

Mjere dezinfekcije i sanitacije u akreditiranom ispitnom laboratoriju – osvrt na COVID-19 infekciju

R. Janda,^a N. Mikulec,^b D. Andabaka^a i K. Vitale^{a*}

Ovo djelo je dano na korištenje pod
Creative Commons Attribution 4.0
International License



^a Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Škola narodnog zdravlja „Andrija Štampar“
Rockefellerova 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

^b Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Sažetak

Životni i radni okoliši najčešće su zatvoreni prostori, te je u njima potrebno osigurati zdravstvenu zaštitu ukućana i djelatnika. Neke djelatnosti traže posebnu zaštitu, pogotovo u vrijeme pandemije. Životni i radni okoliši mogu se održavati čistim i urednim na tri načina: čišćenjem, dezinfekcijom i sanitacijom. U ovom radu dan je pregled literature koja povezuje dezinfekcijska sredstva, njihovu uporabu i rezistentnost mikroorganizama na dezinfekcijska sredstva. Također, dan je prikaz kritičnih točki koje su se pojavile u različitim ispitnim laboratorijima u Republici Hrvatskoj vezanih za pandemiju COVID-19, kao posljedica nedostatka naputaka u normama. Pretraživanje literature provedeno je temeljem ključne riječi dezinfekcija u bazama *PubMed*, *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus* i *Google Scholar* te na stranicama CDC-a i HZJZ-a zbog najnovijih preporuka vezanih za infekcije COVID-19. Rezultati su pokazali da je Norma osnovni dokument, ali bi za ovakve situacije trebao i specifičnu nadogradnju ovisno o tipu laboratorija i njegovoj djelatnosti kako pojedini laboratoriji ne bi donosili samostalne odluke. Temeljem identificiranih potreba i problema, državne institucije trebale bi dati detaljne upute ovisno o djelatnosti. Stoga, ovu situaciju i stečeno iskustvo treba iskoristiti i izraditi dokumente koji će biti primjenjivi u kriznim situacijama u budućnosti i na temelju kojih je moguće provesti i edukaciju osoblja o ponašanju u kriznim situacijama.

Ključne riječi

Radni okoliš, ispitni laboratorij, dezinfekcijska sredstva, sanitacija, otpornost, rizici

1. Uvod

U moderno doba ljudi većinu svojeg vremena provode u zatvorenim prostorima, bilo da se radi o životnom ili radnom okolišu, u kojima je potrebno osigurati zdravstveno ispravne uvjete boravka. Posebnu zaštitu potrebno je osigurati u nekim djelatnostima poput bolnica, škola, vrtića, domova za starije, laboratorija itd., a pogotovo u vrijeme pandemije. Životni i radni okoliši mogu se održavati čistim i urednim na tri načina: čišćenjem, dezinfekcijom i sanitacijom.¹ Prema definiciji čišćenje je postupak uklanjanja nečistoće (npr. prašine, kemijskih tvari, mikroorganizama, organskih tvari) vodom s dodatcima za čišćenje (npr. deterdženti ili enzimiški proizvodi).² Čišćenje nema cilj ubijanje mikroorganizama, ali se čišćenjem njihov broj na površinama i predmetima smanjuje.¹ Dezinfekcija je selektivno uništavanje mikroorganizama na površinama, priboru i opremi, koži i sluznicama bolesnika odnosno koži ruku zdravstvenog osoblja. Provodi se mehaničkim i fizikalnim postupcima te kemijskim sredstvima (dezinfekcijskim sredstvima odnosno antisepticima).² Budući da je obično potrebno pričekati neko vrijeme da bi dezinfekcijsko sredstvo počelo djelovati na površini ili predmetu, tijekom dezinfekcije ne mora se nužno ukloniti sva prljavština i mikroorganizmi. Sanitacija je snižavanje broja mikroorganizama na sigurnu razinu ovisno o javnozdravstvenim standardima ili zahtjevima radnog mjesta. Prilikom sanitacije primjenjuju se postupci čišćenja, dezinfekcije ili oboje.¹

Akreditacija je ocjena treće strane, koja se odnosi na tijelo za ocjenjivanje sukladnosti i kojom se daje formalni dokaz njegove osposobljenosti za obavljanje određenih zadataka ocjene sukladnosti. Područje akreditacije su određene usluge ocjenjivanja sukladnosti za koje je akreditacija tražena ili dodijeljena, a potvrda o akreditaciji je formalni dokument ili skup dokumenata kojima se potvrđuje da je akreditacija dodijeljena za definirano područje.³ Ispitni laboratoriji akreditiraju se prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2017 – Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija (ISO/IEC 17025:2017; EN ISO/IEC 17025:2017).⁴

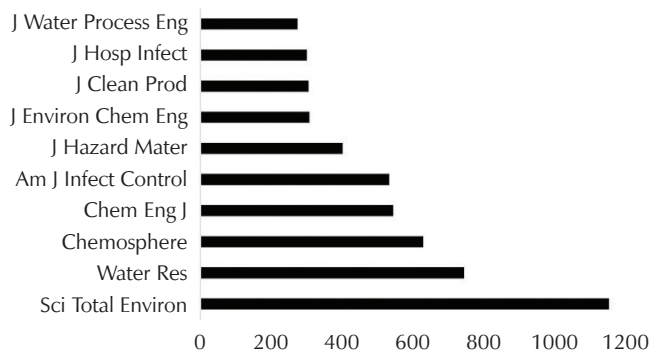
Cilj ovog rada je pregledati literaturu koja povezuje dezinfekcijska sredstva, njihovu uporabu i rezistentnost mikroorganizama na dezinfekcijska sredstva. Drugi cilj ovog rada je prikazati moguće probleme u načinu funkcioniranja laboratorija akreditiranog prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2017 u vrijeme pandemije, povezano s mjerama sanitacije u ispitnom laboratoriju.

2. Metode pretraživanja literature

Pretraživanje je provedeno odabirom ključnih riječi dezinfekcija, čišćenje, sanitacija i rezistencija u bazama *Pu-bMed*, *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus* i *Google Scholar* te na stranicama *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) i Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ) zbog preporuka vezanih za infekcije COVID-19. Na slici 1 prikazano je 10 časopisa s najviše objavljenih čla-

* Autor za dopisivanje: prof. dr. sc. Ksenija Vitale
E-pošta: kvitale@snz.hr

naka s ključnom riječi dezinfekcija u razdoblju od siječnja 2019. do siječnja 2022. prema bazi *Science Direct*. U tom je razdoblju objavljeno preko 25 000 članaka, što upućuje na važnost ove teme. Tim više ako se uzme u obzir da je od siječnja 1972. do ožujka 2022. u istoj bazi objavljeno nešto više od 100 000 članaka, a samo u zadnje tri godine četvrtina tog broja.



