

VPLYV RIEDENÝCH PÁR ESENCIÁLNYCH OLEJOV NA MECHANICKÉ A OPTICKÉ VLASTNOSTI LIGNOCELULÓZOVÝCH MATERIÁLOV

THE INFLUENCE OF DILUTED VAPOURS OF ESSENTIAL OILS ON MECHANICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF LIGNOCELLULOSIC MATERIALS

Ondřej Mikala - Jan Gojný - Břetislav Češek - Miloslav Milichovský

ABSTRACT

The aim of this study was to prove the use of diluted vapours of essential oils (EO) to protect the bookish fond from the effects of microorganisms. The main aim was to show that the use of EO does not decrease the mechanical and optical properties of lignocellulosic materials. Samples from 5 lignocellulosic materials were exposed to the effect to 6 types of diluted vapours of EO for 30 and 60 days. Dilution of EO vapours was set to 1:9 pieces to clean air with relative humidity of 75 %. Change in mechanical properties of samples was measured with deflection curve by tree point method (bending stiffness). Optical properties were evaluated according the changes in ISO brightness and calculation of colour difference ΔE^* . The results of the measuring show that the use of EO vapours has insignificant influence on changing of mechanical properties of samples. Change of ISO brightness was minimal by all used OE vapours. Higher colour difference resulted only by one type of sample, the material of groundwood.

Key words: lignocellulosic materials, essential oils, bending stiffness, colour difference ΔE^* , ISO brightness.

ÚVOD

Príčinou starnutia papiera je degradačný proces, ktorý postihuje polysacharidový reťazec makromolekuly celulózy. Jedným z cieľov skúmania je záchrana kultúrneho dedičstva uchovávaného na papierových médiách. Sledujú sa makroskopické vlastnosti papiera (belosť, zmena farby a strata mechanických vlastností a ich korelácia so štruktúrnymi charakteristikami materiálov v papieri) a tiež mikroskopické (zmena PPS celulózy, zvýšenie podielu nízko molekulových frakcií) (BANSÁ 2002, CALVINI, GORASSINI 2006, KAČÍK *et al.* 2007, KUČEROVÁ, HALAJOVÁ 2009, ČABALOVÁ *et al.* 2011a,b, 2013). Degradácia lignocelulózových materiálov prebieha niekoľkými spôsobmi. Medzi najčastejšie príčiny poškodenia papierových materiálov patrí hydrolýza glykozidickej väzby, oxidácia, fotooxidácia, fotolýza a v neposlednom rade biologické napadnutie mikroorganizmami. Niektoré mikroorganizmy (huby, plesne) napádajú polysacharidické materiály taktiež hydrolytickým spôsobom. Reakcia je veľmi pomalá,

avšak dochádza pri nej k narušeniu kryštalickej časti celulózy, čo zabezpečuje ľahší prístup a ďalšiu degradáciu (REINPRECHT 2008).

Celulolytické mikroorganizmy najčastejšie napadajúce papier sú napr. *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger* a rod *Penicillium* (ĎUROVIČ *et al.* 2002). Jednou z možností, ako sa pokúsiť ochrániť knižničné depozitáre pred vyššie zmienými mikroorganizmami, je použitie pár esenciálnych olejov. Esenciálne oleje (EO) sú prchavé látky vyskytujúce sa v kvapalnom stave, ako súčasť rastlín. Sú to zložené zmesi látok, tvorené najčastejšie terpénmi a terpenoidnými derivátmi, uhľovodíkmi, alkoholmi, aldehydmi, ketónmi a karboxylovými kyselinami. Využitie EO k ochrane pred mikroorganizmami sa ukazuje ako alternatíva k syntetickým fungicídny prípravkom. Mechanizmy popisujúce antimikrobiálne účinky EO ktoré súvisia s hydrofilnými a lipofilnými vlastnosťami daných komponentov EO, sú popísané práci KALEMBA *et al.* (2003). V práci STEVIČ *et al.* (2014) poukazujú na fungicídne účinky pri 16 esenciálnych olejoch, ako najúčinnnejšie sa prejavili esenciálne oleje obsahujúce citronellol a geraniol. Ďalej sledovali zvýšené účinky pri kombinácii jednotlivých esenciálnych olejov. NENGGUO *et al.* (2014) pozorovali účinnosť pôsobenia EO *Citrus reticulata* Blanco na dva typy plesní, *Penicillium italicum* a *Penicillium digitatum*. Zistili, že na každú z húb môžu účinne pôsobiť iné zložky EO či zmesi týchto zložiek. Porovnaním antibakteriálnej aktivity EO z tymiánu (*Thymus vulgaris*), levandule (*Lavandula angustifolia*) a marulky obyčajnej (*Calamintha nepeta*) sa zaoberá štúdia MILADINOVIČ *et al.* (2012). Antimikrobiálna aktivita EO líšiaca sa hlavnými zložkami (tymián – thymol, levanduľa – linaloon, marulka obyčajná – piperitone oxide) bola vyhodnotená pomocou analýzy hlavných komponentov (PCA).

