

Inovativni održivi modni materijali iz micelija gljiva

Sara Strgačić, mag. ing. des. text.¹

dr. sc. Petra Krpan²

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,

¹Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju

²Zavod za dizajn tekstila i odjeće

Zagreb, Hrvatska

E-mail: sara.strgacic@tff.unizg.hr, petra.krpan@tff.unizg.hr

Prispjelo 25. 8. 2022.

UDK 677:582.28

Pregled

*Prevelika i nepotrebna potrošnja, eksploatacija dobara i usluga, iziskuje sve veću ponudu i proizvodnju tekstilnih i modnih proizvoda na neodrživ način. Tekstilna i modna industrija su pri vrhu najvećih zagađivača okoliša te se stoga sve više okreću alternativnim izvorima u procesu proizvodnje materijala. Rast broja sveukupnog stanovništva iziskuje potragu za novim, odnosno inovativnim materijalima pri čemu je održivost čitavog procesa postala imperativ. Kako bi cjelokupno društvo imalo pozitivan učinak na okoliš, kao i povećanje ekološke svijesti, uz istovremeno ispunjavanje cjelokupnih potreba suvremenog društva, potreban je interdisciplinarni pristup koji uključuje suradnju između modnih dizajnera, znanstvenika, tehnologa i teoretičara. Kao rezultat takve sinergije, razvijaju se i stvaraju različiti inovativni materijali koji zadovoljavaju potrebe novog tržišta koje je svjesno važnosti održive mode. Jedan od takvih novih materijala, jest materijal iz micelija gljiva. Taj se materijal nalazi na granici živog i neživog, a pojavljuje se kao odgovor na trenutno stanje na tržištu suvremene mode u kojem je naglasak stavljen na ispunjavanje zahtjeva održive mode. Upravo zbog pojedinih izvrsnih svojstava novorazvijenih materijala prirodnog podrijetla poput biorazgradivosti, biokompatibilnosti i održive proizvodnje predviđa se njihova rasprostranjenija uporaba u budućnosti. **Ključne riječi:** održiva moda, materijali iz micelija gljiva, SCOBY koža, veganska koža*

1. Uvod

Rast i razvoj tehnologije obilježili su 21. stoljeće, tehnološke promjene nastupaju sve brže, a te su promjene jasno vidljive u tekstilnoj i modnoj industriji. Svijet se u potpunosti digitalizirao što za sobom povlači ne samo tehnološka, već društvena i moralna pitanja. U trenutku kada društvo prelazi iz analognog doba u

digitalno, vidljive su značajne promjene koje utječu na formiranje društva, pojedinca, a potom mode, odijevanja i stila. Moda je, posebno u području sociologije mode, vezana uz razvoj društva i konstrukciju modnoga stila pojedinca. Suvremena moda, nakon 1990-ih godina 20. stoljeća donijela je novo razmišljanje, posebno u razvoju tkanina i alternativnih materijala. Ovaj proces započet je

prije razvoja inovativnih materijala od micelija koji već postoje na tržištu, s japanskom dekonstrukcijom na Zapadu već 1980-ih godina 20. stoljeća. Japanski modni dizajneri rano su uvidjeli važnost taktalnog elementa pri stvaranju odjevnog predmeta te su iskoristili tradiciju izrade tkanina i materijala u svojoj kulturi. Razmišljanje o alternativnim načinima izrade tkanina, a potom i raznih

materijala, proizlazi iz misli o ručnoj izradi i sporijem načinu stvaranja. Estetika takvih materijala, dovodi do inovativnih, eksperimentalnih rješenja u modnoj, ali i drugim industrijama. Materijal postaje temeljna jedinica koja oblikuje izgled odjevnog predmeta, ali i njegovo korištenje. Pojasnit ćemo ovaj element korištenja u daljnjim poglavljima.

Nadalje, suvremene modne prakse sve više koriste nove tehnologije kao neizostavan stvaralački element dok istovremeno žele stvarati modu na održiv način. Vidljivo je to na primjeru nizozemske modne dizajnerice Iris van Herpen, koja je uvela alternativne materijale u visoku modu. Van Herpen koristi raznolike tehnologije kao umjetnički alat pri kreiranju njezinih skulpturalnih modnih objekata [1-2]. Sve se više postavlja pitanje alternativnih načina razvijanja mode i modne industrije, s obzirom na to da upravo ta industrija uvelike zagađuje okoliš i okolinu. Prema podacima Studije o sustavu sakupljanja, zbrinjavanja i uporabe tekstilnog otpada s prijedlozima početnih akcija u Republici Hrvatskoj iz 2013. [3], koja je izrađena na inicijativu Fonda za zaštitu okoliša, tekstilni otpad najvećim dijelom nastaje kao posljedica odbacivanja iznošene ili nepoželjne odjeće ili tekstilnih proizvoda (posteljina, pokrivači, tepisi i sl.). Osim iznošene odjeće i obuće koja završava na otpadu postoji i odjeća iz trgovina koja je ostala zbog kašnjenja plasiranja sezonskih kolekcija na tržište, loše procjene plasmata, izlaska iz mode proizvedene odjeće i sl. U tu skupinu se ubraja i nova odjeća koja je nakon sezonskih rasprodaja ostala neprodana, te se izdvaja radi rasterećenja skladišta. Posljedično, znanstvenici, tehnolozi i dizajneri posežu za novim rješenjima i održivim izvorima primarnih sirovina za izradu vlakana, poput micelija gljiva [4-5]. Ovaj rad ima za cilj

ukazati na nove i korisne mogućnosti korištenja micelija u tekstilnoj i modnoj industriji, koristeći alternativne načine stvaranja novog materijala. Fungus materijal koristi se u modnoj industriji pri izradi modnih dodataka poput šešira i torbi, ali je njegova upotreba proširena i na automobilsku industriju, u svrhu očuvanja okoliša i okoline.