Slika 1 – 10 časopisa s najvećim brojem objavljenih članaka koji su sadržavali ključnu riječ dezinfekcija u razdoblju od siječnja 2019. do siječnja 2022. prema bazi *Science Direct*

Fig. 1 – Top 10 journals according to number of articles containing key word 'disinfection' in the period from January 2019 to January 2022 according to *Science Direct* database

U ovom radu citirani su članci dostupni putem knjižničnog sustava Medicinskog i Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kao i velik broj javno dostupnih direktiva, zakona, pravilnika. Također, dio literature u ovom radu starijeg je datuma jer su pozitivne karakteristike dezinfekcijskih sredstava otkrivene prije stotinjak godina. Slijedom literaturnog navoda izdvojeni su procesi čišćenja i dezinfekcije koji zajedno čine sanitaciju.

3. Čišćenje

Čišćenje je postupak uklanjanja nečistoće s površina pomoću vode s dodatcima za čišćenje. Razlikuje se svakodnevno čišćenje za održavanje čistoće prostora i predmeta te detaljnije čišćenje kad je poznato da bi se u prostoriji i na predmetu mogli nalaziti mikroorganizmi koji bi mogli imati štetan utjecaj na zdravlje. Čišćenje sredstvom koje sadrži sapun ili deterdžent smanjuje količinu mikroorganizama na površinama i smanjuje rizik od infekcije s površina. Najčešće se takva sredstva upotrebljavaju i u čišćenju radnog prostora, a dijele se prema vrsti površine za koju su namijenjena ili prema prostorijama.⁵ U laboratoriju se svakodnevno čiste sanitarni čvorovi, kvake, prekidači, radni stolovi i podovi. Ormari i police čiste se prema potrebi. Norma HRN EN ISO/IEC 17025:2017 u poglavlju "6.3 Prostor i uvjeti okoliša" navodi da se mjere za nadzor nad prostorom moraju provoditi, pratiti i periodički preispitivati te moraju uključivati sprječavanje onečišćenja, smetnji ili neželjenih utjecaja na laboratorijske aktivnosti. Također,

prostori i uvjeti okoliša moraju biti prikladni za laboratorijske aktivnosti i ne smiju nepovoljno utjecati na valjanost rezultata. Utjecaji koji mogu nepovoljno utjecati na valjanost rezultata mogu, među ostalim, uključivati mikrobiološko onečišćenje, prašinu, elektromagnetske smetnje, zračenje, vlagu, opskrbu električnom energijom, temperaturu, zvuk i vibracije.⁴

4. Dezinfekcija

Većinu virusnih čestica na površinama moguće je ukloniti samim čišćenjem, te je u kućanstvu nepotrebno provoditi dezinfekciju u svrhu smanjenja rizika od zaraze virusom COVID-19, osim u slučajevima kad je oboljela osoba bila prisutna ili je još uvijek prisutna u prostoru. Međutim, u radnom okolišu gdje se nalazi velik broj ljudi, iz različitih kućanstava, različitih životnih navika te različitog zdravstvenog stanja potrebno je svakodnevno provoditi dezinfekciju. Također, priroda radnog mjesta uvelike utječe na potrebu za dezinfekcijom. Točnije, dezinfekcija je izraženija u prostorima u kojima se priprema hrana i u zdravstvenim ustanovama. Dezinfekcija se provodi mehaničkim (čišćenje, filtriranje) i fizikalnim (toplina, UV zrake) postupcima te pomoću kemijskih otopina (dezinfekcijskih sredstava). Dezinfekcijska sredstva dijele se prema stupnju mikrobiocidne djelotvornosti dezinfekcijskih sredstava (visoko, srednje i niskovrijedna), prema namjeni (koža, sluznice, pribor, oprema) i prema razinama rizika (visoki, srednji, niski).⁶ Mnoga sredstva za dezinfekciju upotrebljavaju se sama ili u kombinaciji (npr. vodikov peroksid i peroctena kiselina) u zdravstvenim ustanovama. U većini slučajeva određeni proizvod proizveden je za određenu svrhu, zbog čega bi korisnici trebali pažljivo pročitati naljepnice kako bi bili sigurni da je ispravan proizvod odabran za namjeravanu uporabu i učinkovitu primjenu.⁷ Razina dezinfekcije u medicinskim ustanovama obično ovisi o stupnju rizika od infekcije. Kirurški instrumenti, igle, kateteri i svi drugi uređaji koji ulaze u tkivo pacijenta moraju biti sterilni. Najbolji način da se to postigne je upotreba pare pod pritiskom (vlažna sterilizacija), ali instrumente koji se ne mogu zagrijati potrebno je tretirati kemijskim sredstvima (npr. pribor za anesteziju i respiratornu terapiju, endoskopi, posude za otpadni materijal, posude za stolicu i mokraću itd.). Rizik od infekcije od uređaja koji dolaze u dodir sa sluznicama ili oštećenom kožom, kao što su endoskopi i cijevi koje se upotrebljavaju u anesteziji, nije tako visok, ali ih ipak treba sterilizirati da bi se osigurala najšira granica sigurnosti. Stetoskopi, posude za krevet, manžete za krvni tlak i slični uređaji predstavljaju mali rizik od prenošenja infekcija i mogu se dezinficirati dezinfekcijskim sredstvima niskog stupnja djelotvornosti. Osim navedenog, dezinfekcijska sredstva se upotrebljavaju i za dezinfekciju površina koje su u blizini pacijenata, kao što su podovi, zidovi, stolovi, ograde za krevet i zasloni.⁸ Prema Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti opasnim kemikalijama na radu, graničnim vrijednostima izloženosti i biološkim graničnim vrijednostima, razlikuju se granična vrijednost izloženosti (GVI) i kratkotrajna granična vrijednost izloženosti (KGVI). GVI je prosječna koncentracija tvari u zraku na mjestu rada i odnosi se na referentno razdoblje od 8 sati, dok je KGVI maksimalna koncentracija tvari u vremenu od 15 min. Jedinice

GVI i KGVI za tvari u plinovitoj fazi izražene su $\text{cm}^3 \text{m}^{-3}$, a u krutoj fazi u mg m^{-3} .⁹

4.1. Dezinfekcijska sredstva visokog stupnja djelotvornosti

Dezinfekcijska sredstva visokog stupnja djelotvornosti mogu uništiti sve vrste mikroorganizama, a u produljenom razdoblju (3 – 12 sati) i bakterijske spore. To su: glutaraldehyd, formaldehyd i stabilizirani vodikov peroksid.⁶

