

reaktor IDEJA 4

službeno glasilo Studentske sekcije HDKI-ja | vol 6

veljača 2022.

Od samoga početka, ljudi su imali razne ideje, filozofije, vjerovanja, provodili su pokuse i istraživanja kako bi mitove približili stvarnosti. Ljudi su kroz znanost proučili kakvog ga znamo, postoji zbog uspjeha koja je privukla njihovu pozornost u svoj posao, pomogli su im različitim izumima, učinivši Aristotel je bio genijal se biologijom, zoolo znanje u različitim tekstova sačuvar normu za daljn tek u zajedni znanstvenika koji su se probili u teoriji i u praksi. Batio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim



PROJEKT CESAR NA FKIT-U

STR. 2

SUNCOKRETI PROTIV RADIJACIJE

STR. 6



JESTIVE SLAMKE NAPRAVLJENE OD BAKTERIJA

STR. 12



ISSN 2584-6884
e-ISSN 2459-9247
Zagreb



Želite li svaki mjesec znati što se događa
na području kemijskog inženjerstva i općenito STEM području?

I uz to učiniti našu struku sjajnom?

To i mi želimo, ali smo tek studenti i zato to ne možemo učiniti sami.

Da bismo Vam svaki mjesec približili svježe informacije,
treba nam velika pomoć!

Podržite rad Studentske sekcije donacijom

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa,
Berislavićeva 6/I, 10000 Zagreb.
OIB: 22189855239
IBAN: HR5323600001101367680,
Zagrebačka banka

Molimo da u opisu plaćanja navedete da je donacija namijenjena Studentskoj sekciji.
Hvala!

Reaktor ideja – više od studentskog časopisa.



MINISTARSTVO ZNANOSTI I OBRAZOVANJA

www.mzo.hr





Urednici Reaktora ideja

Dragi čitatelji,

Predstavljamo Vam novi broj Reaktora ideja za mjesec veljaču.

Unatoč brojnim izazovima ispitnih rokova, naši autori pripremili su Vam zanimljive članke.

Posebno bih istaknula članak o projektu CeSaR na FKIT-u koji je iznimno bitan i koristan za sve studente FKIT-a, a o toj temi više pročitajte u rubrici *Kemijska posla*.

Nadamo se da ćete u ovim stranicama pronaći nešto zanimljivo i korisno.

S poštovanjem,

Dubravka Tavra,
glavna urednica

IMPRESSUM

Reaktor ideja

Uredništvo:

Berislavićeva ul. 6/I,
10 001 Zagreb
Tel: +385 95 827 9310
Faks: +385 1 487 2490
e-pošta: studenti@hdki.hr

Glavna urednica:

Dubravka Tavra
(dtavra@fkit.hr)

Urednici rubrika:

Samanta Tomičić
Lucija Volf
Dora Ljubičić
Hrvoje Tašner

Grafička priprema:

Dubravka Tavra
Samanta Tomičić
Lucija Volf
Dora Ljubičić
Hrvoje Tašner

Lektorice:

Helena Bach-Rojecky
Sofija Kresić

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Vol. 6 Br. 4, Str. 1–22

Izlazi mjesečno (kroz akademsku godinu)
Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i obrazovanja
Republike Hrvatske, Zagreb

Zagreb,
veljača, 2022.

SADRŽAJ

Kemijska posla.....	1
Znanstvenik.....	5
Boje inženjerstva.....	9
Scinfluencer.....	13

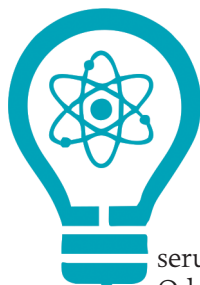




KEMIJSKA POSLA

Kiseline u kozmetici – hijaluronska kiselina

Sanda Keškić (FKIT)



Iako riječ „kiseline” zvuči pregrubo i nimalo primamljivo za kožu, upravo su kiseline čest sastojak kozmetičkih proizvoda i tretmana za ljepotu. Kiseline su glavni sastojak kemijskih eksfolijanata te nam pomažu da koža funkcionira bolje, ujednačavaju ten i teksturu i nježno ljušte odumrle stanice. Jedna od važnijih kiselina u kozmetici je hijaluronska kiselina koja je odgovorna u procesu starenja kože te joj pruža elastičnost i ima potpornu funkciju. Zbog širokog spektra fiziološke aktivnosti, hijaluronska kiselina se posljednjih desetljeća osim u suvremenoj kozmetologiji primjenjuje i u sve više grana medicine.

Sastojak za njegu kože koji se obično nalazi u vašim omiljenim serumima, maskama i hidratantnim kremama važan je dodatak dnevnom režimu njege kože. Hijaluronska kiselina je molekula šećera koja se prirodno nalazi u koži, pomaže vezati vodu na kolagen tako da koža može izgledati punije i hidratiziranije.

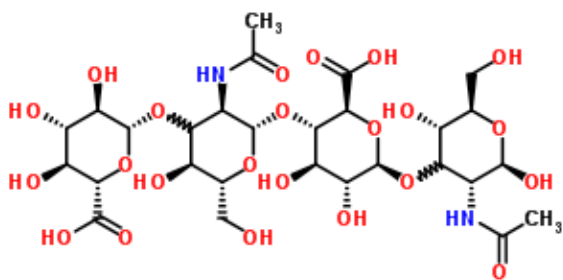
Starenjem, koncentracija i molekularna težina hijaluronske kiseline značajno se smanjuje, zbog toga je široko istražena i formulirana kao snažan aktivni sastojak u serumima i drugim kozmetičkim proizvodima. Određeni proizvodi za njegu kože i grijači tijekom zime, samo su neki od čimbenika koji mogu uzrokovati male lomove u zaštitnoj barijeri kože, upravo zbog toga kreiranje prilagođenog režima njege kože s hidratantnim proizvodima može biti posebno korisno. Hijaluronska kiselina može biti i u obliku injekcija; u dermalnim filerima, hijaluronska kiselina predstavlja proizvod sličan gelu koji nakon ubrizgavanja, privlači vodu kako bi regenerirao volumen i ponovno stvorio izgubljenu strukturu.



Slika 1 – Kozmetički proizvodi koji sadrže hijaluronsku kiselinu¹

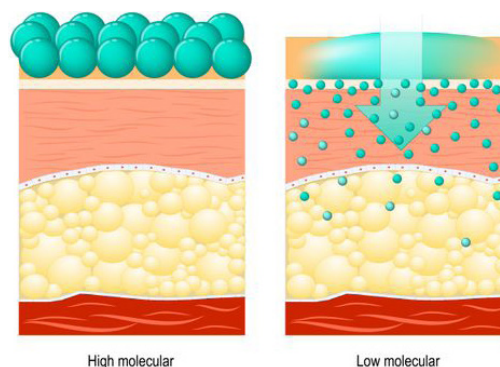
Hijaluronska kiselina ima jednostavnu kemijsku strukturu: disaharidne jedinice koje sadrže glukuronsku kiselinu i N-acetil-glukozamin. Tako povezani čine specifičan polimer, linearnu polisaharidnu molekulu s velikim brojem hidrofilnih disaharidnih jedinica. Ubraja se u skupinu glikozaminoglikana, polisaharidnih lanaca proteoglikana koji stvaraju temeljnu tvar vezivnih tkiva i važni su za određivanje njihovih viskoelastičnih svojstava. Ova kiselina se prirodno nalazi u svim organima tijela, zglobovima, očima i koži. Muškarac koji teži otprilike 70 kilograma, u svojem tijelu sadrži 15 grama hijaluronske kiseline, od čega se skoro trećina obnavlja svaki dan. U koljenu i zglobovima ima karakterističnu ulogu podmazivanja i amortizacije, te mekšim tkivima daje strukturu i elastičnost. Hijaluronska kiselina ima jedinstvenu mogućnost vezivanja vlage, uzimajući u obzir važne funkcije u različitim sustavima tijela.

Pored toga što hijaluronska kiselina pomaže u promicanju regeneracije stanica kože nudeći dodatnu hidrataciju i zaštitu kože, također igra veliku ulogu kao ovlaživač u proizvodima za njegu kože koji uključuju



Slika 2 – Kemijska struktura hijaluronske kiseline²

sastojke poput glicerina, sorbitola, heksilen i butilen glikola i naravno hijaluronske kiseline, koja djeluje i kao emolijent.



Slika 3 – Utjecaj hijaluronske kiseline na kožu³

Zbog svoje snažne biološke aktivnosti, hijaluronska kiselina s razlogom zauzima jednu od vodećih uloga u kozmetologiji. Paleta njezine primjene progresivno se širi, a najveću pozornost danas ipak privlače pripravnici ove kiseline koji se koriste u korektivnoj i estetskoj kirurgiji. Prednosti hijaluronske kiseline nisu ograničene samo na hidrataciju, ona je i ključno sredstvo u obnavljanju kože i poboljšanju teksture iste.

Literatura

- <https://www.cosmedica-skincare.com/pages/10-benefits-of-hyaluronic-acid> (pristup: 15. 2. 2022.)
- <https://www.health.harvard.edu/blog/the-hype-on-hyaluronic-acid-2020012318653> (pristup 15. 2. 2022.)
- <https://www.npdermatology.com/blog/better-skin-care-improve-nnjjyour-skin-with-hyaluronic-acid> (pristup: 15. 2. 2022.)

Projekt CeSaR na FKIT-u 1. dio

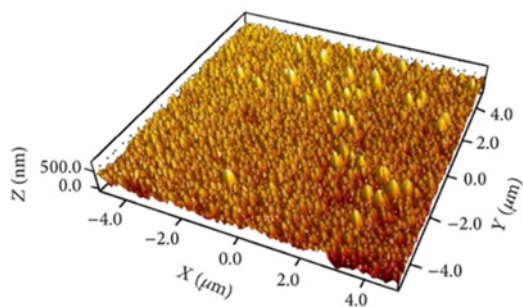
Katarina Mužina, mag. ing. cheming.

Na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije je u tijeku projekt „CeSaR na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije” (2020. – 2023.). Cilj projekta je unapređenje praktičnih i mekih vještina studenata, te jačanje suradnje Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije s poslodavcima uspostavom Centra za savjetovanje i razvoj karijera studenata (CeSaR). Unutar projekta uveden je novi kolegij Stručna praksa na diplomskim studijima i ustrojena su četiri vježbališta sa suvremenom opremom za preddiplomske i diplomске studije.

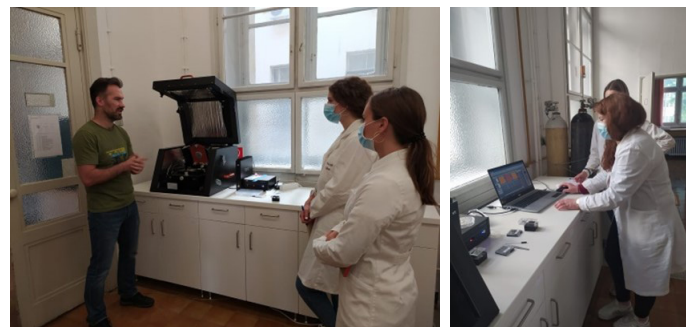
Kroz sljedeća četiri mjeseca predstaviti ćemo vježbališta ustrojena u svrhu unaprjeđenja praktičnih vještina studenata. U ovom izdanju predstavljamo VJEŽBALIŠTE “PRIMJENA MIKROSKOPIJE ATOMSKIH SILA”. Vježbalište vodi prof. dr. sc. Stanislav Kurajica sa suradnicima: doc. dr. sc. Vilko Mandić i Katarina Mužina, mag. ing. cheming.