Sve brže izmjene novih tehnologija i daljnjeg razvoja globalnog društva u velikoj mjeri utječu na tekstilnu i modnu industriju. Modna industrija prepoznaje, ali i stvara društvene, tehnološke i kulturalne promjene. Modna industrija današnjice se još uvijek u velikom broju slučajeva karakterizira kao brza moda (engl. *fast fashion*) koju karakterizira brzi izlazak novih modela na tržište, no ona dovodi cjelokupno društvo u stanje neodrživosti. Neprestana i sve brža promjena trendova, manipulacija tržišta i izrabljivanje radne snage samo su neki od značajnih izazova i problema modne industrije. Brzi aspekt potrošnje prvenstveno je problem za okoliš kada se radi u masovnim razmjerima. Većina tvornica koje proizvode brzu modu karakteriziraju niske plaće, težak fizički rad te nesigurni radni uvjeti opasni po život. Problem brze mode leži i u smanjenoj kvaliteti odjevnih predmeta, nekontroliranim uvjetima njene izrade te nemogućnosti transparentnog poslovanja. Iz toga razloga, na tržištu danas postoje novi, alternativni i manje štetni načini poslovanja, posebno kada se radi o modnom i produkt dizajnu.

Kao odgovor na brzu modu, posebno u zadnje tri godine od nastanka pandemije COVID-19, budi se želja povratku prirodi, upotrebi prirodnih ili prirodnijih tkanina i materijala te sporijem stvaranju mode. Proizvodnja manjih serija, upotreba biranih materijala, unikatni odjevni predmeti, kontrolirani rad radnika, samo su

neke od karakteristika spore mode (engl. *slow fashion*). Karakteristike održive mode poklapaju se s filozofijom spore mode u tome što ekološke i etičke kvalitete rada imaju prioritet. Spora moda zagovara poštene i sigurne uvjete rada, biološku i kulturnu raznolikost, prepoznaje važnost globalnih resursa te stvara jedinstvene i unikatne odjevne i modne proizvode. Pojam spore mode povezuje se sa britanskom aktivisticom i znanstvenicom Kate Fletcher [6]. Prateći fenomen pokreta spore hrane (engl. *slow food*) ona je uvidjela potrebu za sporijim načinom rada u modnoj industriji. Spora mode potiče razinu svijesti o procesu proizvodnje i njegovim utjecajima na tokove resursa, radnika, zajednica i ekosustava. Spora moda zagovara kvalitetu i trajnost proizvoda, tradicionalne proizvodne tehnike i dizajnerske koncepte koji nisu nužno sezonski. Naglasak se stavlja na trajnost proizvoda, na estetsku, ali emocionalnu poveznicu s predmetom. Jedan od najranijih modnih brendova koji je stekao svjetsku slavu s jasnim fokusom na sporu modu jest američko-japanski brend People Tree [7]. Ostale tvrtke koje su dio pokreta za održivost su OhSevenDays sa sjedištem u Turskoj, Kowtow specijaliziran za žensku odjeću koji koristi pamuk s netoksičnim bojilima za izradu svoje odjeće. Potom, TwoThirds koji koriste sustav prednarudžbe kako bi precizno znali koliko komada moraju naručiti te tako smanjuju količinu otpada. Francuski brend Sezane također ima transparentnu politiku korištenja tekstilnih materijala. Na njihovim internetskim stranicama jasno su naznačeni načini rada njihovih studija diljem svijeta te kako nastaju njihovi materijali [8-11]. Nadalje, javlja se i kritičnost naspram korištenja i poticanja brze mode, svjesnost o uvjetima rada primarno radnica i djece u tvornicama diljem svijeta.

Posljedično, suvremeni modni dizajneri sve više napuštaju ustaljeni obrazac brze mode i svoj rad posvećuju ekološki prihvatljivijoj varijanti procesa stvaranja. Kao kupci, okrećemo se sve više održivom dizajnu – dizajnu stvorenom za čovjeka i njegove potrebe, ali bez ugrožavanja okoliša. Održiva moda je pokret i proces poticanja promjene modnih proizvoda i modnog sustava prema većem ekološkom integritetu i društvenoj pravdi. Održiva moda ne tiče se samo modnog tekstila ili proizvoda, nego se bavi cjelokupnim načinom na koji se proizvodi odjevni predmet, tko je proizvodi i koliko dugo traje životni vijek proizvoda prije nego što stigne na odlagalište. Održiva moda potiče korištenje lokalno proizvedenih, biorazgrađivih tkanina koje imaju malo ili nimalo štetnih učinaka na okoliš kao što je fungus materijal. Ovaj održivi pokret bori se za smanjenje ugljičnog otiska (eng. *carbon footprint*) smanjenjem emisija CO₂ i drugih stakleničkih plinova čime podržavaju inicijative protiv zagađenja zraka i ukupnih klimatskih promjena. Održiva moda ima izravnu ulogu u pozitivnom utjecaju na klimatsku krizu, boreći se protiv pogubnih učinaka brze mode na okoliš, okolinu i čovjeka. Modni dizajneri surađuju s brojnim znanstvenicima i tehnolozima te zahvaljujući takvoj sinergiji nastaju inovacije i rješenja od iznimne važnosti za budućnost modnog i tekstilnog dizajna. Također, suvremena moda sve više postaje sinergija mode i novih tehnologija ili fashionable technology, naglašavajući interdisciplinarnost kao neizostavnu stavku budućnosti mode [12-13]. Nekađašnja vizija mode, kako su je precizno odredili francuski postmoderni teoretičari mode Gilles Lipovetsky i Jean Baudrillard, danas postaje stvarnost. Moda dolazi do svojevrsnog kraja, ali se revitalizira i reciklira. Suvremena

moda izmjenjuje se u ciklusima, vrtoglavog je karaktera, djeluje na postojeće društvene, kulturalne i političke promjene, ali ih i stvara. Moda se više ne promatra kao slika, već se radi o procesu tijela u suradnji s tehnologijom novih medija [14].

