INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA
I MEDICINU RADA

ZNANSTVENA SVAKODNEVICA

Zbornik radova
za popularizaciju znanosti

Grad Zagreb, Gradski ured za zdravstvo
Zaklada Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti

INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA

ZNANSTVENA SVAKODNEVICA

Zbornik radova za popularizaciju znanosti

(...i više od toga)

2. neizmjenjeno izdanje
sufinancirano sredstvima Hrvatske zaklade za znanost
(projekt OPENTOX, IP-2013-11-8366)

Zagreb, 2018.

Izdavač
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Ksaverska cesta 2, Zagreb

Za izdavača
Ana Lucić Vrdoljak

Urednica
Sanja Stipičević

Autori(ce)
Željka Babić
Tomislav Bituh
Anita Bosak
Irena Brčić Karačonji
Davorka Breljak
Gordana Mendaš Starčević
Gordana Pehnec
Ljerka Prester
Dubravka Rašić

Recenzent
Nenad Judaš

Lektor i korektor
Ivan Kardum

Redaktori
Sanja Stipičević
Makso Herman

Fotografije (Dani otvorenih vrata IMI 2015.)
Dean Karaica
Goran Šinko

Grafička priprema i tisak
Denona d.o.o.

Tiskanje zbornika omogućeno je potporom Grada Zagreba,
Gradskog ureda za zdravstvo i Zaklade Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti.
Drugo izdanje zbornika sufinancirano je sredstvima Hrvatske zaklade za znanost
iz projekta OPENTOX, br. 8366.

© Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, 2017; 2018.
Sadržaj zbornika odgovornost je autora i izdavača. Umnožavanje i reproduciranje sadržaja zbornika dozvoljeno je uz navođenje izvora podataka. Zbornik nije namijenjen prodaji.

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 000958827.

ISBN 978-953-96817-5-1

SADRŽAJ

UVOD 5

PREDGOVOR RECENZENTA 7

ANALIZA PESTICIDA U OKOLIŠNIM I BIOLOŠKIM UZORCIMA 9

BIOLOŠKI AKTIVNE TVARI U RIBI I ŠKOLJKAŠIMA
Korisni učinci i rizik konzumacije 15

ENZIMI: ŠTO S NJIMA, A ŠTO BEZ NJIH? 21

O DROGAMA I NJIHOVOJ ANALIZI U KOSI
Ima li istine u TV serijalima? 27

OD ORGANA DO RNA 34

PLIJESNI – SIĆUŠNE, ALI MOĆNE 38

PRIČA O BOJAMA (zapravo, o kromatografiji) 43

RADIOAKTIVNOST OKO NAS! 49

ŠTO JE OTROVNIJE? 55

ŠTO TO UDIŠEMO? 60

POJMOVNIK 67

ŽIVOTOPIS INSTITUTA i KONTAKTI 70

UVOD

Sanja Stipičević
urednica zbornika

Zrak, voda i hrana – o sastavu tog *trojstva* ovisi fiziološko stanje živog svijeta, a smatramo ga kvalitetnim kad pogoduje zdravlju. Zdravlje organizma te kako ga u današnje visokotehnološko doba održavati zajednička je tema svih grana znanosti, kao i većine „lifestyle“ rubrika u medijima. Brojna istraživanja povezuju razvoj određenih bolesti, tegoba ili anomalija organizma s nekvalitetnim životnim okruženjem. Većinu informacija o kvaliteti zraka koji udišemo i vode koju pijemo, osobito u gradu, te o prisutnosti raznih mikrozagađivala u hrani doznajemo iz medija. Pritom se nerijetko iznose podatci istraživanja koji govore o globalnom stanju okoliša u današnje vrijeme na Zemlji ili se senzacionalno objavljuju situacije nastale u izvanrednim okolnostima. Iako je svako opće saznanje važno jer djeluje edukativno i preventivno, još je važnije znati kakvo je stanje ili zdravlje okoliša u vlastitom kraju na koje možemo u velikoj mjeri i sami utjecati.

Iako se kvaliteta pitke vode i zraka u gradskim i industrijskim središtima u nas redovito kontrolira, kao i zdravstvena ispravnost prehrambenih namirnica, informacije o rezultatima takvih određivanja često nisu nadohvat javnosti, a još rjeđe dospijevaju u školske udžbenike. Ukoliko želimo stvoriti kulturu učenja i napretka u našoj zajednici, razviti odgovornost i osjećaj kolektivne brige, onda trebamo pružiti dovoljno praktičnih primjera u kojima mlad čovjek na putu svog obrazovanja može *predvidjeti* budućnost i izabrati svoju ulogu u njoj. Vođen tim ciljem, *Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada* (IMI) iz Zagreba nastoji biti aktivan sudionik intelektualnog razvoja društva te omogućiti dostupnost znanstvenih i stručnih informacija i znanja široj javnosti.

Zbornik radova *Znanstvena svakodnevica* nastao je povodom velikog interesa posjetitelja informativne i edukacijske manifestacije *Dani otvorenih vrata* IMI 2015. za istraživačke teme Instituta. Deset tema zbornika predstavlja dio znanstvene i stručne prakse Instituta usmjerene na istraživanje kvalitete radnog i životnog okoliša, čimbenika koji mogu utjecati na promjenu kvalitete okoliša i zdravstvenih rizika koji iz toga proizlaze. Ozbiljne teme *znanstvene svakodnevice* Instituta opisane su popularnoznanstvenim stilom te sažeto iznose zanimljive i korisne znanstvene činjenice i rezultate istraživanja kvalitete života u našem podneblju.

Prezentacije tema zbornika mogu se preuzeti na mrežnoj stranici *dov.imi.hr*, u kategoriji *Edukacija*, a tiskano izdanje zbornika omogućili su Grad Zagreb, Gradski ured za zdravstvo i Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti kojima srdačno zahvaljujemo na ukazanom povjerenju i potpori.

Znanje koje se dijeli i primjenjuje vrijedi višestruko.

PREDGOVOR RECENZENTA

doc. dr. sc. Nenad Judaš
četvrt stoljeća iskustva u popularizaciji znanosti

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada djeluje već sedamdeset godina. Sve to vrijeme njegovi djelatnici samozatajno istražuju i procjenjuju zdravlje radnog i životnog okoliša. Stoga je u Institutu akumulirano golemo iskustvo i znanje. No, o svemu tome javnost malo zna.

Posljednjih je godina Institut pojačao svoje edukacijske i popularizacijske aktivnosti, a svoje je djelovanje usmjerio ponajviše na školsku populaciju. S tim ciljem izdan je i ovaj zbornik radova Instituta, u kojem su različite teme opisane jednostavnim i razumljivim jezikom te će ga učenici lako čitati. To je hvalevrijedan iskorak s ciljem edukacije šireg građanstva o temama koje se tiču svakodnevnog života. Vjerujem da će ova knjižica pomoći djeci (građanima sutrašnjice), ali i odraslima, da bolje razumiju poruke kojima su neprekidno izloženi putem medija i interneta pa stječu pogrešan dojam o ulozi znanosti i zadaćama znanstvenika na konkretnim poslovima u danom kontekstu.

Samo za primjer, kratko ću komentirati temu *O drogama i njihovoj analizi u kosi – ima li istine u TV serijalima*?

Forenzičke su kriminalističke serije popularne. No, iako su u njima mnogi instrumenti uglavnom realno prikazani, istražiteljski postupci i brzina kojom se dolazi do rješenja i informacija drastično je ubrzana. Kadrovi se brzo izmjenjuju, vremenska dimenzija je potpuno izgubljena, sve je riješeno u pet minuta, a gledatelj... Gledatelj je stekao pogrešan dojam! Ukupno iskustvo i znanje potrebno za provedbu čak i brzih analiza potpuno je relativizirano.

U današnje doba to je posebno opasno. Informacije i naputci mogu se pronaći na internetu, ali malo tko razumije da znanje nije slijepo slijeđenje naputaka. Potrebno je duboko razumijevanje i mnogo vještine da bi čak i izrazito jednostavan postupak dao iole smislen rezultat. Površno prikazivanje stvara dojam da svatko može raditi što poželi. U tu zamku upadaju mnogi, a često i sama nastavna praksa na svim razinama obrazovanja.

Možda se nekome čini da je ovaj zbornik malen doprinos korektnijem prikazivanju znanosti i njezina utjecaja na našu svakodnevicu, ali taj je doprinos iznimno bitan! Bilo bi dobro kada bi i drugi slijedili ovaj primjer. U konačnici, samo znanstvenici zaista razumiju ono čime se bave pa prema tome samo oni i mogu drugima objasniti kako to na njih utječe. Edukacija društva svakome bi znanstveniku trebala biti jedna od ključnih aktivnosti.

Veseli me da će ovaj zbornik biti podijeljen nastavnicima kemije i biologije te da će na taj način doprijeti i do velikog broja učenika koji su upravo u onim godinama kada se stvara i razvija odgovornost prema zajedničkoj budućnosti.

ANALIZA PESTICIDA U OKOLIŠNIM I BIOLOŠKIM UZORCIMA

Gordana Mendaš Starčević
Jedinica za biokemiju i organsku analitičku kemiju

Jedan je od glavnih izazova u očuvanju okoliša sprječavanje njegovog onečišćenja pesticidima. **Pesticidi** su spojevi namjerno uneseni u okoliš radi suzbijanja nepoželjnih biljnih, životinjskih i mikrobioloških vrsta, te ih prema tom cilju najčešće i razlikujemo: herbicidi djeluju protiv korova, insekticidi protiv kukaca, fungicidi protiv gljivica, rodenticidi protiv glodavaca, algicidi protiv alga i mnogi drugi. Zahvaljujući pesticidima, danas proizvodimo veću količinu hrane nego ikad, proizvodi imaju dulji vijek trajanja, a životni i radni prostor visok stupanj higijene. Međutim, što se s pesticidima zbiva nakon njihove primjene? Nažalost, prenose se u sve dijelove okoliša: vjetrom i isparavanjem s tla i biljke dospijevaju u atmosferu, vežu se trajno ili privremeno na čestice tla, ispiru se u površinske i podzemne vode, a istodobno se pod djelovanjem fotona, molekula vode i oksida te mikroorganizama u tlu postupno razgrađuju (Slika 1.).

Danas znamo da je nekontrolirana i učestala primjena pesticida uzrokovala prekomjerno nakupljanje ostataka pesticida i njihovih produkata razgradnje u tlu i vodi za piće. Stoga je nužno stalno kontrolirati razine ovih mikrozagađivala u okolišu kako bi se smanjio njihov štetan utjecaj na zdravlje neciljnih organizama. U Jedinici za biokemiju i organsku analitičku kemiju provode se istraživanja čija je svrha proširiti spoznaje o podrijetlu, ponašanju i raspodjeli specifičnih organskih mikrozagađivala u okolišu te procijeniti izloženost ljudi.

