

AEROZOLINIŲ IR ELEKTROAEROZOLINIŲ KETVIRTINIŲ AMONIO DRUSKŲ TIRPALŲ POVEIKIS BAKTERIJOMS ANT HORIZONTALIŲ IR VERTIKALIŲ PAVIRŠIŲ

Aidas Grigonis¹, Algimantas Matusevičius¹, Justinas Dobilas², Marius Virgailis², Antanas Stankevičius¹

¹Lietuvos veterinarijos akademija, Tilžės g. 18, 47181 Kaunas, tel. (8-37) 36 30 41;

el. paštas: amatusевичius@lva.lt.

²Lietuvos veterinarijos institutas, Instituto g. 2, 56115 Kaišiadorys, tel. (8-346) 6 06 93. el. paštas: lvi@org.ktu.lt

Santrauka. Horizontaliems ir vertikaliami patalpų paviršiams dezinfekuoti naudoti ketvirtinių amonio druskų tirpalų elektroaerozoliai su teigiamu ir neigiamu elektros krūviu ir aerozolis be elektros krūvio. Prieš dezinfekuojant paviršiai buvo dirbtinai užkrėsti *E. coli* arba *Staphylococcus aureus* bakterijų kultūromis. Dezinfekuojamasis tirpalas į patalpą purškamas skirtingo elektrinio krūvio polidispersinių 9–150 μm dalelių elektroaerozolių ir aerozolio be elektros krūvio pavidalu. Mėginiai nuo paviršių buvo imami praėjus 1 valandai po užkrėtimo prieš dezinfekuojant ir praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos. Dezinfekcijos efektyvumą vertinome lygindami bakterijų kiekį ant standžios terpės Petri lėkštelėje prieš dezinfekciją ir po jos.

Nustatėme, kad efektyviausiai patalpos paviršius dezinfekavo dezinfekto IV tirpalo elektroaerozolis, turintis teigiamą elektros krūvį (įvairių paviršių dezinfekcijos efektyvumas buvo 78,2–99,3%). Įelektrintos dalelės greičiau ir vienodžiau nusėda ant įvairių paviršių. Gramneigiamos bakterijos (*E. coli*) buvo atsparesnės už gramteigiamas (*S. aureus*). *E. coli* sunaikinti prirėkė daug didesnės dezinfekto IV tirpalo elektroaerozolių ir aerozolio koncentracijos (1,5:1) negu stafilokokams (1:4). Į 1 m³ patalpos purškėme 30 ml paruošto tirpalo.

Raktažodžiai: ketvirtinės amonio druskos, vandeninių tirpalų elektroaerozoliai, *E. coli*, *S. aureus*, dezinfekcija.

THE EFFECT OF AEROSOL AND ELECTRO AEROSOL QUATERNARY AMMONIUM SALINE SOLUTIONS ON BACTERIA ON HORIZONTAL AND VERTICAL SURFACES

Summary. To disinfect horizontal and vertical room surfaces electro aerosols of quaternary ammonium saline solutions with positive and negative electric charge and aerosol without electric charge in form of polydispersive 9 – 150 μm particles were used. Before disinfection the surfaces were infected with *E. coli* or *Staphylococcus aureus* bacteria. Samples from surfaces were taken 1 h before infection, 1 h before disinfection and 2 h after disinfection. The efficiency of disinfection was estimated by comparison of bacteria development in Petri dish. It was estimated that solution of Dezinfektas IV with positive electric charge have shown highest antibacterial efficiency (78,2-99,3%). In addition, electric particles have shown faster and more equal distribution on surfaces. Gr- bacteria (*E. coli*) were more resistant compared to Gr+ (*S. aureus*). For disinfection of *E. coli* significantly higher electro aerosol and aerosol concentrations (1,5:1) of Dezinfektas IV solution were used compared to *S. aureus* (1:4).

Keywords: electro aerosols of quaternary ammonium saline, *E. coli*, *S. aureus*, disinfection.

Įvadas. Aerozolinė dezinfekcija puikiai tinka patalpos orui ir horizontaliems paviršiams, tačiau retai naudojama vertikaliami ir sunkiai pasiekiami paviršiams. Žinoma, kad elektroaerozolio dalelės, turinčios elektros krūvį, gausiau ir vienodžiau nusėda ant įvairiausių paviršių, geriau ant jų pasiskirsto (Parkin, 2001). Tokios dalelės sienas, lubas, sunkiai pasiekiamus įvairiausių įrangos bei prietaisų, sudėtų į krūvas padėklų, vamzdžių ir radiatorių paviršius padengia 2–4 kartus geriau už neįelektrintas aerozolių daleles (Parkin, 2001). Yra duomenų, kad elektroaerozolio dalelės, turinčios neigiamą elektrinį krūvį, įvairius paviršius padengia 15–25% greičiau ir vienodžiau už neįelektrintas daleles (Dobilas, 2002; Garrett, Grisham, 2002). Didžiausią reikšmę dengiant paviršius įelektrintomis aerozolio dalelėmis turi jų koncentracija dezinfekuojamoje patalpoje (Parkin, 2001).

