při interakci s rozpouštědly se tato doba redukuje na několik mikro- nebo nanosekund<sup>7</sup>. Je silným oxidačním činidlem pro biologické struktury, jako jsou proteiny a buněčné membrány<sup>8</sup>.

Pro hodnocení antibakteriálních vlastností fotokatalytických povrchů se používá řada bakterií – *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus* nebo *Bacillus megaterium*<sup>6</sup>. Pro naši studii jsme použili bakterie *E. coli* a *Enterococcus faecalis* vyskytující se v lidském a zvířecím trávicím traktu. Jsou také indikátory fekálního znečištění ve vodách a potravinách. *E. coli* je nejprozkoumanějším mikrobiálním druhem, který slouží jako modelový mikroorganismus<sup>9,10</sup>.

#### Experimentální část

##### Chemikálie

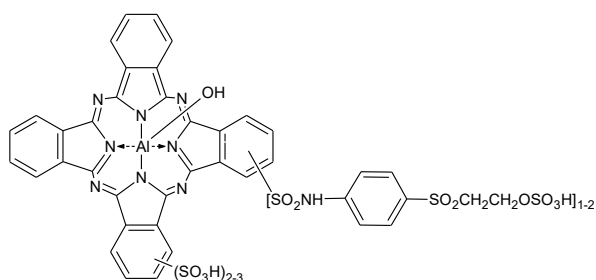
Pro přípravu suspenzí bakterií byla použita tekutá živná půda – živný bujón (NB, HIMEDIA, Indie). Suspenze bakterií byly ředěny pomocí NB (*E. faecalis*) nebo NB (1/20) (dvacetkrát ředěný živný bujón, použito pro *E. coli*). Pro vytřepání bakterií z textilií byl použit roztok Eugonic LT 100 Broth Base w/o Tween 80 (EUG, HIMEDIA, Indie). Pro stanovení počtu životaschopných bakterií na textiliích byla použita pevná kultivační půda trypton-sojový agar (TSA, HIMEDIA, Indie).

##### Použité mikroorganismy

Pro testy byly použity doporučené referenční kmeny pro aerobní testování antimikrobiální citlivosti – gramnegativní bakterie *E. coli* CCM 4517 (= ATCC 8739, kmen doporučený v metodice ISO 22196: 2011, cit.<sup>9</sup>) a grampozitivní bakterie *E. faecalis* CCM 3956. Bakterie byly dodány ve formě želatinových disků z České sbírky mikroorganismů (Masarykova univerzita Brno) a oživeny dle instrukcí v přiloženém návodu.

## Barvení textilií

Pro barvení byl použit fotosenzitivní ftalocyanin 1140/170 s centrálním atomem hliníku (obr. 1). Při procesu reaktivního barvení vzniká přímo *in situ* z nereaktivní sulfoxyethylsulfonové skupiny vinylsulfonová reaktivní skupina. Přídavkem alkálie dochází k odštěpení sulfoesterové skupiny za vzniku vinylsulfonu  $-\text{SO}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ , který se kovalentně váže na hydroxyskupiny ve struktuře bavlny. Ftalocyanin 1140/170 byl syntetizován v Centru organické chemie s.r.o. v Pardubicích a jeho toxikologické vlastnosti testovány ve Státním zdravotním ústavu (SZÚ) v Praze<sup>11</sup>. Vzhledem k tomu, že vybarvení ftalocyaninovými barvivy obvykle vykazují nízké stálosti vůči aktivnímu chloru a s cílem snížení nákladů na vybarvení textilií, byla aplikace reaktivního ftalocyaninu provedena na předem kypově vybarvené materiály (zelenomodrý odstín pro zdravotnictví). Kypová barviva nejsou fotoaktivní. Jejich aplikace však podstatně zvýší stálobarevnost na světle, při praní a odolnost vůči aktivnímu chloru. Nezanedbatelné je také významné snížení nákladů na barvení pro dosažení požadované sytosti výsledného odstínu, protože ceny použitých komerčních kypových barviv jsou podstatně nižší než cena nově vyvinutého, maloobjemově připravovaného fotoaktivního ftalocyaninového derivátu. Kypové barvení bavlněné i směsné textilie na zelenomodrý odstín s následnou aplikací ftalocyaninu v sytosti



Obr. 1. Vzorec ftalocyaninu hliníku použitého k reaktivnímu barvení textilií

0,5 hm.% bylo provedeno ve společnosti INOTEX, spol. s r.o., Dvůr Králové nad Labem.

