

## PRIMENA HEPA-FILTERA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Slavica Vesković<sup>1</sup>, Dragutin Đukić<sup>2</sup>, Vladimir Kurćubić<sup>2</sup>, Nurgin Memiši<sup>3</sup>

**Izvod:** Prevencija mikrobne kontaminacije vazduha različitih proizvodnih i drugih prostora u prehrambenoj industriji, kao i izgradnja biološki čistih soba, veoma su važni tehnološki zadaci koji obezbeđuju zdravstveno bezbednu sredinu za život i rad čoveka, ali i za nastanak bezbednih prehrambenih proizvoda i zaštitu životne sredine. Upotreba filtracije se smatra najefikasnijim, najekonomičnijim i najprilagodljivijim sistemom za sterilizaciju vazduha. Stalna poboljšanja konstrukcije filtera, izbor novih filtracionih materijala, kao i metoda kontrole njihove efikasnosti su osnova za postizanje sterilnosti vazduha u procesnim prostorima.

**Ključne reči:** hepa-filter, vazduh, sterilizacija, industrija hrane

### Izvori kontaminacije vazduha u prehrambenoj industriji

Vazduh u proizvodnom delu bilo koje industrije hrane sadrži veliku količinu čestica prašine, od kojih su većina veoma male i nevidljive golim okom. Veličina im se kreće u rasponu od 0.0001  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ . Čestice veće od 10  $\mu\text{m}$ , po pravilu, se talože, dok čestice manje od 1  $\mu\text{m}$ , a naročito one manje od 0.3  $\mu\text{m}$ , lebde u vazduhu. Takođe, procesni vazduh sadrži i značajan nivo mikroorganizama i hemijskih zagađivača poreklom iz gasova, koji se u uslovima proizvodnje hrane moraju obavezno kontrolisati i smanjivati na nivo koji nije povezan sa nastankom rizika po bezbednost gotovog proizvoda. Iskustva nekih istraživača pokazuju da postoji odnos između broja živih čestica i broja inertnih (organskih i neorganskih) čestica i da se taj odnos kreće od 1:500 do 1:12000, a najčešće je 1:1000 (EHEDG, 2006.).

Prema podacima WHO (1993.) primarni zagađivači vazduha u prehrambenoj industriji su suspendovane čestice, produkti sagorevanja (azotni oksidi, ugljenmonoksid, ugljendioksid, oksidi sumpora) i isparljive organske materije. Aerodinamičnim se smatraju partikule veličine 1.2  $\mu\text{m}$ . Bakterije se u vazduhu mogu naći pojedinačno, ali i kao aglomerati na većim česticama prašine.

Manipulativne aktivnosti radnika, vlažni podovi, zaostali i rasuti proizvodi, uz nužne procese pranja i čišćenja opreme, imaju za rezultat izdvajanje mikroorganizama kao aerosola u vazдушnu sredinu. Radnje koje aerosoliziraju zagađivače često proizvode neprihvatljiv nivo mikrobiološkog zagađenja vazduha (EHEDG, 2006.), zbog čega je poželjno održavati suve uslove u pogonu.

Takođe, mikrobiološki status vazduha može biti izmenjen tokom rada sa kontaminiranom sirovinom, tokom razmeravanja, postupaka mlevenja ili mešanja. Drugim rečima, patogeni mikroorganizmi i mikroorganizmi kvara mogu doći u kontakt sa proizvodom na različite načine (Sofos i sar., 1999.). U ispitivanjima pojedinih autora

<sup>1</sup> Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kaćanskog 13, Beograd, Srbija ([slavica.veskovic@inmes.rs](mailto:slavica.veskovic@inmes.rs));

<sup>2</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija

<sup>3</sup> Mlekara Imlek, Subotica, Tolminska 13, Subotica

utvrđeno je da je vazduh izvor mikrobiološke kontaminacije u pogonima za preradu mleka i mlečnih proizvoda (Kang i sar., 1989.), svinjskog (Pearce i sar., 2006.), živinskog (Burfoot i sar., 2007.) i junećeg mesa (Burfoot i sar., 2006.). Takođe, u vazduhu su često prisutne gljivice vrsta *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Rhodotorula* spp.

Uzajamna veza između mikrobiološke kontaminacije prehrambenih proizvoda i širenja mikroorganizama u vazdušnoj sredini predstavljena je u Tabeli 1.