Labai svarbu yra ir aerozolio dalelių dydis. Itin smulkios (0,5–5 μm) dalelės ilgai laikosi ore ir dažniausiai išgaruoja anksčiau, negu spėja nusėsti ant

paviršiaus. Stambios (150–400 μm) dalelės greitai nusėda ant horizontalių, nespėdamos padengti vertikalų ir sunkiai pasiekiamų paviršių. Naudojant dezinfekuojamuosius aerozolius nustatyta, kad efektyviausia, kai patalpa išpurškiama 10–150 μm dydžio dalelėmis. Jos nusėda ant paviršių ir ant jų esančias bakterijas padengia dezinfekuojamųjų medžiagų plėvele, pro mikroorganizmo apvalkalėlį skverbiasi į ląstelės vidų (Dobilas, 1989). Ląstelės paviršių ardyti būdinga paviršiaus įtempimą mažinantiems ketvirtiniams amonio dariniams. Jie kaip antimikrobinės ir dezinfekuojamosios medžiagos patalpoms naudojamos gana dažnai (Gloxhuber, 1974; Grigonis ir kt., 2001; Löscher u.a., 1994; Schmoltd, 1991; Stankevičienė ir kt., 2003), tačiau literatūroje nėra duomenų apie jų elektroaerozolių pavidalo tirpalų naudojimą paviršiams dezinfekuoti.

Dezinfekuojamųjų medžiagų efektyvumui įvertinti naudojamos *E. coli* ir *Staphylococcus aureus* bakterijos, nes jos bene labiausiai paplitusios patalpose, kur laikomi gyvūnai (Martins et al., 1995; Поляков, 1975).

Darbo tikslas – įvertinti dezinfekto IV tirpalo polidispersinių aerozolio be elektros krūvio ir elektroaerozolių su skirtingu elektros krūviu dezinfekuojamąjį poveikį patalpų horizontaliems ir vertikaliems paviršiams.

Tyrimų sąlygos ir metodai. Dezinfekuojamasis mišinys (dezinfektas IV), kurį naudojome bandymams, buvo sudarytas iš alkildimetilbenzilamonio chlorido (3,5%), didecildimetilamonio chlorido (1,5%), chlorheksidino bigliukonato (1,5%), nejoninės kilmės emulgatoriaus (1,5%), odoranto eugenolo (0,25%), etilo alkoholio 70% (15%) ir vandens (iki 100%). Dezinfekavimui naudoti dezinfekto IV 1:4 (naikinant *S. aureus*) ir 1,5:1 (naikinant *E. coli*) koncentracijų tirpalai, išpurškiant į 1 m³ patalpos 30 ml dezinfekuojamojo skysčio. Ankstesniais bandymais nustatėme, kad būtent tokios koncentracijos tirpalai efektyviausiai naikino minėtas bakterijas ant paviršių.

Prieš dezinfekuodami patalpos paviršius dirbtinai užkrėtėme bakterijų biomase, kurios tankumas buvo 4 McF (makfarlandai). Biomasės tankumą nustatėme kolorimetru MCI-5 (Latvija).

Patalpos paviršiai buvo užkrėsti gyvų *E. coli* ATCC 25922 ir *S. aureus* ATCC 25923 biomasių tirpalais išpurškiant patalpą UEA-5 universaliu aerozolio aparatu (Dobilas, 2001) su purkštuku UEP-2 (Добилас, 1981). Patalpoje buvo purškama 200 ml biomasės.

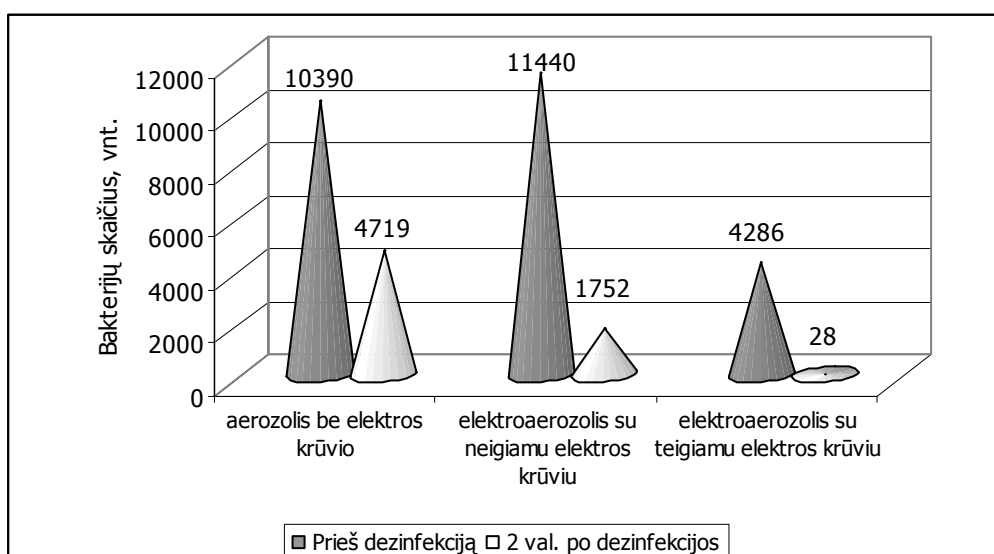
Praėjus 1 valandai steriliais tamponais ėmėme mėginius nuo paviršių ir atlikome dezinfekciją. Tamponus su mėginiais merkėme į mėgintuvėlius su steriliu fiziologiniu tirpalu. Dezinfekuojamąjį tirpalą išpurškėme universaliu aerozolio aparatu UEA-5 su purkštuku UEP-2. Patalpai dezinfekuoti naudojome dezinfekto IV tirpalo polidispersinį 9–150 μm dydžio dalelių aerozolį ir elektroaerozolių. Dezinfekuojamojo mišinio aerozolio dalelės buvo įelektrinamos teigiamu ir neigiamu elektros krūviu naudojant elektros lygintuvą.

Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, mėginius nuo paviršių ėmėme autoklave sterilizuotais vatos tamponais, kuriuos vėliau merkėme į mėgintuvėlius su steriliu fiziologiniu tirpalu. Laboratorijoje mėginiai, tiek imti prieš dezinfekuojant nuo užkrėstų paviršių, tiek dezinfekavus, buvo tiriami tą pačią dieną: tamponai nuspaudžiami, o likęs skystis centrifuguojamas du kartus po 30 min. 3000 aps./min. greičiu. Nupylus skysčio perteklių, likęs centrifugatas bakteriologine kilpele buvo sėjamas į Petri lėkšteles su MacConkey agaru (*E. coli*) arba mėsos peptono agaru su 8,5% natrio chlorido priedu (*S. aureus*). Lėkšteles dėjome į termostatą ir 24 valandas laikėme 37°C temperatūroje. Rezultatus vertinome skaičiuodami išaugusių bakterijų kolonijų skaičių ant terpės.

Kai ant terpės augo labai daug bakterijų ir jų nebuvo įmanoma tiksliai suskaičiuoti (taip buvo paėmus mėginius nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojant), taikėme serijinių skiedimų metodą. Dažniausiai užteko skiesti 1:10, retai kada reikėjo 1:100. Bandymus su neskiestu ir skiestu pavyzdžiais atlikome lygiagrečiai. Pasėję neskiestus pavyzdžius, į mėgintuvėlius su centrifugato likučiais (1 ml) pylėme po 10 ml sterilus išgryninto vandens ir gerai sumaišėme. Tada bakteriologine kilpele sėjome į Petri lėkšteles su terpe. Po 24 valandų inkubacijos 37°C temperatūroje skaičiavome išaugusias bakterijų kolonijas. Gautą skaičių padauginę iš 10 (arba 100, jei skiesta 1:100), nustatėme tikslų bakterijų skaičių, išaugusių tirtame neskiestame mėginyje.

Duomenų statistinį patikimumą apskaičiavome kompiuterine „Graph Prism™. Version 2.0“ programa.

Tyrimų rezultatai. Atlikdami bandymus su *S. aureus* ATCC 25923 bakterijomis naudojome 1:4 skiesto dezinfekto IV tirpalo aerozolį ir elektroaerozolių. Bandymų rezultatai pateikti 1 ir 2 diagramose.



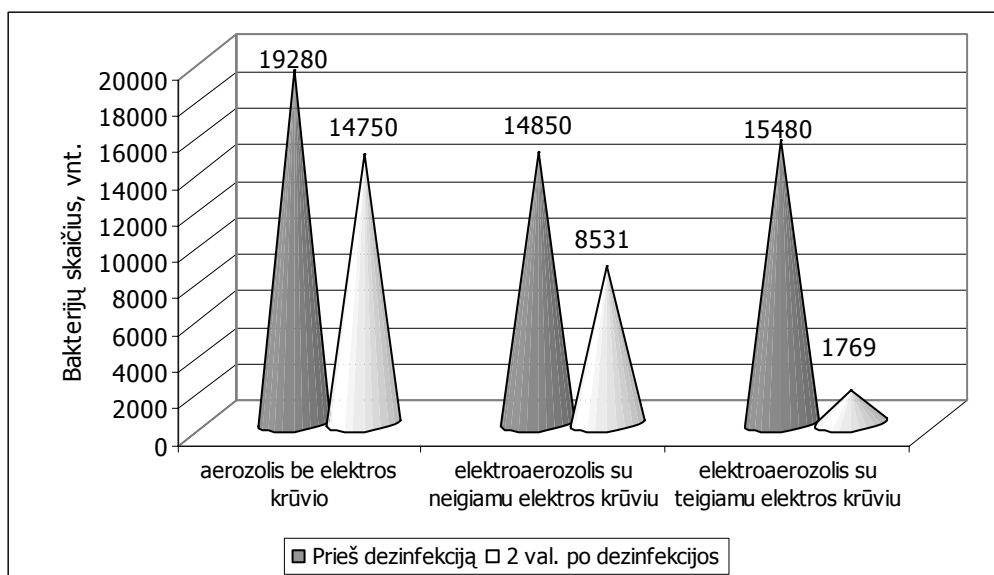
1 diagrama. Dezinfekto IV tirpalo (1:4) poveikis *S. aureus* ant horizontalių paviršių

Analizuodami 1 diagramą aiškiai matome, kad dezinfekcija dezinfekto IV tirpalo aerozoliu ir skirtingo elektrinio krūvio elektroaerozoliais žymiai sumažino bakterijų kiekį ant horizontalių paviršių. Įvertinę gautus rezultatus nustatėme, kad silpniausiai horizontalius paviršius dezinfekavo ir *S. aureus* bakterijas naikino dezinfekto IV tirpalo aerozolis, neturintis elektros krūvio (1 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojuant, nustatėme, kad ant horizontalių paviršių buvo 10390±1801 bakterija. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo horizontalių paviršių, išaugo 4719±1204 bakterijos. Vadinasi, dezinfekcija aerozoliu be elektros krūvio bakterijų kiekį ant horizontalių paviršių sumažino 54,6% ($p>0,05$).

