

Az ezüstözött kelmék szerepe az egészség megőrzésében*)

Dudás Tünde

SZTE JGYPK Technika Tanszék
dudas@jgypk.u-szeged.hu

Dr. Ásványi Balázs

Széchenyi István Egyetem
Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar
Élelmiszertudományi Intézet
asavnyi.balazs@sze.hu

Kulcsszavak/Keywords: Ezüstözött textiliák, Antimikrobiális hatás, Fogyasztóvédelem
Textiles with silver treatment, Antimicrobial effect, Consumer protection

1 Előzmények

Az ezüst jótékony egészségügyi hatásairól szóló legrégibbi feljegyzések az ókorból származnak. Már abban az időben felismerték az ezüst gyógyító és betegségmegelőző hatásait. Az ezüstöt kezdetben elsősorban tartósításra használták, tárolóedényeket készítettek, amelyben az ételek és a folyadékok sem romlottak meg.

Napjainkban a modern orvoslás mellett egyre szívesebben és egyre szélesebb körben fordulnak az emberek a természetes gyógymódok felé.

A kutatások azt bizonyították, hogy az ezüstionok a baktériumokra, algákra, valamint a penész- és élesztőgombákra a koncentrációtól függően szaporodást gátló vagy a sejteket elpusztító hatást fejtenek ki, melynek következtében fertőtlenítő hatóanyagként is kiválóan alkalmazhatók.

A nanoezüst esetleges rákkeltő hatásáról szóló kutatások miatt a nanoezüstözött termékek forgalmazása az EU országaiban visszavonásra került [1], ennek ellenére a piacon ismertek, elérhetőek az ezüsttel kezelt kötőszerek, orvosi eszközök, katéterek, implantátumok, textiliák (törölköző, ágynemű, ruházat) [2],[3].

Az egészségügyben felhasznált ezüstözött sebészeti cérna antibakteriális hatása, a seb gyógyulását segítheti, a fertőzés veszélyét csökkentheti [4]. Az ezüstözött tárgyak kínálata az elmúlt években kozmetikumokkal, műszaki cikkekkel (egér, billentyűzet), lakberendezési textiliákkal, WC ülőkékkel, festékekkel, gyógyszerekkel, felület bevonókkal stb. bővül [5]. A modern egészségügyben ezüstözött ágyneműket használnak [6], a mindennapi életben pedig ezüstözött zoknikat viselhetünk [7].

A kutatások szerint, az ezüst jótékony hatásainak köszönhetően gyógyszeres kezelés nélkül gyógyulhatnak a neurodermatitis¹ elváltozásokból (veleszületett túlérzékenységek, pl. ekcémák formájában stb.) a betegek. Ezüstbevonatú poliamid (PA) tartalmú textiliákat alkalmazhatnak kötött kivitelen alsóruházatként, ill. szövött kelméket ágyneműkhöz (matrac, huzat stb.) ekcémás, gombás, egyéb kórokozók által kialakult bőrbetegségek leküzdésére [8].

A klasszikus hatóanyagok – a különböző szteroidok, illetve a nem szteroid gyulladásgátló gyógyszerek – számos mellékhatással (emésztési zavarok, fehérvérsejtek számának csökkenése) járnak, míg az alternatív gyógyszerészeti készítmények, kutatások alapján [9], [10], [11], [12] nagy hatékonysággal, ugyanakkor káros mellékhatások nélkül alkalmazhatók a gyulladások kezelésében.

Az antibakteriális ruházatok esetében az emberi test leggyakrabban bőrkontaktus által érintkezik az ezüst

nanorészecskékkel. Annak ellenére, hogy az emberi hám-szövet számos rétegből áll, hatékony védőréteget képezve ezzel, tanulmányok igazolják, hogy az ezüst nanorészecskék áthatolhatnak a kültakarón [13].

Az általunk megszólított, ezüstözött terméket vásárlók döntő többsége elvárja, hogy az ezüstözött textiliából készült végtermék (pl. zokni) a dermatofiton gombákra, valamint baktériumokra kifejtett hatása révén megakadályozza a lábszagot.

Kutatásunk célja az volt, hogy megvizsgáljuk és összehasonlítsuk a kereskedelmi forgalomban kapható néhány ezüstözött jelzéssel ellátott textilipari termék antimikrobiális hatását.