4.1.1. Glutaraldehyd

Glutaraldehyd je zasićeni dialdehyd čije su vodene otopine kisele i općenito u ovom stanju nisu sporicidne. Tek kad se “aktivira” upotrebom sredstava za alkalizaciju do pH 7,5 – 8,5, otopina postaje sporicidna. Nakon što se aktiviraju, te otopine imaju rok trajanja od minimalno 14 dana zbog polimerizacije molekula glutaraldehyda na alkalnoj pH razini. Ta polimerizacija blokira aktivna mjesta (aldehidne skupine) molekula glutaraldehyda, koje su odgovorne za njegovu biocidnu aktivnost.¹⁰ Biocidna aktivnost glutaraldehyda proizlazi iz njegove alkilacije sulfhidrilnih, hidroksilnih, karboksilnih i aminoskupina mikroorganizama, što mijenja RNK, DNK i sintezu proteina.^{11,12} Glutaraldehyd se najčešće upotrebljava kao dezinfekcijsko sredstvo visoke razine za medicinsku opremu jer nije korozivan za metal i ne oštećuje instrumente s lećama, gumu ili plastiku.¹³ Prema Pravilniku GVI i KGVI za glutaraldehyd iznose $0,05 \text{ cm}^3 \text{m}^{-3}$ u plinovitoj fazi i $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ u krutoj fazi. Također, glutaraldehyd može izazvati alergijsku reakciju na koži te udisanjem može izazvati simptome alergije ili astme ili poteškoće s disanjem.⁹

4.1.2. Formaldehyd

Formaldehid se upotrebljava kao sredstvo za dezinfekciju i sterilizaciju u tekućem i plinovitom stanju.¹⁴ Formaldehyd se prodaje i upotrebljava uglavnom kao 37 %-tna otopina na bazi vode koja se zove formalin. Ta otopina ima bakteriocidno, tuberkulocidno, fungicidno, virucidno i sporicidno djelovanje.^{15–19} Na radnom mjestu se s formaldehydom treba rukovati kao potencijalnim karcinogenom i postaviti standard izloženosti zaposlenika formaldehydu koji ograničava prosječnu koncentraciju izloženosti u vremenu od 8 sati na $0,75 \text{ cm}^3 \text{m}^{-3}$.^{20,21} Tijekom 15-minutnog razdoblja najveća dopuštena izloženost je $2 \text{ cm}^3 \text{m}^{-3}$.²² Djeluje tako da inaktivira mikroorganizme alkiliranjem amino i sulfhidrilnih skupina proteina i atoma dušika u prstenu purinskih baza.²³ Zbog potencijalnih štetnih učinaka na zdravlje te oštrog mirisa upotreba formaldehyda u zdravstvu je ograničena.²⁴ Formaldehyd se upotrebljava u zdravstvenim ustanovama za pripremu virusnih cjepiva (npr. poliovirus i gripa); kao sredstvo za balzamiranje; i za očuvanje anatomske uzoraka. Također, formaldehyd se povijesno upotrebljavao za sterilizaciju kirurških instrumenata, najčešće u smjesi s etanolom.²⁵ Prema Pravilniku GVI i KGVI za formaldehyd iznose $2 \text{ cm}^3 \text{m}^{-3}$ u plinovitoj fazi i $2,5 \text{ mg m}^{-3}$ u krutoj fazi. Formaldehyd može izazvati alergijsku reakciju na koži te je razvrstan kao karcinogen 1.B kategorije.¹³

4.1.3. Vodikov peroksid

Mehanizam djelovanja vodikova peroksida je proizvodnja slobodnih hidroksilnih radikala koji mogu napasti membranske lipide, DNK i druge bitne stanične komponente. Iako neki aerobni organizmi i fakultativni anaerobi mogu zaštititi svoje stanice razgradnjom vodikova peroksida u vodu i kisik, prilikom dezinfekcije se upotrebljavaju povećane koncentracije.^{26,27} Za dezinfekciju se upotrebljavaju otopine vodikova peroksida u koncentracijama od 3 do 6 %. Vodikov peroksid pokazao se vrlo učinkovit u dezinfekciji tkanina u bolesničkim sobama.²⁸ Prema Pravilniku GVI za vodikov peroksid iznosi $1 \text{ cm}^3 \text{m}^{-3}$ u plinovitoj fazi i $1,4 \text{ mg m}^{-3}$ u krutoj fazi, a KGVI $2 \text{ cm}^3 \text{m}^{-3}$ u plinovitoj fazi i $2,8 \text{ mg m}^{-3}$ u krutoj fazi.¹³

4.2. Dezinfekcijska sredstva srednjeg stupnja djelotvornosti

Dezinfekcijska sredstva srednjeg stupnja djelotvornosti u prihvatljivom vremenu uništavaju sve vrste mikroorganizama osim bakterije *Mycobacterium tuberculosis*, virusa Hepatitisa B i kriptosporidije *Cryptosporidium parvum*. Na bakterijske spore ne djeluju ni u produljenom vremenu a toj skupini pripadaju: jodni preparati, klor i klorni spojevi, alkohol i fenolski spojevi.⁶

4.2.1. Jodni preparati

Otopine joda već se dugo upotrebljavaju ponajprije kao antiseptici na koži ili tkivu. Jodni preparati upotrebljavaju se kao antiseptici i kao dezinfekcijska sredstva. Jodni preparati su kombinacija joda i otapala koji imaju produljeno otpuštanje te oslobađaju male količine slobodnog joda u vodenoj otopini. Prednost jodnih preparata je što zadržavaju germicidnu učinkovitost joda, ali za razliku od joda ne ostavljaju mrlje i imaju relativno nisku toksičnost te ne izazivaju iritacije.^{29,30} Jod može brzo prodrijeti u staničnu stijenku mikroorganizama te remeti strukturu i sintezu proteina i nukleinskih kiselina. Jodni preparati, osim antiseptičkog djelovanja, upotrebljavaju se za dezinfekciju boca za hemokulturu i medicinske opreme.²³