CeSaR projekt na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije omogućio je nabavu suvremene opreme koja će studentima omogućiti da se u sklopu kolegija Stručna praksa te ustrojenih vježbališta upoznaju s teorijskim osnovama i radom na navedenoj opremi, kako bi jednog dana bili konkurentni na tržištu rada te posjedovali znanja i vještine za rješavanje problema s kojima se mogu susresti bilo u realnom sektoru ili znanstveno-istraživačkom radu.

Na Zavodu za anorgansku kemijsku tehnologiju i nemetale otvoreno je Vježbalište 4 vezano uz mikroskop atomskih sila (engl. *Atomic Force Microscope*, AFM). Za razliku od uporabe elektromagnetskog zračenja u transmisijskom (engl. *Transmission Electron Microscope*, TEM) ili pretražnom (engl. *Scanning Electron Microscope*, SEM) elektronskom mikroskopu, AFM mjeri specifične interakcije između sonde i površine uzorka. Upravo zbog načina rada AFM-a, osim analize površine uzorka u cilju dobivanja mikrografije, omogućuje mjerenje pojedinih fizikalnih veličina te čak i pomicanje atoma ili utiskivanje određenog motiva na površinu uzorka, tj. nanomanipulaciju i nanolitografiju. Također, za razliku



Slika 1 – Tipična AFM mikrografija koja prikazuje površinu jetkanog stakla (C. Zhu, Q. Zheng, X. He, Preparation of Homogeneous Nanostructures in 5 Minutes for Cancer Cells Capture, Journal of Nanomaterials (2015) 391850, CC 3.0)



Slika 2 – Fotografije s vježbi održanih za studente diplomskih studija

od TEM i SEM metode većinom nije potrebna prethodna priprema uzorka, a ispitivanja su moguća u ambijentalnom ili čak tekućem okruženju, što je od iznimne važnosti za proučavanje bioloških materijala. U realnom sektoru ova metoda predstavlja odličan alat za kontrolu kvalitete proizvoda. Primjerice, u industriji plastike AFM nudi mogućnost ispitivanja morfologije, toplinskih i mehaničkih svojstava te sastava polimernih materijala. U industriji boja i lakova primjenjuje se za određivanje topografije i hrapavosti površine premaza, dok u elektronici omogućuje određivanje električnih svojstava komponenata. Mehanička svojstva, kvaliteta površine (morfologija, hrapavost) i sastav materijala u farmaceutskoj industriji, te kvaliteta površine legura korištenih u stomatologiji također se određuju pomoću AFM-a. Kao što je spomenuto, posebne izvedbe mikroskopa atomskih sila omogućuju i rad s biološkim uzorcima, primjerice mjerenje mehaničkih svojstava

stanica te manipulaciju molekula DNK u svrhu dobivanja različitih nanostrukture, što se popularno naziva DNK origami. Mikroskopija atomskih sila nastavlja se razvijati te se na tržištu iz dana u dan pojavljuju sve sofisticiraniji uređaji prilagođeni specifičnim potrebama znanosti i industrije.

Studenti koji odaberu Vježbalište 4 imat ćete priliku odslušati teorijsko predavanje o Primjeni mikroskopije atomskih sila te nakon toga prisustvovati jednoj od zasad dvije osmišljene vježbe, od kojih je prva namijenjena studentima preddiplomskih studija (Priprema i provedba analize uzoraka korištenjem kontaktnog načina rada metode mikroskopije atomskih sila), a druga studentima diplomskih studija (Priprema i provedba analize uzoraka korištenjem dualnog načina rada metode mikroskopije atomskih sila). U ugodnom, ali profesionalnom okruženju profesora, docenta i asistenata sa Zavoda za anorgansku kemijsku tehnologiju i nemetale upoznat će se sa zanimljivom i velikoj većini dosad neviđenom vrstom mikroskopije širokih mogućnosti.



Projekt je sufinansirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

Posjet CGO Biljane Donje (Zadar) i Bikarac (Šibenik)

Marija Kuštro (FKIT)

Studenti 3. godine preddiplomskog studija i 1. godine diplomskog studija Ekoinženjerstvo uputili su se 28. 1. 2022. na terensku nastavu u Dalmaciju, u Centre za gospodarenjem otpada (CGO) Biljane Donje, kod Zadra i u Bikarac, kod Šibenika. Cilj terenske nastave je da znanje stečeno na Fakultetu, poveže i primjeni u praktičnom radu. Oko 30 studenata krenulo je put Dalmacije rano ujutro, u pratnji predmetnih nastavnika – prof. dr. sc. Domagoja Vrsaljka i doc. dr. sc. Zvonimira Katančića te asistentice Josipe Papac, mag. ing. oecoing..



Slika 1 – Pogled na novootvoreni CGO Bikarac

Prvo stajalište bio je CGO Biljane Donje gdje su ih dočekali pristupačni i dragi zaposlenici koji su ih proveli po novom CGO, a glavnu riječ je imao voditelj gradilišta g. Ilija Balta, a s njim u pratnji mladi inženjeri, Laura koja je završila Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije (FKIT) i Marko s Kemijsko-tehnološkog fakulteta (KTF). Centar još nije u funkciji, nego u tijeku izgradnje. Kada se na kolegijima *Upravljanje otpadom* i *Razvrstavanje i zbrinjavanje otpada* uči o CGO, prvo što se obrađuje je kako nastaju centri, po kojem principu se vrši njihova gradnja te koji elementi čine CGO. Upravo se i moglo vidjeti kako će izgledati novo postrojenje za obradu otpada – prostor za postrojenje mehaničko-biološke obrade (MBO) otpada, transportni centar, reciklažno dvorište, natkriveno skladište, odlagalište glomaznog otpada, reciklažno dvorište građevinskog otpada, sustav odvodnje procijednih voda i laboratorij (za fizikalno-kemijska ispitivanja, kompost, analiza žive, gorivo iz otpada).

Za razliku od CGO Biljane Donje, u CGO Bikarac studenti su mogli vidjeti izgrađeno postrojenje za obradu otpada s MBO postrojenjem. Ovdje se saniralo već postojeće odlagalište te je izgrađeno novo. CGO Bikarac

ima cilj izdvojiti otpad poput papira, metala, stakla i sl., provoditi kompostiranje s aeracijom i proizvoditi gorivo iz otpada. CGO Bikarac počinje s radom u veljači dok se početak rada CGO Biljane Donje predviđa na početku 2023.



Slika 2 – Unutarnje uređenje CGO Bikarac

Zahvalni smo CGO Biljane Donje i CGO Bikarac što su omogućili studentima da obiđu Centar i da obogate svoje znanje! Za jednog mladog ekoinženjera postoje mnogobrojna pitanja što i kako s otpadom, puno se zna, ali se još puno treba raditi na zbrinjavanju otpada. Zaključci su da u Hrvatskoj polako napreduje sustav zbrinjavanja otpada, gdje su nam primjeri Centri koje su studenti obišli, no nailazimo na problem da se ne iskorištava energija otpada i nemamo gdje s reciklabilnim materijalom. Smatrate li da je studij Ekoinženjerstva struka budućnosti?



Slika 3 – Studenti FKIT-a u CGO Biljane Donje



ZNANSTVENIK

Suncokreti protiv radijacije

Petra Vukovinski (FKIT)

U ožujku, 2011. godine Japan je pogodio katastrofalni, razoran potres magnitude 9,0 po Richteru, nakon čega je ubrzo uslijedio tsunami. Razoran potres za sobom je povukao još jednu veliku katastrofu, eksploziju nuklearne elektrane Fukushima Daiichi u Okumi.

Zbog ispuštanja otrovnog radioaktivnog otpada u okoliš bilo je potrebno pronaći rješenje, kako bi se očuvala okolna flora i fauna. Među svim ponuđenim rješenjima visoke tehnologije, javlja se program čišćenja koji vam se možda čini suludim: suncokreti.

Glavni redovnik u obližnjem budističkom hramu u Joenji, Koyu Abe, govori kako sade suncokrete, amarant i pijetlovu krijestu jer vjeruju da te biljke apsorbiraju radijaciju. Nakon niza provedenih eksperimenata, suncokreti su u ogromnim količinama posađeni nakon katastrofe u Černobilu 1986. godine.

„Suncokreti su stvarno dobri u preuzimanju određenih radioaktivnih izotopa“, objasnio



je znanstvenik za tlo, Michael Blaylock, u intervjuu 2011. godine. Govori kako radioaktivni izotopi oponašaju hranjive tvari koje biljka svakodnevno koristi. „I to je zapravo veza između suncokreta i nuklearnih elektrana koju smo otkrili... neke od posljedica nesreće u Černobilu koje smo uspjeli riješiti sadnjom suncokreta u pogodenim područjima.“



Slika 1 – Posljedice razornog potresa u Japanu 2011. godine¹

Sigurno se pitate zašto i odakle baš suncokreti. Odgovor leži u činjenici da su suncokreti odgovorni za idealno čišćenje nuklearnog otpada jer brzo rastu, većinu biomase pohranjuju u listovima i

stabljkama pa se radioaktivni materijal, koji biljke apsorbiraju, može zbrinuti bez potrebe iskopavanja korijena. Fitoremedijacija, tj. korištenje biljaka za čišćenje toksina iz okoliša, bila je veliki uspjeh za nuklearnu katastrofu u Černobilu, gdje su vode i tla bila onečišćena radioaktivnim elementima stroncijem i cezijem.

Cezij oponaša kalij, koji je biljkama potreban za fotosintezu, a stroncij prelazi u kalcij, koji pruža strukturnu potporu.

Unatoč uspjehu u Černobilu, naponi fitoremedijacije nisu urodili plodom u Fukushimi. Nakon nekoliko provedenih analiza i eksperimenata nije se uspjela pronaći biljka koja bi mogla učinkovito smanjiti razinu radioaktivnih izotopa u tlu. Znanstvenik Blaylock govori kako tla s visokim udjelom tinjca, određene gline, teško odstranjuju cezij koji je već fiksiran u tlo.

Iako suncokreti nisu uspjeli spasiti Fukushimu, ipak su pomogli oporavku na druge načine. "Bili smo toliko zauzeti stotinama mještana koji dolaze po cvijeće", rekla je mještanka Tomoe nakon što je njezin rodni grad ostao razoren. „Pomaže mi da zaboravim na zračenje.“



Slika 2 – Uzgoj suncokreta²

Literatura

1. <https://friendsoftheearth.uk/nature/what-are-causes-bee-decline> (pristup 04.02.2022.)
2. <https://theworld.org/stories/2011-08-08/sunflowers-used-clean-radiation> (pristup 07.02.2022.)