Cieľom tejto práce bolo sledovať vplyv zriadených pár 6 EO na lignocelulózové materiály. Testované boli zmeny mechanických a optických vlastností materiálov vystavených parám EO o koncentrácii 10 % oproti nasýteným parám. Overením, či nemajú pary EO vplyv na mechanické či optické vlastnosti lignocelulózových materiálov, sa môže otvoriť cesta k reálnej aplikácii v prostredí knižníc a archívov vedúca k zníženiu rizika mikrobiálneho napadnutia uložených kníh.

MATERIÁL A METODIKA

Lignocelulózové materiály:

Aby sa čo najlepšie napodobnili reálne uložené tlačoviny v archívoch, bolo pre testovanie zvolených 5 lignocelulózových materiálov, ktoré sa bežne používajú v papierenskom a polygrafickom priemysle.

- 1) SaL – bielená sulfátová listnáčová buničina Mondi Ružomberok, stupeň mletia 25 °SR
- 2) SaJ – bielená sulfátová ihličnáčová buničina z Mondi Štětí, stupeň mletia 25 SR
- 3) Si – bielená sulfitová buničina z Biocelu Paskov, stupeň mletia 25 °SR
- 4) RP – surovina pre výrobu ručného papiera z Velkých Losin, zložená z 60 % bavlnených vlákien a zo 40 % buničiny z ľanu, stupeň mletia 28 až 29 °SR
- 5) DS – suchá drevovina smreková (stupeň mletia 35 °SR) s prídavkom 10 % sulfitovej buničiny popísanej vyššie.

Esenciálne oleje:

Pre testovanie bolo zvolených 6 esenciálnych olejov, ktorých pary mali najvyššiu mikrobiocídnu účinnosť.

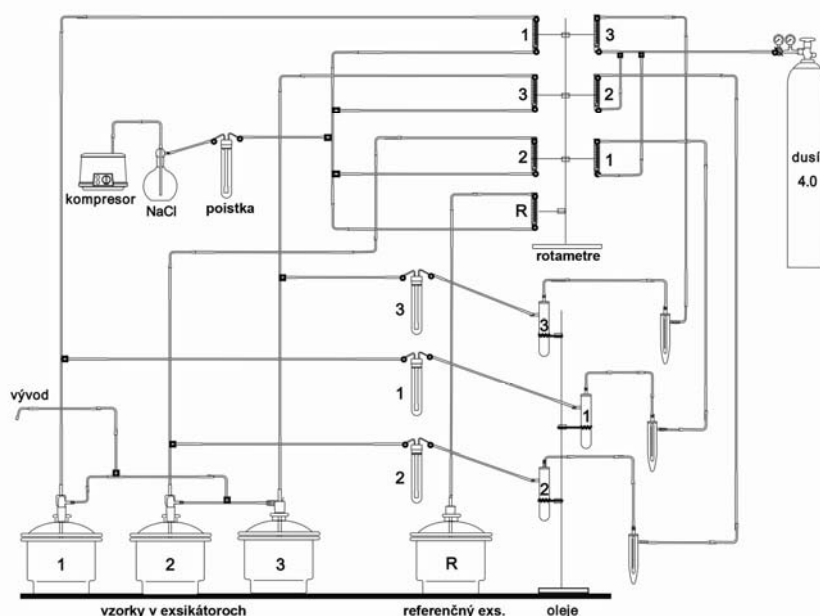
Mikrobiocídna účinnosť bola testovaná na mikroorganizmoch *Aspergillus brasiliensis ex niger*, *Penicillium aurantiogriseum* a *Cladosporium cladosporioides*. Použité esenciálne oleje a ich hlavné zložky sú uvedené v tabuľke č. 1.