4.2.2. Klor i klorni spojevi

Klorni spojevi, od kojih se najčešće upotrebljavaju hipokloriti, imaju širok spektar antimikrobnog djelovanja, ne ovise o tvrdoći vode, jeftini su i brzo djeluju.³¹ Među ostalim uklanjaju osušene ili fiksirane organizme i biofilmove s površina te imaju nisku učestalost ozbiljne toksičnosti.^{32–35} Hipokloriti se široko upotrebljavaju u zdravstvenim ustanovama u raznim okruženjima, poput praonice rublja, rezervoara za hidroterapiju i zubnih aparata. Upotrebljava se i za dezinfekciju medicinskog otpada prije zbrinjavanja³¹ te u sustavu distribucije vode u centrima za hemodijalizu i aparatima za hemodijalizu.³⁶ Klor se već dugo upotrebljava kao dezinfekcijsko sredstvo u procesima proizvodnje vode za piće. Glavna prednost upotrebe klora za dezinfekciju vode je rezidualni učinak u slučaju naknadne kontaminacije u vodovodnoj mreži. Prema Pravilniku KGVI za klor iznosi $0,5 \text{ cm}^3 \text{m}^{-3}$ u plinovitoj fazi i $1,5 \text{ mg m}^{-3}$ u krutoj

fazi te je razvrstan kao tvar koja nadražuje kožu ili je takva napomena navedena u direktivama.¹³

4.2.3. Alkohol

U zdravstvenim ustanovama alkohol podrazumijeva smjesu etilnog i izopropilnog alkohola.³⁷ Ti alkoholi imaju baktericidni, tuberkulocidni, fungicidni i virucidni učinak, ali ne uništavaju spore bakterija. Optimalni učinak imaju otopine koncentracije od 60 do 90 %, a aktivnost im naglo pada kod pada koncentracije ispod 50 %.^{38,39} Alkoholi se ne preporučuju za sterilizaciju medicinskih i kirurških materijala uglavnom zato što nemaju sporicidno djelovanje i ne mogu prodrijeti u materijale bogate proteinima.⁴⁰ Učinkovito se upotrebljavaju za dezinfekciju vanjskih površina medicinske opreme poput oralnih i rektalnih termometara, stetoskopa i škara.^{41–44} Prema Pravilniku GVI za etilni alkohol iznosi $1000 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ u plinovitoj fazi i 1900 mg m^{-3} u krutoj fazi.¹³

4.2.4. Fenolski spojevi

Derivati fenola nastaju kad funkcionalna skupina (npr. alkil, fenil, benzil, halogen) zamijeni jedan od vodikovih atoma u aromatskom prstenu. Dva derivata fenola koja se obično nalaze kao sastavni dijelovi bolničkih dezinfekcijskih sredstava su orto-fenilfenol i orto-benzil-para-klorfenol. Antimikrobna svojstva tih spojeva i mnogih drugih derivata fenola znatno su poboljšana u odnosu na one matične kemikalije. Glavni problemi upotrebe fenola kao dezinfekcijskog sredstva su porozni materijali koji apsorbiraju fenole, a zaostalo dezinfekcijsko sredstvo može iritirati tkivo.⁴⁵ U visokim koncentracijama fenol djeluje kao grubi protoplazmatski otrov, prodire i razbija staničnu stijenku te precipitira stanične proteine. Niske koncentracije fenola i derivati fenola veće molekularne težine uzrokuju smrt bakterija inaktivacijom esencijalnih enzimskih sustava i istjecanjem esencijalnih metabolita iz stanične stijenke.⁴⁶ Mnogi fenolni germicidi upotrebljavaju se kao dezinfekcijska sredstva na površinama kao što su noćni ormarići, ograde za krevet i laboratorijske površine te u nekritičnim medicinskim uređajima. Također se upotrebljavaju za prethodno čišćenje ili dekontaminaciju kritičnih i polukritičnih uređaja prije terminalne sterilizacije ili dezinfekcije na visokoj razini. Upotreba fenola u dječjim vrtićima dovedena je u pitanje zbog hiperbilirubinemije kod dojenčadi smještene u kolicima u kojima su upotrebljavani fenolni deterdženti.⁴⁷ Također, ako se fenoli upotrebljavaju za konačno čišćenje košara za dojenčad i inkubatora, površine treba temeljito isprati vodom i osušiti prije ponovne upotrebe.⁴⁸ Prema Pravilniku GVI za fenol iznosi $2 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ u plinovitoj fazi i $8 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ u krutoj fazi, a KGVI iznosi $4 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ u plinovitoj fazi i $16 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ u krutoj fazi. Fenol je razvrstan kao tvar koja nadražuje kožu ili je takva napomena navedena u direktivama.¹³

4.3. Dezinfekcijska sredstva niskog stupnja djelotvornosti – kvarterni amonijevi spojevi

Dezinfekcijska sredstva niskog stupnja djelotvornosti su kvarterni amonijevi spojevi. U prihvatljivom vremenu ubijaju ili inaktiviraju vegetativne oblike svih vrsta bakterija te velike i ovijene viruse, a ne djeluju na gljive, male i neovijene viruse kao niti na *Mycobacterium tuberculosis*.⁶ Kvarterni amonijevi spojevi su organski supstituirani amonijevi spojevi u kojima atom dušika ima valenciju 5, četiri supstituentna radikala (R1-R4) su alkilni ili heterociklički radikali određene veličine ili duljine lanca, a peti (X-) je halid, sulfat ili sličan radikal.⁴⁹ Svaki spoj pokazuje vlastite antimikrobne karakteristike, stoga se traži jedan spoj s izvanrednim antimikrobnim svojstvima. Neki od kemijskih naziva kvarternih amonijevih spojeva koji se upotrebljavaju u zdravstvu su alkil dimetil benzil amonijev klorid, alkil didecil dimetil amonijev klorid i dialkil dimetil amonijev klorid. Kvarterni amonijevi spojevi imaju vrlo široku primjenu kao dezinfekcijska sredstva. To su dobra sredstva za čišćenje, ali visoka tvrdoća vode i materijali poput pamuka i jastučića od gaze mogu smanjiti mikrobicidni učinak zbog netopljivih precipitata ili zato što jastučići od pamuka i gaze apsorbiraju aktivne sastojke.⁵⁰ Baktericidno djelovanje kvarternih amonijevih spojeva pripisuje se inaktivaciji enzima koji proizvode energiju, denaturaciji esencijalnih staničnih proteina i poremećaju stanične membrane. Obično se upotrebljavaju za uobičajenu ekološku sanitaciju nekritičnih površina, kao što su podovi, namještaj i zidovi. Također, prikladni su za dezinfekciju medicinske opreme koja dolazi u dodir s netaknutom kožom (npr. manžete za krvni tlak).⁷

5. Otpornost bakterija kao posljedica djelovanja dezinfekcijskih sredstava

Antimikrobna otpornost uvelike se ispituje s aspekta otpornosti na antibiotike, dok se dezinfekcijskim sredstvima ne pridaje tolika pažnja. Iako se antimikrobni proizvodi upotrebljavaju u koncentracijama koje su obično dovoljne da inhibiraju ili ubiju tretirane bakterije, neki sojevi bakterija mogu preživjeti, pa čak i rasti pri tim koncentracijama. Bakterije se smatraju otpornima na antibiotike ili dezinfekcijska sredstva kad soj nije ubijen ili inhibiran antimikrobnom koncentracijom koja se obično upotrebljava u praksi, kad soj nije ubijen ili inhibiran koncentracijom u kojoj je zahvaćena većina sojeva tog mikroorganizma te kad bakterijske stanice nisu ubijene ili inhibirane koncentracijom koja djeluje na većinu stanica u toj kulturi.