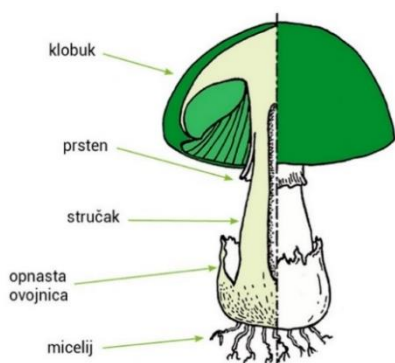
Na tržište se uvode novi materijali koji osim što mijenjaju modnu i tekstilnu industriju, utječu i na promjenu potrošačke svijesti u vidu sve većeg broja ekološki osviještenih pojedinaca. Takve materijale često pronalazimo u prirodi, ali do sada njihov potencijal nije bio u centru pažnje modne i tekstilne industrije. Dobri primjeri iz prakse su materijali: vlakana iz naranče [15], materijali iz fermentiranog vina i materijali iz micelija gljiva [16]. Radi navedenih izazova i ozbiljne okolišne situacije u kojoj se danas nalaze tekstilna i modna industrija, ovaj rad ima za cilj ukazati na dobiti upotrebe micelija iz gljiva kao alternativnog, inovativnog i sigurnog načina izrade materijala. Također, ovim radom želi se staviti naglasak na nova istraživanja u tekstilnoj industriji, s obzirom da micelij gljive predstavlja još uvijek nedovoljno istraženo područje te kao takav budi znatiželju za daljnjim istraživanjima ove misteriozne mreže.

2. Carstvo gljiva

Za razumijevanje što su gljive, nužno je objasniti njihovu anatomiju i fiziologiju, a naposljetku i sami proces nastajanja materijala iz micelija gljiva. Lat. *fungus* (hrv. gljiva) označava carstvo gljiva koje obuhvaća preko 144 000 vrsta gljiva, kvasaca i plijesni. Pretpostavlja se da na svijetu postoji više od milijun vrsta gljiva i njihova starost se procjenjuje na 1300 milijuna godina. Danas se, kao i milijunima godina unazad, nalaze na granici žive i nežive prirode [17-21]. Prema Hawksworthu i

Kirku, oko 80 000 do 120 000 vrsta gljiva je otkriveno do 2001. godine, a znanstvenici i dalje otkrivaju nove vrste u raznolikom carstvu gljiva. Budući da su gljive raznolike i mnogobrojne, njihovo opsežno istraživanje traje do danas te one predstavljaju najmanje istraženo područje bioraznolikosti [22, 23]. Stoga je vrlo važna pravilna dokumentacija gljiva, jer postoje mnoge neistražene i neimenovane vrste. Poput životinja, gljive su heterotrofi, što znači da primaju svoje hranjive tvari kroz apsorpciju i oslanjaju se na druge organizme koji posjeduju hranjive tvari. Uzimajući u obzir značajnu genetsku vezu između flore, faune i gljiva, bliži smo gljivama nego biljkama. Jednostanične gljive su isključivo kvasci, dok su sve ostale nitaste gljive višestanični organizmi. Nitaste gljive imaju hife koje su gljivične stanice koje se granaju i stvaraju mrežu niti koje se formiraju u micelije. Taj se micelij smatra podzemnim „internetom“ odnosno šumom u kojoj se izmjenjuju hranjive tvari, voda i informacije. Na taj način funkcionira „arhitektura carstva gljiva“. Raznolikost micelija unutar šume ključna je za opstanak endemskih vrsta u njihovim izvornim ekosustavima. Micelij se širi po vrhovima korijena drveća, upijajući šećere. Ovaj simbiotski odnos poznat je kao mikoriza (grč. *μυκόσ* – *mykós* = gljiva + *ρίζα* – *riza* = korijenje) ili mikorizna mreža [24]. Zdravlje šume ovisi o ovim mikoriznim mrežama. Postoje mnoge vrste gljiva identificirane u njihovoj podršci i olakšavanju otpornosti drveća na okolišne stresne faktore (toksine, predatore i patogene mikrobe). Poznato je da su drveća najstariji živi organizmi na zemlji, no bez podzemne potpore svojih gljivičnih srodnika drveće ne bi moglo skladištiti ugljik u svojim deblima te stvarati kisik [25]. Bez carstva gljiva, cjelokupni šumski život ne bi bio moguć.

2.1. Anatomija gljiva



Sl.1 Anatomija gljive [26]

Zbog svoje građe, ovo se zasebno carstvo nikako ne smije uspoređivati s biljkama. Gljive su heterotrofni organizmi, hrane se organskim tvarima i kao takvi, za razliku od većine biljaka, mogu obitavati na mračnim mjestima.

Svaka gljiva posjeduje specifičnu građu, no građa većine gljiva prikazana je na sl.1. Dijelovi koji se prvi uočavaju su klobuk i stručak. Boja i oblik klobuka te položaj stručka razlikuju se ovisno o vrsti gljive. Donju stranu klobuka nazivamo himenij (može biti sastavljen od listića, uskih cjevčica ili bodljika, pa se odmah može znati kojoj vrsti gljiva pripada [27]. Svi vidljivi dijelovi gljive iznad zemlje, odnosno micelija predstavljaju tzv. Plo-dište.

2.1.1. Micelij gljiva

Ispod plodišta, na dnu strukture nalazi se micelij, temeljni dio koji po mnogočemu podsjeća na korijen biljke te iz kojeg izrasta i sama gljiva. Vegetativni je dio gljive i služi za njeno daljnje razmnožavanje i najčešće je bijele boje. Nastaje iz spora, sitnih zrnaca smještenih s donje strane klobuka (himenij). Njihovim otpuštanjem te padanjem na tlo, spore klijaju i u povoljnim uvjetima razvijaju micelij [28]. Micelij gljiva (sl.2) sastoji se od mreže tankih bijelih filamenata koje nazivamo hifama. Hife su ujedno i osnovne stanice micelija.

Mogu se vidjeti golim okom ili tek prilikom procesa mikroskopiranja [29-30]. Takve razgranate niti micelija zapravo su sustavi za opskrbu gljiva potrebnim, organskim tvarima. Zahvaljujući upravo mrežastoj strukturi i međusobnoj povezanosti gljive potencijalno predstavljaju najveći organizam na svijetu i neiscrpni izvor novih materijala prirodnog podrijetla [32-33].