I Zelena kemija

Antonia Škarica (FKIT)

U svakodnevnom životu često čujemo pojam „kemija“ aludirajući na negativnu konotaciju opisa određenog proizvoda. Stoga, kemija kao znanost često ostane u sjeni rečenice: „To ti je čista kemija!“. Da kemija zaista može biti „čista“, uz pozitivan prizvuk, pobrinula se zelena kemija, odnosno program koji omogućuje znanstvenicima i inženjerima da štite gospodarstvo, ljude i okoliš na način da pronalaze inovativne načine za smanjenje otpada, očuvanje energije te za pronalaženje i otkrivanje zamjena opasnim tvarima.¹

Druga polovica prošlog stoljeća obilježena je gospodarskim razvitkom uzrokovanim industrijalizacijom², ali i sve većom sviješću o negativnim utjecajima tog procesa. Osim zagađenja okoliša, nastajanja ozonskih rupa, uočene su i zdravstvene posljedice koje pojedine kemikalije uzrokuju kod ljudi. Stoga su Sjedinjene Američke Države 1970. godine osnovale Agenciju za zaštitu okoliša (engl. *Environmental Protection Agency*, EPA) čija je djelatnost bila, i još uvijek jest, povezana sa zaštitom okoliša i ljudskog zdravlja.¹

Povijest zelene kemije piše se od 1962. godine kada je Rachel Carson izdao knjigu naslova „Tiho proljeće“ (engl. *Silent Spring*) u kojoj je opisao utjecaj pojedinih kemikalija na ekosustav.³ Sve do osamdesetih godina Agencija za zaštitu okoliša i kemijska industrija bile

su usmjerene na obradu onečišćenja, a prekretnica se dogodila u načinu razmišljanja koje je bilo usmjereno na istraživanja načina sprječavanja onečišćenja.² Koncept zelene kemije je opisan u dvanaest načela koja su 1998. godine predstavili Paul Anastas i John Warner, a ona su:⁴

1. Bolje je spriječiti nastanak otpada, nego ga potomje obrađivati i uništavati.²
2. „Atomska ekonomija“⁴ označava sintetski put koji bi trebao biti osmišljen na način da se ulazne sirovine maksimalno uključe u konačni proizvod.²
3. Kad god je moguće, sintetske procese treba osmisliti na način da se u njima ne koriste i ne proizvode tvari toksične za ljude i za okoliš.²
4. Kemijske proizvode treba osmisliti na način da im se zadrži djelotvornost, a smanji toksičnost.²
5. Korištenje pomoćnih kemijskih tvari kao što su otapala, sredstva za razdjeljivanje i sl. treba izbjeći ili ih zamijeniti neškodljivim u procesima gdje je to moguće.²
6. Treba osigurati energetska efikasnost. Odnosno, sintetske procese treba provoditi na sobnoj temperaturi i atmosferskom tlaku.²
7. Gdje je god prihvatljivo s ekonomske i tehničke strane, potrebno je koristiti obnovljive sirovine.²
8. Gdje je god moguće, treba izbjegavati nepotrebna proširenja procesa kao što su privremene modifikacije fizikalno-kemijskih procesa te zaštićivanje funkcionalnih skupina.²
9. Što selektivniji katalitički reagensi su prihvatljiviji od reagensa u stehiometrijskim količinama.²
10. Kemijski produkti, nakon prestanka djelovanja, trebaju imati mogućnost pretvorbe u proizvode neškodljive za okoliš.²



11. Kako bi se spriječilo nastajanje opasnih tvari, potrebno je razvijati i primijeniti analitičke metode koje će pratiti kemijske, proizvodne procese.²

12. U kemijskim procesima potrebno je smanjiti upotrebu tvari koje mogu uzrokovati eksploziju, štetno isparavanje te vatru.²

Kao što se može naslutiti iz prethodnih načela, zelena kemija označava pažljivo planiranje kemijskih sinteza kako bi proizvodi bili istovremeno profitabilni i dobri za ljudsko zdravlje i okoliš. Stoga, nije ni čudo da pronalazi primjenu u brojnim industrijama.⁴

Također, zbog svih navedenih značajki, može se sa sigurnošću reći da je zelena kemija način djelovanja koji će nam donijeti čišći okoliš, zrak i bolje zdravlje. Naša je zadaća što prije implementirati njena načela u područjima rada kako bismo što prije vidjeli njene dobrobiti.



Slika 1 – Shematski prikaz načela zelene kemije⁵

Literatura

1. <https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/what-is-green-chemistry.html> (pristup 16.2.2022.)
2. Jukić M., Đaković S., Filippović-Kovačević Ž., Vorkapić-Furač J., „Zelena” kemija – ekološki prihvatljivi procesi, Kemija u industriji 53 (5) 217–224 (2004)
3. <https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/what-is-green-chemistry/history-of-green-chemistry.html> (pristup 16.2.2022.)
4. Anastas P., Eghbali N., „Green Chemistry: Principles and Practice“, Chemical Society Reviews, 2010, 39, 301–312
5. <https://www.fisheriesindia.com/2020/08/how-principles-of-green-chemistry-can.html> (pristup 16.2.2022.)



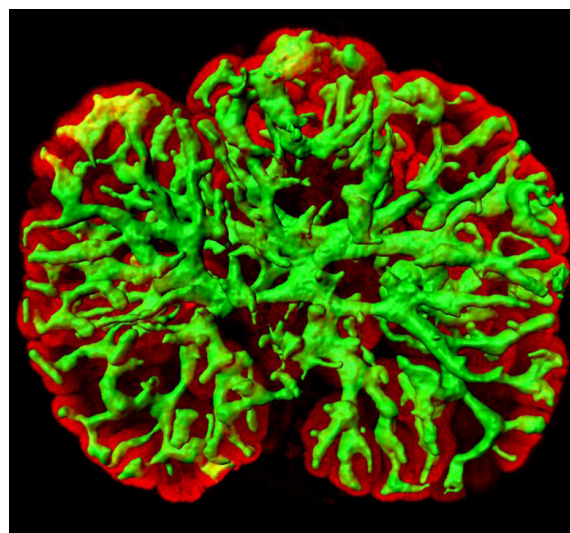
Složeno trodimenzionalno bubrežno tkivo stvoreno u laboratoriju

Jelena Barač (FKIT)

Tim znanstvenika sa Sveučilišta u Kumamotu (Japan) u laboratoriju je stvorio složeno 3D bubrežno tkivo isključivo iz uzgojenih embrionalnih matičnih stanica miša. Ti bi organoidi mogli dovesti do boljeg istraživanja bubrega te stvaranja umjetnih bubrega za transplantaciju kod ljudi.

Najvažnija uloga bubrega je filtriranje metaboličkih otpadnih tvari i viška soli i vode iz tijela i pomaganje u njihovu odstranjenju iz tijela. Bubrezi također pomažu u reguliranju krvnog tlaka i stvaranju crvenih krvnih zrnaca.

Najvažnija uloga bubrega je filtriranje metaboličkih otpadnih tvari i viška soli i vode iz tijela i pomaganje u



Slika 1 – 3D tkivo nalik bubrežima

njihovu odstranjenju iz tijela. Bubrezi također pomažu u reguliranju krvnog tlaka i stvaranju crvenih krvnih zrnaca.

Razni istraživački timovi, uključujući tim dr. Nishinakamura na Institutu za molekularnu embriologiju i genetiku (IMEG) na Sveučilištu

Kumamoto, već su uspostavili protokole za induciranje dviju komponenti (progenitor nefrona i mokraćovod) iz mišjih stanica. Usredotočujući se na često zanemarenu vrstu tkiva koje se sastoji od različitih potpornih i vezivnih tkiva zvanih stroma, dr. Ryuichi Nishinakamura i njegov tim uspjeli su generirati posljednju slagalicu od tri dijela na kojoj su radili nekoliko godina. Nakon što su tri dijela spojena, ustanovljeno je da je nastala struktura po svojoj arhitekturi nalik na bubrege. U svom najnovijem radu IMEG tim je razvio metodu za induciranje treće i posljednje komponente, stromalnog progenitora specifičnog za bubrege, kod miševa. Nadalje, kombiniranjem ovih triju komponenti *in vitro*, istraživači su uspjeli generirati 3D tkivo nalik bubrezima, koje se sastoji od ekstenzivno razgranatih tubula i nekoliko drugih struktura specifičnih za bubrege. Istraživači vjeruju da je ovo prvo izvješće o laboratorijskoj generaciji tako složene strukture bubrega od nule.

IMEG tim je već uspio inducirati prve dvije komponente iz ljudskih iPS stanica. Ako se i ova posljednja komponenta može proizvesti iz ljudskih stanica, trebao bi se postići sličan složeni ljudski bubrege.

“Sada radimo jako naporno na stvaranju potpuno funkcionalnog ljudskog bubrega”, rekao je dr. Nishinakamura. “Nadamo se da ćemo koristiti naš razvoj za provjeru lijekova za različite bolesti, te za transplantaciju na duge staze.”

Literatura

- <https://scitechdaily.com/complex-three-dimensional-kidney-tissue-created-in-the-lab-from-scratch/> (pristup 20.2.2022.)
- <https://www.sciencedaily.com/releases/2022/02/220201074530.htm> (pristup 20.2.2022.)

Znanost i emocionalne suze

Lucija Volf (FKIT)

Svi smo jednom u životu imali razdoblje kada sve pođe po zlu, bilo da se radi o traumatičnom iskustvu ili jednostavno lošem danu, te tada u tom trenutku neki od nas podliježu istinskoj metodi ublažavanja stresa – plakanju.

Slana tekućina puna proteina, vode, sluzi i ulja oslobađa se iz suzne žlijezde u gornjem, vanjskom dijelu oka. Ta tekućina, poznatija kao suze, zatim teče niz površinu oka i preko lica. Kao ljudi jedni smo od rijetkih bića na planeti koja mogu pustiti emocionalne suze, no postoje tri vrste suza, sve s različitom svrhom. Bazalne suze su sveprisutne u našim očima i ljudsko tijelo ih proizvodi sa svrhom sprječavanja suhog oka, dok su refleksne suze zaslužne za zaštitu ljudskog oka od iritacija poput dima, luka ili prašnjavog vjetra. Nastanak emocionalnih suza započinje u ljudskom mozgu, cerebrumu, gdje se registrira tuga. Endokrini sustav se zatim aktivira za oslobađanje hormona u očnu zonu, što onda uzrokuje stvaranje suza. Izraz „dobro plakanje“ sugerira da se preko emocionalnih suza tijelo oslobađa toksina koji se nakupljaju u tijelu za vrijeme povišenog stresa te se njihovim rješavanjem možemo osjećati bolje.

Znanstvenici su analizirali sadržaj refleksnih i emocionalnih suza te su otkrili da se njihov sastav razlikuje u nekoliko spojeva. Prvi je protein prolaktin za kojeg se poznato da kontrolira proizvodnju majčinog mlijeka. Adrenokortikotropni hormoni su također česti i ukazuju na visoku razinu stresa. Također, u emocionalnim suzama nalazi se i leucinenkefalin, endorfin koji smanjuje bol i djeluje na poboljšanje raspoloženja.¹ Na Slici 1.



Slika 1– Ljudske suze pod mikroskopom²

su vidljive strukture različitih vrsta ljudskih suza pod mikroskopom. Okolnosti pod kojima se suza suši mogu dovesti do radikalno različitih oblika i formacija, tako da dvije emocionalne suze mogu izgledati vrlo različito pod uvećanjem jer postoji toliko mnogo varijabli kao što je kemijski sadržaj, viskoznost, brzina isparavanja i postavke mikroskopa.² Refleksne suze su manje viskozne i ljepljive, što znači da emocionalne suze ostaju duže na licu osobe kako bi bile vidljivije ljudima oko nas. Naravno, mnogi znanstvenici ističu da su istraživanja u ovom području vrlo ograničena i treba ih dodatno proučiti prije nego što se može donijeti bilo kakav zaključak.¹

Literatura

- <https://science.howstuffworks.com/life/inside-the-mind/emotions/crying.htm> (pristup 20.2.2022.)
- <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/the-microscopic-structures-of-dried-human-tears-180947766/> (pristup 20.2.2022.)