## Testované textilie

Ftalocyanin 1140/170 byl aplikován na bavlněnou textilií (100% bavlna, ozn. BA) nebo směsnou textilií (50% bavlna + 50% polyester, ozn. BA/PES). Testy byly provedeny s textiliemi z výroby (tzn. bez údržby), ale také s textiliemi po několika cyklech údržby (praní při teplotě 60 °C a následně chemotermodezinfekci předepsané pro zdravotnický sektor), která byla provedena v komerční prádelně v Náchodě. Byly testovány vzorky textilií uvedené v tab. I.

## Uspořádání experimentu

Jako základ pro hodnocení antibakteriálních vlastností byla použita absorpční metoda popsaná v normě ČSN EN ISO 20743 (cit.<sup>5</sup>). Pro modifikaci absorpční metody jsme vycházeli z norem ISO 27447 (cit.<sup>12</sup>) a ISO 22196 (cit.<sup>13</sup>). Srovnání parametrů jmenovaných norem ISO a parametrů metodiky používané v laboratoři SZÚ je uvedeno v tab. II.

Z čistých kultur bakteriálních kmenů byly připraveny suspenze v NB a tyto suspenze byly kultivovány v orbitálním inkubátoru Unimax 1010 (Heidolph, Německo) 18–24 hodin při 140 min<sup>-1</sup> a 36 ± 1 °C. Po kultivaci byla kultura očkovaná do čerstvého NB a kultivována 3 ± 1 h za stejných podmínek. Koncentrace bakterií byla upravena tak, aby počáteční koncentrace inokula bakterií pro použití byla v rozmezí 1,0·10<sup>5</sup>–1,0·10<sup>6</sup> kolonií tvořících jednotky na mililitr (KTJ ml<sup>-1</sup>). Koncentrace bakterií byla měřena pomocí McFarlandova denzitometru (Biosan DEN-1, Litva).

Textilie byly testovány ve sterilních Petriho miskách o průměru 90 mm. Na jejich dno byly vloženy sterilní kruhové výseče filtračního papíru, na které byla nanášena vrstva sterilních skleněných perel. Filtrační papír byl zvlhčen 2 ml sterilní destilované vody. Testované vzorky byly nastříhány sterilními nůžkami na čtverce o ploše 5 × 5 cm, umístěny na skleněné perly a na jejich povrch bylo rovnoměrně nanášeno 200 µl připravené bakteriální suspenze.

Tabulka I  
Testované textilie

Vzorek	Vlastnosti	Údržba
Kontrolní vzorek	100% bavlna (BA), 125 g m <sup>-2</sup>	bez údržby
Antibakteriálně upravený vzorek	100% bavlna vybarvená kypovými barvivy a ftalocyaninem 1140/170 (BA + FC)	bez údržby 10 cyklů údržby 50 cyklů údržby
Kontrolní vzorek	Směs 50% bavlna + 50% polyester (BA/PES), 140 g m <sup>-2</sup>	bez údržby
Antibakteriálně upravený vzorek	Směs 50% bavlna + 50% polyester vybarvená kypovými barvivy a ftalocyaninem 1140/170 (BA/PES + FC)	bez údržby 10 cyklů údržby

Tabulka II  
Srovnání parametrů ISO norem a parametrů námi použité metodiky

Parametr	ISO 27447	ISO 22196	ISO 20743	Metodika SZÚ
Bakterie	<i>E. coli</i> <i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i> <i>S. aureus</i>	<i>K. pneumoniae</i> <i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i> <i>E. faecalis</i>
Velikost vzorku	5 × 5 cm	5 × 5 cm	0,4 g	5 × 5 cm
Počáteční koncentrace bakterií (KTJ <sup>a</sup> ml <sup>-1</sup> )	6,7·10 <sup>5</sup> –2,6·10 <sup>6</sup>	2,5·10 <sup>5</sup> –1,0·10 <sup>6</sup>	1,0·10 <sup>5</sup> –3,0·10 <sup>5</sup>	1,0·10 <sup>5</sup> –1,0·10 <sup>6</sup>
Objem bakteriální suspenze	150 µl	400 µl	200 µl	200 µl
Doba expozice	4–8 h	24 ± 1 h	18–24 h	18–20 h
Světelný zdroj	Fluorescenční BLB <sup>b</sup> lampa	–	–	NARVA D65