U uzorcima tla, površinske i podzemne vode, vodovodne i otpadne vode te u različitom biološkom materijalu (urin, krvna plazma, tkiva) najčešće se određuju **herbicidi** i **insekticidi** koji pripadaju kemijskim skupinama organoklorovih i organofosfornih

Slika 1. *Sudbina pesticida u okolišu*

spojeva, triazina, ureja, kloracetanilida, karboksiamida, triketona, neonikotinoida i piretroida. Kemijska struktura uvjetuje fizičko-kemijska svojstva pesticida, o kojima nadalje ovisi njegova postojanost i raspodjela u okolišu. Primjeri nekih molekula pesticida prikazani su na Slici 2.

Slika 2. *Herbicidi iz skupina (A) triketona (tembotrion) i (B) triazina (terbutilazin) te insekticid iz skupine (C) organofosfornih spojeva (klorpirifos-metil)*

Organofosforni insekticidi koriste se u zaštiti voća i prirodnih materijala još od sedamdesetih godina prošlog stoljeća, dok im se u novije vrijeme pridružuju i neonikotinoidni insekticidi. Piretroidni su spojevi relativno nova generacija insekticida koja se najviše koristi u kućanstvu, poljoprivredi i komunalnoj higijeni. Triazinski se herbicidi već desetljećima koriste u zaštiti ratarskih kultura, najviše u zaštiti kukuruza i pšenice. Organofosforni herbicid glifosat ima najdulju i najširu primjenu među herbicidima, a posebnu pažnju plijeni i zbog genetički modificiranih usjeva soje i kukuruza koji su otporni na njegovo djelovanje. Sustav integrirane proizvodnje kukuruza dozvoljava primjenu triketonskih herbicida koji su razvijeni prema modelu prirodnog herbicida leptospermona.

Analiza tragova pesticidnih spojeva prisutnih u okolišu ili biološkom materijalu zahtijeva razradu analitičkih postupaka koji uključuju: uzorkovanje, **ekstrakciju** ili izdvajanje pesticida iz matrice (vode, tla, tkiva i dr.), čišćenje i ukoncentriravanje uzorka prije analize te pouzdanu i osjetljivu instrumentalnu analizu nakon koje slijedi statistička obrada dobivenih rezultata.

PRIMJER ODREĐIVANJA HERBICIDA U OKOLIŠNOM UZORKU

U okviru projekta financiranog iz Hrvatske zaklade za znanost – OPENTOX istražena je učestalost pojave i masene koncentracije 13 herbicidnih spojeva u površinskim i podzemnim vodama te vodovodnoj vodi na području Zagreba i bliže okolice kao moguće posljedice primjene herbicida na okolnim poljoprivrednim i nepoljoprivrednim površinama. Ciljevi ovog jednogodišnjeg istraživanja bili su: ustanoviti koji se herbicidi aktualno primjenjuju, jesu li stanovnici Zagreba i prigradskih naselja izloženi herbicidima putem vode za piće te usporediti njihovu izloženost s obzirom na mjesto stanovanja. Na Slici 3. prikazane su četiri faze analitičkog postupka određivanja pesticida u vodi: (A) uzorkovanje vode, (B) ekstrakcija propuštanjem uzorka vode kroz stupac punjen sorbensom na kojem se herbicidi zadržavaju (ekstrakcija na čvrstoj fazi), nakon čega slijedi otpuštanje spojeva sa sorbensa malim volumenom organskog otapala (eluiranje), (C) analiza ekstrakta vode primjenom tekućinske kromatografije s detektorom koji emitira UV svjetlo te (D) analiza rezultata iz dobivenog kromatograma – grafičkog prikaza analiziranih spojeva iz kojeg je moguće identificirati herbicide te odrediti njihove koncentracije u uzorku.

Slika 3. *Glavni analitički postupci za određivanje pesticida u vodi: (A) uzorkovanje, (B) priprava uzorka (ekstrakcija, ukoncentriravanje), (C) analiza ekstrakta tekućinskom kromatografijom i (D) analiza rezultata iz dobivenog kromatograma*

Rezultati analize uzoraka vodovodne i podzemne vode Zagreba i okolice pokazali su da je tijekom 2014. godine triazinski herbicid atrazin bio najčešće detektiran unatoč zabrani njegove primjene u Hrvatskoj 2009. godine. Slijede ga triazinski terbutilazin i kloracetanilidni metolaklor, oba u primjeni kao zamjena za atrazin u zaštiti usjeva kukuruza. Koncentracije svih istraživanih herbicida u vodovodnoj vodi nisu prelazile graničnu vrijednost dozvoljenu za pojedini pesticid u vodi za piće (100 ng/l). U uzorcima površinskih voda najčešće su detektirani metolaklor i terbutilazin. Najveća učestalost pojave i najviše koncentracije herbicida u površinskim vodama zabilježene su u periodu njihove primjene u poljoprivredi (travanj – kolovoz) (Slika 4.).

Slika 4. *Učestalost detekcije herbicida i razgradnih produkata DEA, DIA i DET u pitkoj (vodovodnoj), podzemnoj i površinskoj vodi Zagreba i okolice tijekom 2014. godine.*
Izvor: S. Fingler i sur., Environ. Sci. Poll. Res. (2016.) DOI: 10.1007/s11356-016-7074-6

PRIMJER ODREĐIVANJA HERBICIDA U BIOLOŠKOM UZORKU

Pesticidi u ljudski organizam mogu dospjeti dišnim i probavnim sustavima te apsorpcijom preko kože. Opća populacija ljudi izložena je vrlo niskim razinama pesticida putem hrane i vode za piće, pa je takvu izloženost vrlo teško pratiti i povezati s promjenama koje nastaju u organizmu i pod utjecajem drugih čimbenika.

Radnici zaposleni u proizvodnji i primjeni pesticida u većoj su mjeri izloženi, putem kože i udisanja. Profesionalna izloženost ljudi pesticidima može se pratiti i nedvojbeno dokazati određivanjem izvornih spojeva i njihovih produkata metabolizma (*bioindikatori izloženosti*) u biološkom materijalu poput **krvi** i **urina**.

Postupak određivanja pesticida i metabolita u **urinu** uključuje uzorkovanje 24-satnog urina, ekstrakciju i ukoncentriravanje spojeva iz urina organskim otapalom ili propuštanjem urina kroz stupac čvrstog sorbensa te kromatografsku analizu ekstrakta. Zbog složenosti bioloških matrica, nerijetko je potrebno uvesti korak pročišćavanja ekstrakta prije analize i primjenu visoko selektivne i osjetljive

kromatografske tehnike. Rezultate analize triazinskih herbicida u urinu radnika prije početka proizvodnje i nakon sedam mjeseci neprestane proizvodnje atrazina i simazina prikazuje Slika 5.

Slika 5. *Razine triazinskih spojeva detektiranih u urinu radnika zaposlenih u proizvodnji herbicida.*
Izvor: G. Mendaš i sur., Anal. Chim. Acta 424(2000.)7-18

U uzorcima urina skupljenim prije početka proizvodnje, nakon dulje proizvodne pauze, nađeni su samo tragovi metabolita (DIA, DEA i DDA) u 30 – 60 % uzoraka. Nakon sedam mjeseci neprestane proizvodnje herbicida, izvorni spojevi i njihovi metaboliti nađeni su u svim analiziranim uzorcima. Medijani koncentracija metabolita bili su nekoliko puta viši od medijana koncentracije herbicida.

BIOLOŠKI AKTIVNE TVARI U RIBI I ŠKOLJKAŠIMA
Korisni učinci i rizik konzumacije

Ljerka Prester
Jedinica za medicinu rada i okoliša

Hrana zastupljena morskim namirnicama dokazano se smatra višestruko vrijednom za ljudsko zdravlje jer obiluje biološki vrijednim vitaminima (A, D, E, B_{12}), mineralima (selen, jod, kalcij, magnezij i dr.) i nezasićenim omega-3 masnim kiselinama koje djeluju izrazito povoljno na krvožilni sustav. Unosom dva do tri obroka ribe tjedno osiguravamo pravilan metabolizam tvari u organizmu i čuvamo zdravlje.

Primjeri bioaktivnih tvari koje može sadržavati hrana morskog podrijetla i koje mogu biti povezane s negativnim zdravstvenim učincima kod ljudi

PODRIJETLO	BIOAKTIVNE TVARI S NEGATIVNIM UČINKOM NA ZDRAVLJE LJUDI
Onečišćenja iz okoliša ▪ teški metali i metaloidi ▪ postojana organska mikrozagađivala	▪ živa, kadmij, olovo, arsen ▪ dioksini, poliklorbifenili, organoklorovi pesticidi
Biogeni amini	histamin, tiramin, putrescin, kadaverin
Toksini ▪ alga ▪ bakterija ▪ virusa	▪ saksitoksini, brevotoksini, domoična kiselina, ciguatoksini, palitoksin ▪ kolera toksin, botulinum toksin, endotoksin ▪ hepatitis A virus (HAV), norovirus
Alergeni ▪ iz riba ▪ iz školjkaša ▪ paraziti (*A. simplex*)	▪ parvalbumin ▪ tropomiozin ▪ Ani s 1, Ani s 7

Smanjena primjena pesticida i ostalih organskih onečišćujućih tvari iznimno je važna za očuvanje kvalitete vodenog ekosustava.

Međutim, konzumacija hrane morskog podrijetla može biti povezana i s određenim rizicima ukoliko su ribe i školjkaši zdravstveno neispravni. Na zdravstvenu ispravnost hrane iz mora značajno utječe kvaliteta okoliša te način skladištenja hrane, počevši od ulova. Primjerice, školjkaši dnevno filtriraju do 180 litara vode, što znači da će u slučaju onečišćenog okoliša zasigurno apsorbirati velike količine različitih mikrozagađivala i toksina. Osim toga, neke vrste morskih organizama sadrže tvari koje djeluju kao pokretači alergijskih reakcija ljudi.

TEŠKI METALI I POSTOJANA ORGANSKA MIKROZAGAĐIVALA

Pojava ekotoksičnih elemenata (teških metala i metaloida) i postojanih organskih mikrozagađivala (organoklorovih spojeva) u morskom okolišu rezultat su dugogodišnje primjene organoklorovih pesticida i nekontroliranog odlaganja različitih vrsta otpada i kemikalija, posebno plastičnih i metalnih predmeta, motornih ulja, baterija i sl. Konzumacija ribe potencijalno može biti glavni izvor izloženosti ljudi teškim metalima i organskim ksenobioticima.

Živa (Hg) se u moru najčešće nalazi u obliku anorganskog živinog klorida ($HgCl_2$). Morski organizmi imaju sposobnost pretvaranja anorganske žive u organsku metil-živu (CH_3Hg). Razgradnja i eliminacija metil-žive, kao i **organoklorovih spojeva**, iz organizma vrlo je spora jer su takve tvari topljivije u mastima (lipidima) nego u vodi te se nakupljaju (**bioakumuliraju**) u masnim stanicama mozga, bubrega, jetre i drugim organima.