Učinkovitost dezinfekcijskih sredstava u velikoj mjeri ovisi o koncentraciji aktivne molekule u proizvodu. Da bi se izmjerila otpornost, bakterije su izložene dezinfekcijskom sredstvu u određenom razdoblju. Standardni sojevi bakterija ubijeni su ili prestaju rasti, dok otporni sojevi nisu pogođeni. U mnogim izvješćima otpornost bakterija na dezinfekcijska sredstva određena je minimalnom koncentracijom koja je potrebna da bi se zaustavio rast bakterija (minimalna inhibitorna koncentracija, MIC). Otpornost bakterija zabilježena je već 1950-ih, a uzroci su bili pogrešan načini uporabe i/ili pohrane dezinfekcijskih sredstava. Uslijed toga, koncentracija aktivne tvari bila je preniska da bi se u potpunosti uklonili mikroorganizmi te bi se s vre-

menom razvili sojevi koji su postali otporni na upotrijebljeno dezinfekcijsko sredstvo.⁸ Osim pogrešne uporabe, na otpornost utječe i pretjerana upotreba dezinfekcijskih sredstava.^{51–54} Postoje dva glavna mehanizma pomoću kojih bakterije pokazuju otpornost na dezinfekcijska sredstva. U prvom intrinzična neosjetljivost znači da dezinfekcijsko sredstvo nije u mogućnosti dosegnuti svoje ciljno mjesto u dovoljno visokoj koncentraciji da postigne smrtonosni učinak. Ta pojava je najčešće povezana s nepropusnošću vanjskih slojeva bakterijskih stanica, a pojavljuje se kod bakterijskih spora, mikobakterija i gram-negativnih bakterija. Suprotno tome, stečena otpornost rezultat je genetskih promjena u bakterijskim stanicama koje nastaju selekcijom i mutacijom.⁵⁵ Takav mehanizam otpornosti pojavljuje se kod gram-pozitivnih i gram-negativnih bakterija, ali ne i u bakterijskim sporama i mikobakterijama. U zdravstvenim ustanovama već je dugo poznato da postoje bakterije otporne na dezinfekcijska sredstva. Utvrđeno je da su neka dezinfekcijska sredstva koja se trenutačno upotrebljavaju u bolnicama neučinkovita protiv bakterija koje rastu u obliku biofilma pričvršćenih na površine, što može imati važnu ulogu u prijenosu bolničkih infekcija.⁸ Patogeni organizmi koji rastu u obliku biofilma su npr.: *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*.⁵⁶ Istraživanja su pokazala da su bakterije otporne na sve vrste dezinfekcijskih sredstava, neovisno o stupnju njihove djelotvornosti.⁵⁷

6. Zaštitna oprema

Osobna zaštitna oprema upotrebljava se na poslovima na kojima nije moguće u dovoljnoj mjeri otkloniti ili smanjiti rizike za sigurnost i zdravlje na radu primjenom osnovnih pravila zaštite na radu ili odgovarajućom organizacijom rada. To je sva oprema koju radnik nosi, drži ili na bilo koji drugi način upotrebljava na radu pri obavljanju poslova, tako da ga štiti od jednog ili više izvora opasnosti odnosno štetnosti koji bi mogli ugroziti njegovu sigurnost i zdravlje. Osobna zaštitna oprema mora biti projektirana i proizvedena u skladu s bitnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima i pravilima za slobodno kretanje na tržištu. Zatim mora biti namjenski izrađena za zaštitu od očekivanih rizika i njezina uporaba ne smije uzrokovati daljnje rizike za sigurnost i zdravlje radnika. Također, mora odgovarati postojećim uvjetima na mjestu rada te ergonomskim potrebama i zdravstvenom stanju radnika. Isto tako, mora biti izrađena i oblikovana tako da je radnik može pravilno prilagoditi na jednostavan način. Iako se laboratorij ne nalazi na Nepotpunom popisu aktivnosti i sektora aktivnosti koji mogu zahtijevati uporabu osobne zaštitne opreme⁵⁸, djelatnici u svojem radu upotrebljavaju: opremu za zaštitu očiju i lica (zaštitne naočale) za zaštitu od aerosola krutina i tekućina s kemikalijama, opremu za zaštitu ruku i šaka (rukavice) za zaštitu od kemijskih rizika, opremu za zaštitu stopala i nogu i protukliznu zaštitu (kloppe) za zaštitu od kemijskih rizika i opasnosti od poskliznuća te opremu za zaštitu tijela/dругu zaštitu kože (kute i odijela) za zaštitu od kemikalija.

7. Problemi u funkcioniranju laboratorija u vrijeme pandemije

Norme nikad ne specificiraju koje preparate ili kemikalije treba upotrebljavati, već ukazuju na mogućnost interferencije s rezultatima ispitivanja, te je dužnost svakog laboratorija da izbjegne uporabu takvih sredstava.

Osim toga, prilikom upotrebe dezinfekcijskih sredstava u laboratoriju treba uzeti u obzir da dezinfekcijska sredstva ne smiju utjecati na njegov rad, odnosno na valjanost rezultata ispitivanja. Tako se, na primjer, u akreditiranom laboratoriju može upotrebljavati 70 %-tna otopina etilnog alkohola, ali samo za dezinfekciju prostora, računala i instrumenata. Prije uporabe dezinfekcijskih sredstava na dijelovima uređaja koji su u izravnom kontaktu s uzorcima za ispitivanje potrebno je provjeriti utječe li dezinfekcijsko sredstvo na rezultate ispitivanja. To se provodi u okviru validacijskog protokola u kojem se ispituje utjecaj odabranog dezinfekcijskog sredstva na rezultat CRM-a. Ako se validacijom pokaže da dezinfekcijsko sredstvo ima utjecaj na rezultat, to se sredstvo izbacuje s popisa odobrenih sredstava za dezinfekciju u laboratoriju. Za pranje staklenog posuđa ne upotrebljavaju se dezinfekcijska sredstva, a proces dezinfekcije provodi se sušenjem na temperaturama do 140 °C.