Sl.2 Micelij gljiva [31]

Na tržištu postoje dvije vrste koža koje zamjenjuju životinjsku kožu. To su umjetna koža (često nazivana i eko-kožom) te veganska koža. Eko-koža najčešće je izrađena od poliestera (PES) koji se potom obavlja poliuretanom (PU) ili polivinil kloridom (PVC) [34]. Osnovna sirovina za proizvodnju veganske kože upravo je micelij gljiva. Uz pomoć biotehnologije stvara se novi održivi i ekološki prihvatljivi materijal [35-36].

Zbog takve funkcije u modeliranju modne industrije današnjice, micelij gljiva i njegova funkcija su opsežnije opisani u ovome radu.

2.2. Uzgoj i primjena gljiva

Upravo zbog zahtjeva odzivnosti gljive uživaju sve veću popularnost, a kultiviraju se sve više i u kućnoj radinosti. Tehnologija uzgoja gljiva danas je dostupna svima, a princip uzgoja vrlo je jednostavan – iz nahranjenog micelija izrastaju gljive. Zasijavanje micelija se vrši nakon što se kompost ohladi te se nakon 15-tak dana prorastanja micelija na temperaturi 20-22 °C i pri relativ-

noj vlažnosti zraka 90-95%, supstrat prekriva zemljom u visini 3-5 cm. Uzgoj se može vršiti na posebno pripremljenim supstratima, na drvenim oblicama i u vrećama. Proraštanje micelija se vrlo jednostavno regulira klimatskim uređajima te kada se utvrdi da je masa komposta proraštena do 2 mm ispod površine pokrovnog sloja, slijedi proces plodonošenja. Micelij se hrani obično piljevinom ili slamom u posebnim polipropilenskim vrećicama (sl.3) koje se mogu naručiti preko uobičajenih web-shop servisa [37]. U posljednje vrijeme istražuju se različite vrste biomase i biotpada koji bi poslužili kao podloga za kultivaciju gljiva [38].



Sl.3 Uzgoj gljiva u polipropilenskim vrećicama [39]

Svakako, prije samog uzgoja gljiva treba se educirati i adekvatno opremiti, a pri tome je najvažnije znati razlikovati toksične gljive od upotrebljivih te paziti da prilikom uzgoja ne dođe do nastajanja opasnih spojeva na dobroćudnim vrstama gljiva.

Od smrtonosnih gljiva u literaturi se obično ističu muhara (lat. *Amanita Muscaria*) (sl.4) te



Sl.4 Gljiva muhara (lat. *Amanita Muscaria*) [41]



Sl.5 Gljiva zelena pupavka
(lat. *Amanita phalloides*) [42]

zelena pupavka (lat. *Amanita phalloides*) (sl.5) koja je odgovorna za najveći broj smrti na Zemlji, a letalna doza iznosi svega 2 – 3 g gljive [40].

3. Proizvodnja kože iz micelij gljiva

Jedan od značajnih zagađivača okoliša je i mesna industrija, a također i industrija kože koja je s njom je usko povezana. Kada se toj činjenici pridodaju moralni razlozi, postaje jasno kako je proizvodnja kože iz gljiva, ekološki prihvatljivija proizvodnja nego proizvodnja standardne kože. Koža je materijal koji dolazi od životinje, živog organizma, a protiv prirodne razgradnje obrađuje se različitim kancerogenim kemikalijama u tvornicama u kojima često radi potplaćena radna snaga te u tvornicama koje su smještene unutar ili blizu naseljenih sredina. Proizvodnja kože uvelike narušava ljudsko zdravlje i šteti okolišu, uništavajući pritom i flor i faunu [43].

Za proizvodnju veganske kože koja je u skladu s načelima eko dizajna, moguće je primijeniti micelij gljive bukovače (lat. *Pleurotus ostreatus*) (sl. 6). Ovu gljivu ubrajamo u skupinu jestivih gljiva, visoke nutritivne vrijednosti s određenim ljekovitim svojstvima. Dodatne prednosti uzgoja bukovača su: mogućnost uzgoja tokom cijele godine, odličan rast na malom prostoru te mogućnost

prilagodbe različitim klimatskim uvjetima [44-45].

Američka tvrtka Mycoworks od 2013. godine stvara i stavlja na tržište različite proizvode od kože nastale iz gljiva [47]. Takav se materijal već koristi za obuću, automobile i baterije, no u budućnosti isti može biti široko primjenjiv za odjeću ili proizvode za interijere. Upravo iz tog razloga se ovakvi proizvodi nazivaju veganskom kožom, ekološki prihvatljivom kožom ili „reishi“ kožom. Reishi gljiva je poznata po svojim ljekovitim svojstvima i vrlo je zastupljena u kineskoj tradicionalnoj medicini [48-49].



Sl.6 Gljiva bukovača
(lat. *Pleurotus ostreatus*) [46]

Proces proizvodnje veganske kože u tvrtki MycoWorks usporediv je s ranije opisanom načinom uzgoja gljiva u vrećicama. Mješavina micelij stavlja se u posude gdje sazrijeva 3-7 dana nakon čega dolazi do stvaranja guste mreže micelij koja formira materijal nalik koži. Nastali materijal može se bojadirati u različite boje, a različitim obradama se mogu dobiti i raznolike teksture materijala [50].



Sl.7 Veganska koža u različitim bojama uz slogan američke tvrtke MycoWorks [50]

4. Micelij i moda - primjeri dobre prakse

Podatke o značaju i velikom utjecaju micelij na umjetnost, prvi je istaknuo američki umjetnik Philip Ross koji je predstavio dotada neviđene skulpture izrađene upravo iz materijala od micelij gljiva koji pomoću bio-inženjeringa prerasta u različite strukturne oblike (sl.8).



Sl.8 Philip Ross, *Mycotecture*, 2009. [51]

Gotovo vizionarski, Ross je prvi umjetnik koji koristi napola živuće materijale za izradu raznolikih voluminoznih skulptura. Ross je ujedno i suosnivač tvrtke MycoWorks što je snažan pokazatelj važnosti interdisciplinarnosti različitih i podijeljenih svjetova, umjetnosti i dizajna te znanosti općenito [51].