S obzirom da su svakog trenutka prisutni milioni čestica u kubnom metru vazduha u proizvodnim prostorijama prehrambene industrije, iznalaženje adekvatnih metoda prečišćavanja vazduha smatra se potrebom koja je podjednako važna, kao i održavanje ostalih elemenata procesne higijene (EHEDG, 2006.).

Pravilno projektovani sistemi za upravljanje kvalitetom vazduha u prehrambenoj industriji su dizajnirani tako da, istovremeno, kontrolišu i regulišu količinu čestica, prisutnih mikroorganizama i mirisa uz minimiziranje rizika od njihovog prisustva tokom proizvodnje hrane.

### HEPA filteri i filtracija vazduha

„Osposobljavanje“ vazduha u proizvodnim prostorijama zasnovano je više na mehaničkim postupcima izdvajanja mikroorganizama iz vazduha kroz vlaknaste ili porozne materijale, nego na metodama koje podrazumevaju njihovo uništavanje. Upotreba filtracije je bez sumnje najefikasniji, najekonomičniji i najprilagodljiviji sistem za čišćenje i sterilizaciju vazduha. Međutim, izbor odgovarajućeg filtera je jedan od najvažnijih elemenata postizanja i osiguranja kvaliteta vazduha u procesu proizvodnje i prerade hrane. Njihov izbor uslovljen je prirodom okruženja gde ih je potrebno instalirati, vrstom i količinom prisutnih čestica prašine i utvrđenog mikrobiološkog statusa proizvodnog vazduha, kao i očekivanim – zadatim nivoom kvaliteta proizvodnog vazduha (Vesković i Đukić, 2017.). Postoje različiti tipovi filtera, od grubih filtera namenjenih odstranjivanju različitih veličina čestica iz vazduha, do filtera koji su u stanju da filtriraju čestice dimenzija virusa.

U kategoriji filtera sa visokim stepenom efikasnosti izdvajaju se i najčešće primenjuju HEPA-filteri (engl.: *High Efficiency Particulate Air*) čija se efikasnost vezuje za zadržavanje do 99.995% čestica veličine  $\geq 0.3 \mu\text{m}$  (Arimes, 1994.), kao i ULPA-filteri (engl.: *Ultra-Low Penetration Air*) koji imaju efikasnost od 99.999995% za čestice čija je veličina  $\geq 0.12 \mu\text{m}$  (Tabela 2).

Navedeni filteri se posebno preporučuju za primenu u bolnicama, farmaceutskoj i prehrambenoj industriji, elektronskoj industriji, odnosno svuda gde je neophodno obezbediti sterilan i čist vazduh.

Stalna poboljšanja konstrukcije filtera, izbor novih filtracionih materijala, uz primenu obaveznih metoda kontrole njihove efikasnosti, su osnova za postizanje sterilnosti vazduha u radnim prostorima. Jedan od problema sterilizacije vazduha primenom filtera, pa i HEPA-filtera, je okolnost da se izdvojene spore mikroorganizama mogu razviti u filterskom medijumu i tokom vremena kroz njega proći, zbog čega postoji potencijalna opasnost od kontaminacije vazduha u prostoru na strani gde je jednom postignut čist vazduh (Recknagel i dr., 2002.).

Tabela 1. Mikrobiološka kontaminacija vazduha koji dolazi u kontakt sa prehranbenim proizvodima (Orffice i sar., 1985.)

Table 1. Microbiological contamination of air that comes into direct contact with the food product (Orffice et al., 1985.)

Kontaminacija vazduha <i>Air contamination</i>	Procesi/prostorije <i>Processes /rooms</i>	Ukupan broj bakterija, CFU/m <sup>3</sup> The total number of bacteria, CFU*/m <sup>3</sup>	Kvasci i plesni, CFU/m <sup>3</sup> <i>Yeasts and molds,</i> CFU/m <sup>3</sup>	Relativna vlažnost, % <i>Relative humidity, %</i>
Niska <i>Low</i>	Pakovanje proizvoda od mleka <i>Packaging of milk products</i>	100–40	10–40	50–70
	Konzervisanje proizvoda od mesa/laboratorijska kontrola <i>Conservation of meat products/laboratory control</i>	150–300	30–120	45–60
	Dostava svežeg mesa <i>Delivery of fresh meat</i>	300–600	100–500	45–60
Srednja <i>Medium</i>	Postupci obrade mesa <i>Processing meat</i>	800–1800	250–500	70–80
	Prodavnice mesa <i>Meat shops</i>	400–900	150–500	50–60
	Gastronomi <i>Gastronomy</i>	500–1100	200–600	55–65
	Barovi <i>Bars</i>	600–1000	150–450	50–60
Visoka <i>High</i>	Klanice <i>Slaughterhouses</i>	1500–6500	600–1900	55–65
	Proizvodnja kobasica <i>Manufacture of sausages</i>	1500–3 500	2 000–1000	70–80
	Prerada unutrašnjih organa životinja <i>Processing of internal organs of animals</i>	4000–6000	700–3500	55–70
	Pijaca <i>Market</i>	1500–7000	500–5000	50–70

