



Ефикасност на озонот во дезинфекција на медицински апарати

Доц. Др. Мирјана Марковска Арсовска

Проф. Др. Цена Димова

Медицинските апарати, опрема и простории можат да бидат резервоари на бактерии кои можат да бидат извор на инфекции, но во исто време да бидат отпорни на повеќе лекови, бидејќи одредени бактериите имаат способност да формираат биофилмови кои тешко се уништуваат.

Биофилм

Биофилмовите се адхерентни бактериски агрегати кои се спакувани во екстраполимерна матрица составена од ДНК, протеини, липиди и полисахариди.

Формирањето на биофилмот е еден од механизмите за преживување на голем број бактериски соеви во животната средина.

Познато е дека обезбедува природна заштита на бактериите, што последователно резултира со зголемени способности на бактериска отпорност на антибиотици и средства за дезинфекција

Health care-associated infections (HAIs)- Инфекции поврзани со здравствената нега се добиваат за време на болнички престој, а ventilator-associated pneumonia (VAP)- пневмонија поврзана со вентилацијата е една од нив.

Групата бактерии „ESKAPE“ (група препознаена по нејзината отпорност на повеќето антибиотици и заканувачки инфекции кај пациенти со компромитиран имунитет) е меѓу патогените кои предизвикуваат VAP .

Тие вклучуваат грам-позитивни и грам-негативни бактерии како:

- **Enterococcus faecium,**
- **Staphylococcus aureus,**
- **Klebsiella pneumoniae,**
- **Acinetobacter baumannii,**
- **Pseudomonas aeruginosa и**
- **Enterobacter cloacae**

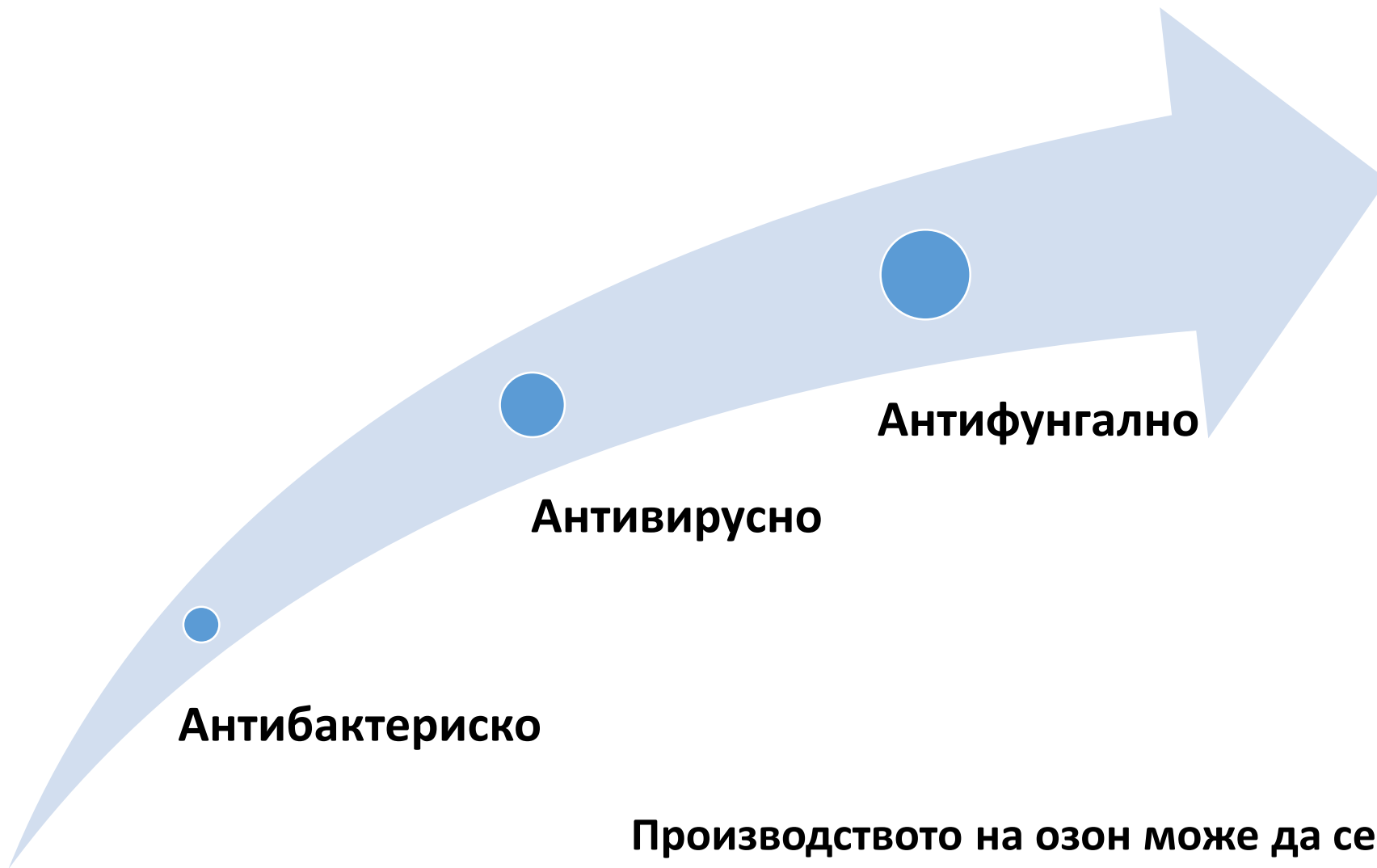
Овие биолошки структури се наоѓаат во биомедицински уреди како што се:

- **монитори за витални знаци,**
- **пумпи за инфузија,**
- **Кислородни концентратори,**
- **опрема за ултразвук и**
- **главно во механички респиратори кај пациенти со COVID-19**



Озон, предности и начин на дејство

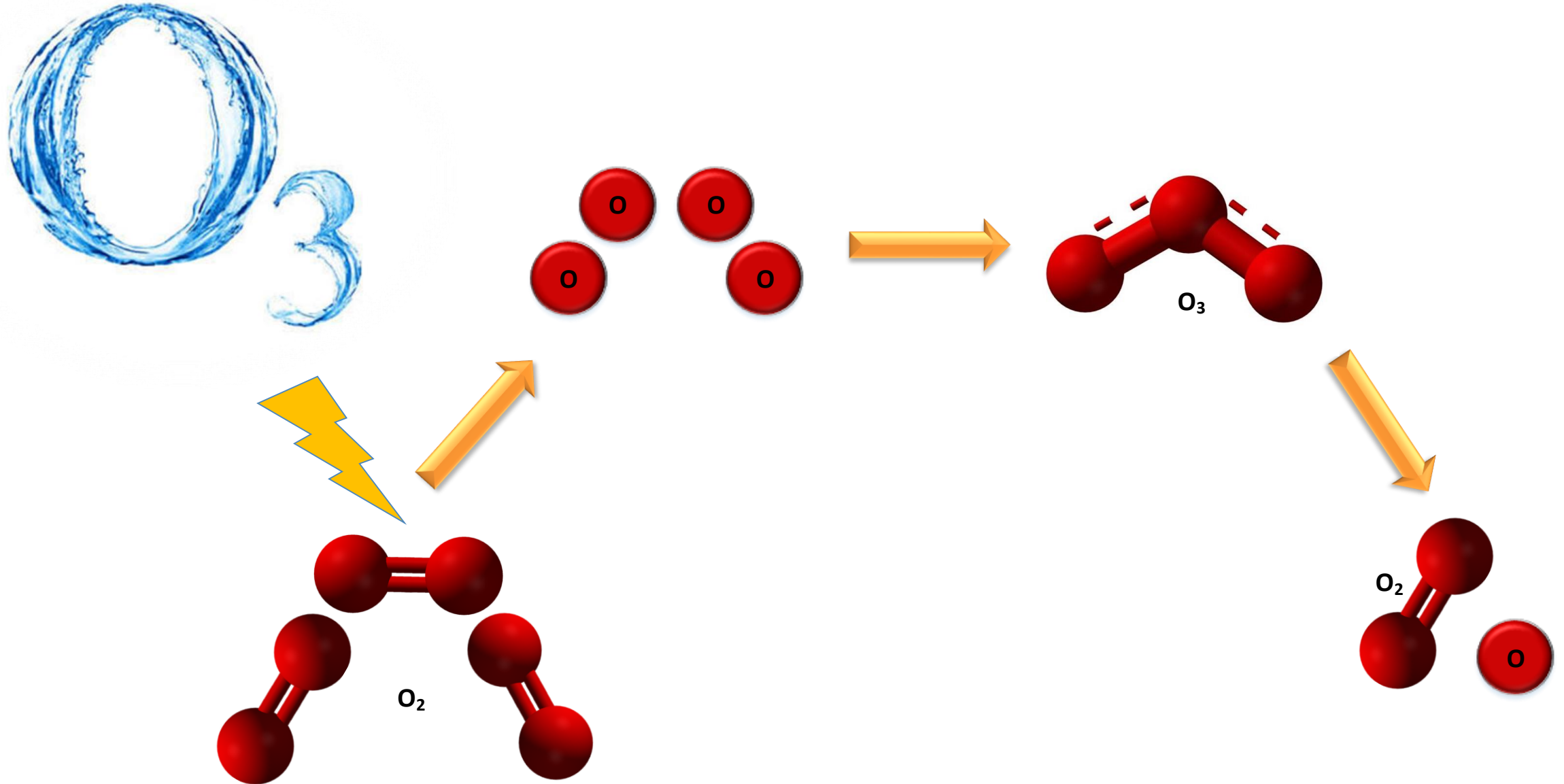
- Озонот (O_3) е силно оксидирачко средство и триатомско соединение на елементот кислород (O)
- Озонот е исто така нестабилно соединение кое брзо се распаѓа на амбиентална температура
- Процесот на стерилизација со користење на озон се случува преку директен процес на оксидација. Оксидацијата на озонот има способност да ги уништи клеточните мембрани и надворешните ѕидови на клетките на микроорганизмите, што доведува до изумирање на бактериските клетки
- Озонот често се користи како метод за стерилизација бидејќи е:
 - ✓ оксидативен и
 - ✓ лесно се разградува