BOJE INŽENJERSTVA

Respiratori i način rada FFP maski

Luka Marijan Alešković (KTF)

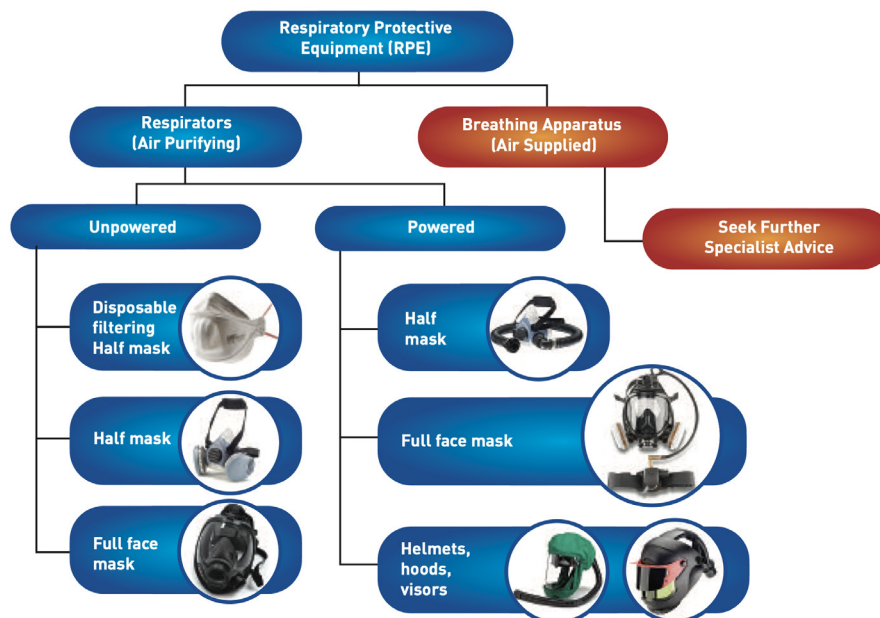
Covid-19 virus je među nama već preko dvije godine. U zadnje vrijeme se javljaju mutacije virusa koje bi mogle učiniti trenutna cjepiva neučinkovitim. Kako nam je svima već poznato, širenje virusa se može smanjiti nošenjem maski. Međutim, obične jednokratne maske nekima više nisu dovoljne. Ljudima je potreban veći stupanj zaštite. Na početku pandemije provedeno je istraživanje s 14 različitih maska kako bi se utvrdilo koje najviše blokiraju virus. Istraživanje je pokazalo kako su najbolje FFP2 maske. Višeslojne platnene maske su također pokazale dobre rezultate. Neke europske države poput Italije, Njemačke i Austrije propisuju zakone o obvezatnom nošenju FFP maski. Što su to FFP (engl. *filtering facepiece*) maske, kako rade i što ih razlikuje od jednokratnih maski?



Jednokratne maske u suštini funkcioniraju na principu filtracije. Maska, odnosno sloj ili slojevi materijala od kojeg je načinjena predstavljaju filtarsko sredstvo. Uski poredak tkanine dopušta protok samo onih manjih čestica (zrak), blokirajući veće. Jednokratne maske mogu biti sačinjene od raznih materijala. Učinkovitost maske najviše ovisi o labavosti i materijalu od kojega je načinjena. Učinkovitost jednokratnih maski varira od samo 10 % do 90 %, što ih čini nepouzdanim. Kirurške maske su dizajnirane kako bi spriječile prodor kapljica vode u kojima se nalazi virus. Valja napomenuti da kirurške maske ne pružaju adekvatnu zaštitu od virusa i bakterija raspršenih u zraku. Za veću zaštitu potrebno je koristiti respirator.



Slika 1 – Usporedba maski i respiratora



Slika 2 – Podjela respiratora

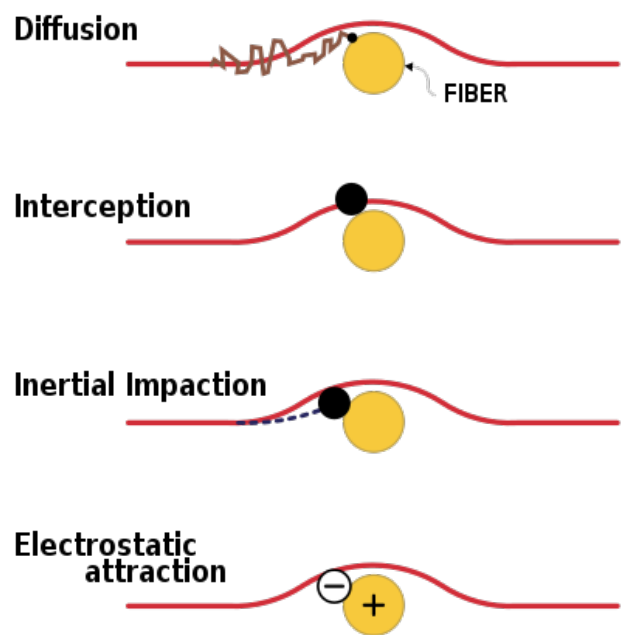
Respiratori su mehanički filtri koji štite nosača od štetnih čestica malih dimenzija. Prvi moderni respiratori razvijeni su početkom 20. stoljeća. Potreba za respiratorima vremenom je bivala sve veća i veća. Rudari su trebali zaštitu od opasnih plinova i prašine, a vatrogasci od dima i ugljikova monoksida. Jedan od značajnih događaja koji je pridonio razvoju respiratora bio je 1. svjetski rat koji je poznat po intenzivnom korištenju bojnih plinova.

Vlaknasto filterski respiratori ne rade kao sita gdje čestice veće od promjera otvora ne prolaze. Čim čestica dotakne jedno vlakno ona se zbog Van der Waalsovih sila priljubi uz vlakno i tamo ostaje zahvaćena. Iz tog razloga se cilja da čestice dođu u fizički doticaj s vlaknom. Mehanizmi visokoučinkovitog vlaknastog filtera su: inercijski sudar (engl. *inertial impact*), presretanje (engl. *interception*), difuzija (engl. *diffusion*) i elektrostatsko privlačenje (engl. *electrostatic attraction*). Inercijski sudar je pojava kada čestice zbog svoje inercije ispadaju iz putanje struje zraka te nastavljaju svojevrsnom putanjom i tako bivaju zahvaćene. Presretanje se događa kada se čestica kreće skupa sa zrakom, ali zbog svoje veličine „zapinje“ za vlakno. Mehanizam difuzije se javlja kod čestica manjih od 0,1 μm .

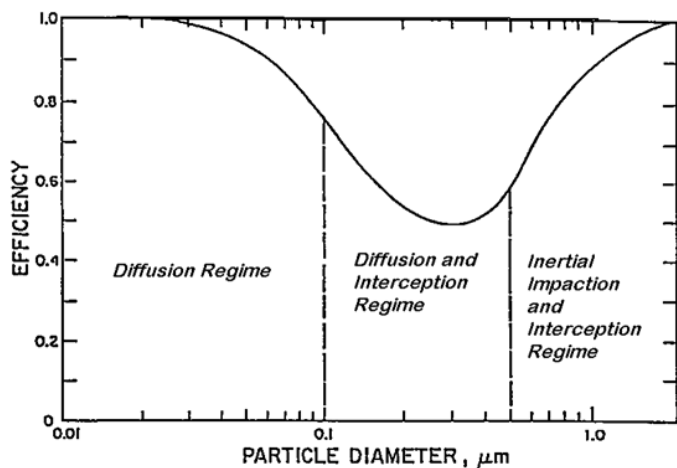
Prema kinetičkoj teoriji plinova, plin sadrži mnoštvo molekula čija je međusobna udaljenost puno veća od njihovih veličina. Molekule se ponašaju kao kuglice koje putuju po ravnoj liniji. U realnosti, one se međusobno stalno sudaraju što rezultira njihovim nasumičnim zig-zag gibanjem koje se još naziva Brownovim gibanjem. Prema tome, molekule zraka se sudaraju s česticama manjim od 0,1 μm tako da se i male čestice kreću gibati nasumičnim gibanjem. Tako se osigurava kontakt s vlaknom. Vlakna respiratora koji zahtijevaju veću zaštitu su prilikom proizvodnje električno nabijeni tako da uvijek sadrže elektrostatski naboj. Razlika polarnosti privlači i neutralne čestice.

Respiratori mogu biti maske koje se stavljaju preko cijelog lica ili samo pola, ovisno o nečistoćama ili toksinima u zraku. Oni također mogu biti pogonjeni strujom. Danas su respiratori, koji se koriste s ciljem zaštite od virusa i bakterija, rađeni od vlakana tehnikom rastaljenog puhanja. Na taj način se dobiva vlaknasti filter niske poroznosti koji ima svojstvo hvatanja i zadržavanja čestica.

Filtration Mechanisms



Slika 3 – Filtracijski mehanizmi



Slika 4 – Collection Efficiency Curve

Inercija i presretanje su dominantni mehanizmi za filtriranje čestica većih od 0,2 µm. Difuzija i elektrostatsko privlačenje se javljaju kod čestica manjih od 0,2 µm. Kombinirani učinak ova tri svojstva rezultira u krivulji kolektorske učinkovitosti (engl. *Collection Efficiency Curve*) (slika 4). Na apscisi se nalazi veličina čestice, a na ordinati učinkovitost filtracije.

FFP maske spadaju u skupinu vlaknastih filtera, respiratora. FFP maske se kategoriziraju u tri skupine: FFP1, FFP2 i FFP3. One se kategoriziraju prema postotku čestica koje blokiraju. Učinkovitost FFP maske se mjeri pri određenom volumnom protoku zraka koji odgovara relativno intenzivnom radu, a on iznosi 95 L/min. FFP1 blokira 80 %, FFP2 94 %, a FFP3 99 % čestica suspendiranih u zraku. Najveća mana FFP3 maske je otežano disanje i nedostatak kisika pri dugotrajnom korištenju. Opterećenje mehaničkog filtra vremenom

raste što prouzrokuje veći pad tlaka i učinkovitost. Isto tako se protok zraka smanjuje što dovodi do otežanog disanja i potrebe za zamjenom maske. FFP2 maska odgovara Američkoj N95 i Kineskoj KN95 masci.

Respiratori se ponajprije moraju pravilno nositi. Navedeni mehanizmi neće biti od koristi ako osoba nosi masku nepravilno. Faktor koji najviše određuje učinkovitost vlaknastog respiratora je način nošenja. Masku mora biti čvrsto priljubljena uz lice bez ikakvih propusta zraka. Osoba koja nosi masku ne bi smjela imati bradu jer ona onemogućava priljub masku uz lice.

Dakle, za svaku veličinu čestice postoji dominantni mehanizam filtracije. Čestice srednjih veličina (0,1 – 0,4 µm) imaju najveću mogućnost prodora kroz vlaknasti filter jer one nisu toliko velike da „zapnu“ ili skrenu s putanje zraka, a s druge strane nisu dovoljno male da se odbijaju od molekula zraka. Upravo onaj udio čestica koji nije uhvaćen niti jednim mehanizmom određuje stupanj zaštite maske.

Literatura

- <https://edition.cnn.com/2021/01/22/europe/europe-covid-medical-masks-intl/index.html>
- <https://edition.cnn.com/2020/08/08/us/duke-university-face-mask-test-trnd/index.html>
- <https://tsi.com/getmedia/4982cf03-42b24aedba14/ITI-041-A4?ext=.pdf>
- https://www.hsa.ie/eng/Publications_and_Forms/Publications/Chemical_and_Hazardous_Substances/Respiratory%20Protective%20Equipment.pdf
- <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2009/10/14/n95/>
- <https://www.goodmask.org/Tema/blog/how-does-an-ffp2-mask-work>

Jestive slamke napravljene od bakterija

Monika Petanjko (FKIT)

Jeste li ikad razmišljali o tome da slamke, pomoću kojih konzumirate piće, mogu biti jestive? Jesu li ukusne ili ne, saznat ćete u daljnjem tekstu.