Tab. 1 Použité esenciálne oleje a ich hlavné zložky (VEČEĚA 2014).
Tab. 1 Used essential oils and their main components (VEČEĚA 2014).

Názov esenciálneho oleja	Hlavné zložky
LAVENDER (<i>Lavandula species</i>)	linalool, linalyl acetát, camphor, eucalyptol, borneol
BERGAMOT (<i>Citrus bergamia</i>)	linalyl acetát, linalool, limonen, β -pinen, α -pinen
LIME (<i>Citrus aurantiifolia</i>)	limonen, γ -terpinen, α -terpineol, terpinolen
MYRTLE (<i>Myrtus communis</i>)	eucalyptol, α -pinen, limonen, α -terpineol, linalool, geranyl acetát
CINNAMON (<i>Cinnamomum zeylancium</i>)	hlavné zložky neidentifikované
CORN MINT (<i>Mentha arvensis</i>)	mentol, menthon, limonen, α -pinen, pulegon

Popis aparatury:

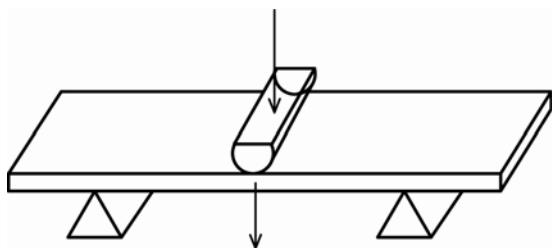
Aparatúra (obr. 1) bola zložená z troch exsikátorov, do ktorých boli privádzané pary esenciálnych olejov riedených v pomere 1:9 s čistým vzduchom o relatívnej vlhkosti 75 %. Vo štvrtom exsikátore, ktorý bol premývaný iba čistým vzduchom so 75 % relatívnou vlhkosťou, boli umiestnené porovnávacie vzorky. Prietok vzduchu k riedeniu a prietok nasýtených pár bol riadený rotametrami.



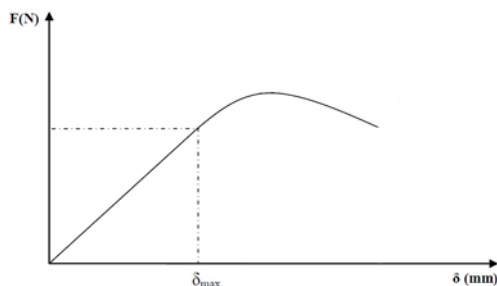
Obr. 1 Schéma aparatury na vystavenie vzoriek riedeným parám esenciálnych olejov.
Fig. 1 Diagram of apparatus for exposure of samples diluted vapors of essential oils.

Stanovenie mechanických vlastností

Z piatich vláknitých materiálov boli zhotovené hárky s plošnou hmotnosťou približne 400 g m^{-2} ($\pm 5 \%$) na hárkovacom zariadení Rapid Köthen – Sheet former. Hárky boli rozrezané na testovacie vzorky s rozmermi $15 \times 100 \text{ mm}$ a zmeraná ich hrúbka. Vzorky boli umiestnené do príslušného exsikátora s riedenými parami esenciálneho oleja. Po uplynutí 30 dní bola polovica vzoriek vybratá a na druhej polovici vzoriek prebiehal experiment ďalších 30 dní s čerstvým EO. Tuhosť exponovaných a porovnávacích vzoriek bola zmeraná trojbodovou skúškou (obr. 2) (vždy minimálne 10krát) na prístroji tiraTEST 26005. Vzďialenosť medzi podperami (l) bola nastavená na 50 mm. Spodná časť vzorky je namáhaná ťahovými silami a vrchná časť tlakovými silami. Z priebehu typickej priehybovej krivky pre lignocelulóзовé materiály (obr. 3) bola určená smernica lineárnej časti krivky F/δ (N mm^{-1}) a maximálny priehyb na konci oblasti vratnej deformácie δ_{max} (mm).