<sup>a</sup> Kolonie tvořící jednotky, <sup>b</sup> blacklight blue (černé světlo)

Misky byly utěsněny pomocí bílé toaletní vazelíny (Bione Cosmetics, ČR), aby bylo zabráněno vysychání testovaných vzorků. Celkem bylo tímto způsobem testováno 6 kontrolních textilií a 6 vybarvených textilií. Dva vzorky kontrolní textilie (nebyly vybarveny žádným barvivem) a dva vzorky textilie obarvené ftalocyaninem byly umístěny do inkubátoru s průhledným plastovým krytem udržujícím konstantní teplotu. Nad tímto inkubátorem byly připevněny dvě světelné trubice NARVA LT (36 W/D65, artificial daylight, COLOURLUX proof). Světelné trubice byly ve vzdálenosti 42 cm od vzorků textilií. Doba expozice byla 18 ± 1 h při teplotě 25 ± 1 °C (*E. coli*) a 36 ± 1 °C (*E. faecalis*). V případě *E. coli*, byla zvolena teplota 25 ± 1 °C jako model pokojové teploty. Vzhledem k tomu, že grampozitivní bakterie jsou k fotoinaktivaci citlivější<sup>14</sup>, byly dva kontrolní a dva vybarvené vzorky umístěny také do inkubátoru bez přístupu světla.

#### Stanovení počtu životaschopných bakterií

Na počátku experimentu a po 18 hodinách expozice světlu nebo ve tmě byl stanoven počet životaschopných bakterií na kontrolních a testovaných textiliích vybarvených ftalocyaninovým barvivem. Vzorky byly přeneseny do sterilních plastových kelímků se sterilními skleněnými perlami. Do kelímků bylo přidáno 20 ml roztoku EUG, kelímky byly uzavřeny víčkem a protřepány pomocí vortexu. Z vytřepaných suspenzí bakterií byly připraveny série desítkových ředění. Vzorek každého zředěného roztoku (0,2 ml) byl rozetřen na povrch TSA agaru. Po 15 min byly misky obráceny dnem vzhůru, umístěny do inkubátorů a kultivovány při teplotě 36 ± 1 °C po dobu 24 h. Po kultivaci byl zjištěn počet kolonií na jednotlivých miskách, stanoven počet přeživších bakterií na jednotlivých vzorcích a vypočtena hodnota antibakteriálního účinku (*A*).

#### Výpočet hodnoty antibakteriálního účinku

Hodnota antibakteriálního účinku (*A*) byla vypočítána podle rovnice (1):

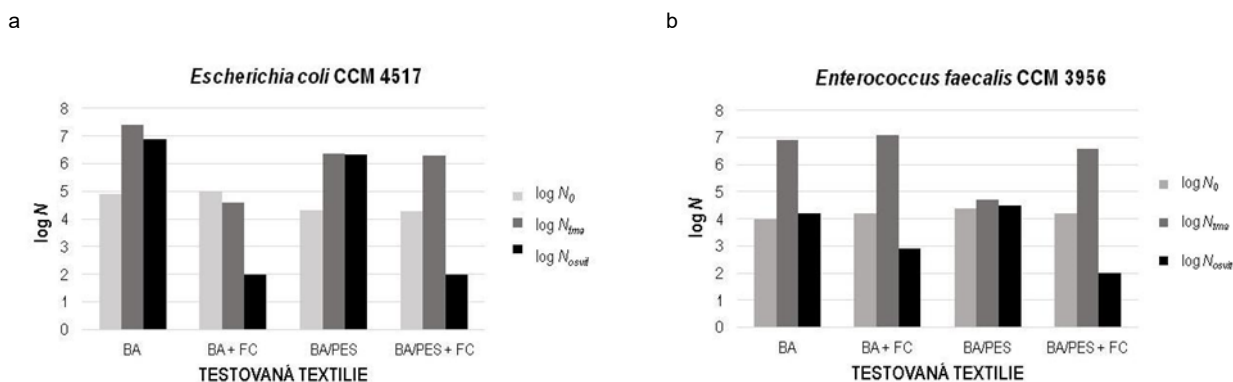
$$A = (\log N_{K18} - \log N_{K0}) - (\log N_{T18} - \log N_{T0}) = K - T \quad (1)$$

