

# Ispitivanje propusnosti različitih tipova zaštitnih maski za vijabilne čestice plijesni u zraku

---

**Pudić, Filip; Jakšić, Daniela**

*Source / Izvornik:* **Farmaceutski glasnik, 2022, 78, 523 - 535**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:163:550847>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Pharmacy and Biochemistry University of Zagreb](#)



# Ispitivanje propusnosti različitih tipova zaštitnih maski za vijabilne čestice plijesni u zraku

FILIP PUDIĆ<sup>1</sup>, DANIELA JAKŠIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Student 5. godine studija farmacije, Sveučilište u Zagrebu  
Farmaceutsko-biokemijski fakultet, A. Kovačića 1, 10000 Zagreb

<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijski fakultet,  
Zavod za mikrobiologiju, Schrottova 39, 10000 Zagreb

**11-12**  
**2022**

## Permeability of different types of protective masks for airborne viable mold particles

**Abstract** The beginning of the COVID-19 pandemic resulted in global application of face masks and respirators as a common control measure in reducing the risk of infection and disease transmission. Consequently, the efficacy of the masks and respirators in mitigating negative health impact related to the inhalation of various airborne particles were investigated. Given the widespread distribution, public health and economic significance, molds certainly represent a part of the aerial ecosystem that is important to explore. Therefore, in this paper, we examined the permeability of a cotton mask, surgical mask, FFP2 and FFP3 respirators for indoor and outdoor aeromycota by using air sampling device and appropriate agar plates. The results of quantitative analysis have shown that in both cases the FFP2 mask best retains viable mold particles (93–95%) in accordance with a declared regulation and the certificate due. Although a respirator type FFP3 mask should have retained the mycoparticles to an even greater extent, this study showed up to 11% lower efficiency compared to a certified filtration percentage of 99%. The surgical mask was the

least effective and retained 30–80% less of the viable mold particles. Interestingly, the reverse of the surgical mask retained as much as 89% of viable mold particles. Such results are in line with the recommendation to wear a surgical mask to reduce the spread of a potentially infectious aerosol. The cotton mask had no significant impact on the retention of airborne molds so the protective role of such is questionable.

The molds belonging to *Cladosporium*, *Aspergillus* and *Penicillium* were the most common in indoor air. While cotton and surgical masks similarly filtered different genera of molds, in the air samples taken through the FFP2 and FFP3 respirators only molds from the genus *Cladosporium* were detected. For a precise interpretation of the results of this work, a study should be carried out using sterile filters more suitable for the air sampling device, and correspond to the surgical, FFP2 and FFP3 masks in their properties. The proposed research method can also be optimized for testing new materials with more efficient retention properties for the infectious and/or allergenic particles and molds, and as such would provide more effective protection to the target groups of patients.

## Uvod

Motivacija za provođenje ovoga istraživanja povezana je s obvezom nošenja zaštitnih maski s ciljem prevencije širenja SARS-Cov-2 virusa. U prosincu 2019. godine, u kineskom gradu Wuhanu, po prvi put su zabilježeni slučajevi infekcije SARS-CoV-2 virusom koji uzrokuje bolest COVID-19 (1). U roku od nekoliko mjeseci virus se proširio po cijelom svijetu, a u Hrvatskoj prvi zabilježeni slučaj bio je u veljači 2020. godine (2). Brzo širenje virusa i samo nepoznavanje istog, dovelo je do panike među ljudima i u svrhu zaštite populacije, uvedene su restriktivne mjere koje su između ostalog uključivale i obavezno nošenje zaštitnih maski za lice (3). Pamučne, kirurške i FFP<sup>1</sup> maske štite pojedinca od udisanja infektivnog aerosola, no njihova uloga i važnost se pokazala još većom kod osoba koje su zaražene kako bi se spriječio prijenos na druge osobe. Unatoč svemu, niti jedna od ovih maski ne pruža maksimalnu zaštitu (4).

Početak pandemije i povećano nošenje maski u svrhu zaštite od virusa, otvorilo je prostora i drugim pitanjima kao što je zaštitni utjecaj maski u sprječavanju inhalacije različitih aerogenih čestica koje mogu štetno utjecati na zdravlje ljudi. S obzirom na široku rasprostranjenost, javnozdravstveni i ekonomski značaj, plijesni svakako predstavljaju dio zračnog ekosustava koji je važno istraživati.