Obr. 2 Trojbodová skúška tuhosti.
Fig. 2 The 3-point bending stiffness method.



Obr. 3 Priehybová krivka.
Fig. 3 Deflection curve.

Parametre získané z priehybovej krivky slúžia k nasledujúcim výpočtom tuhosti T (N mm^2) podľa rovnice 1,

$$T = \frac{F}{\delta} \cdot \frac{l^3}{48} \quad (1)$$

kde F/δ (N mm^{-1}) je smernica lineárnej časti krivky a l je rozteč medzi podpernými bodmi. Jednotková tuhosť T_0 (N mm^2) eliminuje vplyv rozdielnej hrúbky materiálov a vypočíta sa podľa rovnice 2,

$$T_0 = T \cdot \frac{t_0^3}{t^3} \quad (2)$$

kde t_0 je štandardná hrúbka vzorky 1 mm a t hrúbka meranej vzorky.

Stanovenie optických vlastností:

Optické vlastnosti vzoriek pred a po vystavení zriedeným parám esenciálnych olejov boli premerané (vždy 5krát) na spektrofotometri Elrepho od firmy Lorentzen & Wettre. Zmeraná bola ISO belosť pri D_{65} a $L^*a^*b^*$ súradnice, z ktorých bola vypočítaná farebná odchýlka ΔE^* (rovnica 3) od neexponovanej vzorky (KAPLANOVÁ 2010).

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^*{}^2 + \Delta a^*{}^2 + \Delta b^*{}^2} \quad (3)$$

Stupnica farebnej odchýlky je uvedená v tabuľke 2.

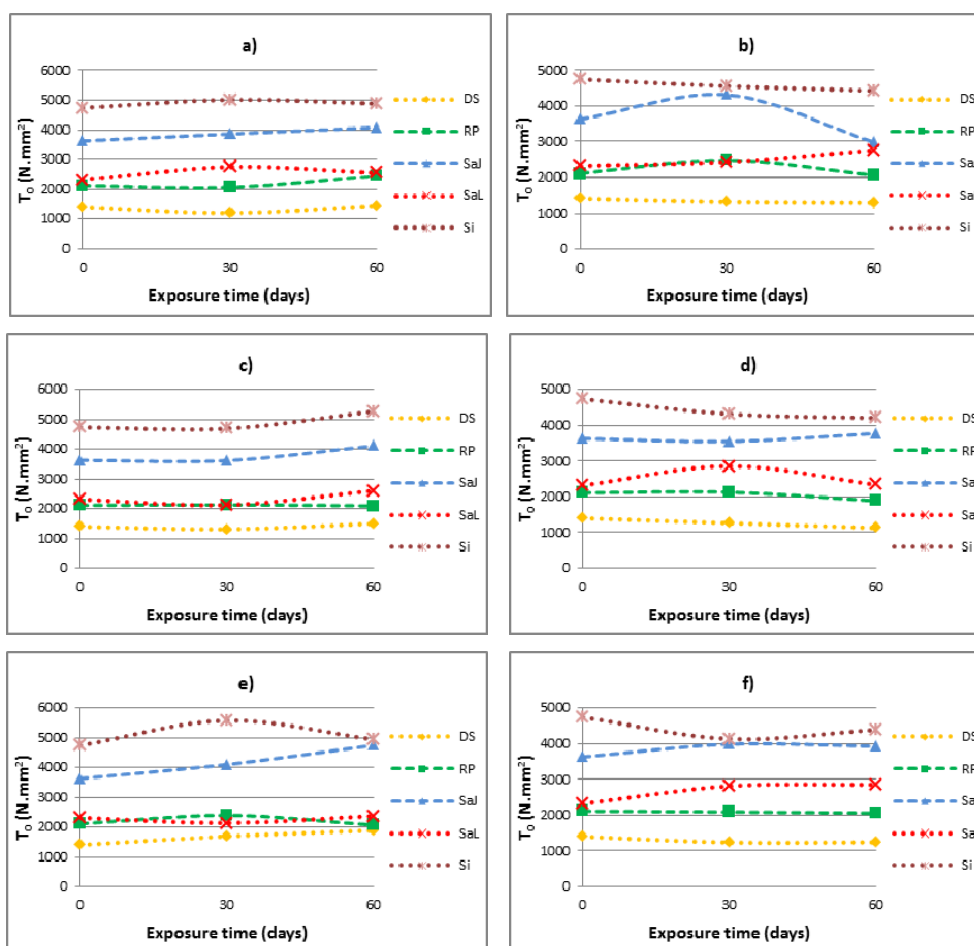
Tab. 2 Stupnica farebnej odchýlky ΔE^* (ZMEŠKAL 2002).