U normi (HRN EN ISO/IEC 17025:2017) uvedeno je po- glavlje upravljanja rizicima, ali ne i postupanje u kriznim situacijama. Laboratorij je dužan prepoznati potencijalne rizike i izraditi plan preventivnih mjera radi svođenja rizika na najmanju moguću mjeru. Tu treba naglasiti da procjena rizika i plan preventivnih mjera nisu isto što i krizna situacija. Laboratorij se u potencijalnim rizicima osvrće na rizike u radnom procesu koji ponajprije utječu na validnost rezultata, kao npr. kvarovi instrumenata, ali i na rizike iz domene medicine rada kao što su izloženosti ili povrede.

Krizne situacije i funkcioniranje laboratorija nisu posebno opisani, a upravo se to sad dogodilo. Nakon početka pandemije laboratoriji su se u svojim procjenama rizika pokušali osvrnuti i na moguće rizike uzrokovane bolešću COVID-19, odnosno kako prepoznati kritične točke rada. Potencijalni rizici za osoblje su: zaraza osoblja, nemogućnost smjenskog rada unatoč preporukama CDC-a, nemogućnost nabave zaštitne opreme te psihološko stanje djelatnika. Što se tiče laboratorijskih aktivnosti, potencijalni rizici su: nemogućnost uzorkovanja, nemogućnost provedbe plana umjeravanja, nemogućnost sudjelovanja u MLU, nemogućnost nabave kemikalija i nemogućnost provedbe servisa i validacije opreme. Ipak, to su bile procjene samih djelatnika laboratorija, koje su bile više ili manje uspješne, iz čega proizlazi potreba za cjelokupnim dokumentom koji bi opisao upravljanje laboratorijima u kriznim situacijama.

U Republici Hrvatskoj, Hrvatska akreditacijska agencija tražila je od akreditiranih laboratorija da samostalno donesu Odluku o postupanju u vrijeme pandemije. Odluke su se donosile na temelju preporuka Stožera civilne zaštite i HZJZ-a iako su te preporuke bile vrlo općenite i često neprimjenjive za specifične djelatnosti. Za specifičnu djelatnost, kao što je ispitni laboratorij, preporuke bi, među ostalim, trebale sadržavati jasne upute za, primjerice, vrste dezinfekcijskih sredstava koje se mogu upotrebljavati. Iz

prakse je poznato da neka dezinfekcijska sredstva nagrižaju, npr. plastiku mjernih uređaja, a dodatni je problem u javnim ustavama koje se moraju pridržavati Zakona o javnoj nabavi i uzimati dezinfekcijska sredstva od najjeftinijeg ponuditelja. Posljedično, laboratoriji su sami definirali režime čišćenja i zbrinjavanja otpada, psihološke i socijalne uvjete te uvjete smještaja i okoliša. Uz zaštitnu opremu koja se redovito upotrebljava u laboratoriju, poput kuta, naočala i rukavica, u vrijeme pandemije djelatnicima su prema trenutačnim mogućnostima osigurane maske za lice. Tu je također potrebno jasno definirati kakve maske za lice se smiju upotrebljavati zbog zaštite zdravlja djelatnika. Također, na temelju detaljnih preporuka poželjno je odrediti potreban razmak između djelatnika te organizirati rad u dvije smjene da bi se moglo neometano nastaviti s radom u slučaju da netko od djelatnika oboli od bolesti uzrokovane virusom COVID-19 (osobna komunikacija).

8. Zaključak

U akreditiranim laboratorijima norma je osnovni dokument na koji bi trebalo nadograditi specifične dokumente u ovisnosti o tipu laboratorija i njegovoj djelatnosti. Shodno tome, preporuke nacionalnih institucija trebale bi biti detaljnije, a zadaća je svih znanstvenih i stručnih institucija identificirati specifične potrebe i probleme pojedine djelatnosti. Na temelju identificiranih potreba i problema državne institucije mogu implementirati preporuke u zakone, pravilnike i uredbu za pojedinu djelatnost. Stoga, tu situaciju i stečeno iskustvo treba iskoristiti i izraditi dokumente koji će biti primjenjivi u kriznim situacijama u budućnosti da se ne bi ponovno čekalo više od dvije godine na specifičnije preporuke. Također, na temelju tih dokumenata moguće je provesti edukaciju osoblja o ponašanju u kriznim situacijama, ne samo u vrijeme pandemije nego u bilo kojoj kriznoj situaciji u kojoj bi se mogli naći.

Popis kratica

List of abbreviations

CDC	– Centar za kontrolu i prevenciju bolesti – Center for Disease Control and Prevention
HZJZ	– Hrvatski zavod za javno zdravstvo – Croatian Institute of Public Health
NLM	– Nacionalna medicinska knjižnica – National Library of Medicine
GVI	– granična vrijednost izloženosti – exposure limit value
KGVI	– kratkotrajna granična vrijednost izloženosti – short-term exposure limit value
MIC	– minimalna inhibitorna koncentracija – minimum inhibitory concentration
CRM	– certificirani referentni materijal – certified reference material
MLU	– međulaboratorijske usporedbe – proficiency testing