Upravo zbog takvih svojstava, koncentracija teških metala i organoklorovih spojeva mnogo je puta viša u tkivu velikih i masnih vodenih grabežljivaca, poput morskog psa, tune, haringe, lososa i sabljarke, nego u mesu malih vrsta riba (srdele, inćuni). Poznato je da metil-živa i organoklorovi spojevi prolaze kroz posteljicu i mliječnu žlijezdu te mogu uzrokovati neurokognitivne promjene kod novorođenčadi i male djece. Osim toga, kronična izloženost organoklorovim spojevima povezuje se i s različitim poremećajima rada endokrinog sustava (hormonalni „disruptori“),

Prosječno vrijeme raspadanja pojedinih vrsta otpada.

VRSTA OTPADA	VRIJEME
Plastične boce za piće (dno) Plastične boce za piće (obala)	450 godina 2 – 4 godine
Plastične vrećice	20 godina
Limenke	50 – 200 godina
Ambalaža za trajno mlijeko	3 mjeseca
Novinski papir	6 tjedana
Kora banane ili naranče	2 – 5 tjedana

Izvor: US National Park Service, Mote Marine Lab, Sarasota, FL

primjerice reproduktivnih organa i štitne žlijezde. Stoga se rizičnim skupinama ljudi, posebice trudnicama i maloj djeci, ne preporuča konzumacija velikih morskih predatora.

Zdravstvena ispravnost jestivih dijelova morskih organizama redovito se ispituje sustavom kontrole službi javnog zdravstva, pri čemu je Pravilnikom o higijeni hrane životinjskog podrijetla za svaku vrstu biozagađivala propisana *maksimalno dopuštena koncentracija* (MDK). Dugoročna konzumacija hrane koja sadrži biozagađivala u koncentraciji iznad vrijednosti MDK povezana je sa zdravstvenim rizicima potrošača.

Odlaganje otpada prema vrsti u prikladne spremnike smanjuje onečišćenje okoliša te štedi sirovinu i energiju.

Koncentracije žive i organoklorovih spojeva u ribi iz Jadranskog mora te iz slatkovodnih izvora na području kontinentalne i priobalne Hrvatske dosad su bile niže od maksimalno dozvoljenih vrijednosti. Takav status našeg vodenog okoliša možemo održati jedino razumnim i odgovornim pristupom odlaganja suvišnih predmeta i kemikalija.

Teški metali, organoklorovi spojevi, histamin, alergeni i biotoksini alga ne razaraju se kuhanjem, sterilizacijom, smrzavanjem ili grijanjem u mikrovalnoj pećnici.

HISTAMIN

Histamin je jedan od najzastupljenijih biogenih amina koji uzrokuju histaminsko otrovanje ljudi. U ribi nastaje nakon njezina uginuća (*post mortem*) bakterijskom dekarboksilacijom slobodne esencijalne aminokiseline histidina. Bakterije koje sudjeluju u nastajanju histamina uglavnom su prisutne u slanoj vodi.

Plava riba iz porodice *Scombridae* (tuna, haringa, skuša, palamida, srdela, papalina, inćun) naročito je bogata histidinom. Bijela riba (npr. oslić) sadrži tek neznatne količine slobodnog histidina.

Toksične doze histamina u ribi nastaju već 8 sati nakon ulova stajanjem uginule ribe pri temperaturi višoj od 8 °C. Simptomi histaminskog otrovanja javljaju se unutar sat vremena od konzumacije i uključuju: difuzni kožni osip, crvenilo, otekline, pojačanu sekreciju iz nosa, mučninu, povraćanje, glavobolju, grčeve u trbuhu, ubrzani rad srca i otežano disanje. Jedina je učinkovita metoda sprječavanja histaminskog otrovanja momentalno hlađenje ribe nakon ulova na temperaturu jednaku ili nižu od 4 °C.

ALERGENI RIBA I ŠKOLJKAŠA

Bioaktivne tvari ne mijenjaju senzorička svojstva (miris, okus, boju) namirnice, osim u poodmaklom stadiju formiranja histamina, te je senzoričkim pregledom teško utvrditi njihovu toksičnu količinu.

Alergija na bijelu i plavu ribu te na školjkaše, kao i na vodene člankonošce poput rakova i škampa, česta je pojava, naročito u Azijskim zemljama. Osoba može biti monosenzibilirana, odnosno alergična na samo jednu vrstu morskog organizma, ali su u kliničkoj praksi češći polisenzibilizirani bolesnici. Križna reaktivnost između alergena riba i ostalih morskih organizama mala je zbog čega je alergija na oboje rijetko dijagnosticirana. Parazit *Anisakis simplex*, koji se često nalazi u svim vrstama riba, može uzrokovati gastroalergijske reakcije ljudi koji inače nisu specifično alergični na određenu vrstu ribe. Glavni alergen riba je parvalbumin, vodenih školjkaša, glavonožaca i člankonožaca tropomiozin, a parazita *A. simplex* Ani s 1 i Ani s 7. Osjetljivost na alergene izrazito je individualna, a osobe sklone alergiji trebaju posebnu pažnju posvetiti čitanju deklaracija prehrambenih proizvoda.

BIOTOKSINI ALGA – CVJETANJE MORA

Morski organizmi mogu sadržavati **biotoksine** podrijetlom iz fitoplanktonskih alga koji uzrokuju različite tipove teških otrovanja ljudi.

Simptomi otrovanja javljaju se unutar pola sata od konzumacije, a intenzitet ovisi o vrsti, koncentraciji i količini biotoksina te o zdravstvenom statusu potrošača. Blage i akutne reakcije karakteriziraju gastrointestinalni problemi (mučnina, povraćanje, bolovi u trbuhu), dok kronična i po život opasna stanja uključuju otežano disanje, epilepsiju, paralizu i gubitak svijesti. U području toplih tropskih voda zabilježen je sindrom palitoksikoze povezan s konzumacijom morskih organizama zaraženih palitoksinom, jednim od najjačih biotoksina alga. U organizmima iz Jadranskog mora nisu zabilježene povećane koncentracije biotoksina. Osim za ljude, biotoksini alga toksični su i za ribe, sisavce i ptice.

Glavni je uzrok akumuliranja biotoksina u morskim organizmima pojava ***cvjetanja mora*** zbog masovnog razmnožavanja određenih vrsta alga i cijanobakterija. Cvjetanje toksičnih fitoplanktonskih organizama u slatkoj i slanoj vodi događa se zbog niza čimbenika, a najčešći razlozi su: antropogena eutrofikacija ili obogaćivanje vodenog staništa hranjivim tvarima (npr. fosfatima), globalne klimatske promjene i onečišćenje mora balastnim vodama iz brodova.

U SLUČAJU SUMNJE NA OTROVANJE BILO KOJOM BIOLOŠKI AKTIVNOM TVARI POTREBNO JE ODMAH POTRAŽITI LIJEČNIČKU POMOĆ (TERAPIJA JE VEĆINOM SIMPTOMATSKA).

SAVE THE SEA

RIZIK ZA ZDRAVLJE LJUDI U HRVATSKOJ RELATIVNO JE NIZAK JER KONZUMACIJA RIBE I OSTALIH PLODOVA MORA PO OSOBI GODIŠNJE NE PRELAZI 8 KG, A KONCENTRACIJE SU ZAGAĐIVALA I TOKSINA U MORSKOJ HRANI NISKE I U OKVIRU DOPUŠTENIH VRIJEDNOSTI.

ENZIMI: ŠTO S NJIMA, A ŠTO BEZ NJIH?

Anita Bosak
Jedinica za biokemiju i organsku analitičku kemiju

Odgovor na ovo pitanje započinje osnovnim pregledom poznavanja enzima.

Enzimi ili biološki katalizatori proteini su koji mogu ubrzati (katalizirati) kemijske procese u živom organizmu, i to čak do 10^{12} puta. Enzimi su neophodni za život jer bez njihovog djelovanja mnoge bi se reakcije u živim stanicama odvijale presporo ili se uopće ne bi događale, što može biti pokretač razvoja različitih teških bolesti i anomalija organizma.

Djelovanje biološkog katalizatora možemo prikazati pokusom raspada vodikovog peroksida (H_2O_2). Vodikov se peroksid na zraku spontano, ali vrlo sporo, raspada uz oslobađanje kisika i vode:

Jednadžba reakcije: $2H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H_2O$

Pribor: 5 epruveta, 50 ml vodikovog peroksida, komadići svježeg i kuhanog krumpira, komadići svježe i kuhane jetre, šibice.

Postupak: U svaku epruvetu ulij 10 ml vodikovog peroksida. Prva epruveta neka sadrži samo peroksid, u drugu dodaj komadić svježeg krumpira, u treću komadić svježe jetre, dok u četvrtu i petu epruvetu dodaj kuhani krumpir, odnosno kuhanu jetru. Nakon toga, u svaku epruvetu stavi upaljenu šibicu iznad razine vodikovog peroksida i prati promjene.

Opažanje: Iznad prve epruvete šibica se vrlo brzo ugasila. Ubrzo nakon dodatka svježeg krumpira ili svježe jetre, u drugoj i trećoj epruveti, razvila se pjena koja ukazuje na razvijanje plina, a pojačani plamen šibice upućuje na to da se razvio kisik. U četvrtoj i petoj epruveti pjena se nije razvila, a upaljena se šibica vrlo brzo ugasila.

Zaključci: Upaljena se šibica iznad prve epruvete vrlo brzo ugasila jer se kisik, koji podržava gorenje, spontanim raspadom vodikovog peroksida oslobađa presporo. Pjena u drugoj i trećoj epruveti posljedica je djelovanja enzima iz svježeg krumpira i svježe jetre koji se zove katalaza. Enzim katalaza ubrzao je reakciju raspada peroksida pri čemu se oslobodio kisik (mjehurići), a plamen šibice se pojačao. Povišena temperatura onesposobljuje katalazu te enzim nakon kuhanja krumpira i jetre više nije aktivan.

AKO ŽELITE ZNATI VIŠE...
Katalaza je prisutna u gotovo svim živim organizmima i ima iznimnu ulogu u zaštiti stanice od oksidacijskog (štetnog) djelovanja peroksida koji nastaje kao sporedni produkt metaboličkih reakcija s kisikom.

ENZIMI U PROIZVODNJI PREHRAMBENIH PROIZVODA...

Osim u ljudskom, biljnom i životinjskom organizmu, na djelovanje enzima nailazimo svakodnevno u proizvodnji prehrambenih proizvoda.

„Dizanje“ tijesta rezultat je djelovanja enzima iz pekarskog kvasca (jednostaničnih gljiva) koji razgrađuje šećer iz brašna. Pritom oslobođeni plin CO_2 uzrokuje nastajanje „rupica“ u tijestu.