Tab. 2 Scale of color difference ΔE^* (ZMEŠKAL 2002).

ΔE^*	rozdiel
0,0 až 0,2	nepostrehnuteľný
0,2 až 0,5	veľmi slabý
0,5 až 1,5	slabý
1,5 až 3,0	jasne postrehnuteľný
3,0 až 6,0	stredný
6,0 až 12,0	výrazný
12,0 až 16,0	veľmi výrazný
větší než 16,0	rušiaci

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre prezentáciu výsledkov tuhosti bola zvolená jednotková tuhosť T_0 , ktorá má lepšiu vypovedajúcu schopnosť, pretože eliminuje vplyv hrúbky vzorky. Z obrázku 4a je zrejmé, že po vystavení atmosfére esenciálneho oleja LAVENDER vzorky mierne zvýšili jednotkovú tuhosť, pri materiáli RP sa jednotková tuhosť zvýšila po 60 dňoch o 16 %. Materiály SaL a SaJ zvýšili svoju tuhosť po 60 dňoch o cca 10–12 %. Podobný vplyv na tuhosť vzorky možno pozorovať u esenciálnych olejov LIME (obr. 4c), tu bolo pozorované zvýšenie tuhosti pri materiáli DS o 7 %, SaJ o 13 %, SaL o 12,5 % a Si o 11 %. U EO CINNAMON (obr. 4e) stúpala tuhosť vzorky DS o 35 %, podobne tak aj u SaJ narástla tuhosť o 31 %. Po vystavení vzoriek zriedeným parám EO BERGAMOT (obr. 4b) jednotková tuhosť klesla u materiálu SaJ o 18 %, EO MYRTLE (obr. 4d) mal po 60 dňoch expozície najvyšší vplyv na materiál DS, ktorého tuhosť klesla o 19 %, u ostatných materiálov bola záporná zmena tuhosti do 10 %. Pary EO CORN MINT (obr. 4f) zvýšili jednotkovú tuhosť pri materiály DS o 11 %. V rámci periodickej správy (VEČEĽA 2013) bola vykonaná rešerš, ktorá potvrdila, že nebola spracovaná a publikovaná žiadna štúdia, ktorá by sa zaoberala vplyvom riedených pár na lignocelulózové materiály. Preto dosiahnuté výsledky nemožno zatiaľ porovnať s inými prácami.



Obr. 4 Závislosť jednotkovej tuhosti vzoriek na dobe expozície v riedených parách EO a) LAVENDER, b) BERGAMOT, c) LIME, d) MYRTLE e) CINNAMON f) CORN MINT.

Fig. 4 Dependence of bending stiffness per thickness unit of samples on exposure time in diluted vapours EO a) LAVENDER, b) BERGAMOT, c) LIME, d) MYRTLE e) CINNAMON f) CORN MINT.