2 A kutatás anyagai, tárgya és módszerei

2.1 Kutatás anyagai

A kutatáshoz kereskedelmi forgalomban kapható, a gyártó leírása szerint ezüstözött textilipari termékeket használtunk. Az ENZ-1 és-2 jelzésű kelme nanoezüstözött, míg az ESZ-3 jelzésű kelme ezüstözött PA szálakból készült fonalat tartalmaz. A vizsgált kelmék termékkísérő címkéjükön feltüntetett összetétele, valamint fotóik az I. táblázatban láthatók.

I. táblázat. A vizsgált ezüsttartalmú textiliák összetétele, fajlagos súlya, fotói

azonosító	összetétel/ fajlagos tömeg	ezüstözés	fotó	ezüsttartalom mg/kg
ENZ-1	pamut 75% elasztán 10 % elaszin* 15%	nanoezüstözött		1,85
	(180 g/m ²)			
ENZ-2	pamut 75% elasztán 10 % elaszin* 15%	nanoezüstözött		1,49
	(220 g/m ²)			
ESZ-3	pamut 76% poliamid 17% ezüstözött poliamid 7%	ezüstözött fonál		12,2
	(190 g/m ²)			

Az táblázatban *-gal jelölt elasztin elnevezés a textil-termékek elnevezéséről szóló 32008L0121 az Európai Parlament és a Tanács 2008/121/EK irányelve (2009. január 14.) I. mellékletében nem található, de a termék címkéjén ez a kifejezés szerepelt (valószínűleg márkanév).

A vizsgálat során a kelméket mosás nélkül, valamint 5–10 mosási ciklust követően vizsgáltuk.

*) Lektorlát cikk.

¹ Idegi alapú bőrgyulladás.

2.2 Neurodermatitises tünetek enyhítése

A felmérésben 10 beteg kapott tesztelésre 1-1 pár ESZ-3 jelzésű térdzoknit. A felmérésben résztvevő betegek az alsó végtagjaikon (mindkettőn) az egyik leggyakoribb bőrbetegséggel, neurodermatitis-szel küzdenek. A kutatásunk során nem vizsgáltuk a hámrétegen jelentkező neurodermatitis pontos eredetét, tesztelésünk csupán arra irányult, hogy a felszíni bőrelváltozásokra hatással van-e az ezüstözött zokni. A páciensek névtelenség mellett vállalták, hogy az ezüstözött zoknit egyik végtagjukon rendeltetesszerűen, naponta viselik, a másik végtagjukra a számukra megszokott, mindennapi viseletet használják. Életvitelszerűen, amikor szükségét látják, a zoknikat moshatják, cserélhetik. A kísérlet ideje alatt gyógyszert nem szednek, a lábukat, amelyekre ezüstözött zoknit húznak, gyógyszerrel, gyógyhatású készítményekkel (krémmel) nem kezelik.

A neurodermatitis neurogén-allergiás típusú krónikus bőrbetegség. Az összes bőrelváltozások számának mintegy 40% -át teszi ki. Leggyakrabban gyermekkorban észlelhető, de a pubertás időszakában más betegségek hiányában önállóan eltűnik. Mindazonáltal a szülőknek nagyon óvatosaknak kell lenniük, mivel a neurodermatitis megfelelő kezelésének hiányában komplikációk alakulhatnak ki (bőrelváltozások és fertőzés). A betegség leggyakoribb jelei közé tartozik a viszketés, bőrkiütések, hámlás, bőrpír és neurotikus rendellenességek. A neurodermatitis legjellemzőbb tünete a súlyos viszketés előfordulása a kiütések megjelenése előtt. A továbbiakban a bőrön fokozatosan kis bőrcsomók, fényes felületek képződnek. Eleinte nem különböznek színben a normál hámrétegtől, majd barnás-rózsaszínű színezést kapnak. Később folyamatos, pikkelyes vagy vérzésre hajlamos korpásodást hoznak létre. A hámréteg érintett területe kékes vagy bíborszínű lesz. Ugyanakkor a régi fókuszokban gyakran megfigyelhetők a depigmentált területek. Hangsúlyozni kell, hogy neurodermatitis esetén a kóros folyamat területe nagyon változó lehet. A legtöbb elváltozás a lágyékban jelentkezik. További előfordulási helyek a haskörnyezet, a koponyacsont, a nagy szájrémek valamint a nyak. A betegség kialakulásával jelentősen csökken a mellékvesék funkciója, aminek következtében a beteg hámrétege sötétedik. Ugyanakkor a betegek gyakran veszítenek testtömegükből, ami negatív hatást gyakorol testük általános állapotára [14].