kde *A* je hodnota antibakteriálního účinku,  $\log N_{K18}$  je dekadický logaritmus průměru počtu bakterií zjištěného u dvou vzorků kontrolní textilie po kultivaci a osvitu po dobu 18 h,  $\log N_{K0}$  je dekadický logaritmus průměru počtu bakterií zjištěného u dvou vzorků kontrolní textilie na počátku experimentu,  $\log N_{T18}$  je dekadický logaritmus průměru počtu bakterií zjištěného u dvou antibakteriálně upravených vzorků po kultivaci a osvitu po dobu 18 h,  $\log N_{T0}$  je dekadický logaritmus průměru počtu bakterií zjištěného u dvou antibakteriálně upravených vzorků na počátku experimentu, *K* je hodnota růstu u kontrolní textilie ( $K = \log N_{K18} - \log N_{K0}$ ) a *T* je hodnota růstu u antibakteriálně upraveného vzorku ( $T = \log N_{T18} - \log N_{T0}$ ).

## Výsledky a diskuse

### Textilie bez údržby

V první fázi byly srovnávány antibakteriální vlastnosti textilií barvených ftalocyaninem bez údržby s vlastnostmi kontrolních textilií. Zkouška je dle normy ČSN EN ISO 20743 (cit.<sup>5</sup>) hodnocena jako účinná, pokud hodnota  $K \geq 1$ . Toho se nám zejména za osvit u grampozitivní bakterie *E. faecalis* nepodařilo dosáhnout. Projevil se negativní vliv samotného světla na růst grampozitivních bakterií<sup>2,14</sup>. U kontrolních a barvených textilií ve tmě došlo buď k nárůstu počtu bakterií na tkanině o dva až tři logaritmické řády nebo jejich počet zůstal přibližně stejný. Proto jsme zkoušku hodnotili jako účinnou, pokud  $K \geq 0$ , tj. pokud počet bakterií na kontrolní textilií neklesnul pod počáteční hodnotu. Grafy na obr. 2 přehledně znázorňují logaritmické hodnoty počtu životaschopných bakterií na textiliích na počátku experimentu ( $\log N_0$ ), po 18 hodinách ve tmě ( $\log N_{tma}$ ) a za osvit ( $\log N_{osvit}$ ). Na textiliích barvených ftalocyaninem, na které byly nanášeny bakterie a které byly inkubovány 18 hodin pod lampami, nebyly detekovány žádné životaschopné bakterie nebo došlo k významnému snížení počtu životaschopných bak-



Obr. 2. Počet životaschopných bakterií *E. coli* (a) a bakterií *E. faecalis* (b) na kontrolních a vybarvených textilích:  $\log N_0$  – dekadický logaritmus aritmetického průměru počtu bakterií na textilii na počátku experimentu,  $\log N_{tma}$  /  $\log N_{osvit}$  – dekadický logaritmus aritmetického průměru počtu bakterií po kultivaci 18 h ve tmě nebo za osvit; v případě kultivace za osvit na tkanině s antibakteriální úpravou, po které nebyly detekovány žádné bakterie, se k výpočtu hodnoty dle normy používá číslo 1, proto je ve výsledku získána hodnota  $\log N = 2,0$

terií. V těchto testech bylo prokázáno, že použité barvení má antibakteriální efekt pouze v přítomnosti světla.