Dosad korištene plastične slamke štetne su za zdravlje i okoliš jer sadrže plastifikatore koji su otrovni, a poseban problem predstavlja mikroplastika koju slamke ispuštaju prilikom razgradnje. Mikroplastika onečišćuje oceane te uništava njihovu bioraznolikost. S obzirom da su jednokratne plastične slamke zabranjene u cijeloj Europskoj uniji od srpnja 2021., počelo je traženje raznih alternativa. Jedne od njih su papirnate slamke koje spadaju u one „lošije“ jer duljim stajanjem u piću postaju mekane i neukusne.¹

Tim istraživača sa Sveučilišta za znanost i tehnologiju Kine napravio je slamke s bakterijskom celulozom. Slična je biljnoj celulozi, ali ima gušću molekularnu strukturu. Sintetiziraju je neke vrste bakterija kad se hrane šećerima te se već koristi u kozmetičkoj, prehrambenoj i tekstilnoj industriji. Istraživači su je uzgajali i sušili na zraku. Nakon toga vlakna su bila tretirana natrijevim alginatom, ugljikohidratom koji se nalazi u morskim algama, kako bi se zatvorile pore celuloze i spriječilo upijanje vode. Jedna od prednosti alginata je mogućnost da se lijepi sam za sebe, a to je omogućilo umotavanje celuloznih listova u slamku bez korištenja ljepila.¹



Slika 1 – Plastične slamke



Slika 2 – Jestive slamke

Također, otkriveno je da su bakterijske slamčice jače od papirnatih zbog trodimenzionalne mreže nanovlakana i jake veze između pojedinačnih slojeva. Isto tako, čak su tri puta otpornije na savijanje od plastičnih ili papirnatih slamčica te se brže biorazgrađuju. Kao što je rečeno, slamke su jestive, ali autori ne savjetuju njihovo konzumiranje jer ni okus ni tekstura nisu primamljivi.¹

Međutim, i na hrvatskom tržištu postoji tvrtka koja je napravila jestive slamke. Naime, radi se o koprivničkoj tvrtki Sana delikatese koja je predstavila jestive i potpuno biorazgradive slamke i žličice. Slamke su izrađene od pšenice i vlakana jabuke, a zaslađene su steviol-glikozidom te su do 60 minuta izdržljive u hladnim napitcima, a do 20 minuta u toplim. Žličice su napravljene od rižinog i kukuruznog brašna te jabučnih vlakana, a zaslađene su sladilima i ne sadrže gluten.²

Upravo ovakve slamke mogu biti rješenje mnogim ekološkim problemima s kojima se svijet bori već godinama jer ako se i ne pojedju, mogu se vrlo lako razgraditi u prirodi dok se drugi proizvodi prvo moraju prikupiti kako bi se reciklirali ili kompostirali.

Literatura

- <https://blazetrends.com/edible-straws-made-by-bacteria/> (pristup 10.2.2022.)
- <https://privredni.hr/iz-sana-delikatese-stizu-novi-proizvodi-jestive-cool-slamke-i-cool-zlicice> (pristup 11.2.2022.)



SCINFLUENCER

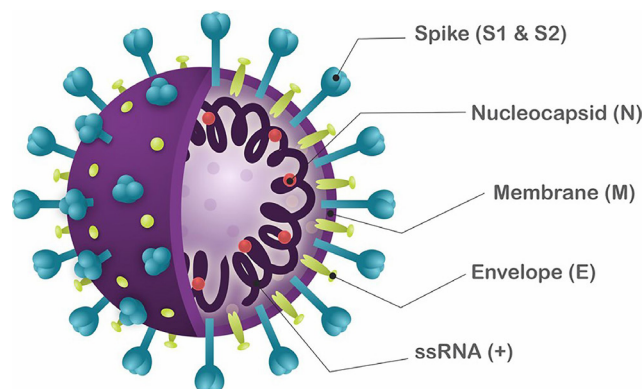
Računalni kemičari na prvoj liniji borbe protiv pandemije koronavirusa – kako to?

Lucija Vrban (BioTech – Rijeka)

U prosincu 2019. godine, u gradu Wuhanu kineske pokrajine Hubei, Svjetska zdravstvena organizacija proglašava pandemiju uzrokovanu novim koronavirusom. Izuzetno brzo širenje zaraze izazvalo je prvotnu histeriju koja se širila poput samog virusa, počevši od daleke Kine (iako nam je percepcija o udaljenosti nakon neočekivano brzog širenja virusa svakako promijenjena), sve do Europe, Australije i načelno, svih dijelova Zemlje. Danas je teško pronaći osobu koja u nekom trenutku nije bolovala od koronavirusne bolesti. Osim vrtoglavog broja umrlih i oboljelih, pandemija je prouzročila dugo nevidene fenomene histerije poput nestašice toaletnog papira i konzerviranih proizvoda iz supermarketa.¹ Pritisak na znanstvenoj zajednici



je postojan od samog početka, te je najveća boljka bila, te i dalje je; utrka s vremenom. Pronalazak cjepiva te antivirusnih lijekova koji bi olakšali simptome kod ozbiljno oboljelih ili u potpunosti zaustavili širenje virusa u organizmu postali su glavni ciljevi šire znanstvene zajednice. Srećom, nalazimo se u dobu u kojem su računalne infrastrukture i tehnike daleko uznapredovale, kao i sam zdravstveni sustav od npr. pandemije španjolske gripe koja je rezultirala s 50 do 100 milijuna smrtnih slučajeva.²



SARS-CoV-2

Slika 1 – Shema strukture SARS-CoV-2³

SARS-CoV-2 (engl. *severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*) virus je koji uzrokuje bolest COVID-19. Ovaj koronavirus spada pod rod betakoronavirusa te posjeduje visoku sličnost aminokiselinske sekvence s MERS-CoV (engl. *Middle East respiratory syndrome coronavirus*) betakoronavirusom čija infekcija uzrokuje bliskoistočni respiratorni sindrom te sa SARS-CoV (engl. *severe acute respiratory syndrome coronavirus*) betakoronavirusom koji dovodi do teškog akutnog respiratornog sindroma. Genom SARS-CoV-2 sastoji se od približno 30 000 nukleotida, te poput SARS-CoV i MERS-CoV kodira 16 nestrukturnih proteina poput glavne proteaze M^{pro}, RNA-ovisne RNA polimeraze RdRp, proteaze nalik papinu PL^{pro}, helikaze i dr., 4 strukturna proteina (protein šiljka, ovojnice, membrane i nukleokapside), te pomoćnih proteina poput 9b i ORF-14. Glikoprotein šiljka esencijalan je za infekciju interagirajući s ljudskim angiotenzin-konvertirajućim enzimom 2 (ACE2). S obzirom na to da nestrukturani proteini sudjeluju u produkciji subgenomskih RNA koje sudjeluju u životnom ciklusu virusa, nestrukturani proteini kao i strukturni predstavljaju obećavajuće mete djelovanja lijekova protiv COVID-19 oboljenja.

Od početka pandemije zabilježeno je više od 412 milijuna COVID-19 oboljenja i preko 5,82 milijuna smrtnih slučajeva. Pritisak na zdravstveni sustav je ogroman te iziskuje brz, efikasan i racionalan dizajn novih lijekova koji bi smanjili simptome oboljenja tako smanjujući broj hospitaliziranih i posljedično, relaksirajući pretrpane zdravstvene sustave. CADD (engl. *computer-aided drug design*) obećavajući je pristup dizajna novih lijekova, a njegova važnost dodatno je istaknuta tijekom pandemije kada je potreba za brzim dizajnom novih lijekova dosegla svoj vrhunac. Istraživanja računalnih kemičara omogućila su sekvenciranje genoma SARS-CoV-2⁴, utvrđivanje mutacija i razvoj cjepiva⁵, te određivanje kandidata za dizajn novih i/ili prenamjene postojećih lijekova.⁶

Proces razvitka lijekova dugotrajan je proces koji uključuje identifikaciju i validaciju mete od interesa, razvitak potencijalnih kandidata i optimizacije tih kandidata, te pretklinička i klinička istraživanja. Cijeli proces rezultira puštanjem lijeka na tržište nakon 10-15 godina s troškovima od približno 2,5 milijardi USD. U doba pandemije kada je utrka s vremenom od krucijalnog značenja, znanstvena zajednica prigrllila je CADD pristup.

Racionalni dizajn lijekova integralni je dio CADD pristupa te omogućuje uvid u afinitet vezanja i molekularne interakcije između proteina od interesa i liganda. Identifikacija potencijalnih kandidata olakšana je od strane dostupnih superračunalnih resursa, paralelnog procesiranja te naprednih programa i softverskih paketa kao i algoritama koji su značajno potpomogli analizi prikupljenih velikih količina podataka (engl. *big data*) usko vezanih uz farmaceutsku industriju.

CADD pristup nije novina u svijetu dizajna lijekova, dapače njegov potencijal i snaga pokazani su otkrićem amprenavira, inhibitora HIV (virus

humane imunodeficijencije) proteaze, prenamjene antituberkolitika izoniazida kao inhibitora enoil-(acil nosač protein) reduktaze (engl. *enoyl-acyl-ACP reductase*) te između ostalog, otkrića flurbiprofena za terapiju reumatoidnog artritisa, osteoartritisa i sl.⁷

Od početka pandemije objavljeno je više od pola milijuna radova vezanih uz SARS-CoV-2 u časopisima ili pohranjeno na serverima kao predtisak. Magnituda i hitnost odgovara znanstvene zajednice pokazalo je svu snagu CADD pristupa u smislu brze transformacije dostupnih i novih podataka u hipoteze dizajna novih lijekova, omogućavanje otvorenog pristupa znanosti i kolaboracije unutar interdisciplinarnih područja te ubrzanih eksperimentalnih uspjeha i pronalazak potencijalnih kandidata za (pret)kliniku.⁸

CADD pristup može se grubo podijeliti u dvije kategorije; SBDD, odnosno dizajn lijekova baziran na strukturi (engl. *structure-based drug design*) i LBDD, odnosno dizajn lijekova baziran na ligandu (engl. *ligand-based drug design*).

Dizajn lijekova baziran na strukturi ovisi o dostupnosti 3D strukture mete od interesa i razumijevanja prirode i samog oblika aktivnog mjesta.

Računalne tehnike poput komparativnog homolognog modeliranja i ab initio modeliranja pokazale su se uspješnim u dešifriranju 3D struktura SARS-CoV-2 proteina uz pomoć dostupnih aminokiselinskih sekvenci. Homologno modeliranje temelji se na dešifriranju 3D strukture proteina od interesa preko aminokiselinske sekvence koristeći prigodan predložak. Procedura se sastoji od identifikacije odgovarajućeg predloška, usklađivanja sekvenci, izrade modela proteina od interesa, modifikacije tog modela i naposljetku, validacije. Selvaraj i suradnici dobili su 3D strukturu SARS-CoV-2 gvanin-N7 metiltransferaze (nsp14) metodom homolognog modeliranja.⁹ S druge strane, ab initio modeliranje podrazumijeva računalnu tehniku određivanja strukture za koju predložak ne postoji. Ova metoda bavi se problematikom određivanja dihedralnih kutova koji utječu na stabilnost strukture. Kombinacijom homolognog i ab initio modeliranja, Baruah i suradnici razriješili su strukturu pomoćnih proteina 9b i ORF-14.¹⁰

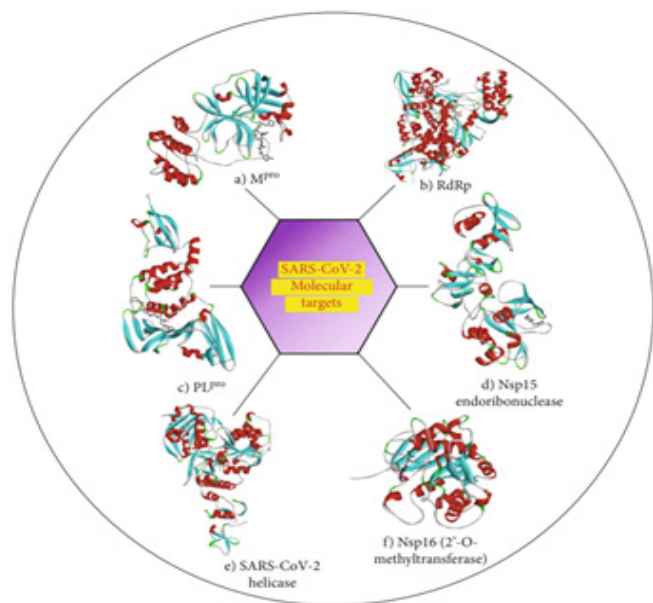
Neke od najčešćih SBDD metoda uključuje virtualni probir temeljen na strukturi, molekulske pristajanje i simulacije molekulske dinamike (MD). Navedene metode daju informaciju o energetici vezanja, interakcijama između proteina i liganda te o konformacijskim promjenama nakon vezanja liganda u aktivno mjesto.