U proizvodnji vina odvija se proces alkoholnog vrenja do kojeg dolazi pod utjecajem enzima iz vinskog kvasca. Alkoholna fermentacija odvija se u kvaščevoj stanici djelovanjem grupe enzima *zimaza* koji prevode grožđane šećere u alkohol (etanol) i CO_2 te tako pretvaraju mošt u vino.

Enzim *alkohol dehidrogenaza* predstavlja osnovnu obranu organizma od toksičnog djelovanja alkohola. Alkohol dehidrogenaza razgrađuje etanol u acetaldehid koji u daljnjem procesu prelazi u netoksičan acetat.

Vrlo je važan korak u proizvodnji sireva koagulacija (grušanje) mlijeka koja ovisi o enzimu *kimozinu*. Prirodno se kimozin nalazi u sluznici želudca mladih preživača (npr. teleće sirilo), ali danas se u industrijskoj proizvodnji sira koriste enzimi istog djelovanja dobiveni iz nekih bakterija.

ENZIMI U NAŠEM SVAKODNEVNOM ŽIVOTU...

Enzimi sudjeluju u svim fazama probavnog procesa. Omogućuju razgradnju hrane i prenošenje hranjivih sastojaka krvlju do svih stanica u organizmu.

Probava počinje u ustima gdje žlijezde slinovnice izlučuju enzim *α-amilazu* (*ptijalin*) za razgradnju škroba. Hrana se dalje razgrađuje u želudcu djelovanjem želučanih kiselina. U kiseloj sredini aktivira se enzim *pepsin* koji razgrađuje bjelančevine na aminokiseline. Gušterača luči mješavinu enzima koji razgrađuju bjelančevine do aminokiselina, ugljikohidrate do jednostavnih šećera te djelomično i masti. Masti se većim dijelom razgrađuju u crijevima djelovanjem enzima *lipaza* koji ih razgrađuju do masnih kiselina.

Osobe koje ne probavljaju svježe mlijeko ne posjeduju enzim *laktazu* ili je aktivnost tog enzima snižena. Laktaza je enzim koji razgrađuje laktozu iz mlijeka na jednostavne šećere koje organizam može dalje neometano metabolizirati.

Proces fotosinteze odvija se u dva glavna stupnja koja su regulirana nizom enzima. U primarnom stupnju fotoni uzrokuju fotolizu vode i nastajanje molekula adenozin trifosfata, ATP (izvora stanične energije) i koenzima NADPH (nositelja elektrona). Nastale molekule u drugom stupnju fotosinteze nizom enzimski kataliziranih reakcija reduciraju CO_2 u šećer (Kalvinov ciklus).

$$nH_2O + nCO_2 \rightarrow (CH_2O)_n + nO_2 + nH_2O$$

POZNATO JE OKO 5000 ENZIMA! ZAŠTO TAKO MNOGO?

Zbog visoke specifičnosti enzima.

Enzimi mogu biti specifični s obzirom na tip reakcije koju ubrzavaju, supstrat, uvjete u kojima djeluju i dr. Specifičnost se obično prikazuje kao princip ključa i brave; jedan ključ otvara jednu bravu. Obično jedan enzim ubrzava jednu specifičnu reakciju.

Enzim acetilkolinesteraza ubrzava hidrolizu acetilkolina u kolin i acetat. Acetilkolin je prijenosnik živčanih impulsa i njegova hidroliza omogućava prijenos različitih podražaja u organizmu.

TERMINI I ČINJENICE KOJE JE VAŽNO ZNATI UZ PROUČAVANJE ENZIMSKIH REAKCIJA:

- enzimi ***ne izazivaju kemijsku reakciju***, a nakon reakcije ostaju ***nepromijenjeni***

  Jedna molekula katalaze može ubrzati raspad 10^7 molekula H_2O_2 u sekundi, dok enzim karboanhidraza može u jednoj sekundi katalizirati hidriranje oko 600 000 molekula CO_2 što ga čini jednim od najdjelotvornijih enzima. Bez brze reakcije hidriranja prijenos CO_2 iz tkiva u krv, a kasnije i u alveolarni zrak, ne bi bio potpun

- enzimi su građeni od ***aminokiselina u obliku*** zamršene ***3D tvorevine***
- ***supstrat*** je spoj koji se veže na enzim i čija se pretvorba na taj način ubrzava
- ***produkti*** su spojevi koji nastaju nakon enzimske reakcije
- ***aktivno mjesto enzima*** mjesto je u strukturi enzima gdje se odvija reakcija

- ***inhibitor*** je spoj koji ometa ili onemogućava djelovanje enzima
- za svoj „rad“ enzimi zahtijevaju strogo određene radne uvjete (temperature, pH okoline, koncentracije supstrata i slično)

  - *3D struktura većine enzima u ljudskom organizmu razara se na temperaturi višoj od 40 °C čime enzim postaje neaktivan (stoga je potpuno razumljivo zašto je nužno snižavati tjelesnu temperaturu višu od 39 °C)*
  - *međutim, postoje i termostabilni enzimi poput Taq polimeraze, izolirane iz termofilnih bakterija, kojoj odgovara temperatura 75 – 80 °C*

- *radu nekih enzima najviše odgovaraju fiziološki uvjeti kiselosti (pH približno 7), dok je primjerice pepsin iz želudca aktivan u izrazito kiselim uvjetima (pH <2)*
- *enzimi su jako osjetljivi na prisutnost inhibitora i zato mnogi lijekovi djeluju upravo na principu inhibicije određenog enzima u razvoju mikroorganizma*

Prava slika djelovanja enzima u našem svakodnevnom životu mnogo je složenija od ovdje navedenih primjera.

Ako možemo zamisliti da svaki proces u ljudskom tijelu (poput probave, rasta, razmnožavanja, razmišljanja, pamćenja, osjeta i drugih) uključuje stotinjak enzima te da se sve te enzimske reakcije mogu odvijati istovremeno, onda možemo steći pravi dojam o složenosti našeg organizma i o potrebitosti enzima za normalno odvijanje života kakvog poznajemo.

O DROGAMA I NJIHOVOJ ANALIZI U KOSI – IMA LI ISTINE U TV SERIJALIMA?

Irena Brčić Karačonji
Jedinica za analitičku toksikologiju i mineralni metabolizam

Jeste li se ikad zapitali koliko ima sličnosti između načina rada u laboratoriju nekog kriminalističkog TV serijala i rada u stvarnom toksikološkom laboratoriju? Dobivaju li se rezultati analize zaista tako brzo i jednostavno?

Naravno, sličnosti postoje. Instrumenti za analizu prikazani u TV serijalu stvarni su, neki od njih mogu se vidjeti i u laboratorijima Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu. Realno je prikazan i pribor za analizu, poput pipeta i epruveta, te zaštitna odjeća. Ovdje otprilike i prestaje svaka sličnost između filmskog i stvarnog opisa laboratorijskog rada.

Uzmimo za primjer postupak analize **droge u kosi**. Najprije, može li se uopće uzimanje droge utvrditi iz uzorka kose?

Može, ali samo u slučaju ponavljanog uzimanja droge. Pritom valja naglasiti da nam je za analizu droge u kosi potreban **pramen kose**, a ne jedna vlas, kako to obično prikazuju na filmu. Kosa raste u prosjeku 0,3 mm dnevno ili 1 cm mjesečno. To znači da se analizom pramena kose duljine 3 cm može potvrditi ponavljano uzimanje droga dva do tri mjeseca unatrag.

Glavni je put unosa droge u kosu krvotok. Droga i njezini razgradni produkti u organizmu (metaboliti) iz krvotoka kapilarama ulaze u papilu u korijenu dlake. Osim krvotokom, droge se također izlučuju i lojnim žlijezdama te se kroz vlasište (epidermu) prenose na dlaku. Pored unutarnjeg prijenosa droge u kosu, nije zanemariv i utjecaj iz okoliša, tzv. *pasivna izloženost* kose dimu ili parama droga.

Dijelovi dlake.
Izvor: Raos J. Priručnik za frizere. Varaždin; 1995. str. 61

Druga bitna razlika između analize kose u TV serijalu i u stvarnom laboratoriju jest **trajanje analize**. Analiza u TV serijalu traje približno 30 sekundi jer bi nam u protivnom epizoda postala strahovito dosadna. U realnim uvjetima potrebno je gotovo 20 sati da bismo došli do konačnog rezultata analize.

Uobičajen postupak analize droge u kosi započinje pranjem pramena kose otapalom radi uklanjanja zaostale prljavštine. Pramen se kose zatim izrezuje škarama na dužinu koju želimo analizirati, usitnjava, važe i natopi organskim otapalom u kojem su droge topive (postupak ekstrakcije).

Priprava uzorka za analizu

Slijedi postupak pročišćavanja i koncentriranja ekstrakta kako bi se vrlo niske koncentracije droge u kosi mogle pouzdano odrediti. Za završnu analizu droga u kosi primjenjuje se tehnika najviše razine pouzdanosti – plinska kromatografija s univerzalnim detektorom spektrometrom masa (GC-MS).

O štetnom utjecaju droga na organizam slušamo gotovo svakodnevno. Pored stvaranja **ovisnosti**, znanstveno je dokazano da droge: izazivaju nepovratne kemijske promjene u mozgu, smanjuju sposobnost učenja i pamćenja, mogu izazvati halucinacije, paranoju i teška oštećenja jetre. Radi većeg profita od prodaje, često se u droge dodaju primjese, primjerice cement i metalne strugotine koje dodatno oštećuju organe i mogu uzrokovati smrt.

Funkcionalno stanje mozga zdrave osobe (lijevo) i ovisnika o metamfetaminu (desno). Na slici su označene zone najveće (crveno) i najmanje (plavo) aktivnosti mozga. Kod ovisnika se uočava nepovratno smanjenje metaboličke aktivnosti mozga (crvene zone). Izvor: PET snimka iz Volkow i sur. (2001) Am J Psyciatry 153: 377-382

U Jedinici za analitičku toksikologiju i mineralni metabolizam se od kraja 1990-ih kosa testira na prisutnost najčešćih ilegalno korištenih droga: heroina, kokaina, metadona, morfina, kodeina, amfetamina, metamfetamina i *ecstasyja*. Testiranje je moguće obaviti i anonimno ukoliko se analiza traži u privatne svrhe.

Kokain je najjači prirodni psihostimulans koji se proizvodi od lišća biljke koke podrijetlom iz Južne Amerike. Najveći zagovornik uporabe kokaina, kao lokalnog anestetika te sredstva za liječenje ovisnosti o **morfinu** (morfiju, najjačem analgetiku izoliranom iz soka nezrelih makovih glavica), bio je poznati neurolog i psihoanalitičar

Kokain

Sigmund Freud. Lišće koke koristilo se i u pripravi nekih bezalkoholnih pića koja su se preporučivala kao lijek za opuštanje sve dok se početkom 20. stoljeća nije ustanovilo da izaziva ovisnost. **Kodein** je drugi najjači prirodni analgetik izoliran iz maka.