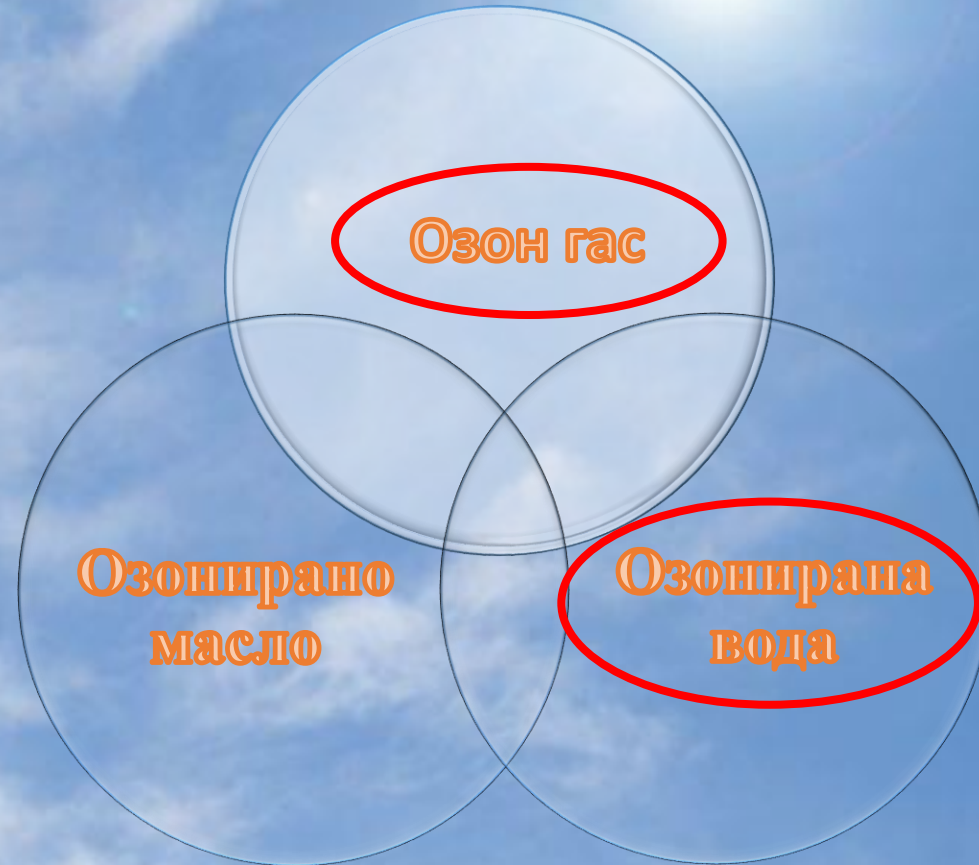
Производството на озон може да се врши на различни начини:

- преку електрохемиски реакции
- методи на УВ зрачење
- плазма технологија

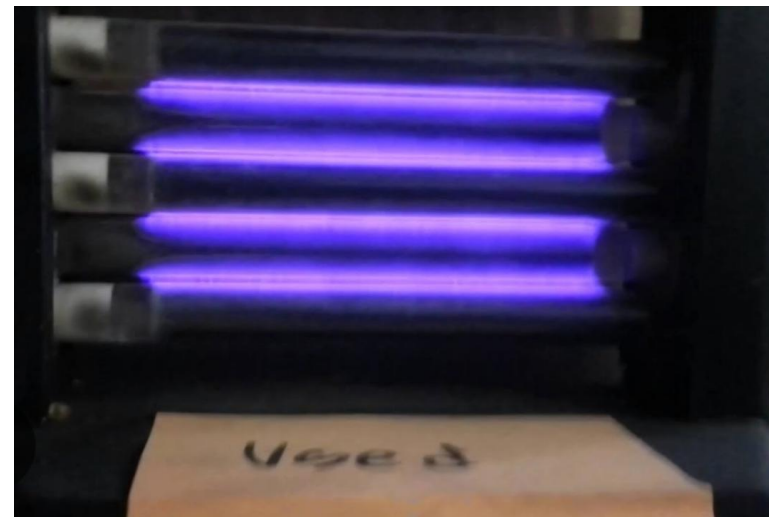
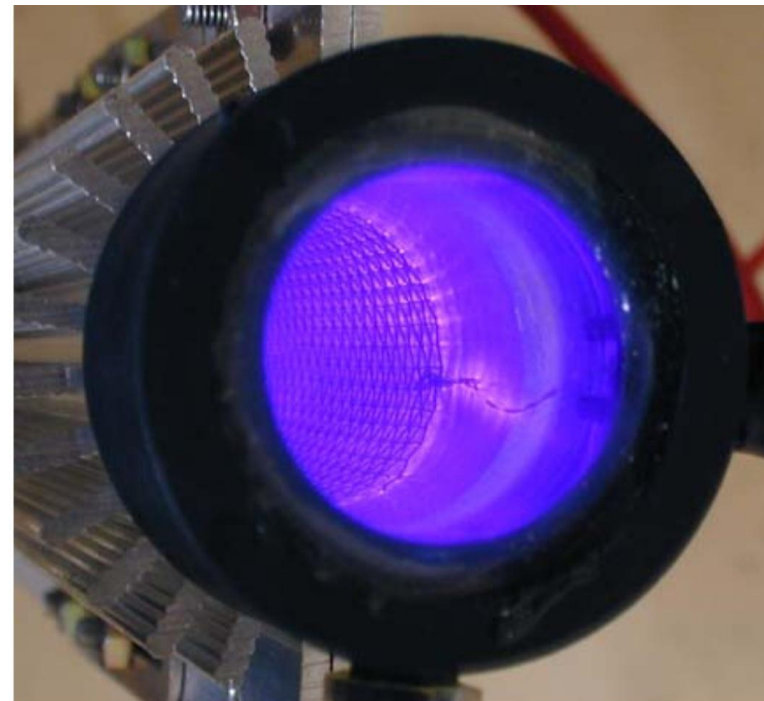
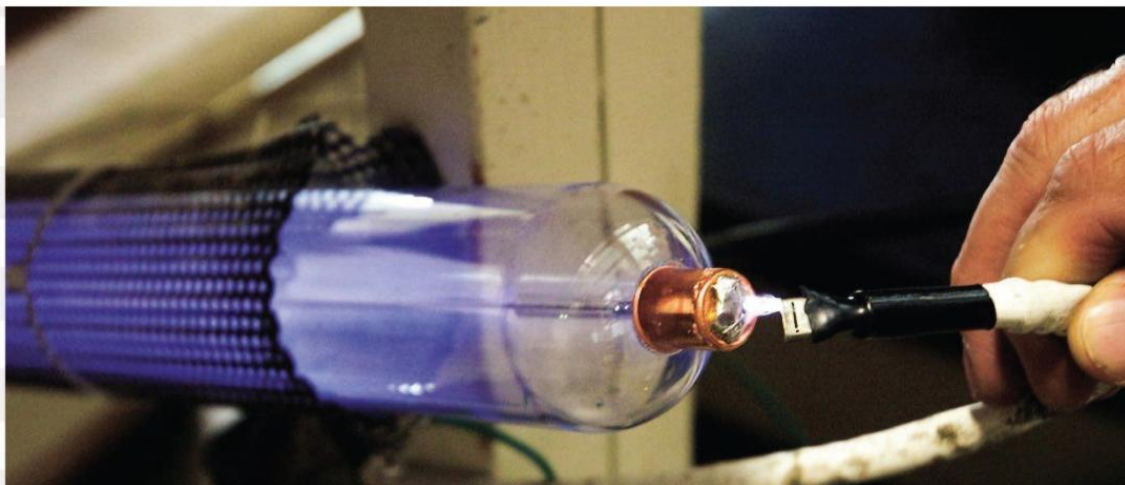
Формирање на озон



Основни форми на апликација на озон



Ozone dischargers- озон рас



Development of the Sterilization Box for Medical Equipment with an Ozone Gas Leak Sensor Feature