<sup>1</sup> FFP- od engl. *Filtering Face Piece*; zaštitne maske-respiratori; oznaka 3 odgovara većem nivou zaštite od onoga sa oznakom 1 ili 2

Plijesni spadaju u filamentozne višestanične organizme iz carstva gljiva. Njihove konidije i dijelovi micelija lako se nađu u vanjskom zraku ali i zraku unutar njih zatvorenih prostora budući da plijesni koloniziraju različite supstrate uključujući tlo, biljke, hranu za ljude i životinje, raspadnuti organski materijal i građevinski materijal. Na njihov rast i razmnožavanje utječe dostupnost vode, organskih i anorganskih tvari u supstratu, relativna vlažnost zraka, temperatura i pH (5). Povećana izloženost visokim koncentracijama plijesni u zraku može se povezati s alergijama i infekcijama u dišnom sustavu, ovisno o imunološkom statusu izloženih ljudi te o vrstama plijesni u zraku. Kvantitativni i kvalitativni sastav plijesni u zraku ovisi i o godišnjem dobu pa su tako u jesen i ljeto koncentracije plijesni u zraku više, u odnosu na zimu i u proljeće kada su niže. Kao najzastupljenije vrste izdvajaju se plijesni iz rodova *Cladosporium*, *Penicillium* i *Aspergillus* (6,7). Pri tome su plijesni iz roda *Cladosporium* i *Penicillium* najčešće povezuju s alergijama dok plijesni roda *Aspergillus* mogu uzrokovati mikoze. Boravak u vlažnim zatvorenim prostorima značajno pridonosi štetnom djelovanju na zdravlje izloženih ljudi, a osobito kod djece, astmatičara te imunokompromitiranih osoba (8). U ovome radu ispitane su razlike u propusnosti različitih tipova odabranih maski za lice uključujući kiruršku masku te FFP2 i FFP3 maske za vijabilne čestice plijesni u zraku. Pri tome su uspoređivane razlike u broju i kvalitativnom sastavu plijesni u unutarnjem i vanjskom zraku na temelju kolonija poraslih na hranjivim podlogama pogodnim za uzgoj plijesni u laboratorijskim uvjetima. Iako ne predstavlja konvencionalnu zaštitnu masku, u vrijeme pandemije u javnosti su se često mogle primijetiti i zaštitne maske kućne ili komercijalne izrade pa je u ovome radu ispitana i takva maska izrađena od pamuka (100 %) te je klasificirana kao pamučna maska.

## Materijali i metode

### Kemikalije, hranjive podloge, maske

- Hranjivi mediji Dikloran 18 % glicerolni agar (DG-18; Oxoid, UK) i Malt – ekstrakt agar (MEA; Oxoid, UK) priređeni su prema uputama proizvođača i sterilizirani u autoklavu (Sutjeska, Srbija) pri temperaturi 121°C, 15 min. U hranjivi medij DG-18 prije autoklavanja dodano je 220 g/L glicerola (Kemig, Hrvatska).
- Kirurška maska certifikata HRN EN 14683:2019 i deklaracije BEF<sup>2</sup> > 99 %).
- FFP2 maska (Wenzhou Xiangying Reflective Materials Science Technology Co., Ltd)

<sup>2</sup> Od engl. *Bacterial filtration efficiency*- učinkovitost zadržavanja bakterija

- FFP3 maska (Guandong Tengsheng Pharmaceutical Technology Co., Ltd)
- Pamučna maska – crna tkanina deklariranog sirovinskog sastava 100 % pamuk

### *Uzorkovanje, identifikacija plijesni i obrada podataka*

Uzorci obrađeni u ovom radu prikupljeni su na vanjskom zraku i u Zavodu za mikrobiologiju Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta (unutarnji zrak). Uzorci zraka prikupljeni su pomoću uređaja za uzorkovanje zraka [Mas 100 eco air sampler (Merck, Darmstadt, Njemačka)]. Uređaj je dizajniran tako da na mjestu usisavanja zraka ima 400 perforacija ispod kojih se postavlja otvorena petrijevka promjera 90 mm s hranjivom podlogom. Uređaj karakterizira brzina usisavanja od 10,8 m/s te mogućnost podešavanja željenog volumena uzorkovanog zraka na vrijednost od 10–1000 L (9). Uzorkovanje se provodilo na način da se preko otvora uređaja stavi kirurška maska, pamučna maska, FFP2 i FFP3 maska (N = 5 za svaki tip maske) te se zrak (20–100 L) usisavao kroz masku na površinu hranjivih podloga (MEA, DG-18). Pri tome su maske postavljene na usisni otvor uređaja na isti način kao što se stavljaju na lice. Proveden je i eksperiment u kojemu su uspoređena kirurška i FFP2 maska na način da je maska postavljena sa strane naličja, tj. vanjski dio maske se okrenuo prema usisnoj strani uređaja. Također su prikupljeni i kontrolni uzorci (N = 3) usisavanjem zraka bez korištenja maske. Petrijevke s prikupljenim uzorcima inkubirane su 5 dana na temperaturi  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  nakon čega su izbrojane porasle kolonije. Koncentracija aeromikote prikazana je kao broj vijabilnih čestica (engl. *Colony forming units*, CFU) po jedinici volumena zraka te iskazano kao  $\text{CFU}/\text{m}^3$  za sve uzorke. Porasle plijesni identificirane su na temelju svojih makroskopskih svojstava i mikromorfologije pregledom poraslih kolonija pod lupom (Stereo Zoom Microscope SZH-ILLD, Olympus, Japan) i usporedbom s literaturnim podacima (10). Rezultati kvantitativne mikološke analize izraženi su kao koncentracija plijesni u jedinici zraka ( $\text{CFU}/\text{m}^3$ ). Za svaku skupinu uzoraka izračunati su statistički pokazatelj i varijabilnosti: aritmetička sredina, standardna devijacija, medijan, minimum i maksimum. Učinkovitost pojedine maske (pamučne, kirurške, FFP2 i FFP3) procijenjena je prema postotku zadržavanja vijabilnih čestica plijesni prema formuli:

$$\text{Zadržavanje (\%)} = 100 \% - (\bar{x} \text{ maska} / \bar{x} \text{ kontrola} \times 100 \%),$$

pri čemu  $\bar{x}$  odgovara srednjoj vrijednosti koncentracije plijesni ( $\text{CFU}/\text{m}^3$ ), maska se odnosi na pamučnu, kiruršku, FFP2 i FFP3 masku, a kontrola na uzorkovanje zraka bez maske.

Za statističku obradu, tablični i grafički prikaz rezultata korišteni su računalni programski paketi Microsoft Excel v. 2205 (Microsoft, Redmond, Washington, SAD) i GraphPad Prism verzija 9.3.1 (GraphPad Software, San Diego, SAD).

## Rezultati

### *Kvantitativni sastav vijabilnih plijesni u uzorcima zraka*

Koncentracije vijabilnih čestica plijesni u zraku (CFU/m<sup>3</sup>) prikazane su u tablici 1. za vanjski zrak, a u tablici 2. za unutarnji zrak. U vanjskom zraku su koncentracije dobivene uzorkovanjem kroz sve tipove maski (pamučna, kirurška, FFP2 i FFP3) bile statistički značajno niže u odnosu na kontrolu (tablica 1.). Pri tome su koncentracije plijesni bile gotovo dvostruko više u slučaju primjene pamučne u odnosu na kiruršku masku, a koncentracije izmjerene primjenom FFP2 i FFP3 maske bile su do 6 puta niže u odnosu na kiruršku masku te do 10 puta niže u odnosu na pamučnu masku (tablica 1.). Zanimljivo je primjetiti kako FFP2 maska postiže nešto bolje rezultate zadržavanja vijabilnih čestica plijesni u odnosu na FFP3 masku s obzirom da su izmjerene koncentracije plijesni bile do 20 % niže.

**Tablica 1.** ► Prikaz koncentracije vijabilnih plijesni u vanjskom zraku (CFU/m<sup>3</sup>) izračunatih prema kolonijama poraslih na MEA. Vrijednosti su iskazane kao aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ) i standardna devijacija (SD), minimalna (min.) i maksimalna vrijednost (maks.) koncentracije, a odnose se na kolonije porasle na MEA hranjivim podlogama.

Tip maske	N	$\bar{x} \pm SD$	Maks.	Min.
Kontrola (bez maske)	5	1352 ± 113,4	1530	1260
Kirurška maska	5	546 ± 37,15 <sup>*</sup>	610	520
Pamučna maska	5	984 ± 111,9 <sup>*</sup>	1110	840
FFP2	3	83,33 ± 15,28 <sup>*</sup>	100	70
FFP3	3	103,3 ± 15,28 <sup>*</sup>	120	90

\*statistički značajno manje koncentracije u odnosu na kontrolu (P < 0,0001)

Koncentracije vijabilnih plijesni u unutarnjem zraku bile su 1,8 puta manje u odnosu na vanjski zrak. Dok između uzoraka zraka uzorkovanih kroz kiruršku masku nije bilo statistički značajne razlike u odnosu na kontrolu, razlika u koncentraciji plijesni u uzorcima zraka prikupljenima kroz pamučnu masku bila je statistički značajno veća u odnosu na kontrolu. Kod uzoraka prikupljenih kroz

FFP2 i FFP3 masku dobiveni su slični rezultati kao kod uzoraka vanjskog zraka te su koncentracije plijesni bile statistički značajno niže u odnosu na kontrolu (tablica 2.).

**Tablica 2.** ► Prikaz koncentracija vijabilnih plijesni u unutarnjem zraku (CFU/m<sup>3</sup>). Vrijednosti koncentracije su iskazane kao aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ) i standardna devijacija (SD), minimalna (min.) i maksimalna (maks.) vrijednost koncentracije, a odnose se na kolonije porasle na MEA hranjivim podlogama. Statistički značajne razlike iskazane su <sup>a</sup>.