Ecstasy

MDMA (ecstasy) sintetička je psihoaktivna droga koja se 1970-ih promovirala u psihoterapeutske svrhe. Danas se najviše zlouporabljuje kao stimulans za „bolji" provod na zabavama. Radi ostvarivanja profita, tablete *ecstasyja* često su podložne miješanju s različitim štetnim primjesama.

Amfetamin

Amfetamin (*speed*) sintetička je droga koja izravno stimulira središnji živčani sustav i brzo izaziva ovisnost jednako kao i **metamfetamin** (*kristalni met*) čiji su učinci razorniji od bilo koje druge vrste droga. Ove droge izazivaju i fizičke promjene (ubrzano starenje, čireve i lezije kože).

„Ulični" heroin

Heroin je sintetički derivat morfina sintetiziran krajem 19. stoljeća s medicinskom namjenom ublažavanja kašlja kod smrtonosnih bolesti pluća. Čisti heroin bijele je boje, dok ga „ulična" tamnija smjesa sadrži do 20 posto. **Metadon** je sintetički opioid proizveden za vrijeme Drugog svjetskog rata, u vrijeme nestašice morfina. Iako i sam izaziva neugodne simptome ovisnosti, koristi se u procesu odvikavanja od heroina.

SLJEDEĆI PRIMJERI BAVE SE NAJČEŠĆIM PITANJIMA I ZABLUDAMA KOJE DANAS SUSREĆEMO PRI OTKRIVANJU I POSLJEDICAMA ZLOUPORABE DROGA.

#1 Može li se „čudotvornim“ šamponom za kosu kupljenim na internetu isprati droga iz kose? NE!

Sadržaj droge u kosi može se smanjiti nakon uporabe određenih vrsta šampona, ali suvremene analitičke tehnike dovoljno su osjetljive da mogu detektirati pikograme droge u miligramu kose.

#2 Je li pušenje marihuane bezazleno? NE!

Marihuana mijenja kemijske procese u mozgu, u bazalnim ganglijima koje su, među ostalim, odgovorne i za motoričke funkcije. Kroničnom uporabom marihuane bitno se umanjuje sposobnost učenja i pamćenja.

#3 Može li se umrijeti od ecstasyja? DA!

Droga *ecstasy* pakira se u tabletice vrlo širokog spektra boja, veličina i oblika, s otiskom dopadljivog znaka, stoga podsjećaju na bombone. Desetogodišnja djevojčica iz Ujedinjenog Kraljevstva jedna je od najmlađih žrtava *ecstasyja,* njezina je smrt nastupila nakon uzimanja pet tableta. Simptomi nakon uzimanja mogu uključivati toplinski udar, zastoj funkcije bubrega, disanja i rada srca.

#4 Oštećuje li „snifanje“ ljepila mozak? DA!

Udisanje hlapljivih toksičnih tvari (otapala i plinova) ima učinak anestetika, odnosno usporava tjelesne funkcije. Najprije uzrokuje propadanje moždanog tkiva, pluća i jetre, a posredno i ostalih organa sa smrtnim posljedicama. Djeca i mladi najčešća su skupina korisnika inhalanata jer su im ove tvari lako dostupne.

Mozak zdrave osobe (A) i osobe koja je udisala otapala (B; crne zone označavaju oštećenja). Izvor: www.drugabuse.gov

#5 Mogu li se u piću prepoznati tzv. droge za silovanje? NE!

Lak za nokte Undercover Color koji mijenja boju u prisutnosti droga, minerala, vina, voćnih sokova,...

Tzv. *droge za silovanje* (GHB, Rohypnol, ketamin i još stotinjak drugih) ne mijenjaju okus, boju i miris pića. Nedavno proizvedeni lak za nokte mijenja svoju boju u kontaktu s nekoliko vrsta droge, ali i s nekim vrstama pića, zato nije pouzdan za detekciju. Najbolja je zaštita držanje svojeg pića pod nadzorom. Ove droge izazivaju kratkotrajan gubitak pamćenja i osjeta boli. Zbog toga se koriste u lancu krađe i prodaje organa. Mogući simptomi već nakon ispijanja male količine pića: smušenost, otežano ili nekontrolirano kretanje, gubitak osjeta boli, usporeno disanje i govor. Savjet: pozvati hitnu pomoć i ne napuštati osobu do medicinskog zbrinjavanja.

#6 Jesu li tzv. nove droge prisutne u Hrvatskoj i jesu li izuzetno opasne? DA!

U proteklih pet godina na području Republike Hrvatske identificirano je više od 90 novih droga, a sinteza novih spojeva odvija se gotovo svakodnevno. S obzirom na to da su u uporabi kraće vrijeme, nema dovoljno podataka o njihovom toksičnom djelovanju na organizam. Ne otkrivaju se standardnim testovima na urin pa je

nemoguće provesti odgovarajuće liječenje, odnosno detoksikaciju, s obzirom na to da najčešće nije poznato o kakvoj vrsti droge se radi. Mnoge od njih imaju puno jači učinak od klasičnih droga čije učinke oponašaju.

Sintetski kanabinoidi.
Izvor: United States Drug Enforcement Administration

STATISTIKA REZULTATA ANALIZA KOSE NA PRISUTNOST DROGA

Broj analiziranih uzoraka kose: više od 1500 (1999. – 2016.)
Pozitivnih uzoraka kose: 22 %
Najčešće detektirana droga u kosi: *ecstasy*
Naručitelji analiza:

- **privatni naručitelji (87,7 %)**
- **centri za prevenciju ovisnosti, bolnice i privatni laboratoriji (9,7 %)**
- **poslovni subjekti (1,5 %)**
- **sudovi (1,1 %)**

Ni jednom, niti ponekad, nimalo – NIKAD ne uzimaj drogu.

Informacije o drogama i testiranju:

(01) 4682 531; infodroge@imi.hr

OD ORGANA DO RNA

Davorka Breljak
Jedinica za molekulsku toksikologiju

Istraživanja ekspresije gena i proteina nužna su za razumijevanje mnogobrojnih fizioloških i patofizioloških procesa koji se odvijaju u stanicama, tkivima i organima sisavaca, uključujući i čovjeka. U vrlo složenom slijedu biokemijskih procesa, sažetih u konceptu *Centralna dogma molekularne biologije*, ključno mjesto zauzimaju molekule **RNA** (engl. *ribonucleic acid*; ribonukleinska kiselina). Osnovne građevne jedinice molekula RNA su ribonukleotidi koji se sastoje od dušične baze (adenin, citozin, gvanin i uracil), monosaharida pentoze (riboze) i fosfatne skupine (PO_4^-),

Struktura ribonukleotida i RNA

a međusobno su povezani 3'-5' fosfodiesterskim vezama te tako mogu formirati kraće ili duže ribonukleotidne lance građene od nekoliko desetaka, stotina ili tisuća ribonukleotida.

Molekule RNA sintetiziraju se tijekom procesa transkripcije (lat. *transcriptio*; prepisivanje) koji se u eukariotskih stanica odvija u jezgrama pomoću enzima RNA polimeraze na kalupu DNA (engl. *deoxiribonucleic acid*; deoksiribonukleinska kiselina). Tijekom tog složenog procesa nastaju mnogobrojne kodirajuće i nekodirajuće molekule RNA koje zajedno čine skup svih RNA, tzv. *transkriptom*. Svaka od sintetiziranih molekula RNA ima specifičnu biološku funkciju kojom se regulira ekspresija gena te u konačnici i ekspresija proteina u svim živućim stanicama. Stoga su istraživanja molekula RNA izuzetno važna i presudna za razumijevanje kako fizioloških (čitaj: „kada smo zdravi") tako i patofizioloških (čitaj: „kada smo bolesni") procesa koji se odvijaju u stanicama svakog organizma.

Osnovni preduvjet za istraživanje molekula RNA jest izdvajanje čiste i cjelovite tj. nerazgrađene RNA. Izdvajanje cjelovite molekule RNA iz organa predstavlja izazov za znanstvenike jer molekule RNA lako podliježu razgradnji pod utjecajem brojnih enzima, tzv. ***ribonukleaza* (RNaza)**. Ribonukleaze su ubikvitarne, tj. prisutne u svakoj stanici (endogene RNaze) i međustaničnim tekućinama poput znoja, sline, suza i sluzi (egzogene RNaze).

„RNase lurks around every corner, like a gremlin."

Unatoč sveprisutnim RNazama, primjenom različitih molekularno-bioloških metoda i provođenjem dobre laboratorijske prakse, znanstvenici ipak uspijevaju spriječiti razgradnju molekula RNA i izdvojiti cjelovitu RNA iz različitih stanica, tkiva i organa.

IZDVAJANJE MOLEKULA RNA IZ ORGANA SISAVACA UKLJUČUJE PET KLJUČNIH KORAKA:

1) **Uzorkovanje organa/tkiva**; isti se moraju hitro uroniti u otopinu *RNAlater* koja brzo prodire u tkivo i stabilizira RNA inhibirajući endogene RNaze.

2) **Izdvajanje RNA** pomoću otopine *TRIzola* koja se nakon dodatka kloroforma i centrifugiranja raslojava u tri faze; RNA se nalazi u gornjoj, tzv. *vodenoj fazi*.

3) **Pročišćavanje RNA** pomoću kolona za pročišćavanje RNA koje selektivno vežu molekule RNA dok se ostala onečišćenja (različite molekule endogenog ili egzogenog podrijetla) ispiru tijekom centrifugiranja.

4) **Određivanje čistoće i koncentracije RNA** spektrofotometrijom u ultraljubičastom području valnih duljina: 230, 260 i 280 nm.

5) **Određivanje cjelovitosti RNA** metodom elektroforeze u gelu agaroze uz dodatak etidijevog bromida koji fluorescira pod UV svjetlom.

Kao što je opisano, cjelovitost izdvojenih molekula RNA određuje se elektroforezom RNA u agaroznom gelu uz dodatak etidijevog bromida. Nakon toga se gelovi agaroze promatraju i slikaju pod UV svjetlom. Cjelovite molekule RNA formiraju dvije pruge rRNA (engl. *ribosomal RNA*; ribosomska RNA) koje, kao najzastupljenije molekule RNA, izgrađuju ribosome u svim živućim stanicama. Za razliku od cjelovite RNA, na elektroforetskoj slici gela, razgrađene molekule RNA formiraju „razmaz“ koji je posljedica mnoštva razgrađenih molekula RNA. Međutim, jedino cjelovite molekule RNA mogu se rabiti u daljnjim pokusima. Stoga izdvajanje cjelovitih i čistih molekula RNA predstavlja ključan korak za izvođenje daljnjih pokusa u kojima se istražuje ekspresija različitih gena.