Molekulske pristajanje je najpopularnija CADD metoda korištena za dizajn lijekova, a bavi se opisom načina kako dvije molekulske strukture međusobno pristaju (najčešće se istražuje pristajanje malih molekula poput lijekova na vezno mjesto proteina od interesa ili pristajanje dvaju proteina). Molekulske pristajanje iziskuje poznatu strukturu mete i najčešće, baze molekula poput DrugBank, ZINC, SuperDRUG2, ChEMBL i dr.

Najčešće korišteni softveri za provedbu pristajanja su AutoDock, AutoDock Vina, Glide i DOCK.⁸

Nakon molekuskog pristajanja, najčešće provedena metoda je simulacija molekulske dinamike. Molekulska dinamika bazirana je na klasičnoj, Newtonovoj fizici koja se bavi rješavanjem jednadžbi gibanja s ciljem opisivanja gibanja molekula u fiziološkim uvjetima te često predstavlja korak koji slijedi nakon molekuskog pristajanja. S obzirom na to da simulacija molekulske dinamike nastoji opisati fizičko gibanje atoma i molekula, njezina pouzdanost nadilazi pouzdanost molekuskog pristajanja. Simulacije molekulske dinamike daju informaciju o molekularnim interakcijama prije, nakon i tijekom vezanja liganda te o termodinamičkom profilu vezanja, omogućuju istraživanje ortosteričkih i alosteričkih džepova te identifikaciju potencijalno korisnih farmakofora i epitopa. S obzirom na to da je uvid u dinamički profil proteina računalno izrazito zahtjevan posao, u ožujku 2020. godine osnovan je *COVID-19 High-Performance Computing Consortium* koji omogućava pristup računalnim resursima svim grupama koje se bave računalnim istraživanjem SARS-CoV-2 proteina. Najčešće korišteni programski paketi su AMBER, MOE, GROMACS, MM-PBSA i dr.³

Osnovni cilj SBDD studija pronalazak je biološki aktivne molekule naspram mete od interesa pogodnog farmakološkog profila koja bi zaustavila pandemiju ili barem omogućila efektivno liječenje teških slučajeva COVID-19 oboljenja. Glavne tri korištene mete u SBDD studijama bile su glikoprotein šiljka, PL^{pro} te M^{pro}. S obzirom na to da je razvitak novog lijeka dugotrajan i skup proces, najveći dio studija bavio se pronalaskom već postojećeg lijeka koji bi djelovao i na SARS-CoV-2 kako bi se smanjili troškovi, ali i vrijeme samog istraživanja.⁸



Slika 2 – Prikaz 3D struktura nekih od najčešćih meta SARS-CoV-2³

Neki od primjera SBDD studija provedenih na SARS-CoV-2 metama su rezultati računalne studije iz svibnja 2020. godine u kojoj je korišteno homologno modeliranje, molekulske pristajanje i MD simulacije na RdRp proteinu. Rezultati ukazuju na to da sofosbuvir, ribavirin, remdesivir i hidroklorokin predstavljaju potencijalne kandidate za klinička istraživanja.¹¹ Khan i suradnici metodama molekuskog pristajanja i MD simulacija pokazali su da remdesivir, darunavir i sakvinavir predstavljaju potencijalne potentne inhibitore proteaze nalik kimotripsinu (3CL^{pro}). Istraživačka grupa Laboratorija za računalni dizajn i sintezu funkcionalnih materijala na Institutu Ruđer Bošković pod vodstvom dr. sc. Roberta Vianella pokazala je da je afinitet vezanja glikoproteina šiljka za MAO enzime usporediv s afinitetom vezanja na ACE2 receptor što pruža daljnji uvid u nedovoljno istražen utjecaj SARS-CoV-2 na neurodegeneraciju.¹²

Također, jedan od većih napredaka u de novo dizajnu lijekova koji bi ciljali aktivno mjesto M^{pro} ostvaren je već početkom 2020. godine kada je više od 70 eksperimentalno razlučenih struktura s različitim kemijskim fragmentima nekovalentno vezanih na M^{pro} aktivno mjesto postalo dostupno u PDB obliku. Koristeći dostupne strukture za de novo dizajn lijekova koji bi ciljali M^{pro} dizajnirano je više od tisuću molekula s mikromolarnim IC₅₀ (maksimalna inhibitorna koncentracija) vrijednostima koje iščekuju daljnju eksperimentalnu evaluaciju.¹³

SBDD pristup, osim što je izrodio desetke potencijalno potentnih molekula koje čekaju rigorozna klinička ispitivanja, zaslužan je i za značajan priljev informacija o SARS-CoV-2 proteinima uključujući njihov dinamički profil, inducirana ionizacijska stanja i ostale faktore koji pridonose potencijalnom vezanju liganda na mjesto od interesa.

Dok se SBDD studije oslanjaju na predznanje 3D strukture mete i njezinog aktivnog mjesta kako bi pokušale razumjeti molekularne interakcije između mete i receptora, LBDD pristup ovisi o razumijevanju interakcija liganda s metom.

LBDD, odnosno dizajn lijekova baziran na ligandu, koristi informacije dobivene iz knjižnica ili baza farmakološki aktivnih molekula naspram određene mete u svrhu identifikacije fizikalno-kemijskih i strukturnih svojstava odgovornih za određenu biološku funkciju. LBDD pristup oslanja se na pretpostavku da strukturne sličnosti odgovaraju određenim biološkim funkcijama.¹⁴

Najčešće korištene metode i tehnike su modeliranje farmakofora, kvantitativni odnos strukture i aktivnosti (QSAR), te tehnike umjetne inteligencije u dizajnu lijekova.

Modeliranje farmakofora (dio molekule odgovoran za farmakološko djelovanje) rezultira modelom koji pokušava razjasniti prostorni raspored kemijskih grupa i struktura u ligandu koji je potreban za željenu interakciju s metom. Dakle, model farmakofora predstavlja ansambl

steričkih i elektronskih svojstava koje su potrebne za optimalnu supramolekulsku interakciju liganda sa željenom biološkom metom.¹⁵ Neki od faktora koji se uzimaju u obzir su broj primatelja i davatelja vodikove veze, aromatski prstenovi, hidrofobni dijelovi molekule, te pozitivno i negativno nabijene ionske grupe.

Model farmakofora često uključuje prostorne restrikcije za inaktivne dijelove molekule, te su uključene i biološki aktivne konformacije molekula vezane na meti od interesa. Finalni model sadržava samo one farmakofore koje se dosljedno detektiraju u farmakološki aktivnim molekulama, dok su druge, manje zastupljene farmakofore izbačene ili se smatraju neobaveznima u modelu. Generirani farmakoforni model trebao bi posjedovati optimalnu osjetljivost i specifičnost kako bi se minimizirala mogućnost lažno pozitivnih i negativnih rezultata, te svaki model mora biti zasebno validiran. Programi Catalyst, PHASE, LigandScout i PharmMapper automatski konstruiraju farmakoforne modele te se kod LBDD pristupa najčešće koriste.

Kvantitativni odnos strukture i aktivnosti baziran je na principu koji govori da varijacije u bioaktivnosti molekula koreliraju s promjenama u molekulskoj strukturi. Klasificira se na šest podtipova, ovisno o molekulskim deskriptorima koji predstavljaju strukturno ili fizikalno-kemijsko svojstvo molekule ili dijela molekule, a svaki sljedeći podtip uključuje sve stavke prethodnog podtipa.

1D-QSAR proučava korelaciju globalnih molekulskih svojstava poput vrijednosti logP i pKa s biološkom aktivnosti, 2D-QSAR inkorporira 2D-farmakoforne modele i indekse povezanosti, 3D-QSAR uključuje i nekovalentne interakcije mikrokoliša liganda, 4D-QSAR uvodi i ansambl konformacija liganda, 5D-QSAR dodatno inkorporira modele induciranog pristajanja u 4D-QSAR i konačno, 6D-QSAR koji uključuje dodatne modele otapala u 5D-QSAR podtip.

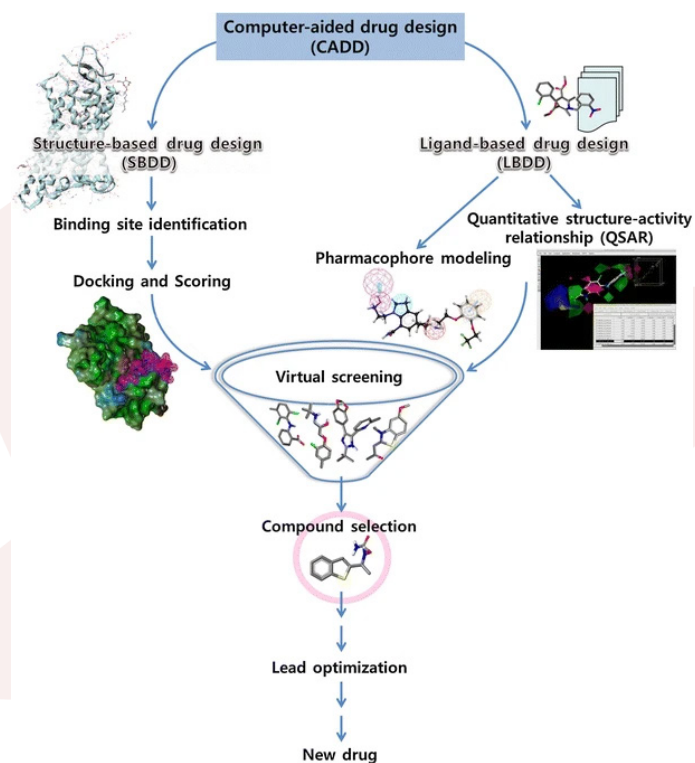
QSAR tehnike mogu se dodatno podijeliti na temelju kemometrijskih tehnika na linearne i nelinearne. Primjer linearnih uključuje linearnu regresiju, analizu parcijalnih komponenti i analizu komponentni regresije, dok je primjer nelinearnih umjetna neuronska mreža i Bayesova neuronska mreža.