Tomy Abuzahri^{1,2*}, Nur Imanlati Sumantri², Nadra Alya Putri², Mulya Viani Andarini², Ebenhaesar Jan Lampung³, Defrianto Sitinjak³

¹Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia, Depok, West Java, 16424, Indonesia

²Research Center for Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia, Depok, West Java, 16424, Indonesia

³Biomedical Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia, Depok, West Java, 16424, Indonesia

Abstract. One of the efforts to control the growth of microorganisms is sterilization. The sterilization process can use ozone gas, which is a triatomic form of the element oxygen. Ozone acts as an oxidizing agent capable of destroying the structure of bacterial cell walls, and their molecules are unstable and easily decomposed into oxygen, so that ozone can be applied in sterilization technology for medical devices. In this work, a sterilization box with an ozone generator has been designed with a MQ-131 ozone sensor as an indicator if there is a leak in the box. The output voltage of the ozone generator is 4 kV with a current of 30 mA. We developed an instrument using an Arduino nano as a microcontroller for reading sensor values and displaying sensor values on an LCD monitor. For testing the sterilization effect of the ozone box, a *Staphylococcus aureus* bacterial sample was used. For the sterilization object, we designated stethoscopes and thermometers as medical equipment. The optimum time for sterilizing medical devices on the sterilization ozone box was 20 minutes, which can reduce the colony of *S. aureus* bacteria with an ozone concentration of 3.94 ppm.

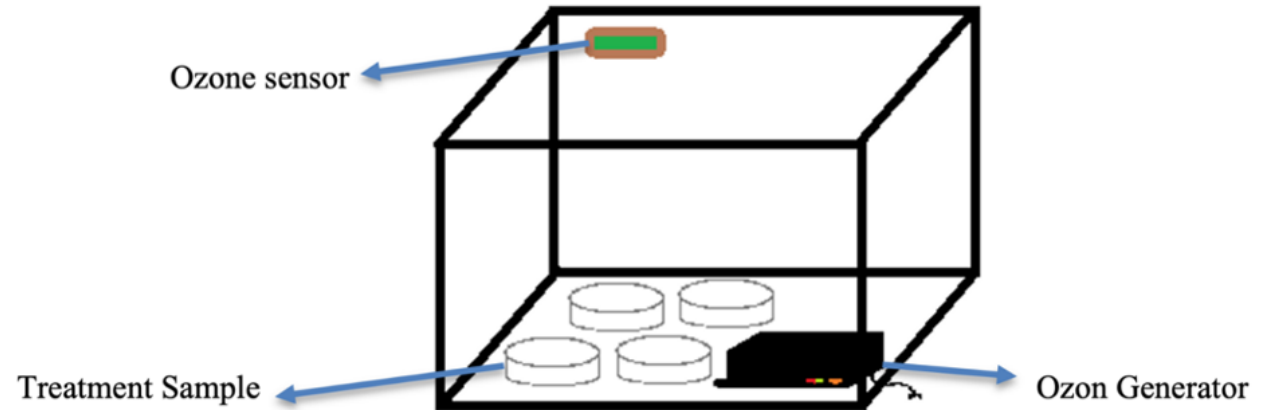
Keywords: Leak sensor; Medical equipment; Microcontroller; Ozone; Staphylococcus bacteria; Sterilization