\* CFU- broj jedinica koje formiraju kolonije

Filteri koji se primenjuju radi zadržavanja mikroorganizama iz vazduha (bakterije, konidije plesni, virusi) moraju da zadovoljavaju određene tehničke zahteve:

- a) moraju imati visoku sposobnost zadržavanja mikroorganizama (do 99.995%);
- b) na njihovoj površini mikroorganizmi se ne smeju razmnožavati (kako tokom rada, tako i u stanju mirovanja);
- c) moraju se lako čistiti, prati i dezinfikovati;
- d) moraju imati visok stepen iskorišćavanja filtracione površine;
- e) moraju posedovati visok stepen otpornosti na dejstvo temperature, pritiska i vode;
- f) postupak njihovog održavanja mora biti lak i jeftin;

- g) lak i jednostavan postupak zamene, kao i  
 h) dug vek trajanja (Vesković i Đukić, 2017.).

Tabela 2. Klase HEPA i ULPA filtera  
 Table 2. Class HEPA and ULPA filters

Karakteristika <i>Characteristics</i>	Klasa filtera <i>Filter class</i>	Stepen izdvajanja u % prema MPPS <i>The degree of separation in% according to the MPPS</i>
Standardni HEPA filteri <i>Standard HEPA filters</i>	H 10	85
	H 11	95
	H 12	99.5
	H 13	99.95
	H 14	99.995
ULPA filteri visokog učinka <i>ULPA filters high performance</i>	U 15	99.9995
	U 16	99.99995
	U 17	99.999995

Intenzitet izmena vazduha, odnosno broj izmena vazduha na sat (1/h), ima veliki značaj za uklanjanje mikroorganizama iz vazdušne sredine. Naglo smanjenje broja bakterija je utvrđeno ukoliko se izmena vazduha poveća 6-12 puta u toku jednog sata, dok se pri daljem povećanju (18-24 puta) zapaža samo neznatno smanjenje sadržaja bakterija u vazduhu.

Primena biološki „čistih“ soba (cleanroom) tokom procesa proizvodnje i pakovanja prehrambenih proizvoda, u kojima je mikrobiološka kontaminacija svedena na minimum, doprinosi nastanku bezbednih proizvoda sa produženim rokom upotrebe. Čista soba znači apsolutno čistu sredinu sa najnižim sadržajem čestica prašine, aerosola, mikroorganizama, hemijskih isparenja i drugih čestica veličine do 0.01 mikrona, koje bi tokom određenog postupka i u bilo kom trenutku mogle uticati na konačni proizvod. Za postizanje ovakvih uslova neophodna je konstrukcija naročitog ventilacionog sistema i prostora u kojem se radi eliminisanja eventualne spoljašnje kontaminacije stvara stalni nadpritisk. Na ovaj način, nivo kontaminacije je stalno pod kontrolom.

### Kvalitet vazduha i zakonodavstvo

U evropskom zakonodavstvu zastupljen je veliki broj standarda iz oblasti kvaliteta vazduha (74), od kojih je najveći broj iz oblasti hemijskih kontaminanata (dioksini, hlorovodonici, organski ugljovodonici, sumpordioksid, azotmonoksid, azotdioksid, ugljenmonoksid, ugljendioksid, itd). U oblasti izloženosti hemijskim i biološkim agensima na radnom mestu objavljeno je 24 standarda.

Nacionalno zakonodavstvo Republike Srbije iz ove oblasti je do danas preuzelo, ili je u postupku preuzimanja, preko 80 standarda. Primena navedenih standarda izuzetno je značajna kod postupaka kontrole higijensko-sanitarnog statusa vazduha u operacionim salama, u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji ili kod posebnih istraživačkih aktivnosti.

Prvi pisani standard za čiste sobe, pod nazivom Technical Manuel 00-25-203, napisan je marta 1961. godine od strane American Airforce. Međutim, standard koji je imao najveći uticaj na projektovanje i rad čistih soba je US Federal Standard 209 iz 1963. godine. Ovaj standard je osnova standarda ISO broj 14644-1 (William, 2001.).