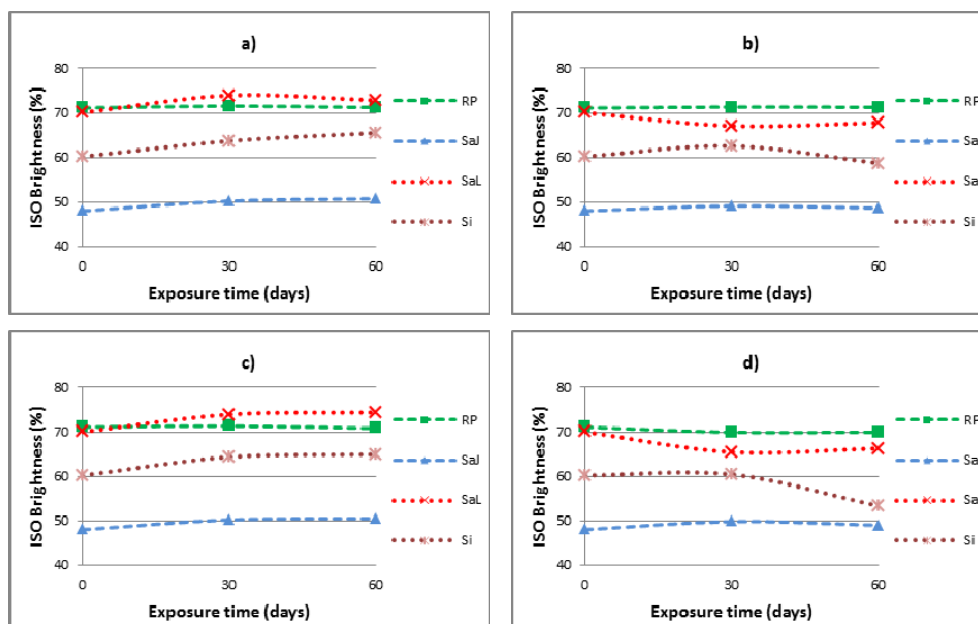
Optické vlastnosti prezentované farebnou odchýlkou ΔE^* sú uvedené v tabuľke 3. Vplyv zriedených pár esenciálnych olejov na farebnú odchýlku sa prejavil predovšetkým u drevitého materiálu, kedy sa hodnoty ΔE^* pohybujú na hranici slabo postrehnuteľnej zmeny a jasne postrehnuteľnej zmeny. Vyššia farebná odchýlka bola zaznamenaná podobne pri Si po 60 dňoch expozície v EO MYRTLE a CINNAMON.

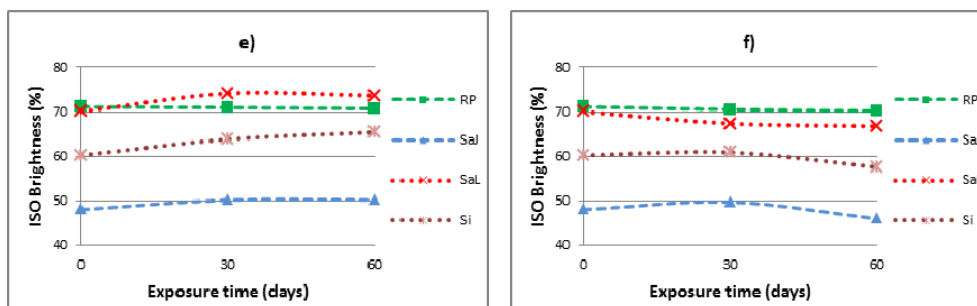
Tab. 3: Hodnoty farebnej odchýlky ΔE^* po expozícii 30 a 60 dní.

Tab. 3: Value of colour difference ΔE^* after exposure 30 and 60 days.

Esenciálny olej	30	60	30	60	30	60	30	60	30	60
	dní DS ΔE	dní DS ΔE	dní RP ΔE	dní RP ΔE	dní SaJ ΔE	dní SaJ ΔE	dní SaL ΔE	dní SaL ΔE	dní Si ΔE	dní Si ΔE
BERGAMOT	1,40	1,69	0,39	0,05	0,75	0,21	0,70	0,47	0,68	0,46
MYRTLE	1,42	1,59	0,48	0,33	0,74	0,33	0,99	0,72	0,47	1,40
CORN MINT	1,39	1,39	0,41	0,27	0,68	0,43	0,67	0,64	0,59	0,67
LAVENDER	1,56	1,22	0,17	0,15	0,50	0,59	0,81	0,59	0,71	1,02
LIME	1,31	1,34	0,16	0,17	0,49	0,56	0,79	0,86	0,82	0,95
CINNAMON	1,36	1,40	0,15	0,20	0,53	0,55	0,83	0,72	0,74	1,01