1. Introduction

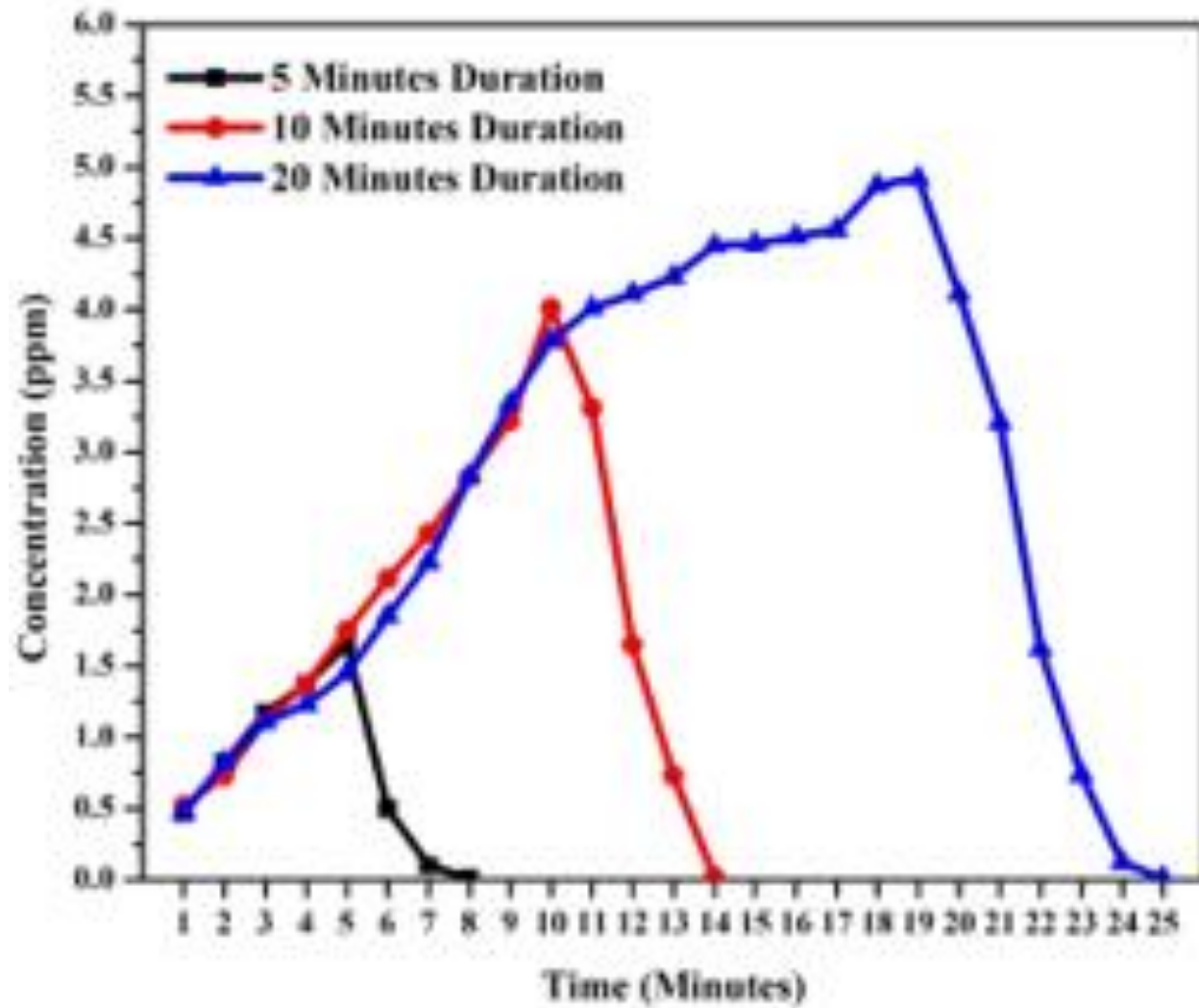
Ozone (O_3) is a strong oxidizing agent and a triatomic compound of the element oxygen (O). Ozone is also an unstable compound that quickly decomposes at ambient temperature (Lubing & Gunawan, 2017). The sterilization process using ozone occurs through a direct oxidation process. Ozone oxidation has the ability to destroy cell membranes and the outer walls of microorganism cells, leading to cell death (Tukrono et al., 2020). Ozone is often used as a sterilization method because it is oxidative and easy to decompose, among others, to eliminate bacteria in the soil/soil sterilization. It is applied in the agricultural field because ozone can kill bacteria, viruses, and fungi in the soil as well as in irrigation systems, and then ozone will decompose into oxygen (O_2) (Daryono et al., 2021; Munir et al., 2021).

*Corresponding author's email: tomy.abuzahri@ui.ac.id | Tel: +622472330074
 doi:10.16295/ijtech.2022.13.8.1672-1680

Sterilization Ozone Box



Medical equipment	Duration (minutes)	Colonies formed (CFU)	
		PCA Plate count agar	MSA Mannitol salt agar
Stethoscope	0	TNTC (Too Numerous to Count)	32
	5	126	26
	10	64	18
	20	36	10
Thermometer gun	0	TNTC	7
	5	134	6
	10	76	4
	20	36	1



Максимална доза која може човек да вдише е

0.04 ppm



Ozonated water in disinfection of hospital instrument table

Cíntia Rodrigues de Oliveira¹ · Maycon Crispim de Oliveira Carvalho¹ · Giovanna Vitória Schmitz¹ · Túlia de Souza Botelho Almeida^{1,2} · Henrique Cunha Carvalho^{1,4} · Adriana Barrinha Fernandes^{1,2} · Carlos José de Lima^{1,3}

Received: 14 June 2022 / Accepted: 21 February 2023 / Published online: 1 March 2023
 © The Author(s), under exclusive licence to The Brazilian Society of Biomedical Engineering 2023

Abstract

Purpose The walls, ceiling, and floor of a surgical environment, as well as the surfaces used in this place, must be submitted to a disinfection protocol to minimize nosocomial infections. Health regulations recommend two stages; the first is characterized by cleaning procedures, mainly using an enzymatic detergent, and the second is use of a disinfection agent. Ozone is a natural substance that has a relevant oxidative property for inactivating microorganisms and has emerged as an interesting agent in the hospital environment. Compared with conventional chemical products for disinfection, ozonated water has advantages such as a lack of storage control, disposal, and handling safety. The objective of this study was to use ozonated water as a disinfectant agent on a hospital metal surface, in comparison with 70% alcohol.