Literatura References

- URL: <https://medlineplus.gov/cleaningdisinfectingandsanitizing.html> (9. 10. 2021.).
- Republika Hrvatska, Ministarstvo zdravstva*, Hrvatski nacionalni standardi čišćenja prostora u kliničkim i bolničkim zdravstvenim ustanovama, Zagreb, 2018.
- Hrvatska akreditacijska agencija*, Pravila za akreditaciju tijela za ocjenjivanje sukladnosti (HAA-Pr-2/1), Zagreb, 2018.
- HRN EN ISO/IEC 17025:2017 – Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija (ISO/IEC 17025:2017; EN ISO/IEC 17025:2017).
- URL: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/disinfecting-your-home.html> (9. 10. 2021.).
- Republika Hrvatska, Ministarstvo zdravlja*, Pravilnik o uvjetima i načinu obavljanja mjera za sprječavanje i suzbijanje bolničkih infekcija (NN 93/02).
- URL: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/disinfection-methods/index.html> (9. 10. 2021.).
- URL: <https://copublications.greenfacts.org/en/biocides-antibiotic-resistance/index.htm> (12. 1. 2022.).
- Republika Hrvatska, Ministarstvo rada, mirovinskog sustava, obitelji i socijalne politike*, Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti opasnim kemikalijama na radu, graničnim vrijednostima izloženosti i biološkim graničnim vrijednostima (NN 1/21, 91/18).
- R. J. Cheung, D. Ortiz, A. J. DiMarino Jr*, GI endoscopic reprocessing practices in the United States. *Gastrointest. Endosc.* **50** (1999) 362–368, doi: <https://doi.org/10.1053/ge.1999.v50.99615>.
- E. M. Scott, S. P. Gorman*. Glutaraldehyde, u S. S. Block (ur.), *Disinfection, sterilization, and preservation*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001., str. 361–381.
- E. M. Scott, S. P. Gorman*. Glutaraldehyde, u S. S. Block (ur.), *Disinfection, Sterilization, and Preservation*, Lea & Febiger, Philadelphia, 1991., str. 596–616.
- W. A. Rutala, D. J. Weber*, Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases, J. E. Bennett, R. Dolin, M. J. Blaser (ur.), Vol. 2, Elsevier, Livingstone, 2019., str. 3543–3559.
- J. J. Tulis*, Formaldehyde as a gas, u G. B. Phillips, W. S. Miller (ur.), *Industrial Sterilization*, Durham: Duke University Press, 1972., 209–238.
- M. Klein, A. DeForest*, The inactivation of viruses by germicides, *Chem. Specialists Manuf. Assoc. Proc.* **49** (1963) 116–118.
- S. D. Rubbo, J. F. Gardner, R. L. Webb*, Biocidal activities of glutaraldehyde and related compounds, *J. Appl. Bacteriol.* **30** (1967) 78–87, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1967.tb00277.x>.
- C. W. Emmons*, Fungicidal action of some common disinfectants on two dermatophytes, *Arch. Derm. Syphilol.* **28** (1933) 15–21, doi: <https://doi.org/10.1001/archderm.1933.01460010018004>.
- E. McCulloch, S. Costigan*, A Comparison of the Efficiency of Phenol, Liquor Cresolis, Formaldehyde, Sodium Hypochlorite and Sodium Hydroxide Against *Eberthella Typhi* at Various Temperatures, *J. Infect. Dis.* **59** (1936) 281–284, doi: <https://doi.org/10.1093/infdis/59.3.281>.
- J. L. Sagripanti, C. A. Eklund, P. A. Trost, K. C. Jinneman, C. Abeyta Jr, C. A. Kaysner, W. E. Hill*, Comparative sensitivity of 13 species of pathogenic bacteria to seven chemical germicides, *Am. J. Infect. Control* **25** (1997) 335–339, doi: <https://doi.org/10.1093/ajic/25.3.335>.

- doi.org/10.1016/s0196-6553(97)90026-2.
20. NIOSH. Formaldehyde: evidence of carcinogenicity. NIOSH Current Intelligence Bulletin 34. DHEW (NIOSH) Publication No. 81–111, 1981.
 21. Occupational Safety and Health Administration. OSHA amends formaldehyde standard. Occupational Safety and Health News 1991:1.
 22. Occupational Health and Safety Administration. OSHA Fact Sheet: Formaldehyde: Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor, 2002.
 23. M. S. Favero, W. W. Bond, Chemical disinfection of medical and surgical materials, u S. S. Block (ur.), Disinfection, Sterilization, and Preservation. Lea & Febiger, Philadelphia, 1991., str. 617–641.
 24. Occupational Safety and Health Administration. Formaldehyde: OSHA Fact Sheet: Occupational Safety and Health Administration, 2002.
 25. L. W. McKeen, The Effect of Sterilization on Plastics and Elastomers, E. Payne (ur.), Vol. 1, Elsevier, 2018., str. 25
 26. F. J. Turner, Hydrogen peroxide and other oxidant disinfectants, u S. S. Block (ur.), Disinfection, Sterilization, and Preservation. Lea & Febiger, Philadelphia, 1983., str. 240–250.
 27. S. S. Block, Peroxygen compounds, u S. S. Block (ur.), Disinfection, sterilization, and preservation. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001., str. 185–204.
 28. A. N. Neely, M. P. Maley, The 1999 Lindberg award. 3% hydrogen peroxide for the gram-positive disinfection of fabrics, J. Burn. Care. Rehabil. **20** (1999) 471–477, doi: <https://doi.org/10.1097/00004630-199920060-00008>.
 29. W. Gottardi, Iodine and iodine compounds, u S. S. Block (ur.), Disinfection, Sterilization, and Preservation. Lea & Febiger, Philadelphia, 1991., 152–166.
 30. W. Gottardi, Iodine and iodine compounds, u S. S. Block (ur.), Disinfection, Sterilization, and Preservation. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001., 159–184.
 31. W. A. Rutala, D. J. Weber, Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities, Clin. Microbiol. Rev. **10** (1997) 597–610, doi: <https://doi.org/10.1128/CMR.10.4.597>.
 32. K. Merritt, V. M. Hitchins, S. A. Brown, Safety and cleaning of medical materials and devices, J. Biomed. Mater. Res. **53** (2000) 131–136, doi: [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-4636\(2000\)53:2<131::aid-jbm1>3.0.co;2-i](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4636(2000)53:2<131::aid-jbm1>3.0.co;2-i).
 33. S. W. Jakobsson, J. Rajs, J. A. Jonsson, H. Persson, Poisoning with sodium hypochlorite solution. Report of a fatal case, supplemented with an experimental and clinico-epidemiological study, Am. J. Forensic Med. Pathol. **12** (1991) 320–327, doi: <https://doi.org/10.1097/00000433-199112000-00009>.
 34. S. M. Heidemann, M. G. Goetting, Treatment of acute hypoxemic respiratory failure caused by chlorine exposure, Pediatr. Emerg. Care **7** (1991) 87–88, doi: <https://doi.org/10.1097/00006565-199104000-00006>.
 35. R. H. Hoy, Accidental systemic exposure to sodium hypochlorite (Clorox) during hemodialysis, Am. J. Hosp. Pharm. **38** (1981) 1512–1514, doi: <https://doi.org/10.1093/ajhp/38.10.1512>.
 36. M. J. Favero, J. I. Tokars, M. J. Arduino, M. J. Alter, Nosocomial infections associated with hemodialysis, u C. G. Mayhall (ur.), Infect. Control and Hosp. Epidemiol. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1999., str. 897–917.
 37. E. H. Spaulding, Alcohol as a Surgical Disinfectant: Pros and cons of a much discussed topic, AORN J. **5** (1964) 67–71, doi: [https://doi.org/10.1016/S0001-2092\(08\)70453-8](https://doi.org/10.1016/S0001-2092(08)70453-8).
 38. H. E. Morton, The relationship of concentration and germicidal efficiency of ethyl alcohol, Ann. N.Y. Acad. Sci. **53** (1950) 191–196, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1950.tb31944.x>.
 39. Y. Ali, M. J. Dolan, E. J. Fendler, E. L. Larson, Alcohols. u S. S. Block (ur.), Disinfection, sterilization, and preservation. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001., str. 229–254.
 40. R. N. Nye, T. B. Mallory, A note on the fallacy of using alcohol for the sterilization of surgical instruments, Boston Med. Surg. J. **189** (1923) 561–563, doi: <https://doi.org/10.1056/NEJM192310181891603>.
 41. M. Frobisher, L. Sommermeyer, M. J. Blackwell, Studies on disinfection of clinical thermometers. I. Oral thermometers, Appl. Microbiol. **1** (1953) 187–194, doi: <https://doi.org/10.1128/am.1.4.187-194.1953>.
 42. L. Sommermeyer, M. Frobisher, Laboratory studies on disinfection of rectal thermometers. Nurs. Res. **2** (1973) 85–89, doi: <https://doi.org/10.1097/00006199-195310000-00005>.
 43. J. M. Embil, G. G. Zhanel, P. J. Plourde, D. Hoban, Scissors: a potential source of nosocomial infection, Infect. Control Hosp. Epidemiol. **23** (2002) 147–151, doi: <https://doi.org/10.1086/502026>.
 44. K. C. Zachary, P. S. Bayne, V. J. Morrison, D. S. Ford, L. C. Silver, D. C. Hooper, Contamination of gowns, gloves, and stethoscopes with vancomycin-resistant enterococci, Infect. Control Hosp. Epidemiol. **22** (2001) 560–564, doi: <https://doi.org/10.1086/501952>.
 45. G. Kahn, Depigmentation caused by phenolic detergent germicides, Arch. Dermatol. **102** (1970) 177–187, doi: <https://doi.org/10.1001/archderm.1970.04000080049010>.
 46. R. F. Prindle, Phenolic compounds, u S. S. Block (ur.), Disinfection, Sterilization, and Preservation. Lea & Febiger, Philadelphia, 1983., str. 197–224.
 47. D. K. Wysowski, J. W. Flynt Jr, M. Goldfield, R. Altman, A. T. Davis, Epidemic neonatal hyperbilirubinemia and use of a phenolic disinfectant detergent, Pediatrics. **61** (1978) 165–170, doi: <https://doi.org/10.1542/peds.61.2.165>.
 48. W. A. Rutala, APIC guideline for selection and use of disinfectants. 1994, 1995, and 1996 APIC Guidelines Committee. Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, Inc, Am. J. Infect. Control. **24** (1996) 313–342, doi: [https://doi.org/10.1016/s0196-6553\(96\)90066-8](https://doi.org/10.1016/s0196-6553(96)90066-8).
 49. G. Sykes, Disinfection and sterilization, E & FN Spon Ltd, London, 1965.
 50. J. J. Merianos, Surface-active agents, u S. S. Block (ur.), Disinfection, sterilization, and preservation. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001., str. 283–320.
 51. S. Forbes, J. Latimer, A. Bazaïd, A. J. McBain, Altered Competitive Fitness, Antimicrobial Susceptibility, and Cellular Morphology in a Triclosan-Induced Small-Colony Variant of *Staphylococcus aureus*, Antimicrob Agents Chemother. **59** (2015) 4809–4816, doi: <https://doi.org/10.1128/AAC.00352-15>.
 52. A. D. Russell, Biocide use and antibiotic resistance: The relevance of laboratory findings to clinical and environmental situations, Lancet Infect. Dis. **3** (2003) 794–803. doi: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(03\)00833-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(03)00833-8).
 53. N. Wieland, J. Boss, S. Lettmann, B. Fritz, K. Schwaiger, J. Bauer, C. Hölzel, Susceptibility to disinfectants in antimicrobial-resistant and-susceptible isolates of *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* from poultry—ESBL/AmpC-phenotype of *E. coli* is not associated with resistance to a quaternary ammonium compound, DDAC, J. Appl. Microbiol. **122** (2017) 1508–1517, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2017.06111.x>.