Tip maske	N	$\bar{x} \pm SD$	Maks.	Min.
Kontrola (bez maske)	5	756 ± 51,28	840	700
Kirurška maska	5	660 ± 137,3	820	550
Pamučna maska	5	1212 ± 150,1 <sup>a</sup>	1330	950
FFP2 <sup>a</sup>	3	50 ± 26,46 <sup>b</sup>	70	20
FFP3 <sup>a</sup>	3	86,67 ± 46,19 <sup>b</sup>	140	60

<sup>a</sup> statistički značajno veće koncentracije u odnosu na kontrolu (P < 0,0001)

<sup>b</sup> statistički značajno manje koncentracije u odnosu na kontrolu (P < 0,0001)

Ispitana je i pojavnost plijesni u uzorcima zraka propuštenih kroz naličje kirurške i FFP2 maske (tablica 3.). Dobiveni rezultati upućuju na veću učinkovitost naličje a kirurške maske u zadržavanju vijabilnih čestica plijesni u odnosu na unutarnju stranu FFP2 maske (tablica 3.). Usporedbom rezultata iz tablice 3. s rezultatima iz tablice 2., jasno je da unutarnja strana kirurške maske ima veću učinkovitost zadržavanja vijabilnih čestica plijesni u odnosu na vanjsku stranu kirurške maske obzirom da je izmjerena koncentracija plijesni bila oko 16 puta manja u odnosu na rezultate dobivene propuštanjem zraka kroz vanjsku stranu maske. S druge strane, naličje FFP2 maske pokazalo se nešto slabije učinkovito u zadržavanju vijabilnih čestica plijesni s obzirom da je koncentracija vijabilnih

**Tablica 3.** ► Prikaz vrijednosti koncentracije vijabilnih plijesni u unutarnjem zraku (CFU/m<sup>3</sup>) uzorkovanog propuštanjem zraka kroz reverz maske. Vrijednosti su iskazane kao aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ) ± standardna devijacija, minimalna (min.) i maksimalna (maks.) vrijednost koncentracije, a odnose se na kolonije porasle na MEA hranjivim podlogama.

Tip maske	N	$\bar{x} \pm SD$	Maks.	Min.
FFP2	3	90 ± 85,44	180	10
Kirurška maska	3	40 ± 34,64	80	20

plijesni kod uzorkovanja reverzom maske bila oko 1,8 puta veća u odnosu na rezultate dobivene propuštanjem zraka kroz vanjsku stranu maske.

Usporedbom koncentracije plijesni u zraku (CFU/m<sup>3</sup>) izračunatih na temelju porasta kolonija na hranjivoj podlozi MEA nakon usisavanja zraka kroz pamučnu, kiruršku, FFP2 i FFP3 masku i koncentracije plijesni u kontrolnim uzorcima kod kojih je zrak direktno propušten na hranjivu podlogu, procijenjena je učinkovitost pojedine zaštitne maske. Pri tome veći postotak zadržavanja u odnosu na kontrolu odgovara većoj učinkovitosti zaštitne maske (tablica 4.).

**Tablica 4.** ► Procjena učinkovitosti pojedine zaštitne maske (%) s obzirom na udio zadržanih vijabilnih čestica plijesni u odnosu na kontrolno uzorkovanje zraka bez zaštitne maske

	Zadržavanje u odnosu na kontrolu		
	Vanjski zrak	Unutarnji zrak	Revers (unutarnji zrak)
Kirurška maska	60 %	13 %	89 %
Pamučna maska	27 %	-60 %	-
FFP2	94 %	93 %	95 %
FFP3	92 %	88 %	-

Dobiveni rezultati pokazuju da se učinkovitost FFP2 i FFP3 maske ne mijenja značajno ovisno o koncentraciji plijesni u zraku (vanjski ili unutarnji zrak), te uzimajući u obzir učinkovitost zadržavanja naličja maske (tablica 4.). Učinkovitost zadržavanja kirurške i pamučne maske, osim što je značajno niža u odnosu na FFP maske, varijabilna je s obzirom na koncentraciju plijesni u zraku (tablica 4.). No, zanimljivo je da naličje kirurške maske pokazuje dobru učinkovitost zadržavanja plijesni, tek 6 % nižu u odnosu na naličje FFP2 maske.