ISO belosť pri zdroji svetla D_{65} nebola meraná pri vzorkách z drevoiviny (DS) z dôvodu veľmi nízkych až nulových hodnôt. Ostatné vzorky sa prejavili iba miernym kolísaním belosti rádovo v jednotkách percent. Najmenší rozdiel ISO belostí bol zmeraný pri surovine pre výrobu ručného papiera (RP) a to po expozícii vo všetkých šiestich esenciálnych olejoch (viď. obr. 5). Pozitívny vplyv na ISO belosť sa prejavil po 60 dňoch expozície pri parách EO LAVENDER (obr. 5a), LIME (obr. 5c) a CINNAMON (obr. 5e). Mierny pokles možno sledovať u sulfitovej buničiny (Si) a sulfátovej listnáčovej buničiny a to u esenciálnych olejov BERGAMOT (obr. 5b) (Si – 2,5 %, SaL – 3 %), MYRTLE (obr. 5d) (Si – 11 %, SaL – 5 %) a CORN MINT (obr. 5f) (Si – 4,5 %, SaL – 4,5 %).





Obr. 5 Závislosť ISO belosti vzoriek na dobe expozície v riedených parách EO a) LAVENDER, b) BERGAMOT, c) LIME, d) MYRTLE e) CINNAMON f) CORN MINT.

Fig. 5 Dependence of ISO brightness of samples on exposure time in diluted vapours EO a) LAVANDER, b) BERGAMONT, c) LIME, d) MYRTLE e) CINNAMON f) CORN MINT.

ZÁVER

V tejto časti výskumu zaoberajúceho sa aplikáciou pár esenciálnych olejov, prípadne ich účinných zložiek do priestorov archívov a knižničných depozitárov bol overovaný vplyv zriedených pár šiestich esenciálnych olejov (LAVENDER, BERGAMOT, LIME, MYRTLE, CINNAMON, CORN MINT) na mechanické a optické vlastnosti lignocelulóзовých materiálov (DS, RP, SaJ, SaL, Si). Bolo preukázané, že riedené pary EO majú iba zanedbateľný vplyv na mechanické vlastnosti prezentované tuhosťou vzoriek. Tým sa overil predpoklad, že zložky EO nemajú po chemickej stránke degradačné účinky voči celulóзовému reťazcu. Farebná odchýlka sa po 60 dňovej expozícii v riedených parách EO prejavila zvýšenými hodnotami najmä pri vzorkách z drevoviny (DS), pri ostatných typoch materiálov bola táto odchýlka minimálna. Najnižšie rozdiely ISO belosti sa pred a po expozícii prejavili pri materiály používanom na výrobu ručného papiera (RP). Pri ostatných materiáloch sa ISO belosť mierne zvyšovala, a to predovšetkým v parách EO LAVENDER, LIME a CINNAMON. Celkovo sa javí zmena optických vlastností ako zanedbateľná v porovnaní z možným prínosom pár EO ako ochranným prostriedkom pred mikroorganizmami pri nevhodných skladovacích podmienkach.

Vzhľadom k veľkému množstvu rôznych druhov materiálov (napr. drevo, koža, PVC, textil, kov) vyskytujúcich sa v priestoroch knižníc a archívov, je potrebné zaoberať sa ďalej vplyvom pár esenciálnych olejov na tieto materiály.

LITERATÚRA

- ALEKSIC, V., KNEZEVIC, P. 2014. Antimicrobial and antioxidative activity of extracts and essential oils of *Myrtus communis* L. *Microbiological Research* [online]. 2014, 169(4): 240–254. [cit. 2014-04-22]. DOI: 10.1016/j.micres.2013.10.003. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0944501313001766>.
- BANSA, H. 2002. Accelerated Ageing of Paper: Some Ideas on its Practical Benefit. *Restaurator*, 2002, 23(2): 106–117, ISSN 0034-5806.
- CALVINI, P., GORASSINI, A. 2006. On the Rate of Paper Degradation: Lessons From the Past. *Restaurator*, 2006, 275–290, ISSN 0034-5806.
- ČABALOVÁ, I., KAČÍK, F., SIVÁK, J. 2011a. The changes of polymerization degree of softwood fibers by recycling and ageing process. *Acta Facultatis Xylogologiae, Zvolen*, 53(1): 61–64. 2011, ISSN 1336-3824.
- ČABALOVÁ, I., KAČÍK, F., GEFFERT, A., KAČÍKOVÁ, D. 2011b. The effects of recycling and its environmental impact, In: Elżbieta Broniewicz (ed.): *Environmental management in Practice*. INTECH, 2011, s. 329–350, ISBN 978-953-307-686-7.