- org/10.1111/jam.13440.
54. S. P. Yazdankhah, A. A. Scheie, E. A. Høiby, B.-T. Lunestad, E. Heir, T. Ø. Fotland, K. Naterstad, H. Kruse, Triclosan and antimicrobial resistance in bacteria: An overview, *Microb. Drug Resist.* **12** (2006) 83–90, doi: <https://doi.org/10.1089/mdr.2006.12.83>.
 55. A. D. Russell, Plasmids and bacterial resistance to biocides, *J. Appl. Microbiol.* **83** (1997) 155–165, doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1997.00198.x>.
 56. M. Lelieveld, M. Mostert, J. Holah, *Handbook of Hygiene control in the food industry*. CRC Press, Boca Raton, 2005.
 57. U. Rozman, M. Pušnik, S. Kmetec, D. Duh, S. Šostar Turk, Reduced Susceptibility and Increased Resistance of Bacteria against Disinfectants: A Systematic Review, *Microorganisms*, **9** (2021) 2550, doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9122550>.
 58. *Republika Hrvatska, Ministarstvo rada, mirovinskog sustava, obitelji i socijalne politike*, Pravilnik o uporabi osobne zaštitne opreme (NN 5/21).

SUMMARY

Disinfection and Sanitation Measures in an Accredited Testing Laboratory – Retrospect of COVID-19 Infection

Rea Janda,^a Nataša Mikulec,^b Damir Andabaka,^a and Ksenija Vitale^{a*}

Living and working environments are most often closed spaces where it is necessary to provide health protection for family members and employees. Some activities require special protection, especially during a pandemic. The living and working environments can be kept clean and tidy in three ways: by cleaning, disinfecting, and sanitising. This paper presents a review of the literature linking disinfectants, their use, and resistance of microorganisms to disinfectants. In addition, it gives an overview of critical points that have arisen in various testing laboratories in the Republic of Croatia, related to the COVID-19 pandemic, and as a consequence of the lack of guidelines in norms. The literature search was conducted based on the keyword 'disinfection' in PubMed, Science Direct, Web of Science, Scopus and Google Scholar databases, and on the CDC and HZJZ websites due to the latest recommendations regarding COVID-19 infections. Results have shown that a norm is a basic document that needs a specific upgrade depending on the type of laboratory and its activities, and it should not be an independent decision of each individual laboratory. Based on the identified needs and problems, state institutions should provide detailed instructions depending on the laboratory activity. Therefore, this situation and the experience gained should be used as a starting point for document development that could be applicable in crisis states generally. In addition, it could be used as a basis for education and training in crisis states.

Keywords

Working environment, testing laboratory, disinfectants, sanitation, resistance, risks

^a University of Zagreb, School of Medicine, Andrija Štampar School of Public Health, Rockefellerova 4, 10 000 Zagreb, Croatia

^b University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia

Review

Received February 23, 2022

Accepted April 1, 2022