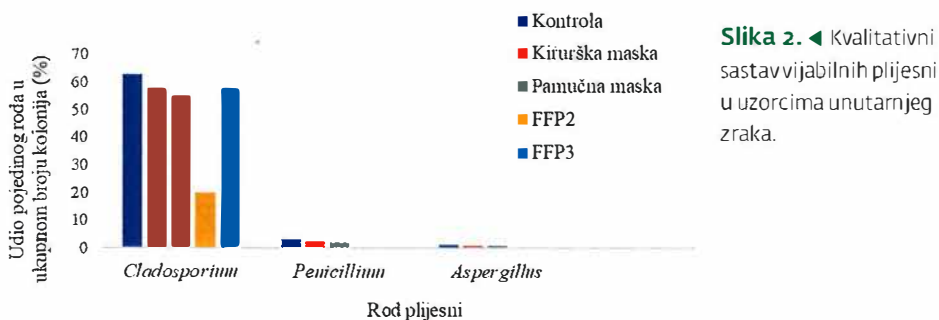
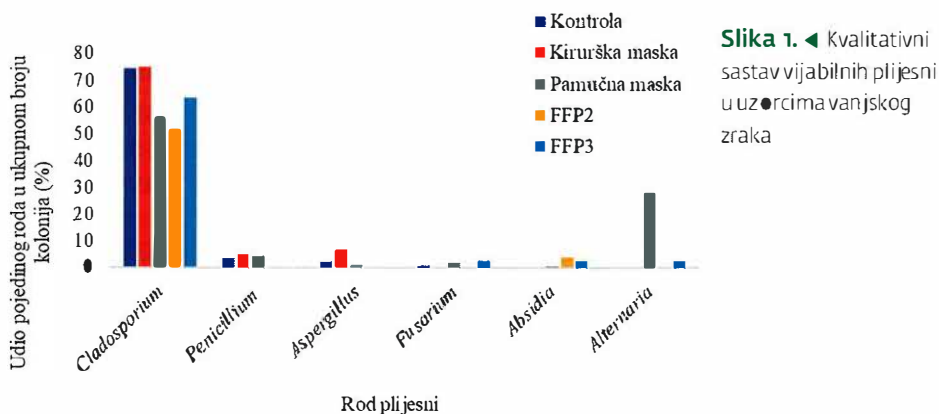
#### Kvalitativni sastav vijabilnih plijesni u uzorcima zraka

Analizom poraslih kolonija plijesni nakon inkubacije uočene su razlike u kvalitativnom sastavu plijesni s obzirom na mjesto uzorkovanja te upotrebu zaštitnih maski.

U vanjskom zraku identificirane su plijesni iz rodova: *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Absidia* i *Alternaria* (slika 1.). Primjena različitih tipova maski odrazila se na promjene bioraznolikosti poraslih plijesni. U uzorcima zraka propuštenima kroz pamučnu masku detektirani su svi rodovi kao u kontrolnom uzorkovanju, osim plijesni roda *Absidia*. Nešto manja bioraznolikost



utvrđena je primjenom kirurške maske te su identificirane plijesni pripadale rodovima *Cladosporium*, *Penicillium* i *Aspergillus* (slika 1.). Propuštanjem kroz FFP2 masku porasle plijesni odgovarale su rodovima *Cladosporium* i *Absidia* dok su nakon propuštanja kroz FFP3 masku porasle plijesni bile iz rodova *Cladosporium*, *Fusarium*, *Absidia* i *Alternaria* (slika 1.). U uzorcima unutarnjeg zraka gdje su koncentracije plijesni bile dvostruko niže u odnosu na vanjski zrak zabilježena je i manja bioraznolikost pa su u kontrolnim uzorcima identificirane plijesni iz rodova *Cladosporium*, *Penicillium* i *Aspergillus* (slika 2.). Plijesni rodova *Cladosporium*, *Aspergillus* i *Penicillium* identificirani su u uzorcima propuštenim kroz pamučnu i kiruršku masku, dok su u uzorcima propuštenim kroz FFP2 i FFP3 masku detektirane samo plijesni roda *Cladosporium* (slika 2.).



## Rasprava

Rezultati ovog istraživanja pokazali su razlike u kvantitativnom i kvalitativnom sastavu plijesni iz zraka poraslih na hranjivim podlogama nakon usisavanja zraka preko pamučne, kirurške, FFP2 i FFP3 maske te u kontrolnim uzorcima bez maske. Od početka pandemije COVID-19 provedeno je nekoliko istraživanja koja su se bavila ispitivanjem i propitivanjem učinkovitosti primjene zaštitnih i higijenskih maski (11–13), ali prema našem saznanju do sada nije provedeno istraživanje koje je ispitivalo propusnost maski za vijabilne čestice plijesni u zraku. Pojavom pandemije i uvođenjem obaveznog nošenja zaštitnih maski ljudi su sami izrađivati maske od različitih materijala koji su im bili dostupni kod kuće. Često su u pitanju bile stare tkanine i odjeća upitne čistoće. Osim što ovakve maske ne pružaju zaštitu od širenja infektivnih čestica, ovdje prikazani rezultati pokazuju da pamučne maske imaju vrlo slabu ili nikakvu učinkovitost zadržavanja vijabilnih čestica plijesni. Rezultati dobiveni za pamučnu masku nisu iznenađujući budući da je tekstil vrlo podložan razvoju plijesni, osobito u uvjetima pojačane vlažnosti (14). U ranijim istraživanjima utvrđeno je i kako celulozni materijali predstavljaju bogat izvor mikrobiote (15). Rezultati dobiveni za kiruršku masku s jedne strane upućuju na njenu relativno visoku razinu propusnosti za vijabilne čestice plijesni kroz vanjsku stranu, ali do 16 puta manju propusnost sa strane naličja. Ova opažanja govore u prilog primjeni kirurške maske u sprječavanju širenja infektivnih čestica u okoliš. Korištena kirurška maska prema deklaraciji zadržava više od 99 % bakterija, a rezultati ovoga istraživanja upućuju na zadržavanje 89 % vijabilnih čestica plijesni. Takvo odstupanje nije neočekivano s obzirom da plijesni otpuštaju u okoliš čestice koje mogu biti manje od 0,1  $\mu\text{m}$  (5), što je čak deset puta manje od veličine mnogih bakterija.