- ČABALOVÁ, I., KAČÍK, F., BRIŠKÁROVÁ, A. 2013. Tržná délka a makromolekulové vlastnosti papírov v historických knihách. *Acta Facultatis Xylogologiae*, 2013, 55(1): 61–70. ISSN 1336-3824.
- DUROVIČ, M. 2002. Restaurování a konzervování archiválií a knih. 1. vyd. Praha : Paseka, 2002, 38–48 s. ISBN 80-718-5383-6.
- KAČÍK, F., KUČEROVÁ, V., VÝBOHOVÁ, E., KIRSCHNEROVÁ, S. 2007. Hodnotenie starnutia papiera metódou gélovej permeačnej chromatografie. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*. XLIX(1): 27–34. ISSN: 1336-3824.
- KALEMBA, D., KUNICKA, A. 2003. Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oils. *Current Medicinal Chemistry* [online]. 2003, č. 10, s. 813-829 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.ingentaconnect.com/content/ben/cmc/2003/00000010/00000010/art00002>.
- KAPLANOVÁ, M. 2010. Moderní polygrafie. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2010, 25 s. ISBN 978-80-254-4230-2.
- KUČEROVÁ, V., HALAJOVÁ, L. 2009. Evaluation of changes of the recycled pulps by method the gel permeation chromatography. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 2009, 51(2): 87–92, ISSN 1336-3824.
- MILADINOVIĆ, D., L., ILIĆ, B., S., MIHAJLOV-KRSTEV, T., M., NIKOLIĆ, N., D., MILADINOVIĆ L., C., CVETKOVIĆ, O., G. 2012. Investigation of the chemical composition–antibacterial activity relationship of essential oils by chemometric methods. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [online]. 2012, 403(4): 1007–1018. [cit. 2014-04-24]. DOI: 10.1007/s00216-012-5866-1. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00216-012-5866-1>.
- REINPRECHT, L. 2008. Ochrana dřeva. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2008, 453 s., ISBN 978-80-228-1863-6.
- TAO, N., JIA, L., ZHOU, H. 2014. Anti-fungal activity of Citrus reticulata Blanco essential oil against *Penicillium italicum* and *Penicillium digitatum*. *Food Chemistry* [online]. Překlad John Bester. 2014, 153: 265–271. [cit. 2014-04-24]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.12.070. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613019389>.
- VEČEŘA, Z., MILICHOVSKÝ, M., NEUVIRT, J., 2013, Periodická zpráva o plnění úkolů v projektu NAKI č. 63, DF11P01OVV28, MK ČR, Ochrana knižního fondu a dokumentů aplikací esenciálních olejů, Ústav analytické chemie AV ČR, v.v.i., Brno, Univerzita Pardubice, FCHT, Pardubice, Národní knihovna ČR, Praha, 2013
- ZMEŠKAL, O., ČEPPAN, M., DZIK P. 2002. Barevné prostory a správa barev [online]. [cit. 2014-04-20]. Dostupné na internetu http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf.

Pod'akovanie

Táto práca vznikla za podpory Ministerstva kultúry Českej republiky v projekte NAKI DF11P01OVV028 "Ochrana knižního fondu a dokumentů aplikací esenciálních olejů".

Adresa autorov

Ing. Ondřej Mikala, Ing. Jan Gojný, Ph.D.
 Ing. Břetislav Češek, CSc.
 prof. Ing. Miloslav Milichovský, DrSc.
 Univerzita Pardubice
 Fakulta Chemicko technologická
 Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek
 Oddělení dřeva, celulózy a papíru
 Studentská 95
 532 10 Pardubice
 Česká republika
ondrej.mikala@gmail.com
jan.gojny@upce.cz