A páciensek vállalták, hogy a 7 napig tartó kísérlet végén egy kérdőív kérdéseinek keresztül beszámolnak az ezüstözött zokni viselésével kapcsolatos tapasztalataikról. A felmérést kérdőívvel végeztük. A kiscsoportos tesztelésben résztvevők körében, a tesztelést követően megállapítottuk, hogy a mindennapi viselet során az ezüstözött zokni állapotukban nem eredményezett szemmel látható pozitív irányú változást (1. ábra)

2.3 Ezüstözött kelmék antimikrobás hatásának vizsgálata

Antimikrobás hatásnak nevezzük az anyagok azon tulajdonságát, amely elpusztítja az élő mikroorganizmusokat, vagy meggátolja azok szaporodását.

A Science Digest 1978/3-as számában közzétett kutatási eredmények szerint az ezüst kb. 650-féle kórokozó elpusztítására képes.



1. ábra. Neurodermatitises páciensek alsó végtagjai. A páciensek végtagjai a jobb oldalon a kezelés elején és a bal oldalon, 7 nap után

A tudomány mai állása szerint bizonyított, hogy az antibakteriális hatás vizsgálatánál párhuzamosan több módszert érdemes alkalmazni, mert egy mikroorganizmus, illetve egy módszer nem elegendő a hatás bizonyításához, vagy cáfolásához [15]. Ennek megfelelően mi is több módszer alapján vizsgáltuk a kelmék antimikrobás tulajdonságait.

Az 1. módszer leírása

Az ezüstözött kelme antimikrobás hatásának ellenőrzésére a következő módszert alkalmaztuk:

A vizsgálandó mikroorganizmusból előzetesen szelektív táptalajon tiszta tenyészetet készítettünk. A végső inokulum² 10^8 sejt/cm³ töménységű volt. A vizsgálandó ESZ-3 kelméből származó ezüstözött felületű szálakból készült PA fonalból steril eszközökkel kb. 5 cm hosszú kötegeket készítettünk, majd szintén steril csipesszel az 1

² Az a baktérium/gomba tenyészet, amellyel beoltjuk a szaporítás célját szolgáló táptalajt (vizsgálatról függően 1-10%).

cm³ szuszpenzióval inokulált³ frissen leöntött táptalajba nyomtuk, szilárdulás után pedig egy köteget a táptalaj felületére is fektettünk.

A lemezeket 4–6 órára 10 °C-os hűtőszekrénybe helyeztük, majd 24–72 órás termosztátban végzett inkubációt követően vizsgáltuk a kötegek körül kialakuló gátló, vagy serkentő zónákat. A gátlás mértékét egytől (minimális) négy keresztség (teljes gátlás) osztályoztuk.

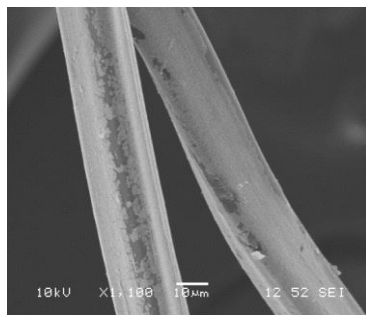
Egy kereszt (+): amikor már szabad szemmel látható gátlási zóna (kb. 1 mm) a négy kereszt (++++) pedig ennek négy, vagy többszöröse (kb. 4 mm).

II. táblázat. ESZ-3 kelméből kibontott ezüstözött szálakból készült fonal mikroorganizmusokra gyakorolt gátlóhatása

Vizsgált mikroorganizmus	Termosztálás (°C)	Gátlás a felületen*	Gátlás a táptalajban*	Alkalmazott tápközeg
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	37	+	+	Cetrimid agar (CN)
<i>Candida albicans</i>	26	+	-	Yeast-Glucose-Chlo-paphenicol agar (YGC)
<i>Aspergillus barlsiliensis</i>	26	-	-	Yeast-Glucose-Chlo-paphenicol agar (YGC)
<i>Enterococcus faecalis</i>	37	-	-	Slanetz-Bartley agar (SB)
<i>Escherichia coli</i>	37	+	+	Tryptone Bile Agar with X-Glucuronide (TBX)
<i>Staphylococcus aureus subsp. aureus</i>	37	+	+	Baird-Parker agar (BP)

*Gátlás osztályozása egytől négy keresztségig

A módszer lényege, hogy a vizsgálandó vegyületek a teszt mikroorganizmusokkal beoltott agarban⁴ diffundálni képesek és hatékonyságuktól függően az inokulálási hely körül gátlási zónát hoznak létre. A gátlási zóna nagysága függ a vegyület diffúziós sebességétől, koncentrációjától és a mikroba érzékenységétől.