Rezultati istraživanja za respirator masku tipa FFP2 upućuju na usklađenost s deklariranim propisom i certifikatom obzirom na utvrđenu razinu zadržavanja vijabilnih čestica plijesni od 93–95 %. Iako bi zaštitna respirator-masku tipa FFP3 maska trebala još u većoj mjeri zadržavati mikočestice, u ovom istraživanju pokazana je do 11 % niža učinkovitost u odnosu na certificirani postotak filtracije od 99 %. Naime, FFP3 maska bi trebala sprječavati prolazak čak i finih čestica kao što je azbest čija je veličina 0,1–10  $\mu\text{m}$  (16,17). U istraživanju koje su proveli Santarsiero i suradnici (18) pokazano je da kirurške maske i ostale zaštitne maske/respiratori koji imaju mogućnost filtriranja čestica veličine 3  $\mu\text{m}$  s učinkovitosti između 90 % i 95 % predstavljaju najbolju zaštitu od inhalacije infektivnih čestica. Međutim, prema dostupnim istraživanjima aerodinamički promjer spora plijesni iznosi 2–4  $\mu\text{m}$ , ali pojedine vrste plijesni otpuštaju fragmente

veličine 0,3–1,3  $\mu\text{m}$  (19). Stoga se negativni učinci povezani s udisanjem plijesni mogu očekivati kod osjetljivih skupina ljudi s obzirom na koncentraciju plijesni u zraku u zatvorenom prostoru te s obzirom na imunosni status izložene osobe čak i kada se koriste zaštitne maske/respiratori.

Kvalitativna analiza je pokazala najveću zastupljenost plijesni iz rodova *Cladosporium*, *Penicillium* i *Aspergillus* što odgovara uobičajenoj mikrobioti vanjskog i unutarnjeg zraka. Najmanja bioraznolikost u vanjskom i unutarnjem zraku uočena je nakon primjene FFP2 maske, a porasle plijesni odgovarale su rodovima *Cladosporium* i *Absidia* dok vijabilni fragmenti plijesni roda *Aspergillus* i *Penicillium* nisu bili propušteni kroz ovaj tip zaštitnih maski. Iako se plijesni iz rodova *Cladosporium* i *Absidia* uglavnom ne povezuju s infekcijama, upravo ove vrste imaju visoki alergeni potencijal (8).

Imunokompromitirane osobe te osobe sklone alergijama trebale bi izbjegavati mjesta koja pogoduju umnažanju plijesni, primjerice zaprašena mjesta te zatvorene vlažne prostore. Prema preporukama Centra za prevenciju i kontrolu bolesti ovim osobama se preporuča nošenje FFP2 maske odnosno maske kineskog certifikata KN95 (20). Ovdje prikazani rezultati govore u prilog učinkovitosti FFP2 maski u zadržavanju vijabilnih čestica plijesni.

Rezultati istraživanja učinkovitosti zaštitnih maski u prevenciji širenja SARS-CoV-2 virusa osciliraju od vrlo učinkovitih do neučinkovitih (11, 13). Nužni preduvjet zaštitne uloge maske je odgovarajući način nošenja maske, odnosno prianjanje na lice osobe koja je nosi. Propuštanje maske na dijelovima koji ne prianjaju uz lice istražili su Xi i suradnici (21) čiji rezultati upućuju da se kod uobičajenog nošenja kirurške maske očekuje smanjeno zadržavanje čestica i do 60 % uslijed propuštanja na otvorima između maske i lica, osobito korijena nosa (21). Time se barem djelomično može objasniti oprečnost rezultata u ranije provedenim ispitivanjima učinkovitosti zaštitnih maski tijekom pandemije COVID-19. Ukoliko rezultate ovdje prikazanoga istraživanja ekstrapoliramo na stvarnu situaciju izloženosti ljudi plijesnima iz zraka za očekivati je sličnu varijaciju u zadržavanju pojedine maske uslijed propuštanja kroz nezaštićene dijelove lica, s obzirom da sama metodologija ovoga istraživanja isključuje mogućnost smanjenog zadržavanja maske uslijed lošeg prianjanja. Naime, zaštitne površine svih ispitanih maski u potpunosti su pokrivala površinu hranjivih podloga prilikom propuštanja zraka. Stoga dobiveni rezultati isključivo reflektiraju kvantitativni i kvalitativni sastav vijabilnih aeromikočestica koje su prošle kroz pore pojedine maske.