Daug geresnius rezultatus gavome dezinfekuodami dezinfekto IV tirpalo elektroaerozoliu su neigiamu elektros krūviu (1 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus

nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojuant, nustatėme, kad ant horizontalių paviršių buvo 11440±1409 bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo horizontalių paviršių, išaugo 1752±74 bakterijos. Vadinasi, dezinfekcija elektroaerozoliu su neigiamu elektros krūviu bakterijų kiekį ant horizontalių paviršių sumažino 84,7% ($p<0,05$).

Geriausių rezultatų pasiekėme dezinfekuodami horizontalius paviršius dezinfekto IV tirpalo elektroaerozoliu su teigiamu elektros krūviu (1 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojuant, nustatėme, kad ant horizontalių paviršių buvo 4286±164 bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo horizontalių paviršių, išaugo 28±13 bakterijų. Vadinasi, dezinfekcija elektroaerozoliu, turinčiu teigiamą elektros krūvį, bakterijų kiekį ant horizontalių paviršių sumažino 99,3% ($p<0,05$).



2 diagrama. Dezinfekto IV tirpalo (1:4) poveikis *S. aureus* ant vertikalų paviršių

2 diagramoje pateiktas dezinfekto IV tirpalo aerozolio ir elektroaerozolių efektyvumas dezinfekuojuant vertikalius paviršius, užkrėstus *S. aureus* bakterijomis.

Apibendrinę gautus rezultatus nustatėme, kad silpniausiai vertikalius paviršius dezinfekavo ir *S. aureus* bakterijas naikino dezinfekto IV tirpalo aerozolis be elektros krūvio (2 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojuant, nustatėme, kad ant vertikalų paviršių buvo 19280±1624 bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo vertikalų paviršių, išaugo 14750±581,5 bakterijos. Vadinasi, dezinfekcija aerozoliu be elektros krūvio bakterijų kiekį ant vertikalų paviršių sumažino tik 23,5% ($p>0,05$).

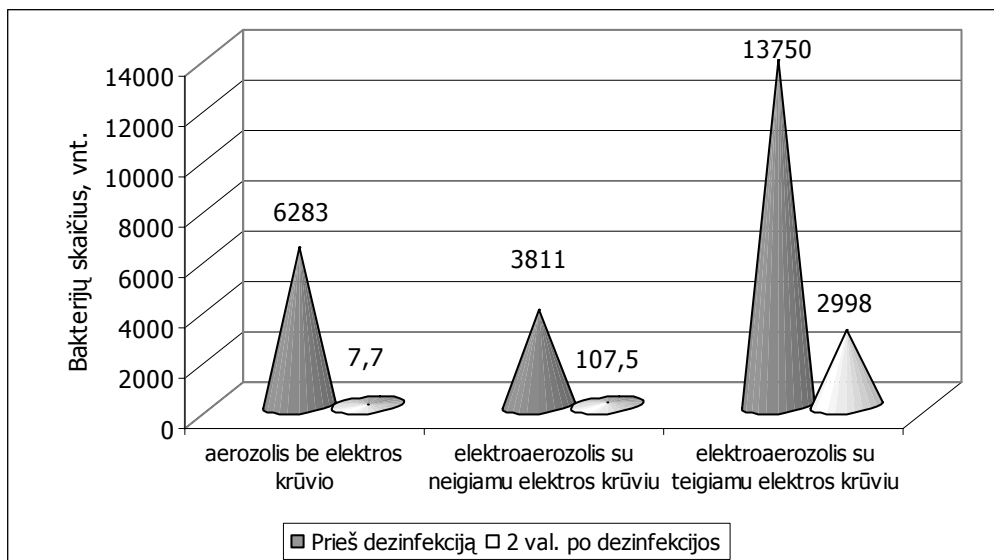
Kiek geresnius rezultatus gavome atlikę dezinfekciją dezinfekto IV tirpalo elektroaerozoliu, turinčiu neigiamą elektros krūvį (2 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo

užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojuant, nustatėme, kad ant jų buvo 14850±1007 bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo vertikalų paviršių, išaugo 8531±750 bakterijų. Vadinasi, dezinfekcija elektroaerozoliu, turinčiu neigiamą elektros krūvį, bakterijų kiekį ant vertikalų paviršių sumažino 42,5% ($p<0,05$).

Geriausius rezultatus gavome atlikę vertikalų paviršių dezinfekciją dezinfekto IV tirpalo elektroaerozoliu su teigiamu elektros krūviu (2 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojuant, nustatėme, kad ant vertikalų paviršių buvo 15480±181,5 bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo vertikalų paviršių, išaugo 1769±154 bakterijos. Vadinasi, dezinfekcija elektroaerozoliu, turinčiu teigiamą elektros krūvį, bakterijų kiekį ant vertikalų paviršių sumažino 88,6% ($p<0,05$).