Određivanje cjelovitosti molekula RNA; slike izdvojenih molekula RNA u gelu agaroze s dodatkom etidijevog bromida. Izvor: D. Breljak, Priroda 1-2/2016

U Jedinici za molekulsku toksikologiju već se godinama provode temeljna znanstvena istraživanja u kojima se istražuje stanična lokalizacija i ekspresija glasničke RNA i proteina različitih membranskih prijenosnika za organske anione, katione, glukozu, vodikove ione i vodu u bubrezima i drugim tkivima/organima pokusnih životinja (miševi, štakori) i ljudi. Rezultati naših istraživanja pridonose boljem razumijevanju mnogobrojnih fizioloških i patofizioloških procesa koji se odvijaju u stanicama/tkivima/organima pokusnih životinja i ljudi.

„RNA isolation is both a skill and an art."

PLIJESNI – SIĆUŠNE, ALI MOĆNE

Dubravka Rašić
Jedinica za toksikologiju

Plijesni su velika skupina mikroorganizama koji pripadaju carstvu gljiva. Razmnožavaju se sporama, sićušnim sjemenom koje se lako prenosi zrakom. Spore plijesni nalaze se svuda oko nas, a preduvjet za njihov razvoj su toplina, vlaga i hranjiva podloga. S plijesnima se susrećemo svakodnevno zbog njihove nezamjenjive uloge u prirodi. Razgradnja biootpada bila bi nemoguća bez enzima koje plijesni proizvode, a plemenite su plijesni vrlo korisne u proizvodnji hrane (sireva i suhomesnatih proizvoda).

Uloge plijesni u procesima razgradnje organske tvari i proizvodnje hrane

Izuzetno važnu ulogu plijesni su zauzele i u medicini. Zbog stalne borbe s bakterijama za hranu, plijesni proizvode tvari koje su otrovne za bakterije, tzv. *antibiotike*. Za otkriće prvog antibiotika (penicilina) zaslužan je škotski znanstvenik Alexander Fleming (1881. – 1955.) koji je, liječeći ranjenike tijekom Prvog svjetskog rata, tražio način kako spriječiti sepsu uzrokovanu infekcijom rana. Do svog je najvećeg otkrića Fleming došao slučajno. Zbog nereda u svom laboratoriju, u jednoj petrijevoj zdjelici s nasadom bakterija primijetio je plijesan oko koje nisu rasle kolonije bakterija.

Sir Alexander Fleming u svom laboratoriju

Kasnija istraživanja potvrdila su da vrsta plijesni *Penicillium chrysogenum* proizvodi spoj penicilin s antibiotskim svojstvima. Za ovo je otkriće Alexander Fleming, zajedno s Howardom Floreyjem i Ernstom Borisom Chainom, nagrađen Nobelovom nagradom 1945. godine u području fiziologije i medicine.

Međutim, osim mnogobrojnih pozitivnih uloga u prirodi, neke vrste plijesni proizvode tvari sa štetnim djelovanjem u organizmu ljudi i životinja. Toksični produkti metabolizma plijesni nazivaju se **mikotoksini**, a bolesti koje oni uzrokuju **mikotoksikoze**. Plijesni koje proizvode ove otrove najčešće se javljaju u biljnoj hrani (žitarice, orašasti plodovi, sušeno voće, stočna hrana) i životnjskim proizvodima (kravlje mlijeko, sir). Mikotoksini se ne mogu uspješno ukloniti pranjem vodom i termičkom obradom namirnica. Najbolji je način sprječavanja pojave mikotoksikoza pravilan uzgoj, skladištenje i prerada namirnica. U organizmu ljudi i životinja mikotoksini mogu izazvati akutno trovanje ili dugoročno pojavu bolesti poput karcinoma, poremećaja hormonskog i imunosnog sustava te oštećenja jetre i bubrega. Mikotoksini su veću pažnju znanstvenih istraživanja privukli posljednjih pedesetak godina. Do danas je poznato približno 400 vrsta mikotoksina međusobno različitog načina djelovanja, a najistraženiji među njima pripadaju skupinama aflatoksina, okratoksina i fumonizina.

AFLATOKSINI

Aflatoksini su toksični produkti metabolizma plijesni roda *Aspergillus*. Poznato je dvadesetak spojeva aflatoksina međusobno slične kemijske strukture, a najtoksičniji su AFB1 i AFM1. Najčešće su pronalaženi u kikirikiju, brazilskim orasima i žitaricama, posebice kukuruzu. U slučaju zaražene stočne hrane, mikotoksini se mogu pronaći u životinjskom mesu i mlijeku. Ciljni organ štetnog djelovanja su jetra.

Vrsta plijesni Aspergillus flavus

OKRATOKSINI

Okratoksin A najpoznatiji je i najopasniji mikotoksin ove skupine koji na životinje djeluje karcinogeno, a potencijalno tako djeluje i na ljude. Proizvode ga plijesni roda *Penicillium* i roda *Aspergillus*. Najčešće se pronalazi u žitaricama, kavi i grožđu, a može uzrokovati probleme u urinarnom sustavu i oštećenja bubrega.

Vrsta plijesni Aspergillus niger

FUMONIZINI

Fumonizini su grupa mikotoksina koje proizvode plijesni roda *Fusarium*. Od njihova otkrića u 1980-ima do danas izolirano je više od petnaestak produkata. Najtoksičniji među njima je fumonizin B1. Najčešće se nalaze u žitaricama, posebno u kukuruzu i hrani pripremljenoj na osnovi kukuruza. Ciljni organi štetnog djelovanja fumonizina u laboratorijskih glodavaca su jetra i bubrezi, dok se razvoj karcinoma jednjaka u ljudi povezuje s konzumacijom hrane zagađene fumonizinima.

Plijesni roda Fusarium

ZEARALENON

Zearalenon je mikotoksin kojeg proizvode plijesni roda *Fusarium*. Veže se na estrogenske receptore te se povezuje s poremećajima endokrinog sustava. Visoka koncentracija ovog mikotoksina u krvi povezana je s preuranjenim pubertetom.

Kemijska struktura zearalenona

Stanari koji žive u jako vlažnim kućama izloženi su sporama plijesni koje rastu na vlažnim zidovima. Kao posljedica prisutnosti mikotoksina u sporama, kod stanara se može javiti tzv. *sindrom bolesne zgrade* čiji simptomi najčešće uključuju iritaciju sluznica, glavobolju, umor i depresiju. Kako bi se spriječila pojava mikotoksikoza preporučljivo je sanirati već prve znakove pojave plijesni.

Crna plijesan roda Stachybotrys

U Jedinici za toksikologiju se od 1980. godine provode istraživanja toksičnih učinaka i mehanizama djelovanja mikotoksina u organizmu ljudi i životinja. Problem zagađenja hrane mikotoksinima sve je izraženiji zbog sve većeg uvoza namirnica iz tropskih zemalja gdje vladaju bolji uvjeti za rast plijesni. Osim toga, u novije se vrijeme sve više koristi tzv. *zdrava hrana*, odnosno hrana uzgojena bez primjene pesticida. Time se omogućuje porast slučajeva zagađenosti hrane plijesnima i njihovim metabolitima, mikotoksinima. U okviru naših istraživanja i metoda rada mogu se izmjeriti koncentracije mikotoksina u biološkom materijalu (urin, krv, tkiva) i prehrambenim namirnicama (žitarice, vino).

Na sljedećim slikama koje prikazuju uzgoj plijesni na hranjivoj podlozi u kontroliranim uvjetima vlage i temperature može se vidjeti kako to izgleda kada se zadatku prilazi s dozom kreativnosti.

NE POKUŠAVAJTE OVO IZVESTI KOD KUĆE!

„Snjegović“
Aspergillus niger (šešir, oči, usta i gumbi), Aspergillus nidulans (ruke), Aspergillus terreus i Penicillium marneffei (nos), Neosartorya fischeri (tijelo)

„Božićno drvce“
Talaromyces stipitatus (zvijezda), Aspergillus nidulans (stablo), Penicillium marneffei (kuglice), Aspergillus terreus (deblo)

„Cvjetnjak“
Različite vrste plijesni

Izvor:
http://blogs.jcvi.org/2010/12/holiday-art/

PRIČA O BOJAMA (zapravo, o kromatografiji)

Gordana Mendaš Starčević
Jedinica za biokemiju i organsku analitičku kemiju

OTKUDA NAJESEN ŽUTA BOJA U ZELENOM LISTU? KOJE BOJE KRIJE CRNA BOJA TINTE I LJUBIČASTI SOK OD GROŽĐA? I KAKVE VEZE KROMATOGRAFIJA IMA S TIM?

Kromatografija je fizikalna metoda odjeljivanja sastojaka u smjesi na temelju različite raspodjele sastojaka između dviju faza: nepokretne i pokretne. Sastojci u smjesi otopljeni su u pokretnoj fazi (tekućina ili plin) i putuju kroz nepokretnu fazu (čvrsta tvar ili tekućina nanesena na čvrsti nosač) različito dugo, ovisno o njihovom afinitetu za vezanje na nepokretnu fazu. Postupak može biti izveden u **koloni** (stupcu ili kapilari) ili na **plohi** (papir ili tanki premaz na ploči).

Primjer kromatografije u koloni. Izvor: http://www.agilent.com/labs

Razvoj kromatografije započeo je ruski botaničar Mihail Semjonovič Cvet 1900. godine kada je, koristeći staklenu kolonu punjenu prahom kalcijevog karbonata te otapala etanol i petroleter, uspio razdvojiti različito obojane biljne pigmente klorofila. Po tome je tehnika i dobila ime (grč. *chroma*, boja i *graphein*, pisati).

Princip kromatografije najzornije se može predočiti pomoću trake filtar papira (npr. filtar za kavu) – kao nepokretne faze, i otapala (npr. voda, etanol, alkoholni ocat) – kao pokretne faze.

Dva centimetra od donjeg ruba papirne trake ucrtava se startna linija na koju se nanosi vrlo mala količina uzorka (jedna kap) i osuši. U čašu se najprije ulije pokretna faza (toliko da prekrije dno), a zatim se uroni traka s uzorkom pazeći da startna linija ostane iznad razine pokretne faze.

Primjer kromatografije na papiru

Pokretna faza putuje kroz papirnu traku pod utjecajem kapilarnih sila, a pritom otapa i prenosi uzorak. Sastojci smjese različite kemijske strukture pokazuju različit afinitet vezanja na nepokretnu fazu i zbog toga se mogu odijeliti. Sastojci koji se jače vežu na nepokretnu fazu celulozu (papir) putuju duže od onih sastojaka koji pokazuju manji afinitet za vezanje na papir. Postupak kromatografije na papiru završava kada otapalo dosegne gornji rub papira. Slijedi očitavanje **kromatograma** – računanje faktora zaostajanja svakog sastojka.