Na sličnom tragu, modna kolekcija 9/14/1615 belgijskog suvremenog modnog dizajnera Martina Margiele iz 1997. godine prikazuje inovativni eksperiment na tkaninama i odjevnim predmetima. Margiela koristi bakterije i kvasce na tkaninama u kontroliranim uvjetima i izlaže cjelokupnu kolekciju u muzeju u Rotterdamu. Zanimanje za utjecaj bakterija i kvasaca prvi je naznačio Margiela, u duhu suvremenih modnih praksa. Od početka 1990-ih, suvremena moda sve više eksperimentira s materijalima, ali i s načinima prezentacije. Nadalje, odjevni predmeti izrađeni od micelij gljiva dugi se niz godina izrađuju na području Transilvanije u središnjoj Rumunjskoj. Na ovom području su vrlo popularni tzv. amadou

šeširi (sl.9), izrađeni od micelija gljiva. Zahvaljujući američkom mikologu Paulu Stametsu, šeširi su postali popularni i dostupni široj javnosti [52].



Sl. 9 Amadou šešir [53]

Iz višegodišnje suradnje tvrtke MycoWorks s francuskom tvrtkom Hermès, nastaje inovativan modni dodatak, odnosno prva torba od kože iz gljiva (sl.10). Vrlo je važno da etablirani, poznati i luksuzni brendovi prihvaćaju i podržavaju ovakve inovacije kako bi svojim kupcima i konkurentima pružili pozitivan primjer korištenjem održivih i biorazgradivih materijala [54].



Sl.10 Torba Hermès Victoria, 2021. [55]

Osim modne industrije, veganska koža svoju bi primjenu mogla pronaći i u drugim područjima, na primjer u produktu dizajn raznovidnih ambalaža ili u automobilske industriji. Na primjer, tvrtka Materials Experience Lab okuplja znanstvenike i stručnjake iz cijelog svijeta koji zajedno razvijaju

različite kompozitne materijale koji uključuju micelij gljiva stvarajući na taj način različite proizvode od kojih se u ovom kontekstu ističe ambalaža za vino (sl.11) koja se razvija i razgrađuje zajedno s proizvodom i simbolično prati proces starenja vina [56-57].



Sl.11 Ambalaža tvrtke *Material Experience Lab* [58]

5. Kombucha čaj i SCOBY kultura bakterija i kvasaca

Kombucha je stari prirodni napitak za kojeg mnogi od davnina vjeruju da ima ljekovita svojstva. Kombucha se dobiva fermentacijom koja se odvija u čaju. Podrijetlom je iz Kine, gdje se koristi već dvije tisuće godina, no danas je, prvenstveno zahvaljujući lakom razmnožavanju, rasprostranjena diljem svijeta. Nazivaju je još i indijskom, kineskom, japanskom i ruskom gljivom što najbolje svjedoči njenoj širokoj uporabi.

U stručnoj literaturi najčešće se susreće kratica SCOBY (engl. *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) koji opisuje materijal, odnosno celulozni film (sl.12) koji se stvara na površini posude za fermentaciju prilikom pripreme kombucha čaja. S obzirom da se radi o simbiozi bakterija i kvasaca i ovaj se materijal po svom podrijetlu može svrstati u fungus carstvo [59-62].



Sl.12 SCOBY koža [63]

5.1. Proizvodnja SCOBY kože

Uzgoj SCOBY kulture bakterija i plijesni lako se provodi kod kuće uz poštivanje svega nekoliko jasnih pravila. Točnije, nužno je izbjegavati izlaganje SCOBY kulture suncu ili bilo kakvim insektima, mikroorganizmima i sl. Priprema i održavanje staklenki za proizvodnju čaja/materijala mora biti u potpunosti sterilna. Posude za uzgoj nipošto ne smiju biti plastične jer se u protivnom SCOBY kultura može razboljeti što rezultira pojavom tzv. crnog madeža na površini kolonije.

Priprema materijala se odvija u nekoliko faza:

1. Priprema čaja (crni ili zeleni) i hlađenje na sobnoj temperaturi
2. Dodatak 15% prethodno fermentirane Kombuche (mješavini čaja i mikroorganizama iz kojih može nastati nova kolonija) u
3. Dodatak 50 g/L šećera (bakterije i kvasci se hrane šećerom, pa će veći unos šećera označiti i brži rast cjelokupne kolonije)
4. Odležavanje tekućine u tamnim uvjetima (pokriveno prirodnim tkanim tekstilnim materijalom za zaštitu od kukaca, insekata i mikroorganizama).
5. Formiranje SCOBY filma na površini tekućine. Opseg otvora staklenke ujedno je i opseg formiranog materijala te pri odabiru staklenke valja uzeti željenu veličinu proizvoda [64].

U kontekstu ovog rada, postupak proizvodnje materijala je proveden sukladno gore navedenoj proceduri, a pojedini parametri

kao volumen staklenke, masa šećera i temperatura nemaju preveliku ulogu u formaciji SCOBY kože. Najvažniji parametri u postupku uzgoja ovakvog tipa materijala su čistoća i korištenje zdravih kultura.

Uzgoj SCOBY kulture (sl.13) odvija se eksponencijalno, odnosno od fermentirane dvije, u sljedećoj fermentaciji nastaju četiri kolonije itd. Fermentirane kolonije koje su završile prvotni proces iziskuju i sušenje, što je vrlo dugotrajan proces koji može potrajati i do dva mjeseca.



Sl.13 SCOBY kultura bakterija i kvasaca [65]

Na sl.14 prikaz je proizvedenih malih, osušenih kružnih komadića SCOBY kože spremnih za daljnju obradu. Osušeni SCOBY kultura raste čvrstoća, ali im se smanjuje elastičnost. Iako je moguće provesti međusobno spajanje manjih uzoraka, kao i njihovo oplemenjivanje npr. bojadisanje, najveći problem predstavlja neu-



Sl.14 Osušeni komadići SCOBY kože



Sl.15 Ženski prsluk izrađen od SCOBY kože (Muzej znanosti, London, Velika Britanija) [69]

godan miris koji zaostaje i nakon završetka procesa fermentacije i sušenja. Ta problematika predstavlja najveći izazov u budućim istraživanjima i daljnjem razvoju SCOBY kože kao alternative standardnim proizvodima od kože [67-68].

Najstariji proizvodi od SCOBY kože već zauzimaju mjesto u pojedinim muzejima, institutima i sl. (sl.15 i 16) [69].