Atlikdami bandymus su *E. coli* ATCC 25922 bakterijomis naudojome 1,5:1 skiesto dezinfekto IV tirpalo aerozolį be elektros krūvio ir elektroaerozolius su teigiamu ir neigiamu elektros krūviu. 1,5:1 dezinfekto tirpalą pasirinkome todėl, kad ankstesnių patalpos oro

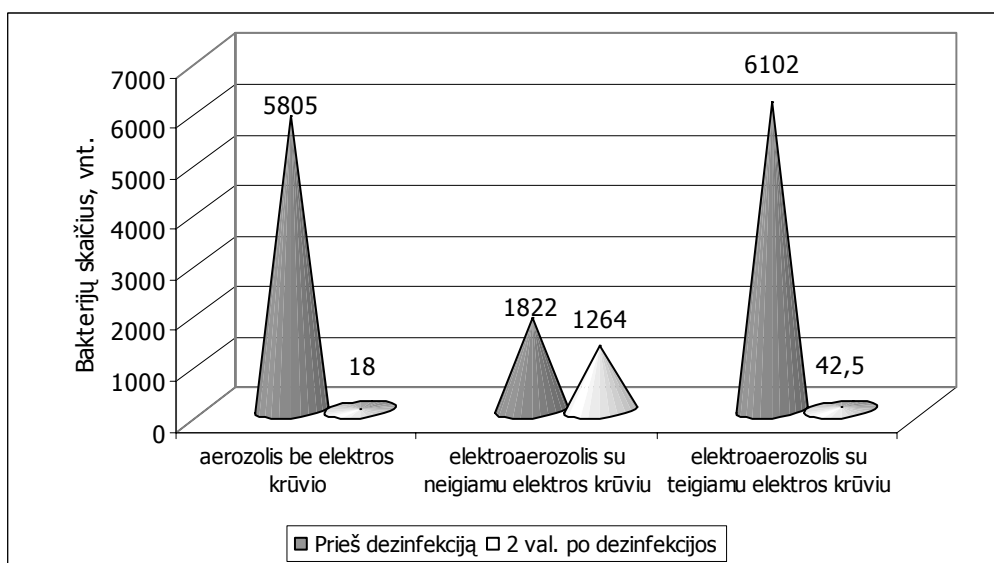
dezinfekcijos bandymų metu nustatėme: mažesnės koncentracijos tirpalas *E. coli* bakterijų augimą slopino silpnai. Bandymų su *E. coli* rezultatai pateikti 3 ir 4 diagramose.



3 diagrama. Dezinfekto IV tirpalo poveikis (1,5:1) *E. coli* ant horizontalių paviršių

Analizuodami 3 diagramą aiškiai matome, kad dezinfekcija dezinfekto IV tirpalo aerozoliu ir skirtingo elektros krūvio elektroaerozoliais bakterijų kiekį ant horizontalių paviršių sumažino ženkliai. Nustatėme, kad dezinfekto IV tirpalo aerozolis be elektros krūvio *E. coli* bakterijas ant horizontalių paviršių naikino labai gerai (3 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių

prieš dezinfekuojuant, nustatėme, kad ant horizontalių paviršių buvo 6283 ± 172 bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo horizontalių paviršių, išaugo $7,7 \pm 0,3$ bakterijos. Taigi dezinfekcija aerozoliu be elektros krūvio bakterijas ant horizontalių paviršių sumažino 99,9% ($p < 0,05$).



4 diagrama. Dezinfekto IV tirpalo poveikis (1,5:1) *E. coli* ant vertikalinių paviršių

Panašūs rezultatai gauti atlikus horizontalių paviršių dezinfekciją dezinfekto IV tirpalo elektroaeroliu, turinčiu neigiamą elektros krūvį (3 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojant, nustatėme, kad ant horizontalių paviršių rasta $3811 \pm 288,2$ bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo horizontalių paviršių, išaugo $107,5 \pm 24,5$ bakterijos. Vadinasi, dezinfekcija elektroaeroliu, turinčiu neigiamą elektros krūvį, bakterijų kiekį ant horizontalių paviršių sumažino 97,2% ($p < 0,05$).

Silpniausiai horizontalius paviršius, užkrėstus *E. coli* bakterijomis, dezinfekavo dezinfekto IV tirpalo elektroaerolis, turintis teigiamą elektros krūvį (3 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojant, ant horizontalių paviršių radome 13750 ± 638 bakterijas. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo horizontalių paviršių, išaugo $2998 \pm 323,5$ bakterijos. Taigi dezinfekcija elektroaeroliu, turinčiu teigiamą elektros krūvį, bakterijas ant horizontalių paviršių sumažino 78,2% ($p < 0,05$).

4 diagramoje pateiktas dezinfekto IV tirpalo aerolio ir elektroaerolių efektyvumas dezinfekuojant vertikalius paviršius, užkrėstus *E. coli* bakterijomis.

Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių (4 diagrama) prieš dezinfekuojant dezinfekto IV tirpalo aeroliu be elektros krūvio, ant vertikalinių paviršių radome $5805 \pm 130,5$ bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo vertikalinių paviršių, išaugo 18 ± 2 bakterijos. Vadinasi, dezinfekcija aeroliu be elektros krūvio bakterijų kiekį ant vertikalinių paviršių sumažino 99,7% ($p < 0,05$).