Methods The degree of disinfection of the metal surface was quantitatively analyzed with use of an instrument by bioluminescence for a disinfection test.

Results Qualitative terms indicated gram-positive cocci microorganisms and yeasts, suggesting that bacteria and fungi from the environment were identified. After the use of ozonated water as a disinfectant, the quantitative analysis indicated values below 100 RLU, showing evidence of a surface suitable for use in surgical procedures.

Conclusion The use of ozonated water as a disinfectant agent for a metal surface in a hospital environment showed more effectiveness than 70% alcohol. Thus, ozonated water is a promising agent for disinfecting surfaces in surgical environments.

Keywords Ozone · Bioluminescence · Disinfection · Ozonated water · Metal surface · Hospital

Introduction

The association of surgical procedures with microbial infection is a severe risk to patients and health professionals (Flanagan et al. 2011). The hospital environment has been the main feature responsible for the occurrence of nosocomial

infections. Joint contact surfaces in the surgical sector may be responsible for nosocomial infection, including the proliferation of multi-resistant microorganisms (Otter et al. 2011). These organisms can survive for an extended period, and can even remain viable for months (Lu et al. 2009).

The ceilings, walls, floors, and surfaces used in surgical sectors have shown microbiological contamination (Carducci et al. 2011; Hooker et al. 2011; Morgan et al. 2011). Microbiological transmission can occur due to the movement of personnel (patients and health professionals) between sectors and via the air-flow dynamics through the hospital (Borkow and Gabbay 2008; O'Connor et al. 2014).

The organic materials in general, including microorganisms and the media that nourish them, are characterized by having significant capacity for adhesion to surfaces. The surface decontamination procedure generally involves two steps. In the first, routine use is made of a water solution with enzymatic detergent, due to its properties for removing organic material adhered onto surfaces. The

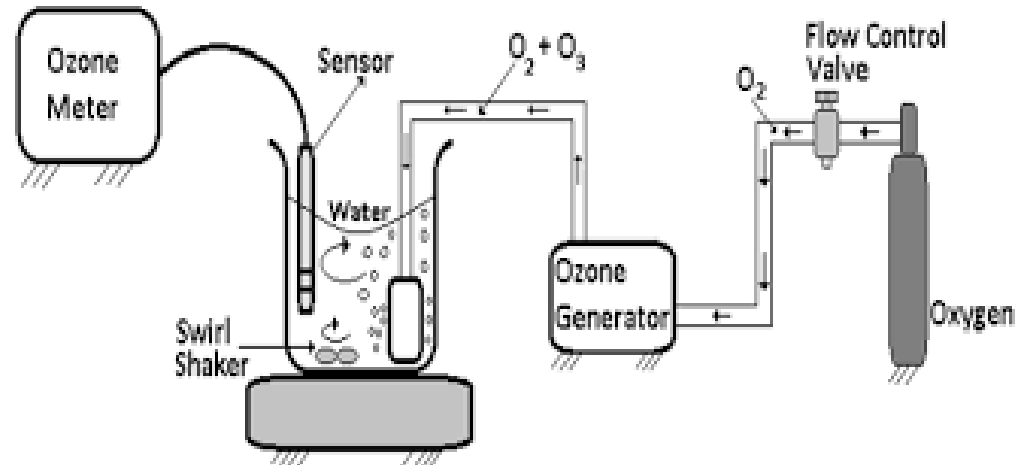


Table 1 Residual organic material before and after applying the agent disinfection, measured by bioluminescence (RLU)

Agent	Alcohol before	Alcohol after	Ozonated water before	Ozonated water after
Mean	619.7	54*	1547.0	17.1**
Standard Error	140.8	7.7	408.3	4.3

* $p < 0.0007$ when compared before and after 70% alcohol

** $p < 0.0001$ when compared before and after ozonated water

Maycon Crispim de Oliveira Carvalho
 mayconcarvalho@gmail.com

¹ Universidade Anhembí Morumbi (UAM), Rua Casa Do Ator, 275, São Paulo, SP 04546-001, Brazil

² Faculdade Santo Antonio (FSA), Parque Tecnológico de São José Dos Campos, Avenida Dr. Altino Bondesan, 500, São José Dos Campos, SP 12247-016, Brazil