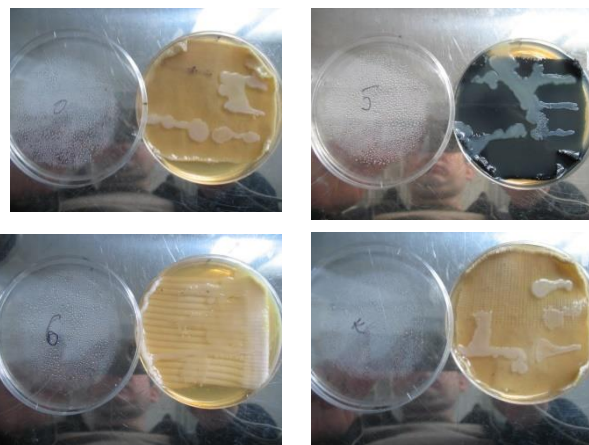


2. ábra. ESZ-3 jelzésű mintakelme ezüstözött szálának SEM képe 1100x nagyításban

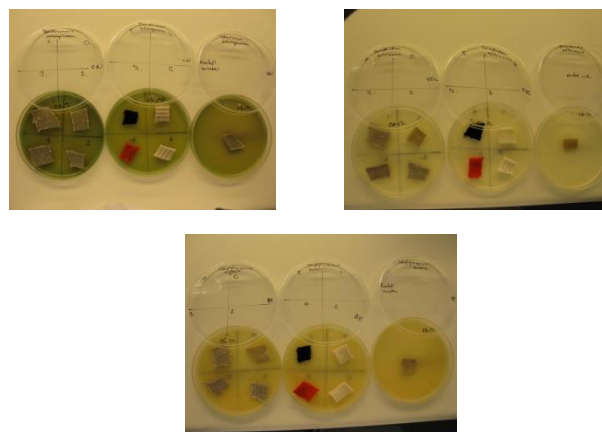
a szálak gátló hatása megmarad. Ugyanezzel a módszerrel, az ezüstözött szálakból készült fonal vizsgálata után az ezüstözött kelmeket is többször megvizsgáltuk, de sajnos semmiféle gátlást nem tapasztaltunk (3., 4. ábra).

³ Az a táptalaj amelyet az inokulummal beoltottak.

⁴ Inokulummal beoltott agartenyészetben.



3. ábra. Az ezüstözött textíliák gátlásának vizsgálata 1



3. ábra. Az ezüstözött textíliák gátlásának vizsgálata 2

A 2. módszer leírása

Az ÁNTSZ egészségügyi intézmények mosógépeinek fertőtlenítő hatásfokát vizsgáló módszerét módosítottuk. A baktériumokkal, gombákkal mesterségesen fertőzött 10×10 cm-es kelmemintákat kimossák, a vizsgálni kívánt mosógépben és a tesztbaktérium visszatenyésztését végzik, az ezüstözött textíliák vizsgálatára ezt a mosástesztet fejlesztettük tovább.