Analizuodami 4 diagramoje pateiktus duomenis matome, kad silpniausiai vertikalius paviršius dezinfekavo ir *E. coli* bakterijas naikino dezinfekto IV tirpalo elektroaerolis, turintis neigiamą elektros krūvį. Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojant, nustatėme, kad ant vertikalinių paviršių buvo $1822 \pm 73,5$ bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo vertikalinių paviršių, išaugo $1264 \pm 53,5$ bakterijos. Taigi dezinfekcija elektroaeroliu, turinčiu neigiamą elektros krūvį, bakterijų kiekį ant vertikalinių paviršių sumažino tik 30,6% ($p < 0,05$).

Daug geresnius rezultatus gavome atlikę vertikalinių paviršių dezinfekciją dezinfekto IV tirpalo elektroaeroliu, turinčiu teigiamą elektros krūvį (4 diagrama). Ištyrę mėginius, paimtus nuo užkrėstų paviršių prieš dezinfekuojant, nustatėme, kad ant vertikalinių paviršių rasta $6102 \pm 336,5$ bakterijos. Praėjus 2 valandoms po dezinfekcijos, iš mėginių, paimtų nuo vertikalinių paviršių, išaugo $42,5 \pm 1,5$ bakterijos. Vadinasi, dezinfekcija elektroaeroliu, turinčiu teigiamą elektros krūvį, bakterijų kiekį ant vertikalinių paviršių sumažino 99,3% ($p < 0,05$).

Apibendrinami bandymų rezultatus galime teigti, kad tiek Gr-, tiek Gr+ bakterijas ant paviršių geriausiai

naikino dezinfekto IV tirpalo elektroaerolis su teigiamu elektros krūviu.

Apibendrinimas. Aeroliais jau senokai efektyviai dezinfekuojamas oras ir horizontalūs paviršiai. Nustatyta, kad įelektrintos aerolių dalelės, ypač su neigiamu elektros krūviu, geriau prisitvirtina prie įvairių paviršių, tolygiau juos padengia ir ilgiau ant jų lieka (Garrett, Grisham, 2002). Tačiau elektroaerolių dalelės gali interferuoti su bakterijomis, kurios taip pat turi elektros krūvį, o tai sąlygotų prastesnį elektroaerolių aktyvumą palyginti su aeroliais be elektros krūvio. Mūsų atlikti bandymai su dezinfekto IV, kurio pagrindas yra ketvirtiniai amonio junginiai, elektroaeroliais parodė, kad jie bakterijas veikė ne kiek ne prasčiau už aerolį, o elektroaerolis, turintis teigiamą elektros krūvį, Gr-, o ypač Gr+ bakterijas, veikė stabiliau ir efektyviau už aerolį be elektros krūvio.

Bakterijų sienelių krūvį sudaro karboksilo, fosforilo ir amino grupės. Šių anijoninių ir katijoninių grupių disociacijos laipsnis priklauso nuo bakterijas supančių elektrolitų ir terpės pH (Wilson et al., 2001). Dauguma bakterijų turi neigiamą skirtingo laipsnio elektros krūvį dėl to, kad karboksilo ir fosforilo grupių dažniausiai yra daugiau nei amino grupių (Ahmed et al., 2000; Anderson, 1998; Bayer, Sloyer, 1990; Jucker et al., 1996). Teigiamą elektros krūvį turi labai mažai bakterijų. Kaip retas pavyzdys minimos *Stenotrophomonas (Xanthomonas) maltophilia* ir *Streptococcus thermophilus* (Jucker et al., 1996). Gr+ bakterijų sienelės turi neigiamą elektros krūvį ir yra hidrofiliškos, nes sienelės sudėtyje yra teichoinės rūgšties (Peterson et al., 1985). Jų ląstelių sienelėse yra tik 2–5% lipidų. Pagrindinis sienelės komponentas yra mukopeptidai (Досанов, 1979). Gr- bakterijų išorinis sluoksnis sudarytas iš lipopolisacharidų (LPS) ir proteinų, dėl to susidaro aukštas neigiamas elektros krūvis, išliekantis stabilus veikiant bakterijas katijoniniais junginiais (Peterson et al., 1985).

LPS esti dviejų formų: hidrofobinės (A forma) ir elektrostatiskai įkrautos hidrofiliškos (B forma) (Lam et al., 1992; Makin, Beveridge, 1996; Rivera, McGroarty, 1989). Pavyzdžiui, salmonelių sienelės apvalkalėlyje yra 22–25% lipidų (Досанов, 1979), o *E. coli* sienelės apvalkalėlyje – net iki 40% (Garrett, Grisham, 2002). Ketvirtiniams amonio junginiams jungiantis su ląstelių sienelių lipidais sulėtėja medžiagų skverbimasis iki citoplazminės membranos. Be to, žymiai sumažėja aktyviosios medžiagos kiekis, kontaktuojantis su citoplazmine membrana. Su mukopeptidais, sudarančiais gramteigiamų ląstelių sienelių pagrindą, ketvirtiniai amonio junginiai nesąveikauja, veikioji medžiaga nekliudomai prasiskverbia pro ląstelės sienelę net nepažeisdama jos vientisumo, ir tada prasideda sąveika su citoplazmine membrana (Досанов, 1979).

Neigiamas elektros bakterijų krūvis gali sumažėti (pvz., naudojant antibiotikus), gali įvykti elektros krūvio reversija iš neigiamo į teigiamą, naudojant kai kurias chemines medžiagas (pvz., metalus) ir esant labai

šarminei terpei (pH daugiau nei 10) (Collins, Stotzky, 1996; Muratsugu et al., 1995; Nomura et al., 1995).