S obzirom da umjetnost, za razliku od dizajna, ne mora nužno imati uporabnu svrhu, materijal koji odlikuje intenzivni neugodni miris može biti čak poželjni medij za izražavanje. U literaturi se mogu pronaći različita umjetnička djela (uglavnom skulpture) stvorena upravo pomoću SCOBY kulture bakterija i kvasaca [70].

6. Zaključak

Uzgoj gljiva je danas sve popularniji i profitabilniji. Najčešće se gljive uzgajaju u prehrambene svrhe, a manje za sirovinu za proizvodnju alternativnih materijala. Mali proizvođači ostvaruju pozitivne financijske rezultate nudeći tržištu sve širi asortiman hranidbenih proizvoda (šampinjoni, vrganji, bukovače i tartufi).



Sl.16 *Kaspar*, Nole Giulini, 1996. [71]

Osim u prehrambene, gljive se koriste i u medicinske svrhe pa tako postoje i različiti preparati, tinkture i sl. Njihovo se djelovanje navodi kao protupalno, antioksidativno, antimikrobno, a sve se više istražuju u liječenju tumora onkoloških pacijenata [72]. Osim široke potencijalne primjene gljiva za različite industrijske svrhe, najnovija istraživanja pokazuju da su gljive učinkovite u filtraciji vode i kontroli onečišćenja okoliša zbog velike sposobnosti apsorpcije i razgradnje različitih zagađi-

vača. To je činjenica koja upućuje na visoki stupanj održivosti ovakve opcije proizvodnog procesa pogotovo kad uzmemo u obzir tekstilnu industriju kao jednu od najvećih zagađivača okoliša, prvenstveno uzimajući u obzir količinu otpadnih voda [73-74].

Razvoj znanosti i tehnologije značajno utječe i na razvoj novih materijala. Inovacije na tržištu mijenjaju modnu i tekstilnu industriju povećavajući njenu održivost. Modna i tekstilna industrija sve više teže održivosti i očuvanju okoliša. Takvoj održivosti svakako pridonose prirodni i biorazgradivi materijali poput onih iz micelija gljiva koji su već dovedeni do točke iskoristivosti i tržišne eksploatacije. Iako drugi fungus materijali, kao što je to npr. SCOPY kultura bakterija i kvasaca, također posjeduju zanimljiva kemijska, fizička i biološka svojstva, zbog određenih negativnih karakteristika još uvijek nisu široko primjenjivi u modnoj industriji, no to ne znači da i u budućnosti oni neće konkurirati materijalima iz micelija. Potrebni su daljnji napori te ulaganja u istraživanje i razvoj kako bi ova potencijalna fungus sirovina postala iskoristiva. Zanimanje za održive i ekološki prihvatljive materijale neprestano raste, a gljive i njima bliske kulture nude obećavajući put za inovacije u tom pogledu.

Zahvala:

Autori zahvaljuju projektu *Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora* (KK.01.1.1.04.0091) voditeljice prof. dr. sc. Sandre Bischof i njezinom doprinosu ovom radu.

Literatura:

[1] van Herpen, I.: Metamorphosis, dostupno na: <https://www.irisvanherpen.com/collections/metamorphosis>, pristupljeno: 05.08.2022.

- [2] Krpan, P.: Fashion's Textile Revolution, Zbornik Museo-Europe, Ljubljana, 2019., 1-8
- [3] Hlupić Dujmušić, J.: Studije o sustavu sakupljanja, zbrinjavanja i uporabe tekstilnog otpada s prijedlozima početnih akcija u Republici Hrvatskoj, Fond za zaštitu okoliša, Zagreb, 2013.
- [4] Manan, S. et al.: Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials, *Journal of Bioresources and Bioproducts* 6 (2021) 1, 1-10
- [5] Arifin, Y.H., Y.Yusri: Mycelium fibers as new resource for environmental sustainability, *Procedia Engineering* 53 (2013.), 504-508
- [6] Fletcher K.: Slow fashion: An invitation for systems change, *Fashion practice* 2 (2010) 2, 259-265
- [7] People Tree, dostupno na: <https://www.peopletree.co.uk/>, pristupljeno: 26.08.2022.
- [8] OhSevenDays, dostupno na: <https://ohsevendays.com/>, pristupljeno: 26.08.2022.
- [9] Kowtow, dostupno na: <https://us.kowtowclothing.com/>, pristupljeno: 26.08.2022.
- [10] TwoThirds, dostupno na: <https://twothirds.com/>, pristupljeno: 26.08.2022.
- [11] Sezane, dostupno na: <https://www.sezane.com/eu>, pristupljeno : 26.08.2022.
- [12] Seymour, S.: Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology, New York: Springer, 2008.
- [13] Paić, Ž.: Vrtoglavica u modi: prema vizualnog semiotici tijela, Altagama, Zagreb, 2007.
- [14] Krpan, P.: Novi mediji i izvedba - Suvremena moda kao događaj, Zbornik Teorija i kultura mode - discipline, pristupi, interpretacije, TTF, Zagreb, 145-163
- [15] Orange fiber, dostupno na: <https://orangefiber.it/>, pristupljeno: 25.08.2022.
- [16] Sustainable Textile Innovations News and Archive, dostupno na: <https://fashionunited.uk/tags/sustainable-textile-innovations>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [17] Gljive, dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=22411>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [18] Fungus, dostupno na: <https://www.britannica.com/science/fungus>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [19] Mycelium – The Future is Fungi, dostupno na: <https://thegreentemple.net/articles/mycelium-the-future-is-fungi>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [20] Petir, M., Šimunović V.: Uzgoj gljiva na obiteljskim gospodarstvima, Savjetodavna služba, Zagreb, 2014.
- [21] Feeney M. J., A.M. Miller, P. Roupas: Mushrooms—Biologically distinct and nutritionally unique: Exploring a “third food kingdom”, *Nutrition today* 49 (2014) 6, 301
- [22] Hawksworth, D.L.: The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited, *Mycological Research*, 2001., 1422-1432
- [23] Kirk, P.M. et al: Dictionary of the Fungi, Wallingford, Velika Britanija, 2001.
- [24] Alizadeh O.: Mycorrhizal symbiosis, *Adv. Stud. Biol* 6 (2011) 3, 273-281
- [25] Barceló M. et al.: Mycorrhizal tree impacts on topsoil biogeochemical properties in tropical forests, *Journal of Ecology* 110 (2022) 6, 1271-1282
- [26] Biologija 2, gljive i lišajevi, dostupno na: <https://edutorij.e->

- skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/5e7d944d-1bcf-4564-8ac8-1b0c0c6e1f32/biologija-2/m04/j01/index.html pristupljeno: kolovoz 2022.
- [27] Mycelium, Fungus Filament, dostupno na: <https://www.britannica.com/science/mycelium>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [28] Novak, B.: Uzgoj gljiva, Glasnik zaštite bilja, 2009., 64-70.
- [29] Kako se gljive razmnožavaju, dostupno na: <https://geek.hr/e-kako/drustvo/kako-se-gljive-razmnozavaju/>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [30] Mycelium, fungus filament, dostupno na: <https://www.britannica.com/science/mycelium>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [31] Mycelium vs Fruiting Body, dostupno na: <https://www.malamamushrooms.com/blogs/news/mycelium-vs-fruiting-body>, pristupljeno: 10.08.2023.
- [32] ...The largest living thing on Earth is a humongous fungus, dostupno na: <http://www.bbc.com/earth/story/20141114-the-biggest-organism-in-the-world>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [33] D'souza A.D., R. Maheshwari: Senescence in fungi, *Resonance* 7 (2002) 3, 51-55
- [34] What is Faux Leather Fabric: Properties, How it's made and where?, dostupno na: <https://sewport.com/fabrics-directory/faux-leather-fabric>, pristupljeno: 08.08.2022.
- [35] Vegan leather: An eco-friendly material for sustainable fashion towards environmental awareness, dostupno na: [abstract/2406/1/060019/604177/Vegan-leather-An-eco-friendly-material-for](https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2406/1/060019/604177/Vegan-leather-An-eco-friendly-material-for), pristupljeno: 09.08.2022.
- [36] Material Design Approaches: Reinventing Leather, dostupno na: <https://healthymaterialslab.org/tool-guides/reinventing-leather>, pristupljeno: 21.07.2021.
- [37] Farma gljiva, dostupno na: <https://farma-gljiva.com/micelij/>, pristupljeno: 20.08.2022.
- [38] Kamthan, R., Tiwari I.: Agricultural Wastes-Potential Substrates For Mushroom Cultivation. *Eur Exp Biol.* 7 (2017) 5, 31, 1-4
- [39] Best mushroom grow bags: Buyer's guide, dostupno na: <https://hydrogardengeek.com/best-mushroom-grow-bags/>, pristupljeno: 28.08.2022.
- [40] Levy, J.: Otrovi, ilustrirana povijest, Školska knjiga, Zagreb, 2020.
- [41] Muhara, Amanita muscaria, dostupno na: <https://www.plantea.com.hr/muhara/>, pristupljeno: 02.08.2022.
- [42] Zelena pupavka, Amanita phalloides, dostupno na: <https://www.plantea.com.hr/zelena-pupavka/>, pristupljeno: 02.08.2022.
- [43] Sivaram N. M., D. Barik: Toxic waste from leather industries, In *Energy from toxic organic waste for heat and power generation*, Woodhead Publishing (2019.), 55-67
- [44] Deepalakshmi K., M. Sankaran: Pleurotus ostreatus: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties, *Journal of Biochemical Technology* 5 (2014) 2, 718-726.
- [45] Sánchez C.: Cultivation of Pleurotus ostreatus and other edible mushrooms, *Applied microbiology and biotechnology* 85 (2010), 1321-1337
- [46] Moj vrt, mali blog o vrtlarenju – Bukovača, dostupno na: <https://www.mojvrt.hr/bukovaca-gljiva/>, pristupljeno: 28.08.2022.
- [47] MycoWorks, dostupno na: <https://www.mycoworks.com/>, pristupljeno: srpanj 2022
- [48] Jin, X. *et al.*: Ganoderma lucidum (Reishi mushroom) for cancer treatment, *Cochrane Database of Systematic Reviews* 6 (2012)
- [49] Babu P.D., R.S. Subhasree: The sacred mushroom "Reishi"-a review, *American-Eurasian Journal of Botany* 1.3 (2008.), 107-110
- [50] Material design approaches: Reinventing leather, dostupno na: <https://healthymaterialslab.org/tool-guides/reinventing-leather>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [51] Design and violence, Mycotecture - Phil Ross, dostupno na: <https://www.moma.org/interactives/exhibitions/2013/designandviolence/mycotecture-phil-ross/>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [52] Ivanova, N.: Fungi for material futures: the role of design, In *Fungal biopolymers and biocomposites: prospects and avenues*, Singapore: Springer Nature Singapore, 2022., 209-251
- [53] Mushroom-lover amadou hat, dostupno na: <https://www.slowtours.travel/shop/amadou/amadou-hat/>, pristupljeno: 24.08.2022.
- [54] Coverage of our exclusive Hermes collaboration, dostupno na: <https://www.mycoworks.com/a-historic-partnership-had>