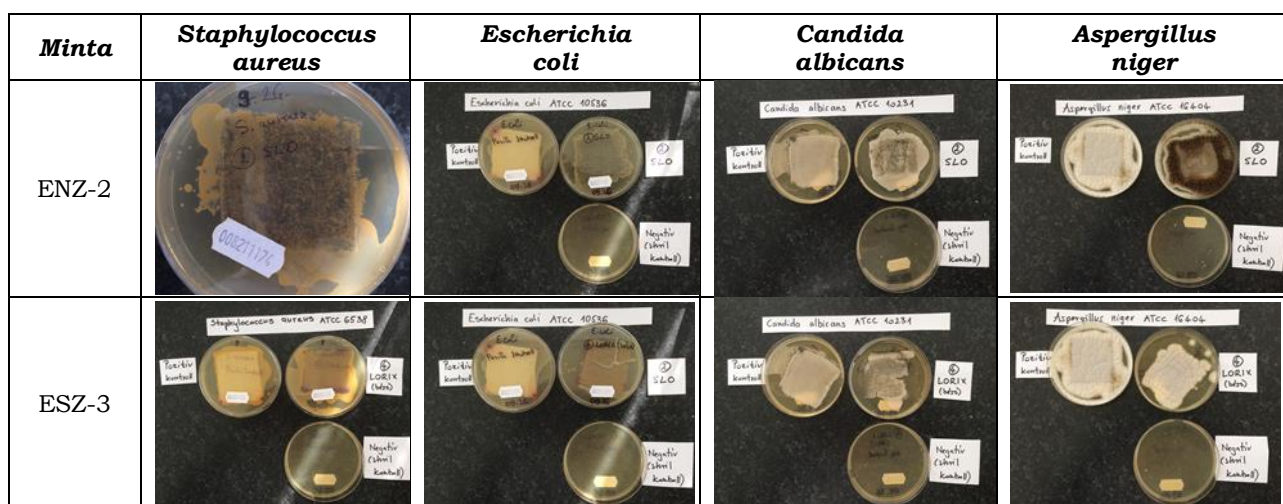
A baktérium és gomba kontroll törzsekből szuszpenziót készítenek, melynek sejtsűrűségét denzitométerrel⁵ ellenőrizzük. Ez a szuszpenzió 2–3 milliliterével megfertőzzük a steril textildarabkákat, majd 2–3 órára (szelektív) szilárd táptalajra (sós-véres agar, eozin-metilénkék, brillantzöld agar, savoraud agarra) fektetjük. A textilminták eltávolítása után a baktériumokat 37 °C-on, a gombákat 38 °C-on 24–48 órán át inkubáljuk.

Mintáink közül egy nanoezüstözött és egy ezüstözött szálakból készült fonalat tartalmazó kelmét vizsgáltunk. (5., 6. ábra)

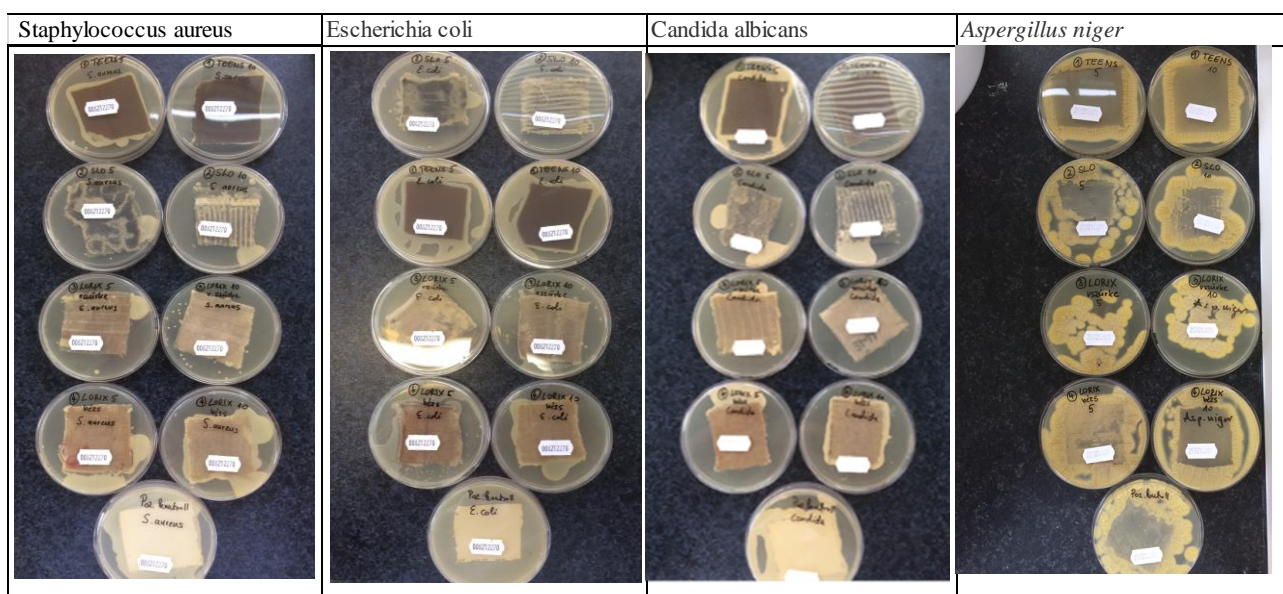
A III. táblázatban a kelmék 0, 5, 10 mosásutáni gátlási vizsgálatának eredményei láthatóak.