³ Centro de Inovação, Tecnologia E Educação (CITE), Parque Tecnológico de São José Dos Campos, Avenida Dr. Altino Bondesan, 500, São José Dos Campos, SP 12247-016, Brazil

⁴ Universidade Tecnológica Federal Do Paraná (UTFPR), Via Marginal Rosalina Maria Dos Santos, 1235, Bl. B, Campo Mourão, PR 87301-899, Brazil

метод на дезинфекција	предности	недостатоци
Озон	<ul style="list-style-type: none">• Флексибилна апликација (ниски концентрации за подолго време, обично го даваат истиот ефект како и високите концентрации за пократко време)• Еколошки (се распаѓа до O₂)• Одличен за дезинфекција на материјали чувствителни на топлина• Може лесно да се нанесува како гас, во водена форма и преку суспендирани магли.• Одлична пенетрација во тешко достапните области на објектот.• Ефикасно против широк спектар на организми (спорицидни и вируцидни); не е потребна активација	<ul style="list-style-type: none">• Релативно помала компатибилност со некои полимери, додека компатибилноста на некои сè уште е непозната• Може да произведе бромати како нуспроизвод за дезинфекција, во присуство на бром (при високи концентрации) за време на водени апликации.• Трошоците за производство во големи размери може да бидат високи бидејќи е тешко да се складираат; може да претставува и ризик од пожар, особено во средини богати со кислород.• Вдишувањето предизвикува отежнато дишење, астма, тежина на градите, суво грло, кашлица и главоболки; долгорочната хронична изложеност може да биде фатална.

Безбедност

Озон гас

Штетното влијание на озон гасот во поголеми концентрации врз здравјето на луѓето, значи дека се потребни херметички озонски комори за дезинфекција на опремата или во затворени простораии, каде не треба да се влегува додека трае стерилизацијата со озон.

Озонирана вода

Влијанието на озонот врз човековото здравје е значително намалено кога се раствора во вода.

Фактор	Озонирање со озон гас	Озонирање со озонирана вода
Потреба за сушење	Подлогата обично е сува, што ја елиминира потребата за дополнително сушење по третманот.	Потребно е сушење по третманот бидејќи подлогата станува влажна, особено ако е порозна (на пример, текстил)
Чистење	Не ја чисти подлогата; само ја дезинфицира или стерилизира. Потребен е чистење пред да се изврши озонирањето	Чистењето и дезинфекцијата може да се случат истовремено.
Ограничувања на создавањето на озон	Повисоки концентрации на озон (на пример, до 50 ppm) може да се постигнат брзо; тоа зависи од капацитетот на генераторот и волуменот на комората.	Достигнатата концентрација на озон е ограничена од фактори кои влијаат на трансфер на масата, како што е гасната озонација, за истиот волумен и капацитетот на генераторот.
Хомогенизирање на концентрацијата	За хомогенизација на концентрацијата потребни се ефикасни системи за циркулација на гас.	Хомогенизацијата на концентрацијата силно зависи од ефикасната дисперзија на гасот во вода; ова може да предизвика голема потрошувачка на гас.
Ефикасност при пенетрација	Тешко достапните области на подлогата може подобро да се дезинфицираат поради зголемената пенетрација на гасовитиот озон.	Ефикасноста на озонираната вода при пенетрација може негативно да влијае на одредени површини со неправилни форми (на пример, ендоскопи со мал дијаметар)
Параметри кои влијаат на стабилноста на озонот	Влажноста и температурата се клучните фактори кои влијаат на стабилноста на озонот.	Стабилноста на озонот за време на циклусот зависи од многу променливи (pH, спроводливост, температура, притисок, состав на вода и потребата од озон

Стерилизацијата и дезинфекцијата со озон е компатибилен за широк спектар на најчесто користени материјали:

- **нерѓосувачки челик**
- **титаниум**
- **алуминиум**
- **керамика**
- **стакло**
- **силика**
- **ПВЦ**
- **тефлон**
- **силикон**
- **полипропилен**
- **полиетилен**
- **акрилик**

Заклучок

Озонот не е само средство за дезинфекција со широк спектар, туку и зелен производ. Со правилно контролирање на концентрацијата на озонот и времето на дејство, озонот има висока стапка на инактивација за повеќето вируси и бактерии заразни болести, без да предизвикува несакани ефекти врз човечкото тело.

Можноста за користење на алтернативни методи за дезинфекција преку употреба на гасови како што е озонот (O₃) или во вид на озонирана вода треба да најде се поголема примена во секојдневната пракса.



БЛАГОДАРАМ НА ВНИМАНИЕТО