## Zaključak

Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da čestice plijesni promjera manjeg od veličine propisane deklaracijom mogu biti vijabilne, stoga bi takvo ispitivanje svakako trebalo biti obuhvaćeno u sklopu certificiranja zaštitnih maski, ovisno o njihovoj namjeni. Također treba uzeti u obzir materijale koji se koriste za izradu zaštitnih maski koji i sami mogu biti izvor vijabilnih čestica plijesni. Kako bi se dobiveni rezultati mogli preciznije interpretirati trebalo bi validirati metodu istraživanja tako da se najprije utvrdi potencijalna prisutnost nativne mikrobiote zaštitnih maski (kirurška, FFP maske), a zatim provede ovdje opisani postupak istraživanja s prethodno steriliziranim maskama i dijelovima uređaja za uzorkovanje zraka. Nadalje, treba uzeti u obzir i prijanjanje maske na lice i njen oblik pa bi validacijski protokol trebao uključivati postupak uzorkovanja zraka kroz specijalizirane membrane ili filtre koji po svojim karakteristikama odgovaraju kirurškim, FFP2 i FFP3 maskama. Predloženi postupak može se i optimizirati za ispitivanje novih materijala koji po svojim svojstvima ne bi imali mogućnost propuštati infektivne i/ili alergene čestice plijesni te bi kao takvi pružili učinkovitiju zaštitu ciljnim skupinama pacijenata.

## Sažetak

Početak pandemije COVID-19 i povećano nošenje maski u svrhu zaštite od virusa, potaknuli su pitanje zaštitnog utjecaja maski kod inhalacije različitih aerogenih čestica koje mogu štetno utjecati na zdravlje ljudi. Obzirom na široku rasprostranjenost, javnozdravstveni i ekonomski značaj, plijesni svakako predstavljaju dio zračnog ekosustava koji je važno istraživati.

Stoga smo u ovom radu ispitali propusnost kirurške maske, FFP2 i FFP3 maske za plijesni u unutarnjem i vanjskom zraku upotrebom uređaja za uzorkovanje zraka i odgovarajućih hranjivih podloga. S obzirom na učestalost primjene tijekom pandemije COVID-19, u ispitivanje je uvrštena i pamučna maska iako ne spada u konvencionalna zaštitna sredstva. Rezultati kvantitativne analize su pokazali kako u oba slučaja FFP2 maska najbolje zadržava vijabilne čestice plijesni u skladu s deklariranim propisom i certifikatom s obzirom na utvrđenu razinu zadržavanja vijabilnih čestica plijesni od 93–95 %. Iako bi zaštitna respirator-maski tipa FFP3 maska trebala još u većoj mjeri zadržavati mikočestice, u ovom istraživanju pokazana je do 11 % niža učinkovitost u odnosu na certificirani postotak filtracije od 99 %. Kirurška maska pokazala je 30–80 % slabiju učinkovitost u zadržavanju vijabilnih čestica plijesni, međutim zanimljivo je da naličje kirurške maske zadržava čak 89 % vijabilnih čestica plijesni. Ovakvi rezultati u skladu su s preporukom nošenja kirurške maske radi

smanjenja širenja potencijalno infektivnog aerosola. Sukladno očekivanju, pamučna maska nije imala značajnijeg utjecaja na zadržavanje aerogenih plijesni stoga je njezina uloga u zaštiti ljudi od štetnog utjecaja plijesni upitna.

Kvalitativna analiza mikromorfologije i makroskopskih obilježja poraslih kolonija plijesni pokazala je najveću zastupljenost plijesni iz rodova *Cladosporium*, *Aspergillus* i *Penicillium*. Dok pamučna i kirurška maska slično filtriraju različite rodove plijesni, FFP2 i FFP3 maska propuštale su samo plijesni iz roda *Cladosporium*. Za preciznu interpretaciju rezultata ovoga rada trebalo bi provesti istraživanje validiranim postupkom upotrebom sterilnih filtera prikladnijih za uređaj za uzorkovanje zraka, a da po svojim svojstvima odgovaraju kirurškoj, FFP2 i FFP3 maski. Metoda istraživanja može se i optimizirati za ispitivanje novih materijala sa svojstvima učinkovitijeg zadržavanja infektivnih i/ili alergeničkih čestica plijesni te bi kao takvi pružili učinkovitiju zaštitu ciljnim skupinama pacijenata.