Az eredmények alapján azon következtetések fogalmazhatók meg, miszerint az ESZ-3 mintákon olyan jelentős koncentrációban fordul elő az ezüst, hogy az a mosások által kiváltott csökkenés ellenére még mindig elegendő az általunk alkalmazott kísérleti körülmények között a megfelelő antimikrobás hatás elérésére. Ezzel szemben az ENZ-2 minta nem, vagy jóval kisebb koncentrációban tartalmazott ezüstöt, ezért annak további csökkenésével már az antimikrobás hatás gyakorlatilag

⁵ Denzitométer: fényérzékeny lemezek feketedésének mérésére szolgáló műszer



4. ábra Az ezüstözött textiliák gátlásának vizsgálata. 0 mosás utáni eredmények fotói



5. ábra Az ezüstözött textiliák gátlásának vizsgálata. 5 és 10 mosás utáni eredmények fotói

III. táblázat. Az ezüstözött textiliák gátlásának vizsgálata.
(A vizsgálatokat az ÁNTSZ Szegedi, Mórahalomi Kistérségi Intézete, Szegeden végezte)

Minta	Mosások száma	Staphylococcus aureus	Escherichia coli	Candida albicans	Aspergillus niger
ENZ-2	0	--	--	--	--
	5	--	--	--	--
	10	--	--	--	--
ESZ-3	0	++	++	+	--
	5	++	++	++	--
	10	--	--	--	--

-- visszatenyészett – nem gátolta a szaporodást

+csíraszám csökkenés – kevesebb van, mint a kontroll mintán

++nem tenyészett vissza – nem szaporodtak a baktériumok/gombák, gátolta a szaporodásukat

megszűnt. Fontos szem előtt tartani azt is, hogy a textiliák egyéb alkotóelemei is rendelkezhetnek önmagukban antimikrobás hatással, ami hozzájárulhat az általunk tapasztalt ezüstéhez hasonló hatáshoz.

3 Összefoglalás

A jelenlegi előírásoknál részletesebb vásárlói tájékoztatást tartunk szükségesnek. A fenti tények ismeretében javasoljuk, hogy adják meg a kereskedelmi forga-

lomba kerülő ezüstözött textilipari termék antibakteriális hatásának várható időtartamát. A kérdés összetettsége miatt egy nemzetközi összefogásra lenne szükség a laboratóriumok együttműködésében. A kapott eredmények ismeretében a gyártók tegyenek ajánlatot a vásárlók által elvárható egészségügyi előnyökre úgy a hatékonyság, mint a hatás időtartamra vonatkozóan.

A nanoezüstözött termékek antibakteriális hatása, valamint az ezüst bevonatot tartalmazó szálakból készült fonalak, kelmék hatása különböző ideig érzékelhető.

A kereskedelmi forgalomban kapható textilipari termékek vásárlói tájékoztatóin minimális, az összetételre a kezelésre vonatkozó instrukció található-amit a textilkész ikonjaival jelölnek. A fogyasztók érdekében a gyártók részéről részletesebb tájékoztatásra van szükség. Az ezüstözött termékekkel jellemzően nem ismerjük a pamut érettségi fokát, nem ismerjük a mesterséges szálanyagok pontos technológiai paramétereit, az ezüstözés módját, a részecskék méretét, stb.

A kereskedelmi forgalomból általunk szűrőpróbaszerűen kivett ezüstözött textiliák vásárlói tájékoztatói nem felelnek meg az előírásoknak. Ezért javasoljuk egy nemzetközi kutatás létrehozását a textilvizsgáló laboratóriumok összefogásával, annak érdekében, hogy a kereskedelmi forgalomban elérhető textilipari termékek részletesebb adatokkal rendelkezzenek az antimikrobás hatás idejéről, körülményeiről.