Apie elektros krūvio įtaką bakterijoms literatūroje pateikiami prieštaringi duomenys. Vieni tyrėjai nurodo, kad jis neturi jokios įtakos bakterijų sąveikai su įvairiomis medžiagomis (Ahsan et al. 2002), kiti teigia, kad prie bakterijų daug greičiau prilimpa teigiama elektros krūvi turinčios medžiagos (Beers et al., 2002; Harkes et al., 1991). Dar kiti mokslininkai yra tos nuomonės, kad įvairių medžiagų sąveika su bakterijomis stiprėja didėjant neigiamam krūviui (Magnusson et al., 1980) ir silpnėja neigiamam krūviui mažėjant (Magnusson et al., 1979).

Dauguma naujausių bandymų rodo, kad įvairių medžiagų adhezija prie bakterijų mažėja, jei jas veikia neigiamo elektros krūvio dalelės (Thiele et al., 2001), o adhezija stiprėja, jei su bakterijomis sąveikaujančių dalelių neigiamas krūvis mažėja (Nomura et al., 1995) arba bakterijas ima veikti teigiamo elektros krūvio dalelės (Thiele et al., 2001). Pagal elektros krūvio heterogeniškumo taisyklę taip ir turėtų būti, nes skirtingo elektros krūvio dalelės viena kitą traukia. Mūsų gauti duomenys patvirtina naujausius literatūroje pateiktuosius. Juose teigiama, kad medžiagų adhezija prie bakterijų pagerėja, kai jos yra veikiamos teigiamo elektros krūvio dalelių (Thiele et al., 2001).

Apibendrinami mūsų tyrimų rezultatus bei remdamiesi kai kuriais literatūros duomenimis galime teigti, kad elektroaerolis, turintis teigiama elektros krūvi, aktyviai ir efektyviai veikia bakterijas, esančias ant paviršių. Ypač efektyviai naikinamos bakterijos ant vertikalų paviršių. Tai labai svarbu, nes būtent vertikalų paviršių gerai dezinfekuoti yra gana sudėtinga.

Nustatėme, kad gramneigiamų *E. coli* bakterijų augimą geriausiai slopino dezinfekto IV tirpalo aerolis be elektros krūvio ir elektroaerolis, turintis teigiama elektros krūvi (2 lentelė).

Naikinant ant paviršių *S. aureus* bakterijas, geriausių rezultatų pasiekta naudojant dezinfekto IV tirpalo elektroaerolį su teigiamu elektros krūviu. Nuo jo efektyvumu atsilikio dezinfekto IV tirpalo elektroaerolis, turintis neigiamą elektros krūvi, o silpniausiai *S. aureus* veikė dezinfekto IV tirpalo aerolis be elektros krūvio.

Purškiant 30 ml dezinfekto IV tirpalo į 1 m³, minimali ekspozicija – 2 valandos.