Čiste sobe su klasifikovane prema stepenu čistoće vazduha, pri čemu se meri broj čestica u jediničnoj zapremini vazduha, čija je veličina  $\geq$  od 0.5  $\mu\text{m}$ . U EU, u oblasti zahteva i kvaliteta vazduha čistih soba, primenjuje se ISO 14644-1 standard od 1999. godine, dok je na američkom području aktuelan FS-209E standard.

### Zaključak

Dekontaminacija vazduha veoma je značajan postupak koji se primenjuje u svim sferama života čoveka. Prevencija mikrobne kontaminacije vazdušnih sredina različitih proizvodnih i drugih prostora, kao i izgradnja biološki čistih soba, veoma su važni tehnološki zadaci koji obezbeđuju zdravstveno-bezbednu sredinu za život i rad čoveka, ali i za nastanak bezbednih prehrambenih proizvoda i zaštitu životne sredine.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta III 46009 koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### Literatura

- EHEDG Update (2006). Guidelines on air handling in the food industry. Trends in Food Science & Technology, 17, 331-336.
- WHO (1993). Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, Part one: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution, Dostupno: [http://whqlibdoc.who.int/hq/1993/WHO\\_PEP\\_GETNET\\_93.1-B.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/1993/WHO_PEP_GETNET_93.1-B.pdf)
- Sofos J.N., Kochevar S.L., Reagan J.O., Smith G.C. (1999). Extent of beef carcass contamination with *Escherichia coli* and probabilities of passing U.S. regulatory criteria. Journal of Food Protection 62(3), 234-238.
- Kang Y.J., Frank, J.F. (1989). Biological aerosols: A review of air-borne contamination and its measurement in dairy processing plants. Journal of Food Protection, 52(7), 512-524.
- Pearce R.A., Sheridan J.J., Bolton D.J. (2006). Distribution of airborne microorganisms in commercial pork slaughter processes. International Journal of Food Microbiology, 107(2), 186-191.
- Burfoot D., Whyte R., Tinker D., Howell M., Hall K., Holah J., Smith D., White R., Baker D., McIntosh J. (2006). Importance of airborne contamination during dressing of beef and lamb carcasses. Journal of Food Protection, 69(12), 2828-2836.
- Burfoot D., Whyte R.T., Tinker D.B., Hall K., Allen V.M. (2007). A novel method for assessing the role of air in the microbiological contamination of poultry carcasses. International Journal of Food Microbiology, 115(1), 48-52.

- Orffice L., Toti L., Gizzarelli S. (1985). Microbiologie, aliments, nutrition, 3, 283-290.
- Vesković S., Đukić D. (2017). Sanitarna mikrobiologija. 482. Čačak, Srbija: Izdavač: Agronomski fakultet u Čačku.
- Arimes T. (1994). HVAC and Chemical Resistance Handbook for the Engineer and Architect, BCT.
- Recknagel, Sprenger, Schramek. (2002). Taschenbuch für Heizung + Klima Technik, Oldenbourg Industrieverlag München. ISBN 3-486-26450-8.
- William W. (2001). Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation, University of Glasgow.

## APPLICATION OF HEPA-FILTER IN FOOD INDUSTRY

*Slavica Vesković<sup>1</sup>, Dragutin Đukić<sup>2</sup>, Vladimir Kurćubić<sup>2</sup>, Nurgin Memiši<sup>3</sup>*

### Abstract

The prevention of microbial contamination of the air of various production and other areas in the food industry, as well as the construction of biologically clean rooms, are very important technological tasks that provide a healthy and safe environment for the life and work of man, but also for the emergence of safe food products and environmental protection. The use of filtration is considered the most effective, most economical and most adaptive system for filtration and sterilization of air. Continuous improvements to the construction of the filters, the selection of new filtration materials, and the methods for controlling their efficiency are the basis for achieving air sterility in process spaces.

**Key words:** hepa-filter, air, sterilization, food industry

---

<sup>1</sup> Institute of Meat Hygiene and Technology, Kacanskog 13, Belgrade, Serbia ([slavica.veskovic@inmes.rs](mailto:slavica.veskovic@inmes.rs));

<sup>2</sup> Faculty of Agronomy Čačak, University of Kragujevac, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Serbia

<sup>3</sup> Mlekara Imlek, Tolminska 10, 24000 Subotica, Serbia