A jelenlegi előírásoknál részletesebb vásárlói tájékoztatást tartok szükségesnek, mert:

- a fogyasztó vásárlás előtti maradéktalan tájékoztatása csak úgy valósulhat meg, ha az előírt kezelési körülmények ismertek a textiltermék kiválasztása előtti döntéskor;
- csak így lehet rendeltetésszerűen használni és gondozni (mosni, tisztítani) a terméket, ami a szavatossági jogosultság alapja;
- tisztességtelen kereskedelmi tevékenységet folytat (így szankcionálható) az a gyártó/forgalmazó, amely elhallgatja a fontos (jelentős) tájékoztatást, például a használatra-kezelésre vonatkozó tudnivalókat [16].

A jelenlegi előírásoktól részletesebb vásárlói tájékoztatásnak tartalmaznia kell az eddigi információk mellett, a mosási ciklusok függvényében várható antibakteriális hatás időtartamát. A nemzetközi összefogás eredményeképpen a kapott eredmények ismeretében határozhatják meg a vásárlók számára egyértelműen az általuk elvárt információkat.

Felhasznált irodalom

- [1] European Commission, „Types and uses of nanomaterials, including safety aspects Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials”, 2012. [Online]. Elérhető: [https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/be32dfc7-1499-4328-b54f-](https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/be32dfc7-1499-4328-b54f-a9f024805f59/language-en)
- [2] G. Franci és mtsai., „Silver nanoparticles as potential antibacterial agents”, *Molecules*, köt. 20, sz. 5, o. 8856–8874, 2015.
- [3] S. W. P. Wijnhoven és mtsai., „Nano-silver - A review of available data and knowledge gaps in human and environmental risk assessment”, *Nanotoxicology*, köt. 3, sz. 2, o. 109–138, 2009.
- [4] W. B. Russel, A.D., Hugo, „7 Antimicrobial Activity and Action of Silver”, *Prog. Med. Chem.*, köt. 31, o. 351–370, 1994.
- [5] B. Nowack, H. F. Krug, és M. Height, „120 years of nanosilver history: Implications for policy makers”, *Environ. Sci. Technol.*, köt. 45, sz. 4, o. 1177–1183, 2011.
- [6] J. Mogensen, „Functional textiles in hospital interiors”, Aalborg Universitet, Aalborg, 2015.
- [7] „Ezüstzokni”. [Online]. Elérhető: <https://ezustzokni.hu/>.
- [8] C. Kutasi, „Nanorészecskék és technológiák a textiltermékek gyártásában”, *Magy. Texttech.*, köt. 1, o. 7–14, 2013.
- [9] N. Chichieveishvili és mtsai., „Synthesis of silver nanoparticles using plants extract and analysis of their antimicrobial property”, *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, köt. 10, sz. October 2016, o. 50–56, 2017.
- [10] J. S. Möhler, W. Sim, M. A. T. Blaskovich, M. A. Cooper, és Z. M. Ziora, „Silver bullets: A new lustre on an old antimicrobial agent”, *Biotechnol. Adv.*, köt. 36, sz. 5, o. 1391–1411, 2018.
- [11] N. Chichieveishvili, S. Khubulava, B. Korsantiya, G. Kristesashvili, és G. Pichhaia, „The possibility of silver nanoparticle use in medicine”, köt. 10, sz. 7, o. 1222–1226, 2018.
- [12] K. Dávid, „Arany és Ezüst nanorészecskék sejtbiológiai hatásainak vizsgálata P deficiens rákos sejtekben és tumor metasztázis modellben”, SZTE TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR BIOKÉMIAI ÉS MOLEKULÁRIS BIOLÓGIAI TANSZÉK, 2017.
- [13] F. F. Larese és mtsai., „Human skin penetration of silver nanoparticles through intact and damaged skin”, *Toxicology*, köt. 255, sz. 1–2, o. 33–37, jan. 2009.
- [14] „A neurodermatitis”. [Online]. Elérhető: <http://hu.medicine-worlds.com/neurodermit.htm>.
- [15] Anja LELJAK, Beti ROGINA-CAR, és I. Tomislav, „USPOREDBA STANDARDIZIRANIH ISO METODA ZA ODREĐIVANJE ANTIBAKTERIJSKE UČINKOVITOSTI TEKSTILINIH MATERIJALA”, in *Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet*, 2017, o. 152–158.
- [16] „MSZT”. [Online]. Elérhető: <http://www.mszt.hu/web/guest/textilkezeles>.