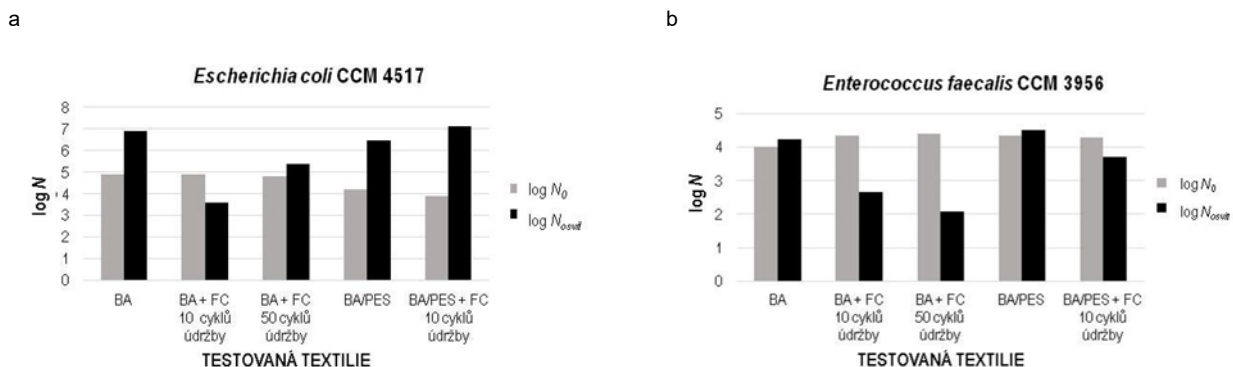
Textilie po údržbě předepsané pro zdravotnický sektor

V druhé fázi jsme se zaměřili na testování textilií po praní a údržbě předepsané pro zdravotnický sektor. Testování probíhalo pouze za osvit lampami. Na základě předchozích zkušeností s testováním bavlny vybarvené ftalocyanin, při kterém byl zaznamenán pokles antibakteriálních vlastností po 10 cyklech údržby, jsme textilie testovali po 10 a případně 50 cyklech údržby. Grafy na obr. 3 přehledně znázorňují logaritmické hodnoty počtu životaschopných bakterií na textilích ihned po zaočkování ( $\log N_0$ ) a po 18 hodinách kultivace za osvit ( $\log N_{osvit}$ ). U vzorků 100% bavlny vybarvené kypovými barvivy a ftalocyaninem 1140/170 (BA + FC) za osvit došlo

u bakterie *E. coli* k poklesu antibakteriálního účinku i po 10 cyklech údržby. U směsné textilie vybarvené kypovými barvivy a ftalocyaninem 1140/170 (50% bavlna + 50% polyester, BA/PES + FC) byl antibakteriální účinek testován jen po 10 cyklech údržby, protože již v tomto případě textilie nevykazovala žádný antibakteriální účinek. Naopak došlo k nárůstu počtu bakterií o 3,2 logaritmického řádu. V případě bakterie *E. faecalis* byl u směsné textilie BA/PES + FC zjištěn podobný výsledek, po 10 cyklech údržby nebyl zaznamenán žádný antibakteriální účinek. V těchto testech byl zaznamenán negativní vliv praní a chemotermodezinfekce na antibakteriální vlastnosti testovaných textilií.

Hodnocení antibakteriálních vlastností textilií

Antibakteriální vlastnosti textilií jsou dle normy ČSN EN ISO 20743 (cit.<sup>5</sup>) posuzovány na základě vypočtené



Obr. 3. Počet životaschopných bakterií *E. coli* (a) a bakterií *E. faecalis* (b) na kontrolních a vybarvených textilích:  $\log N_0$  – dekadický logaritmus aritmetického průměru počtu bakterií na textilii na počátku experimentu,  $\log N_{osvit}$  – dekadický logaritmus aritmetického průměru počtu bakterií po kultivaci 18 h za osvit

Tabulka III  
Účinnost antibakteriálních vlastností

Počet cyklů údržby	Hodnota antibakteriálního účinku $A$			
	BA + FC <sup>a</sup>		BA/PES + FC <sup>b</sup>	
	<i>E. coli</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. faecalis</i>
0 (bez údržby)	5,0	1,6	4,4	2,3
10	3,4	1,9	-1,4	0,7
50	1,5	2,6	-	-