Omjer udaljenosti koju dosegne sastojak (b) i udaljenosti koju postigne otapalo – fronta otapala (a) u određenom vremenu naziva se **faktor zaostajanja R_F**. Nižu vrijednost R_F imaju sastojci koji zbog jačeg vezanja na nepokretnu fazu u istom vremenu prijeđu kraći put od sastojaka koji se bolje otapaju u pokretnoj fazi. Primjerice, crveni je pigment topljiviji u vodi od plavog pigmenta i zato s vodenom

Faktor zaostajanja:

$$R_F = \frac{b}{a}$$

Kromatogram iz kojeg se izračunava faktor zaostajanja pojedinih sastojaka smjese. Izvor: http://glossary.periodni.com/dictionary.php?en=chromatography

pokretnom fazom otputuje dalje na papiru od plavog pigmenta. Kromatogram s bojama može se vizualno pratiti jer boje različite strukture upijaju različite valne duljine vidljivog dijela elektromagnetskog spektra. Boja koju vidimo valna je duljina koju je sastojak odbio, dok valne duljine koje sastojak upije ne možemo vidjeti.

plavi pigment odbija plavu boju

crveni pigment odbija crvenu boju

PRIMJER 1. KROMATOGRAFIJA TINTE

Pribor: Flomasteri različitih boja, etanol, čaše, filtar papir (npr. za kavu), olovka, ravnalo.

Postupak: Izreži traku od filtar papira. Na udaljenosti dva centimetra od donjeg ruba trake olovkom i ravnalom povuci crtu – startnu liniju. Na startnu liniju flomasterima različitih boja ucrtaj jasno vidljive točke te pričekaj da se osuše. U čašu ulij malo etanola i uroni traku papira tako da se startna linija nalazi jedan cm iznad otapala. Sljedećih nekoliko minuta prati promjene na papiru. Isti postupak možemo ponoviti i s vodom kao pokretnom fazom te usporediti duljine puta koje sastojci prijeđu s različitim otapalima.

Dvije izvedbe plošne kromatografije tinte na papiru

Pojašnjenje: kromatogram crnog flomastera pokazuje tragove svih boja jer u sebi sadrži sve pigmente (upija sve valne duljine vidljivog spektra).

Umjetnost kromatografije na papiru. Izvor: http://kidzactivities.net/chromatography-butterflies

PRIMJER 2. KROMATOGRAFIJA LIŠĆA – KOLIKO BOJA SKRIVA JESENSKI LIST?

Pribor: Lišće: zeleno, žuto i crveno, tarionik, etanol, čaše, filtar papir, olovka.

Postupak: Narezano lišće stavi u tarionik i dodaj 10 ml etanola te smjesu miješajući usitni. Smjesu ostavi u mirovanju 5 minuta. Na papirnoj traci, dva centimetra od donjeg ruba, olovkom povuci startnu liniju. Na startnu liniju kapni alkoholnu otopinu smjese biljnih pigmenata i pričekaj da se kapljica osuši. U čašu ulij malo etanola i pažljivo uroni traku papira tako da se uzorak nalazi 1 cm iznad otapala. Prati promjene na papiru.

Pojašnjenje: kromatogram zelenog lista pokazuje zeleni pigment (od klorofila), žuti pigment (od ksantofila) i narančasti pigment (od karotena). Kromatogram crvenog lista pokazuje samo crveni pigment jer ta boja u listu nastaje tek najesen od drugih spojeva.

PRIMJER 3. KROMATOGRAFIJA BOMBONA

Pribor: Bomboni u boji , voda, alkoholni ocat, čaše, filtar papir, olovka.

Postupak: Na tanjuriću vodom nakapaj nekoliko bombona iste boje i pričekaj da se boja otopi. Pripremi dvije papirne trake i ucrtaj startne linije kao u prethodnim primjerima. Na startne linije nanesi kap vodene otopine boje i pričekaj da se boja osuši. U jednu čašu ulij malo vode, a u drugu malo octa te pažljivo uroni trake. Prati promjene na papiru.

Pojašnjenje: kromatogram ljubičastog bombona pokazuje crvene i plave tragove pa se može zaključiti da je ljubičasta boja smjesa crvenog i plavog pigmenta.

Suvremeni analitički laboratoriji opremljeni su instrumentalnim kromatografskim uređajima – plinskim kromatografima, gdje je pokretna faza plin (helij, vodik ili dušik), i tekućinskim kromatografima, gdje pokretnu fazu čine vodena i organska otapala. Identifikacija i količina sastojaka u smjesi određuje se primjenom vrlo osjetljivih detektora, primjerice spektrometra masa. Kromatografija svoju primjenu nalazi gotovo u svim granama ljudske djelatnosti; od industrije hrane, goriva, materijala i lijekova, gdje se tom tehnikom kontrolira sastav (kvaliteta) proizvoda, do znanstvenih istraživanja novih molekula. Zbog činjenice da je za kromatografsku analizu dovoljna vrlo mala količina uzorka (nekoliko mikrolitara), ova tehnika ima neprocjenjivu ulogu u forenzici (kriminalistici), analizi droga i higijeni okoliša za praćenje ostataka mikrozagađivala (npr. pesticida) u tlu, zraku, vodi i biološkim uzorcima.

Tekućinski kromatograf

Plinski kromatograf

Kromatogram tragova pesticida u biološkom uzorku (urin)

RADIOAKTIVNOST OKO NAS!

Tomislav Bituh
Jedinica za zaštitu od zračenja

Što biste učinili kad bi vam za predmet koji upravo držite u ruci rekli da je RADIOAKTIVAN? Možda isprva ne biste povjerovali. Zatim biste, ipak, zbog nelagode i straha od nepoznatog, predmet odbacili što dalje. Koliko je taj strah od radioaktivnosti opravdan, odakle potječe radioaktivnost te može li i koliko biti štetna za naš organizam? Ovaj će sažetak dati saznanja o radioaktivnosti i radioaktivnom zračenju te otkloniti bar neke strahove i predrasude.

Spontanu (prirodnu) radioaktivnost slučajno je otkrio francuski fizičar Henri Becquerel 1896. godine kad je, pripremajući fotografske ploče za istraživanje luminiscencije uranijevih soli, primijetio da su ploče pocrnjele kao da su bile izložene suncu. Nakon ponovljenog eksperimenta zaključio je da mineral uranijeve soli emitira zrake specifičnih svojstava.

Antoine Henri Becquerel
(1852.– 1908.)

Istodobno, supružnici Marie Skłodowska Curie i Pierre Curie zapazili su emisiju iste vrste zračenja iz torijevih soli. Ujedno su primijetili da je to zračenje neovisno o električnoj struji, zagrijavanju i kemijskim reakcijama. Otkrili su da se određeni

Marie Skłodowska Curie (1867.– 1934.) i Pierre Curie (1859.– 1906.)

kemijski elementi pretvaraju jedni u druge te da vjerojatnost raspada ne ovisi o starosti pojedinog atoma. Opaženo svojstvo materijala, odnosno emitiranje specifičnog zračenja prozvali su **radioaktivnošću**. Njihovom zaslugom otkriveni su novi elementi *radij* i *polonij*.

Za otkriće radioaktivnosti Marie Skłodowska Curie, Pierre Curie i Henri Becquerel podijelili su Nobelovu nagradu za fiziku 1903. godine. Mjerna jedinica za radioaktivnost tada je dobila ime *curie* (Ci), no danas nosi ime *bekerel* (Bq) prema Henriju Becquerelu.

Ubrzo nakon otkrića elementi sa svojstvom „svjetlucanja“ (luminiscencije) počeli su se primjenjivati u proizvodima široke potrošnje.

Primjerice, radij se dodavao u boju za premazivanje kazaljki na satu koje bi onda svijetlile u mraku. Kreme za lice i paste za zube s dodatkom radija omogućile su „poseban sjaj“. Napitci i čokolade s dodatkom radija olakšavali su želučane tegobe i bolove... Prve sumnje o štetnom djelovanju radioaktivnosti radija na zdravlje ljudi pojavile su se kada su djevojke, tzv. *radium girls*, zadužene za bojenje satnih kazaljki

počele obolijevati od neizlječivih bolesti. Naime, kako bi kist ostao ravan, djevojke su prije svakog poteza prošle kistom po jeziku i time unosile velike količine radija u organizam.

Zaštita od zračenja počela se intenzivno razvijati tek 30-ih godina prošloga stoljeća. Otada do danas radioaktivni materijali koriste se kontrolirano i uz mjere zaštite, ponajviše u privredi i energetici (nuklearne elektrane, pogon brodova i podmornica, kontrola kvalitete materijala, sterilizacija hrane i pribora), medicini (dijagnostika i terapija) te u znanosti.

OSNOVE O RADIOAKTIVNOSTI I RADIOAKTIVNOM ZRAČENJU

U prirodi postoje stabilne i nestabilne jezgre atoma (elemenata). Stabilnost jezgre atoma ovisi o omjeru nukleona (protona i neutrona) u jezgri i jakosti veze među njima. U pravilu, teže jezgre s više od 83 protona nestabilne su i podliježu spontanom raspadu u energijski stabilnije jezgre uz emisiju radioaktivnog zračenja. Radioaktivni se atomi još nazivaju i **radionuklidi**. Nova jezgra, potomak raspadnutog radionuklida, i dalje može biti nestabilna te će se nastaviti raspadati sve dok ne postigne stabilnost. Taj proces može trajati od nekoliko djelića sekundi do nekoliko milijuna godina.

Zračenje koje nastaje pri raspadu radionuklida uglavnom uključuje:

- **alfa čestice,** jezgre atoma He građene od dva protona i dva neutrona
- **beta čestice**, električki nabijene čestice (elektroni i pozitroni)
- **gama zrake,** fotone vrlo visoke energije

Radioaktivno zračenje razlikuje se prema dosegu djelovanja i sposobnosti prodiranja kroz barijeru različitih materijala. Radioaktivnost nekog materijala opada s vremenom jer se količina radionuklida u uzorku eksponencijalno smanjuje prema zakonitostima radioaktivnog raspada.