Umjetna inteligencija (UI) tip je strojne inteligencije koja je sposobna naučiti nove informacije iz postojećih podataka. Umjetna inteligencija u dizajnu lijekova ima široku primjenu; od predikcije smatanja proteina, predikcije protein-protein interakcija, virtualnog probira, QSAR studija, de novo dizajna lijekova i dr. U racionalnom dizajnu lijekova koji je integralni dio CADD pristupa, UI metode koje se najviše koriste su strojno učenje (engl. *machine learning*) i duboko učenje (engl. *deep learning*). Metode umjetne inteligencije polako, ali sigurno zamjenjuju QSAR predikciju kompleksnih bioloških svojstava s obzirom na to da te metode koriste malene setove za obuku te ne uzimaju u obzir širi kemijski prostor. Tehnike visoko-protlačnog virtualnog

probira generiraju ogromne količine podataka s kojima se QSAR metode ne mogu nositi. Međutim, metode umjetne inteligencije razvijene su upravo s ciljem analize velike količine višedimenzionalnih podataka kako bi se što točnije odredili farmakološki učinci molekula na biološke sustave. Važno je za istaknuti da su metode umjetne inteligencije pouzdane onoliko koliko su pouzdani podaci iz kojih uče.⁸

Primjer istaknutih LBDD studija uključuje studiju iz 2020. gdje su Beck i suradnici koristili model interakcije lijeka i mete baziran na dubokom učenju (engl. *deep learning-based drug-target interaction model*) pomoću kojih su identificirali nekoliko FDA (engl. *Food and Drug Administration*) molekula koje pokazuju inhibitorški potencijal naspram SARS-CoV-2 proteinaze nalik 3C poput atazanavira, remdesivira i ritonavira.¹⁶

Arun i suradnici koristili su kristalnu strukturu SARS-CoV-2 u kompleksu s imidazolnim karoksamidnim inhibitorom generirajući E-farmakofornu hipotezu prenamjene postojećih lijekova pomoću koje su identificirali binifibrat i bamifilin. Daljnjim metodama molekulskog pristajanja, kalkulacijama slobodne energije vezanja i MD simulacijama potvrdili su snažno vezanje ovih molekula za M^{pro}.³ Nadalje, Daoud i suradnici koristeći rendgensku kristalografsku strukturu M^{pro} konstruirali su farmakoforni model pomoću kojih su identificirali pet FDA prihvaćenih antiviralnih molekula; lopinavir, remdesivir, ritonavir, sakvinavir i raltegravir čije su vezanje na aktivno mjesto glavne proteaze i specifične



Slika 3 – Tijek rada CADD pristupa¹²

interakcije koje nalikuju endogenom ligandu dodatno potvrdili molekulskim pristajanjem.¹⁷ Prethodno navedene studije predstavljaju dobar primjer sinergije LBDD i SBDD metoda objedinjenih CADD pristupom.

CADD pristup se u pandemijsko doba, kada je rast broja oboljelih i preminulih od virusne bolesti COVID-19 kontinuiran i brz, istaknuo kao brz, pouzdan, efikasan i financijski prihvatljiviji pristup dizajna lijekova. Također, pregledom glavnih metoda korištenih u CADD pristupu jasno je i da omogućuje predikciju mutacija SARS-CoV-2 genoma što daje daljnji uvid u vezanje samog lijeka na metu od interesa što ponovno svjedoči o moći CADD pristupa u akceleraciji cijelog procesa dizajna lijekova.

Međutim, CADD metode i dalje zahtijevaju validaciju molekula kandidata putem pretkliničkih i kliničkih ispitivanja. Utrka s vremenom prouzročila je veliki priljev radova iz područja računalne kemije što od iskusnih računalnih kemičara, što od znanstvenika koji se po prvi put upuštaju u područje molekulskog modeliranja i kemoinformatike. Ovaj nagli priljev rezultirao je s više od pola milijuna radova objavljenih samo na COVID-19 (engl. *COVID-19 Open Research Dataset*) s više od 200 000 radova s dostupnim cijelim tekstom.¹⁸ Nažalost, određeni dio 'računalnih novaka' nije koristio najbolju metodološku praksu i rigorozne CADD kriterije što je dovelo do najčešćih pogreška, osobito tijekom provođenja molekulskog pristajanja; netočna protonacijska stanja liganada, manjak eksplicitnih vodika te prisustvo soli, molekula vode, nedosljedna reprezentacija tautomera, nedostatak adicije nedostajućih dijelova lanaca/petlji proteina, brisanje preklapajućih atoma, i sl. Navedene greške navode na zaključak o nepravilnom predprocesiranju sustava što je kritičan korak prije same provedbe CADD metoda i tehnika. Brzina CADD pristupa djelovala je poput dvosjeklog mača; s jedne strane omogućila je od strane iskusnih računalnih kemičara brz i jeftin način pronalaženja molekula od potencijalnog terapijskog značenja za SARS-CoV-2, međutim s druge strane je prouzročila ogroman priljev radova čija metodologija ne prati standarde niti CADD kriterije, te koji nisu eksperimentalno potvrđeni. Zbog navedenog, mnogi časopisi više ne prihvaćaju 'čiste' računalne studije bez eksperimentalnih dokaza.⁸

Ako do sada nije bilo jasno, pandemija uzrokovana SARS-CoV-2 pokazala je da su CADD pristupi u prvim fazama istraživanja i razvoja lijeka nezaobilazni dio dizajna lijekova, te da su osim nadopunjavanja eksperimentalnih dokaza, računalni pristupi od ključne važnosti kao početna točka u dizajnu lijekova. Suradnja 'eksperimentalaca' i 'računalaca' do sada nikada nije bila potrebna i naglašenija. Simbioza ovih dvaju područja jedan je od esencijalnih alata u pokušaju usporavanja i zaustavljanja pandemije koja je obilježila i promijenila život cijele generacije.

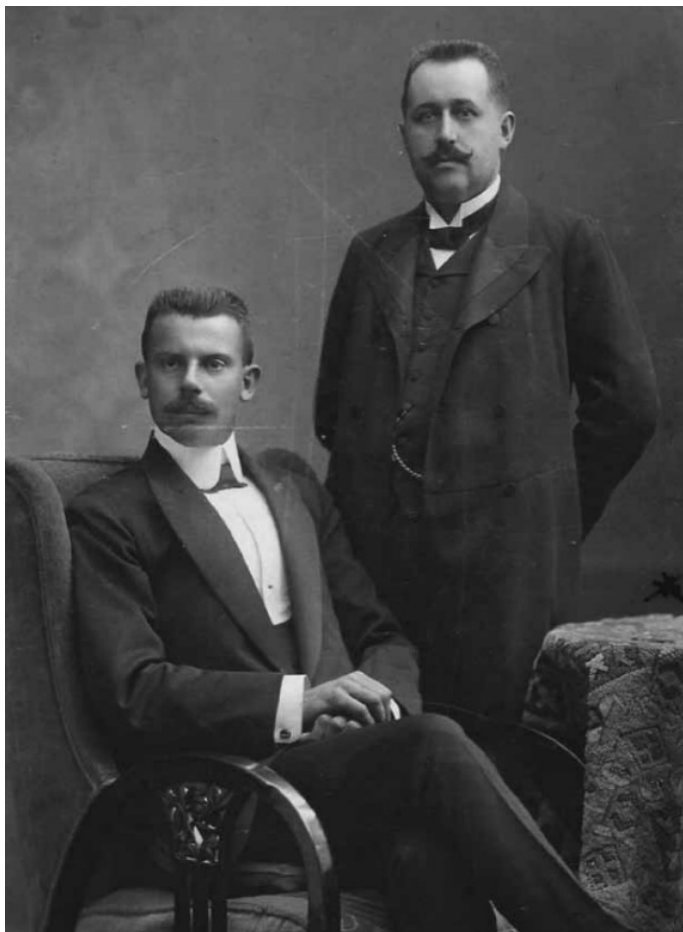
Literatura

1. J. Leung, et al., Anxiety and Panic Buying Behaviour during COVID-19 Pandemic—A Qualitative Analysis of Toilet Paper Hoarding Contents on Twitter. *Int J Environ Res Public Health* 18, 1127 (2021).
2. Ž. Cvetnić, V. Savić, Prije 100 godina španjolska gripa „majka“ svih pandemija poharala je svijet. *Veterinarska stanica* 49, 333–341 (2018).
3. A. B. Gurung, M. A. Ali, J. Lee, M. A. Farah, K. M. Al-Anazi, An Updated Review of Computer-Aided Drug Design and Its Application to COVID-19. *BioMed Research International* 2021, e8853056 (2021).
4. I. Jurak, T. Rukavina, O. Vugrek, Successful sequencing of the first SARS-CoV-2 genomes from Croatian patients. *Croatian medical journal* 61, 302–303 (2020).
5. T. Dey, S. Chatterjee, S. Manna, A. Nandy, S. C. Basak, Identification and computational analysis of mutations in SARS-CoV-2. *Comput Biol Med* 129, 104166 (2021).
6. Y. Liu, DrugDevCovid19: An Atlas of Anti-COVID-19 Compounds Derived By Computer-Aided Drug Design (preprint) (2021) (January 31, 2022).
7. M. Batool, B. Ahmad, S. Choi, A Structure-Based Drug Discovery Paradigm. *Int J Mol Sci* 20, 2783 (2019).
8. E. N. Muratov, et al., A critical overview of computational approaches employed for COVID-19 drug discovery. *Chem. Soc. Rev.* 50, 9121–9151 (2021).
9. C. Selvaraj, et al., Structure-based virtual screening and molecular dynamics simulation of SARS-CoV-2 Guanine-N7 methyltransferase (nsp14) for identifying antiviral inhibitors against COVID-19. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics* 39, 4582–4593 (2021).
10. C. Baruah, P. Devi, D. K. Sharma, Sequence Analysis and Structure Prediction of SARS-CoV-2 Accessory Proteins 9b and ORF14: Evolutionary Analysis Indicates Close Relatedness to Bat Coronavirus. *BioMed Research International* 2020, 1–13 (2020).
11. A. A. Elfiky, Anti-HCV, nucleotide inhibitors, repurposing against COVID-19. *Life Sciences* 248, 117477 (2020).
12. L. Hok, H. Rimac, J. Mavri, R. Vianello, COVID-19 Infection and Neurodegeneration: A Potential Link Revealed by Computational Simulations. 27th Croatian Meeting of Chemists and Chemical Engineers (27HSKIKI) // Book of Abstracts (2021) (December 14, 2021).
13. M. A. Walsh, J. M. Grimes, D. I. Stuart, Diamond Light Source: contributions to SARS-CoV-2 biology and therapeutics. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 538, 40–46 (2021).
14. P. Prathipati, A. Dixit, A. K. Saxena, Computer-Aided Drug Design: Integration of Structure-Based and Ligand-Based Approaches in Drug Design. *Current Computer-Aided Drug Design* 3, 133–148.
15. S.-Y. Yang, Pharmacophore modeling and applications in drug discovery: challenges and recent advances. *Drug Discovery Today* 15, 444–450 (2010).
16. B. R. Beck, B. Shin, Y. Choi, S. Park, K. Kang, Predicting commercially available antiviral drugs that may act on the novel coronavirus (SARS-CoV-2) through a drug-target interaction deep learning model. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 18, 784–790 (2020).
17. S. Daoud, S. J. Alabed, L. A. Dahabiyeh, Identification of potential COVID-19 main protease inhibitors using structure-based pharmacophore approach, molecular docking and repurposing studies. *Acta Pharm* 71, 163–174 (2021).
18. COVID-19 Open Research Dataset Challenge (CORD-19) (February 17, 2022).

Život i djelo Franje Hanamana

Lea Raos (FKIT)

Franjo Hanaman, istaknuti hrvatski kemičar, metalurg i izumitelj, rođen je 30. lipnja 1878. u Drenovcima. Nakon završetka osnovne škole u Brčkom, upisuje srednju školu u Zemunu gdje je maturirao 1895. Ljubav prema prirodnim znanostima prenijela su mu dva profesora i znanstvenika, Ivan Marek i Stanko Plivelić. Diplomirao je na Kemijskom odjelu Tehničke visoke škole u Beču.



Slika 1 – Franjo Hanaman (sjedi) i Alexander Just

Tijekom studija aktivno sudjeluje u društvenom životu hrvatskih studenata u Beču. Nakon završetka studija zapošljava se kao pogonski inženjer u Bosanskoj industriji šećera i žeste. 1900. godine vraća se u Beč i zapošljava kao asistent svog bivšeg profesora dr. Georga Vortmanna na katedri analitičke kemije Tehničke visoke škole. 1902. objavljuje svoj prvi rad iz elektroanalize u časopisu Zeitschrift für Elektrochemie. Iste godine Hanaman prihvaća suradnju s Alexanderom Justom. Cilj im je bio pronalaženje metalnih žarnih niti koje će trajati dulje i trošiti manje energije.