<sup>a</sup> 100% bavlna vybarvená kypovými barvivy a ftalocyaninem 1140/170; <sup>b</sup> směsná textilie (50% bavlna + 50% polyester) vybarvená kypovými barvivy a ftalocyaninem 1140/170

antibakteriální hodnoty  $A$  (viz rovnice (1)). Tato norma definuje antibakteriální účinnost významnou ( $2 \leq A < 3$ ) nebo silnou ( $A \geq 3$ ). Pro naše hodnocení jsme zavedli ještě stupeň slabá antibakteriální účinnost ( $1 < A < 2$ ). V tab. III jsou uvedeny vypočtené hodnoty antibakteriálního účinku u testovaných textilií. U vzorků BA + FC byla u bakterie *E. coli* účinnost vyhodnocena jako silná i po 10 cyklech údržby ( $A > 3$ ). Po 50 cyklech údržby poklesla účinnost antibakteriálních vlastností na slabou ( $A = 1,5$ ). V případě bakterie *E. faecalis* byla účinnost vyhodnocena jako slabá jak u textilií bez údržby, tak u textilie po 10 cyklech údržby ( $1 < A < 2$ ). V případě testování antibakteriálních vlastností textilie BA/PES + FC byla u bakterie *E. coli* účinnost hodnocena jako silná pouze v případě textilie bez údržby ( $A > 3$ ). Po 10 cyklech údržby nebyl již antibakteriální účinek potvrzen ( $A < 1$ ). V případě bakterie *E. faecalis* byla účinnost hodnocena jako významná u textilií bez údržby ( $A = 2,3$ ). Po 10 cyklech údržby nebyl již antibakteriální účinek potvrzen ( $A < 1$ ). Je zde jasně vidět, že údržba předepsaná pro zdravotnický sektor měla velmi negativní vliv na antibakteriální vlastnosti testovaných směsných textilií BA/PES + FC. Důvodem byl s největší pravděpodobností nižší podíl ftalocyaninu, který se váže chemickou vazbou pouze na celulosové (bavlněné) vlákno, které tvoří 50 % hmotnosti směsné textilie. Polyesterové vlákno zůstalo nevybarvené. Vzhledem k nižšímu obsahu ftalocyaninu tedy dochází ve srovnání se 100% bavlnou v důsledku praní k rychlejšímu poklesu antibakteriálních vlastností.

## Závěr

Data prezentovaná v této studii demonstrují antibakteriální vlastnosti textilií vybarvených ftalocyaninem 1140/170. Bylo prokázáno, že antibakteriální vlastnosti se projevují jen u světle aktivovaných textilií. U textilií po údržbě předepsané pro zdravotnický sektor se projevily významné rozdíly hodnot antibakteriálního účinku mezi

textiliemi BA + FC a BA/PES + FC. Zatímco textilie BA + FC vykazovala antibakteriální vlastnosti i po 50 cyklech údržby, směsná textilie BA/PES + FC již po 10 cyklech údržby nevykazovala žádnou antibakteriální aktivitu. Výrobky z vybarvených bavlněných textilií BA + FC (např. ochranné oděvy, rukavice nebo ložní prádlo) se mohou využívat v nemocnicích, léčebnách dlouhodobě nemocných a dalších zdravotnických zařízeních, protože i po 50 cyklech praní předepsaných pro zdravotnický sektor zůstávají zachovány antibakteriální vlastnosti. Firma INO-TEX spol. s r. o. nechala z těchto textilií vyrobit několik typů konfekčních výrobků – haleny pro zdravotnický personál, prostěradla a povlečení.

*Tato práce vznikla za podpory projektu „Mezinárodní konkurenceschopnost SZÚ ve výzkumu, vývoji a vzdělávání v alternativních toxikologických metodách“, reg. č.: CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_019/0000860, financovaného z EFRR/ESF. Práce byla rovněž podpořena Technologickou agenturou ČR – projekt č. TE02000006 ALTERBIO – Centrum alternativních ekologicky šetrných vysoce účinných antimikrobiálních prostředků pro průmyslové aplikace.*