Literatura – References

1. WHO Timeline – COVID-19, 2020., <http://www.who.int>, datum pristupa: 2.05.2022.
2. COVID-19: Priopćenje prvog slučaja, 2020., <https://www.hzjz.hr/>, datum pristupa: 2.05.2022.
3. Odluka o nužnoj mjeri obaveznog korištenja maski za lice ili medicinskih maski za vrijeme trajanja proglašene epidemije bolesti COVID-19, 2020, Zagreb, Narodne novine, broj 80 (NN/80/20), datum pristupa: 21.05.2022.
4. Ueki H, Furusawa Y, Iwatsuki-Horimoto K, Masaki M, Kabata H, Nishimura H, Kawaoka Y, and Imperiale MJ. Effectiveness of face masks in preventing airborne transmission of SARS-CoV-2. *mSphere*. 2020; 5:1–2.
5. Samson RA. Cellular constitution, water and nutritional needs, and secondary metabolites. U: *Environmental mycology and public health. Fungi and mycotoxins risk assessment and management*. Viegas C, Pinheiro AC, Sabino R, Viegas S, Brandao J, Verissimo C, urednici, str. 5–7, Elsevier, Oxford, 2016.
6. Shelton GB, Kirkland KH, Flanders WD, Morris GK. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in The United States. *Appl Environ Microbiol*. 2002; 68:1743–1753.
7. Jakšić D, Sertić M, Kifer D, Kocsube S, Mornar Turk A, Nigović B, Šarkanj B, Krška R, Sulyok M, Šegvić Klarić M. Fungi and their secondary metabolites in water-damaged indoors after a major flood event in eastern Croatia. *Indoor Air*. 2021; 31: 730–744.
8. Baxi SN, Portnoy JM, Larenas-Linnemann D, Phipatanakul W. Exposure and health effects of fungi on humans. *J. Allergy Clin*. 2016; 4: 396–404.
9. Jakšić D. Pojedinačni i kombinirani učinci mikotoksina i ekstrakata aerogenih *Aspergillus* vrsta plijesni u ljudskim staničnim linijama. str. 7–8, 43–44, Doktorski rad, Zagreb, 2016.

10. Samson RA, Houbraken J, Thrane U, Frisvald JC, Anderson B, Food and indoor fungi. CBS Laboratory manual series, Utrecht, The Netherlands, 2010.
11. Bundgaard H, Bundgaard JS, Raaschou-Pedersen DET, von Buchwald C, Todsén T, Norsk JB, Pries-Heje MM, Vissing CR, Nielsen PB, Winslow UC, et al. Effectiveness of adding a mask recommendation to other public health measures to prevent SARS-CoV-2 infection in Danish mask wearers: A randomized controlled trial. *Ann Intern Med.* 2021; 174: 335–343.
12. Van Der Westhuizen HM, Kotze K, Tonkin-Crine S, Gobat N, Greenhalgh T. Face coverings for COVID-19: from medical intervention to social practice. *BMJ* 2020; 370.
13. Abaluck J, Kwong, LH, Styczynski A, Haque A, Kabir MA, Bates-Jeffery E, Crawford E, Benjamin-Chun J, Raihan S, Rahman S, Benhachmi S, Binteé NZ, Winch PJ, Hossain M, Reza HM, Jaber AA, Momen SG, Rahman A, Banti FL, Huq TS, Luby SP, Mobarak, AM. Impact of community masking on COVID-19: A cluster-randomized trial in Bangladesh. *Science* 2022; 375.
14. Pieckova E. Domestic environment. Indoor mycobiota as a public health risk factor. U: *Environmental mycology and public health. Fungi and mycotoxins risk assessment and management.* Viegas C, Pinheiro AC, Sabino R, Viegas S, Brandao J, Verissimo C, urednici, Elsevier, Oxford, 2016; 129–144.
15. Marušić K, Šegvić Klarić M, Sinčić L, Pucić I, Mihaljević B. Combined effects of gamma-irradiation, dose rate and mycobiota activity on cultural heritage – Study on model paper. *Radiat Phys Chem.* 2020; 170:108641.
16. Kenneth KWL, Joussem AM, Kwan JKC, Steel DHW. FFP3, FFP2, N95, surgical masks and respirators: what should we be wearing for ophthalmic surgery in the COVID-19 pandemic? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2020; 258:1587–1589.
17. Lee BU. Minimum sizes of respiratory particles carrying SARS-CoV-2 and the possibility of aerosol generation. *Int J Environ.* 2020; 17:6960.
18. Santarsiero A, Ciambelli P, Donsi G, Quadrini F, Briancesco R, D'Alessandro D, Fara GM. Face masks. Technical, technological and functional characteristics and hygienic-sanitary aspects related to the use of filtering mask in the community. *Ann Ig.* 2020; 32: 472–520.
19. Madsen AM, Larsen ST, Koponen IK, Kling KI, Barooni A, Karottki DG, Tendal K, Wolkoff P. Generation and characterization of indoor fungal aerosols for inhalation studies. *Appl Environ Microbiol.* 2016; 82:2479–2493.
20. CDC: Aspergillosis, 2021., <https://www.cdc.gov/fungal/diseases/aspergillosis>, datum pristupa: 9.06.2022.
21. Xi J, Barari K, Si XA, Abdollahzadeh Jamalabadi MY, Park JH, Rein M. Inspiratory leakage flow fraction for surgical masks with varying gaps and filter materials. *Phys Fluids* 2022; 34: 041908.

Primitljeno 27. lipnja 2022.