Razvoju rasvjetne tehnike uvelike su pridonijela istraživanja Justa i Hanamana. Pokusi sa žaruljama koje

su sadržavale volframove niti, pokazali su da volfram ima najviše talište od svih poznatih metala (3422 °C) te je također karakteriziran dobrim svojstvom selektivnog zračitelja, relativno velikog otpora za električnu struju te vrlo niskom napetosti para pri visokim temperaturama što omogućuje proizvodnju ekonomičnije i trajnije žarulje.



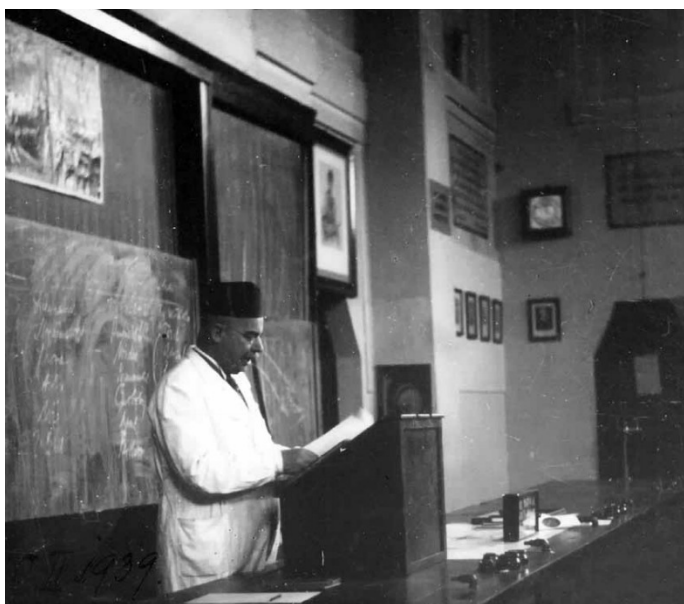
Slika 2 – Žarulja s volframskom niti

Višegodišnjim radom i mnogim pokusima autori modificiraju način pripreme žarne niti, njihove ugradnje u žarulju te njezina vakuumiranja do postizanja optimalnih uvjeta za dugotrajnost i ekonomičnost. Prve žarulje pojavljuju se na europskom tržištu 1906. godine. Nakon Just Hanamanovih patenata, volframske žarne niti pobudile su velike interese proizvođača žarulja, pa su u međuvremenu razvijeni i drugi postupci za njihovu proizvodnju. Godine 1911. napušta svoje radno mjesto u Ujpestu i posvećuje se znanstvenim istraživanjima.

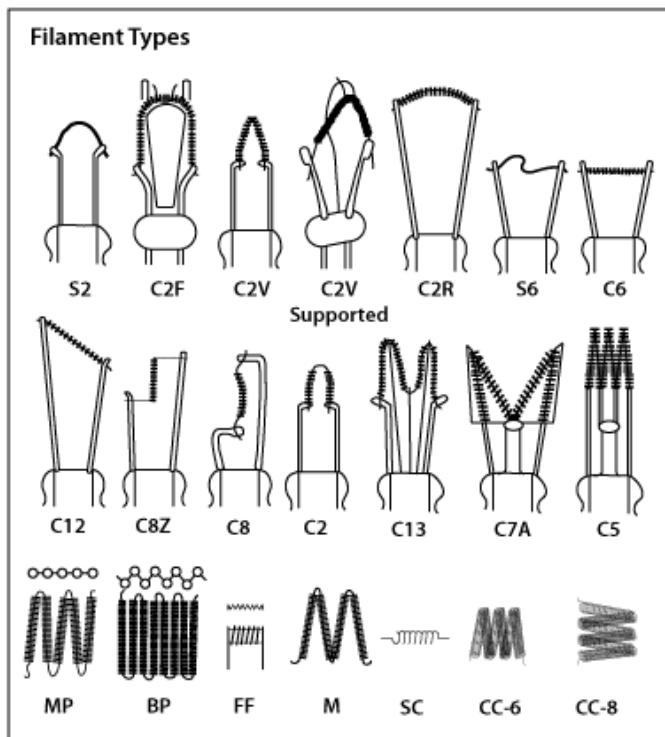
Hanaman se potom zapošljava u Berlinu na Institutu za metalurgiju željeza. Tijekom svog rada na institutu surađuje s mnogim istaknutim znanstvenicima kao što su: Walther Mathesius, William M. Guertler i Heinrich Hanemann. Znanstveno zvanje doktora inženjera dodijeljeno mu je 6. svibnja 1913. Sve do prvog svjetskog rata Hanaman radi na brojnim istraživanjima. Tijekom rata nadzire rad metalne radionice F. Zimmermans Söhne u Beču, koja je bila rekvirirana u vojne svrhe. Nakon rata i sloma Austro-Ugarske Monarhije dolazi u Zagreb gdje nekoliko mjeseci obnaša dužnost natporučnika u vojsci Kraljevstva SHS.

Godine 1922. Postaje redovni profesor anorganske kemijske tehnologije i metalurgije, kada osniva i Zavod za anorgansku kemijsku tehnologiju i metalurgiju na Kemičko-inženjerskom odjelu. Iste godine postaje dekan Kemičko-inženjerskog odjela Tehničke visoke škole. 31. kolovoza 1926. postaje prodekan nakon što Tehnička škola postaje Tehnički fakultet (danas Fakultet Kemijskog inženjerstva i tehnologije). Od 1939. pa sve do kraja života bio je pročelnik Odjela za rudarstvo i metalurgiju.

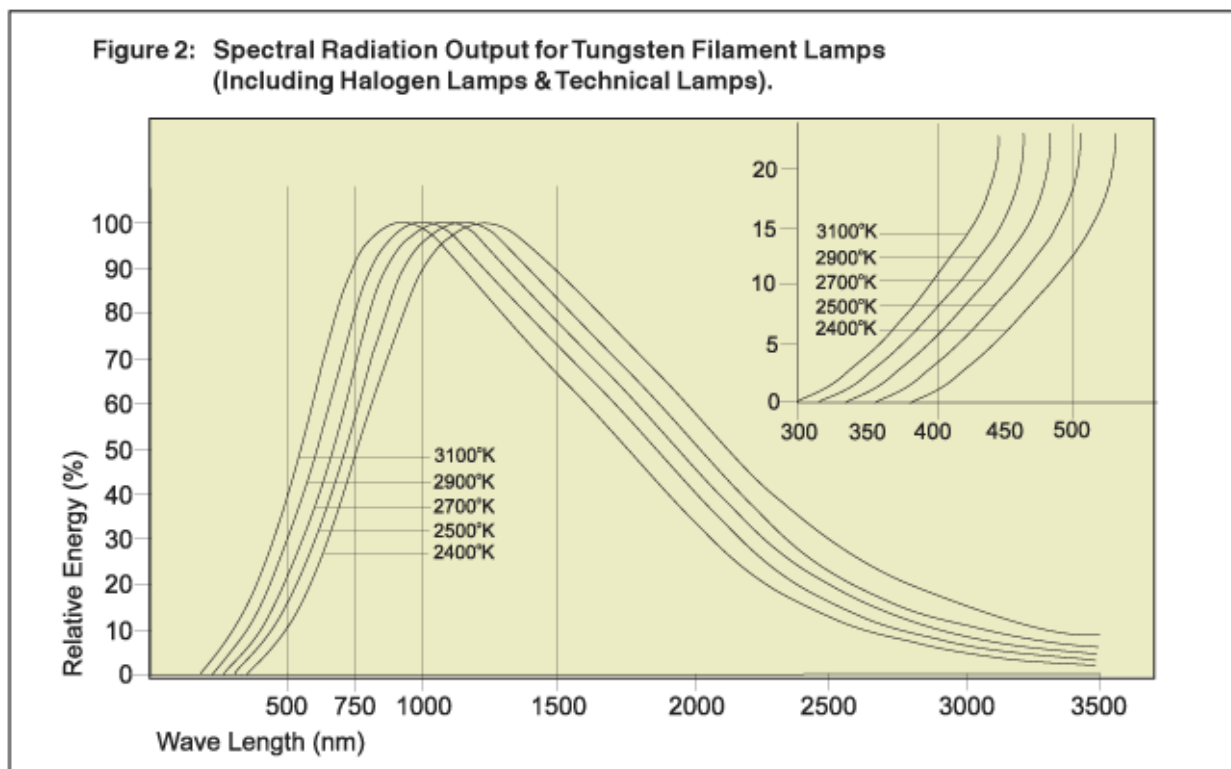
Umire 23. Siječnja 1941. u Zagrebu. Franjo Hanaman uvelike je pridonio razvoju rasvjetne tehnike te svoju široku paletu znanja prenio na svoje studente i time obogatio svijet znanosti s neizmjerljivo kvalitetnim znanstvenicima.



Slika 3 – Franjo Hanaman na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije



Slika 4 – Vrste žarulja



Slika 5 – Spektar zračenja žarulje s volfravovom žarnom niti

Literatura

1. FRANJO HANAMAN, Edicija Istaknuti profesori Knjiga 10. , Urednica Marija Kaštelan-Macan (<https://www.fkit.unizg.hr/images/50012395/Franjo%20Hanaman.pdf>) (pristup 18.2.2022.)
2. <https://web.archive.org/web/20140714165707/http://www.hep.hr/hep/publikacije/vjesnik/132.pdf> (pristup 18.2.2022.)



 **EuChemS**
European Chemical Society

www.fkit.unizg.hr/smlki

IVAN ĐIKIĆ

Institute of Biochemistry II, Goethe University Medical Faculty, Njemačka
PROXIDRUGS – razvoj novih i djelotvornijih lijekova

MARKUS LADE

Vice President | Siemens Water Technology, Njemačka
Industry 4.0 – Industry Revolution & Digital Transformation

Krunoslav Žižek, predsjednik
Kristina Sušac, organizacijska tajnica

Igor Dejanović
Domagoj Vrsaljko,
Dajana Kučić Grgić
Dragana Vuk,
Zvonimir Katančić
Marin Kovačić
Filip Car
Matea Gavran
Karla Plenča
Thomas Grützner (DEU)
Cédric Guyon (FRA)
Valerio Causin (ITA)

MICHAËL TATOULIAN

Chimie ParisTech-PSL Université Paris, Francuska
Plasma flow chemistry: an innovative tool to engineer chemical reactions in liquids

JAKOV MIHALJEVIĆ

INA-industrija nafte, d.d., Zagreb
Engineering, Economics or Management? What is the most important and your choice?

BORIS ZIMMERMANN

Faculty of Science and Technology,
Norwegian University of Life Sciences, Norveška
Applications of vibrational spectroscopy in microbial biotechnology

MARIJA ĆOSIĆ

Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet
Utjecaj djelovanja ultrazvuka u šaržnom kristalizadoru na kinetiku nukleacije i rasta kristala

PETAR KASSAL

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Nanoparticle-based conductive inks for inkjet printing of planar electrodes

JÉRÔME LE CUNFF

Xellia Pharmaceuticals, Zagreb
Problem solving in the pharmaceutical industry, 3 case studies

Ministarstvo znanosti i obrazovanja RH
Akademija tehničkih znanosti Hrvatske
Sveučilište u Zagrebu
Hrvatski inženjerski savez

SADRŽAJ
vol. 6, br. 4

KEMIJSKA POSLA

Kiseline u kozmetici –hijaluronska kiselina	1
Projekt CeSaR na FKIT-u 1. dio	2
Posjet CGO Biljane Donje (Zadar) i Bikarac (Šibenik)	4

ZNANSTVENIK

Suncokreti protiv radijacije	5
Zelena kemija	6
Složeno trodimenzionalno bubrežno tkivo stvoreno u laboratoriju	7
Znanost i emocionalne suze	8

BOJE INŽENJERSTVA

Respiratori i način rada FFP maski	9
Jestive slamke napravljene od bakterija	11

SCINFLUENCER

Računalni kemičari na prvoj liniji borbe protiv pandemije koronavirusa – kako to?	13
Život i djelo Franje Hanamana	18