## Seznam použitých zkratk a symbolů

BA	100% bavlna
BA + FC	100% bavlna vybarvená kypovými barvivy a ftalocyaninem 1140/170
BA/PES	směsná textilie (50% bavlna + 50% polyester)
BA/PES + FC	směsná textilie (50% bavlna + 50% polyester) vybarvená kypovými barvivy a ftalocyaninem 1140/170
EUG	Eugonic LT 100 Broth Base w/o Tween 80
KTJ	kolonie tvořící jednotky
NA	živný agar
NB	živný bujón
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TSA	trypton-sojový agar

## LITERATURA

1. Ryšková L.: *Autoreferát disertační práce*. Univerzita Karlova v Praze, Hradec Králové 2014.
2. Tůma I.: *Mikrobiologie (pro zahradnické obory). Díl 2. Ekologie mikroorganismů*. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Brno 2015.
3. Pinho E., Soares G., Henriques M., Grootveld M.: *AATCC J. Res.* 2, 1 (2015).
4. Pinho E., Magalhães L., Henriques M., Oliveira R.: *Ann. Microbiol.* 61, 493 (2011).
5. ČSN EN ISO 20743: *Textilie - Zjišťování antibakteriálního účinku textilních materiálů* (březen 2014).
6. Krýsa J., Musilová E., Zita J.: *J. Hazard. Mater.* 195, 100 (2011).
7. Martinková L., Kořínková L., Karásková M., Vrtalová M., Špelina V.: *Vlákna Text.* 3, 133 (2016).
8. Jesenská S., Plištil L., Kubát P., Lang K., Brožová L., Popelka Š., Szatmáry L., Mosinger J.: *J. Biomed. Mater. Res., Part A* 99A, 676 (2011).
9. Šilhánková L.: *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Academia, Praha 2002.
10. Baudišová H.: *Metody mikrobiologického rozboru vody (Příručka pro hydroanalytické laboratoře)*. VÚV TGM, Praha 2017.
11. Kejlová K. a 14 spoluautorů: *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 115, 1 (2020).
12. ISO 27447: *Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) - Test method for antibacterial activity of semiconducting photocatalytic materials* (květen 2009).
13. ISO 22196: *Measurement of antibacterial activity on plastics and other non-porous surfaces* (červen 2011).
14. Říhová Ambrožová J., Bezděková E., Loučková P., Nekovářová J., Karásková M., Rakušan J., Černý J., Kořínková R.: *Chem. Listy* 101, 315 (2007).

**J. Vrkoslavová<sup>a</sup>, H. Bendová<sup>a</sup>, K. Kejlová<sup>a</sup>, R. Kořínková<sup>b</sup>, L. Kubáč<sup>b</sup>, and L. Martinková<sup>c</sup>** (<sup>a</sup> National Institute of Public Health, Prague; <sup>b</sup> Centre for Organic Chemistry s.r.o., Rybitví; <sup>c</sup> INOTEX spol. s r. o., Dvůr Králové nad Labem): **Testing of Antibacterial Effect of Textiles Treated with Photoactive Phthalocyanine Dye**

The aim of this study was to verify that textiles stained with photoactive phthalocyanine have antibacterial properties. 100% cotton and blended textiles (50% cotton/50% polyester) were tested. The tests were carried out with fabrics from production (maintenance-free) but also with textiles after several maintenance cycles. The quantitative method EN ISO 20743: 2014, namely the absorption method, was used and modified to assess the antibacterial properties of textiles. As models, we chose *Escherichia coli* as gram-negative bacteria and *Enterococcus faecalis* as gram-positive bacteria. It has been shown that the antibacterial effect occurs only in light activated fabrics stained with phthalocyanines. 100% cotton stained with phthalocyanine showed antibacterial properties even after 50 maintenance cycles prescribed for the healthcare sector, but the blended fabric showed no antibacterial properties after 10 maintenance cycles.

**Keywords:** phtalocyanines, textiles, antibacterial properties

*Acknowledgements*

*This work was supported by the project "International Competitiveness of the NIPH in Research, Development and Education in Alternative Toxicological Methods", reg.: CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_019/0000860, funded by the EFRR/ESF. The work was also supported by the Technology Agency of the Czech Republic – project no. TE02000006 ALTERBIO – Centre for alternative environment friendly high effective polymer antimicrobial agents for industrial applications.*