Literatūra

- Ahmed K., Nakagawa T., Nakano Y., Martinez G., Ichinose A., Zheng C. H., Akaki M., Aikawa T., Nagatake T. Attachment of *Moraxella catarrhalis* occurs to the positively charged domains of pharyngeal epithelial cells. // *Microb. Pathog.* 28 (April 2000). P. 203–209.
- Ahsan F., Rivas I. P., Khan M. A., Torres Suarez A. I. Targeting to macrophages: role of physicochemical properties of particulate carriers – I liposomes and microspheres – on the phagocytosis by macrophages. // *J. Control Release* 79 (19 February 2002). P. 29–40.
- Anderson K. L. Cationized ferritin as a stain for electron microscopic observation of bacterial ultrastructure. // *Biotech. Histochem.* 73 (September 1998). P. 278–288.
- Bayer M. E., Sloyer J. L. Jr. The electrophoretic mobility of gram – negative and gram – positive bacteria: an electrokinetic analysis. // *J. Gen. Microbiol.* 136 (May 1990). P. 867–874.
- Beers S. A., Buckland A. G., Koduri R. S., Cho W., Gelb M. H., Wilton D. C. The antibacterial properties of secreted phospholipase A2: a major physiological role for the group IIA enzyme that depends on the very high pI of the enzyme to allow penetration of the bacterial cell wall. // *J. Biol. Chem.* 277 (18 January 2002). P. 1788–1793.
- Collins Y. E., Stotzky G. Changes in the surface charge of bacteria caused by heavy metals do not affect survival. // *Can. J. Microbiol.* 42 (July 1996). P. 621–627.
- Dobilas J. A. Patalpų dezinfekcijos aeroliais ir elektroaeroliais. // Vilnius, Lietuvos TSR Žemės ūkio ministerija, 1989. P. 3–70.
- Dobilas J. A. Universalus elektroaerolį sudarantis aparatas UEA-5 // Patentas LT 4771 B, Vilnius, 2001. P. 1–19.
- Dobilas J. A. Dezinfekcinių medžiagų polidispersinių elektroaerolio dalelių poveikis mikroorganizmų gyvybingumui dezinfekuojant patalpas, kai jose yra gyvuliai // *Veterinarija ir zootechnika.* 2002. T. 17 (39). P. 16–22.
- Garrett R. H., Grisham S. M. *Biochemistry*, 2 nd Edition, 2002. P. 32.
- Glohuber C. Review articles. Toxicological Properties of Surfactants. *Arch. Toxicol.* 32, 1974. P. 245–270.
- Grigonis A., Matusėvičius A., Stankevičius A. Fenolinių medžiagų ir ketvirtinių amonio druskų tirpalų antimikrobinis aktyvumas *in vitro* ir *in vivo*. // *Veterinarija ir zootechnika.* 2001. T. 13 (35). P. 12–15.
- Harkes G., Feijen J., Dankert J. Adhesion of *Escherichia coli* on to a series of poly(methacrylates) differing in charge and hydrophobicity. // *Biomaterials* 12 (November 1991). P. 853–860.
- Jucker B. A., Harms H., Zehnder A. J. Adhesion of the positively charged bacterium *Stenotrophomonas (Xanthomonas) maltophilia 70401* to glass and Teflon. // *J. Bacteriol.* 178 (September 1996). P. 5472–5479.
- Lam J. S., Graham L. L., Lighfoot J., Dasgupta T., Beveridge T. J. Ultrastructural examination of the lipopolysaccharides of *Pseudomonas aeruginosa* strains and their isogenic rough mutants by freeze – substitution. // *J. Bacteriology* 174 (November 1992). P. 7159–7167.
- Löscher W. und an. Spezielle Pharmakologie und Pharmakotherapie. // *Grundlagen der Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren.* Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey, 1994. P. 39–205.
- Magnusson K. E., Stendahl O., Stjernstrom I., Edebo L. Reduction of phagocytosis, surface hydrophobicity and charge of *Salmonella typhimurium 395 MR 10* by reaction with secretory IgA (SigA). // *Immunology* 36 (March 1979). P. 439–447.
- Magnusson K. E., Davies J., Grundstrom T., Kihlstrom E., Normark S. Surface charge and hydrophobicity of *Salmonella, E. Coli, Gonococci* in relation to their tendency to associate with animal cells. // *Scand. J. Infect. Dis. Suppl.* 24 (1980). P. 135–140.
- Makin S. A., Beveridge T. J. The influence of A – band and B – band lipopolysaccharide on the surface characteristics and adhesion of *Pseudomonas aeruginosa* to surfaces. // *Microbiology* 142 (February 1996). P. 299–307.
- Martins M. T., Sato M. I. Z., Alves M. N., Stoppe N. C., Prado V. M., Sanchez P. S. Assessment of microbiological quality for swimming pools in South America. // *Water Research*, 1995, 29 (10). P. 2417–2420.
- Muratsugu M., Miyake Y., Ishida N., Hyodo A., Terayama K. Decrease in surface charge density of *Klebsiella pneumoniae* treated with cefodizime and enhancement of the phagocytic function of human polymorphonuclear leucocytes stimulated by the drug – treated bacteria. // *Biol. Pharm. Bull.* 18 (September 1995). P. 1259–1263.
- Nomura S., Kuroiwa A., Nagayama A. Changes of surface hydrophobicity and charge of *Staphylococcus aureus* treated with sub – MIC of antibiotics and their effects on the chemiluminescence response of phagocytic cells. // *Chemotherapy* 41 (March – April 1995). P. 77–81.
- Parkin S. Electrostatic disinfection fogs. // *FoodLinkNews*, № 36, September 2001. P. 7–8.
- Peterson A. A., Hancock R. E. W., McGroarty E. J. Binding of polycationic antibiotics and polyamines to lipopolysaccharides of

Pseudomonas aeruginosa. // J. Bacteriology 164 (December 1985). P. 1256–1261.

25. Rivera M., McGroarty E. J. Analysis of a common – antigen lipopolysaccharide from *Pseudomonas aeruginosa*. // J. Bacteriology 171 (April 1989). P. 2244–2248.

26. Schmoltd P. Eigenschaften der Desinfektionswirkstoffe. // Kälber und Jungrinderaufzucht, Gustav Verlag, Jena, 1991. P. 191-192.

27. Stankevičienė L., Grigonis A., Matusėvičius A., Janušienė L., Stankevičius A. Kondensuotų heterociklų amonio druskų su azoto atomu ortopadėtyje bakteriostatinis poveikis. // Medicina, 39 tomas, 2 priedas, Kaunas, UAB “Epaipas”, 2003. P. 70-75.

28. Thiele L., Rothen – Rutishauser B., Jilek S., Wunderli – Allenspach H., Merkle H. P., Walter E. Evaluation of particle uptake in human blood monocyte – derived cells in vitro. Does phagocytosis activity of dendritic cells measure up with macrophages? // J. Control Release 76 (11 September 2001). P. 59–71.

29. Wilson W. W., Wade M. M., Holman S. C., Champlin F. R. Status of methods for assessing bacterial cell surface charge properties based on zeta potential measurements. // J. Microbiol. Methods 43 (January 2001). P. 153–164.

30. Добилас Ю. А. М. Электроаэрозольный распылитель // Авторское свидетельство № 854402. М., 1981. Бюлл. Изобр. № 30.

31. Досанов К. Ш. Некоторые аспекты механизма действия препарата ниртан и перекиси водорода на бактерии // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук. Министерство сельского хозяйства СССР. Всесоюзный научно – исследовательский институт ветеринарной санитарии (03. 00. 07. - Микробиология), Москва, 1979.

32. Поляков А. А. Контроль качества дезинфекционной работы. // Ветеринарная дезинфекция, Москва «Колос», 1975. С. 267-274.