- made-waves , pristupljeno: 07.08.2021.
- [55] MycoWorks: Coverage of Our Exclusive Hermès Collaboration, dostupno na: <https://www.mycoworks.com/a-historic-partnership-had-made-waves>, pristupljeno: 14.08.2022.
- [56] Materials Experience Lab, dostupno na: <https://materialsexperience.com/>, pristupljeno: srpanj 2022
- [57] Kjellqvist E.: Material Experience Mycelium-Based Composite: Study of local biodegradable materials in combination with Mycelium, 2023., dostupno na: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=6461&pid=diva2%3A1765711>, pristupljeno: 27.08.2022.
- [58] Material driven design, a method to design for material experiences, dostupno na: <https://materialsexperience.com/index.php/material-driven-design-method-mdd/>, pristupljeno: 28.08.2022.
- [59] Coelho, R.M.D. *et al.*: Kombucha: Review, International Journal of Gastronomy and Food Science, 22 (2020), 1000272, DOI:10.1016/j.ijgfs.2020.100272
- [60] Soares, M. G., de Lima, M., Schmidt, V.C.R.: Technological aspects of kombucha, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest, A literature review, Trends in Food Science & Technology, 110 (2021), 539-550, DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.017
- [61] Antolak H. *et al.*: Kombucha tea—A double power of bioactive compounds from tea and symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY), Antioxidants 10 (2021) 10, 1541
- [62] Villarreal-Soto S.A. *et al.*: Understanding kombucha tea fermentation: a review, Journal of food science 83 (2018) 3, 580-588
- [63] Grow Vegan Kombucha leather, dostupno na: https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/GreenChem_p010/green-chemistry/vegan-kombucha-leather, pristupljeno: 12.08.2022.
- [64] How to grow Kombucha „leather“, dostupno na: https://storage.googleapis.com/publiclab-production/public/system/images/photos/000/023/355/original/k_leather_HealthMLab.pdf, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [65] How to make a SCOBY: Simple steps, dostupno na: <https://poppyswildkitchen.com/kombucha-how-to-make-a-scoby/>, pristupljeno: 26.08.2022.
- [66] Ahmed R. F. *et al.*: Biological, chemical and antioxidant activities of different types Kombucha, Annals of Agricultural Sciences 65 (2020) 1, 35-41
- [67] Laavanya, D., Shirkole, S., Balasubramanian, P.: Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation, Journal of Cleaner Production, 295 (2021), 126454, DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126454
- [68] van Dreven A. *et al.* : Will SCOBY do? An alternative for teaching basic surgical skills of suturing and skin excision (2018.) , dostupno na: <http://bhsdlib.intersearch.com.au/bhsjspui/handle/11054/1246> , pristupljeno: kolovoz 2022.
- [69] Lee, S.: Biocouture growing textiles, dostupno na: <https://www.designboom.com/design/suzanne-lee-biocouture-growing-textiles/>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [70] Art made with Kombucha explores the science of the microbiome, dostupno na: <https://www.labiotech.eu/trends-news/kombucha-microbiome-bioart-alanna-lynch/>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [71] Giulini N., Culture: The Bodypuppets , dostupno na: <http://www.ngiulini.com/portfolio/portfolio/portfolio/bodypuppets.html>, pristupljeno: kolovoz 2021.
- [72] Das, S.K. *et al.*: Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: current state and prospects, Fitoterapia (2010.), 961-968
- [73] Deshpande, A.G., A. Arya: Mushroom Biotechnology: Developing Cultivation Protocol for Four Different Mushrooms and Accessing Their Potential in Pollution Management, In Biology, Cultivation and Applications of Mushrooms, Springer Singapore (2022.)
- [74] China, C.R. *et al.*: Alternative tanning technologies and their suitability in curbing environmental pollution from the leather industry: A comprehensive review, Chemosphere 254 (2020), 126804

SUMMARY

Innovative sustainable fashion materials from mushroom mycelium

S. Strgačić¹, P. Krpan²

Excessive and unnecessary consumption, and exploitation of goods and services, require an ever-increasing supply and production of textile and fashion products in an unsustainable manner. The textile and fashion industries are among the biggest polluters of the environment and are, therefore, increasingly turning to alternative sources for material production. The growth of the total population requires the search for new, innovative materials. For society to develop a greater positive impact on the environment and greater collective environmental awareness while meeting the entire needs of modern society at the same time, an interdisciplinary approach, collaboration between fashion designers, scientists, technologists and theorists is needed. As a result of such synergy, various innovative materials are developed and created that meet the needs of a new market and a new society, that is aware of the importance of sustainable fashion. One of such new materials is the one derived from mushrooms mycelium. Material on the border between living and non-living appears as a response to the current state of the contemporary fashion market with the emphasis placed on meeting the requirements of sustainable fashion. Due to the specific outstanding properties of innovative materials of natural origin, such as biodegradability, biocompatibility and sustainable production their widespread use is predicted in the near future.

Keywords: sustainable fashion, mycelium materials, SCOBY leather, vegan leather
*University of Zagreb Faculty of Textile Technology
Zagreb, Croatia*

¹*Department of Textile Chemistry and Ecology*

²*Department of Textile and Fashion Design*

E-mail: sara.strgacic@tff.unizg.hr, petra.krpan@tff.unizg.hr

Received February 25, 2022

Innovative nachhaltige Modematerialien aus Pilzmyzel

Übermäßiger und unnötiger Konsum sowie die Ausbeutung von Gütern und Dienstleistungen führen zu einem nicht nachhaltigen Anstieg des Angebots und der Produktion von Textil- und Modeprodukten. Die Textil- und Modeindustrie gehört zu den größten Verschmutzern der Umwelt und wendet sich daher zunehmend alternativen Quellen für die Materialproduktion zu. Das Wachstum der Gesamtbevölkerung erfordert die Suche nach neuen, innovativen Materialien. Damit die Gesellschaft eine größere positive Auswirkung auf die Umwelt und ein größeres kollektives Umweltbewusstsein entwickeln und gleichzeitig die gesamten Bedürfnisse der modernen Gesellschaft erfüllen kann, ist ein interdisziplinärer Ansatz, eine Zusammenarbeit zwischen Modedesignern, Wissenschaftlern, Technologen und Theoretikern erforderlich. Als Ergebnis dieser Synergie werden verschiedene innovative Materialien entwickelt und geschaffen, die den Bedürfnissen eines neuen Marktes und einer neuen Gesellschaft entsprechen, die sich der Bedeutung nachhaltiger Mode bewusst ist. Eines dieser neuen Materialien wird aus dem Myzel von Pilzen gewonnen. Das Material an der Grenze zwischen lebendig und nicht lebendig erscheint als Antwort auf den aktuellen Stand des zeitgenössischen Modemarktes, wobei der Schwerpunkt auf der Erfüllung der Anforderungen an nachhaltige Mode liegt. Aufgrund der herausragenden Eigenschaften innovativer Materialien natürlichen Ursprungs, wie z. B. biologische Abbaubarkeit, Biokompatibilität und nachhaltige Produktion, wird ihre breite Verwendung in naher Zukunft vorhergesagt.