Moć prodiranja različitih vrsta zračenja na čemu se temelje mjere zaštite od zračenja

U okolišu se može naći više od 60 radionuklida koje razlikujemo prema vremenu i načinu nastanka:

- ***primordijalni*** – postoje od postanka svijeta (dugoživući, npr. kalij-40, radij-226, uran-238, uran-235, torij-232)
- ***kozmogeni*** – nastali kao posljedica interakcije kozmičkog zračenja i atmosfere (dugoživući, ali kraće od primordijalnih, npr. ugljik-14, berilij-7)
- ***antropogeni*** – nastali ljudskim djelovanjem kao produkti raspada jezgri u reaktorima i pri testiranju oružja (npr. vodik-3, jod-131, jod-129, cezij-137, stroncij-90)

Primordijalni i kozmogeni radionuklidi ubrajaju se u prirodno zračenje kojemu smo u najvećoj mjeri (80 %) svakodnevno izloženi, dok svega 20 % godišnje količine primljenog zračenja proizlazi iz umjetnih (antropogenih) izvora. Radionuklidi se nalaze svuda oko nas; u zraku, vodi, hrani, tlu (stijenama), građevinskim materijalima... i u našem tijelu, osobito kostima. Radioaktivnost nekog područja zovemo **pozadinsko zračenje** na koje su se živa bića prilagodila. Razine pozadinskog zračenja variraju od mjesta do mjesta na Zemlji. Najveća količina pozadinskog zračenja dolazi iz Zemljine kore bogate uranom-238, uranom-235 i torijem-232 te njihovim potomcima, npr. radijem-226 čijim se raspadom oslobađa prirodni radioaktivni plin radon-222. Prirodno zračenje iz tla veće je u području granitnih stijena, dok je kozmičko zračenje jače na polovima Zemlje i raste s nadmorskom visinom. Let zrakoplovom također povećava godišnju dozu ozračenosti. Pozadinsko zračenje ne potječe samo od prirodnih, već i od antropogenih radionuklida.

IZVORI ZRAČENJA – UDJELI PREMA PODRIJETLU

UTJECAJ IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA NA ŽIVI ORGANIZAM

Štetno djelovanje radioaktivnog zračenja temelji se na svojstvu ionizacije, stoga ga nazivamo **ionizirajuće zračenje**. Brze čestice i fotoni visoke energije koji se pri radioaktivnom raspadu oslobađaju mogu uzrokovati izbacivanje elektrona iz elektronskog omotača atoma tvari koja im stoji na putu. Stupanj štetnog djelovanja radioaktivnog zračenja na živi organizam ovisi o pojedinačnoj dozi zračenja, vremenu izloženosti zračenju kao i o površini tijela koja je izložena. Učinak zračenja u organizmu mjeri se u *sivertima* (Sv). Klinički simptomi oštećenja stanica organizma opaženi su pri dozi zračenja većoj od 100 mSv primljenoj odjednom. Za usporedbu, ukupna godišnja doza izloženosti iz svih izvora zračenja u prosjeku iznosi do 4 mSv, odnosno 10 mSv na području jače izloženosti na Zemlji. U medicini, najveća doza

Učestalost vrsta uzoraka koji se godišnje analiziraju u Jedinici za zaštitu od zračenja, IMI (2016.)

tijekom jednokratnog dijagnostičkog pregleda pomoću CT skenera iznosi približno 25 mSv, što približno odgovara iznosu od šest prosječnih godišnjih doza.

Kako bi se promjene u razinama prirodnog i antropogenog zračenja u okolišu mogle detektirati, uveden je sustav neprekidnog praćenja stanja radioaktivnosti životne sredine. U Jedinici za zaštitu od zračenja (IMI), u suradnji s današnjim Državnim zavodom za radiološku i nuklearnu sigurnost, istraživanja radioaktivnosti okoliša prirodnim i antropogenim radionuklidima u RH provode se od 1959. godine.

Radioaktivnost prirodnih i umjetnih radionuklida u svim sastavnicama okoliša (zraku, oborinama, tlu, geografskoj i pitkoj vodi te ljudskoj i stočnoj hrani) prati se tijekom cijele godine. Jedinica je opremljena uređajima za mjerenje svih vrsta ionizirajućeg zračenja.

ČINJENICE KOJE JE DOBRO UPAMTITI

- radioaktivnost je na Zemlji prisutna oduvijek i ostat će dio naše svakodnevnice
- zbog kalija-40, kojeg unosimo prehranom, zračenje našeg tijela približno je 40 puta intenzivnije od zračenja u okolici nuklearne elektrane
- vjerojatnost umiranja od posljedica ispuštanja radioaktivnosti iz nuklearne elektrane jednaka je vjerojatnosti pogibije uzrokovane udarcem meteora
- mršavi ljudi „radioaktivniji“ su od debelih zbog manjeg udjela masnog tkiva koje apsorbira zračenje iz kostiju vlastitog tijela

ŠTO JE OTROVNIJE?

Željka Babić
Jedinica za medicinu rada i okoliša
Centar za kontrolu otrovanja

Dopustite da vam kroz nekoliko najčešćih primjera otrovanja približim svrhu i način rada **Centra za kontrolu otrovanja**, hitne telefonske službe Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada čiji djelatnici još od 1970. godine, u bilo koje doba dana i noći, spremno pružaju informacije o mogućim zdravstvenim posljedicama u slučaju otrovanja te korisnim savjetima pomažu praćenje i liječenje otrovane osobe.

ZABRINUTA MAJKA ZOVE UPOMOĆ JER JE NJEZINO DVOGODIŠNJE DIJETE NA PODU SOBE PRONAŠLO ISKORIŠTENU TABLETU IZ ELEKTRIČNOG APARATA PROTIV KOMARACA, STAVILO JE U USTA I SISALO NEKO VRIJEME PRIJE NEGO ŠTO SU TO RODITELJI PRIMIJETILI. ŠTO UČINITI?

Proizvodi za suzbijanje kukaca sadrže insekticide, otrovne tvari koje pripadaju velikoj klasi sintetskih kemijskih spojeva – pesticidima. Nakon oralnog kontakta insekticidi mogu izazvati niz neugodnih i štetnih promjena u organizmu (poput žarenja u ustima i ždrijelu, mučnine, povraćanja, proljeva, grčeva u trbuhu, trnaca na koži, glavobolje, vrtoglavice, uznemirenosti, nekontroliranog grčenja mišića, gubitka svijesti, kome...). No, je li dijete u spomenutom primjeru doista u opasnosti od razvoja takvih simptoma?

Kad bismo zabrinutoj osobi samo pružili informaciju o kojoj se aktivnoj otrovnoj tvari (ili tvarima) u tableti radi, spomenuli način djelovanja u organizmu te nabrojali

moguće simptome otrovanja, učinili bismo svima više štete nego koristi. Roditelje bismo nepotrebno uzrujali, a dijete iscrpili mučnim ispiranjem želudca i provođenjem medicinskih pretraga koje u ovom slučaju nisu nužne. Osim identifikacije vrste otrova (kemikalije), u slučaju otrovanja važno je u procjenu **rizika štetnog učinka** po zdravlje uračunati i **dozu** otrova.

RIZIK ŠTETNOG UČINKA = OTROVNOST × DOZA

Tablete protiv komaraca obično sadrže manje od 1 % insekticida. Nakon konzumacije insekticida u tako niskom udjelu najčešće se očekuje jedino osjećaj peckanja sluznice usta i jezika te nije potrebno potražiti hitnu medicinsku pomoć. U takvom slučaju dovoljno je dobro isprati usta i grlo vodom.

Pokušajmo procijeniti koji od niže navedenih proizvoda predstavlja najveći zdravstveni rizik nakon konzumacije?

„MOJ MLAĐI BRAT SVE STAVLJA U USTA, A JUTROS JE PROGUTAO...“

tabletu iz uređaja za odbijanje komaraca

vrećicu silika-gela iz kutije cipela

gumbastu bateriju iz igračke

Silika-gel je neotrovan, proziran gel sastavljen od trodimenzionalne mreže polisilicijskih kiselina s velikim brojem šupljina (pora) koje mu omogućuju apsorpciju (vezanje) molekula vode, najčešću ulogu silika-gela u potrošačkim proizvodima. Stoga u ovom primjeru najteže posljedice po zdravlje može prouzročiti gutanje **gumbaste baterije**. U najboljem, ujedno i najčešćem, slučaju baterija će proći kroz cijeli probavni

sustav i izlučiti se kroz crijevo. Ipak, baterija se u nekom dijelu probavnog sustava može zaglaviti i početi otpuštati sastojke (teški metali, kalijeva lužina iz alkalnog tipa baterije) što uzrokuje nagrizanje sluznice i pucanje stijenke probavnog organa. Ovakav slučaj zahtijeva praćenje, a moguće i hitnu kiruršku obradu.

U svakom domaćinstvu krije se niz otopina koje vrlo lako, nehotice pronađu put do ljudskog probavnog trakta. Upravo su takvi sljedeći primjeri otrovanja kućanskim kemikalijama.

POPILA SAM NEKOLIKO GUTLJAJA IZ ČAŠE POKRAJ SUDOPERA U KOJOJ JE BILO RAZRIJEĐENO SREDSTVO...“

tableta za čišćenje proteze

deterdžent za pranje posuđa

prašak za otapanje kamenca

Među navedenim otopinama najveće štetno djelovanje u organizmu očekuje se nakon konzumacije razrijeđene otopine **deterdženta** za pranje posuđa i to zbog svog načina djelovanja na organske tvari. Takva sredstva za čišćenje sadrže anionske i neionske tenzide, aktivne kemijske tvari koje oblažu masnoće i tako ih pomažu odnijeti s površine materijala.

Nakon što deterdžent dospije u probavni sustav, molekule tenzida nastoje „oprati“ površinu sluznice. Sluznica se pritom „brani“ od nadražaja proizvodeći uobičajene simptome – povraćanje i proljev. Iako rijetko, otrovanje deterdžentom može izazvati nadražaj dišnog sustava pa čak i upalu pluća jer se pjena deterdženta tijekom povraćanja može raspršiti i do pluća.

Razrijeđena **tableta za čišćenje proteze** može sadržavati deterdžente, sredstva za dezinfekciju i izbjeljivanje, ali je njihova koncentracija niska te obično ne izaziva nadražajne simptome. **Praškasta sredstva za uklanjanje kamenca** iz kuhala vode i aparata za kavu sadrže slabe organske kiseline (najčešće limunsku) niske otrovnosti te uobičajeno ne dovode do simptoma otrovanja (uz moguću rijetku iznimku mučnine i povraćanja).

Pozivi upućeni Centru, osim otrovanja kućnim kemikalijama, ponekad uključuju i otrovanja biljkama (primjerice tise; te gljivama od kojih je najopasnija zelena pupavka). Nažalost, često se zaprimaju pozivi o namjerno uzetoj prekomjernoj količini lijekova.

Pravovremeno informiranje o otrovnosti određene tvari te brza procjena zdravstvene opasnosti može pomoći u izbjegavanju posljedica panike, pravilnom liječenju otrovane osobe, kao i opravdanom korištenju zdravstvenih postupaka. Osim otrovnosti i doze aktivne štetne tvari, djelatnici Centra prilikom zaprimanja svakog poziva uzimaju u obzir i dodatne čimbenike (dob, psihičko stanje, socijalnu situaciju, opremljenost najbliže zdravstvene ustanove, mogućnost dolaska u zdravstvenu ustanovu na vrijeme i sl.) koji su ključni za brzu, pravilnu i uspješnu pomoć.

CENTAR ZA KONTROLU OTROVANJA

Telefonska informativna služba dostupna 24 sata

Informacije o procjeni opasnosti svakog otrovanja uključuju: moguće simptome, toksične doze, potrebu za daljnjom dijagnostikom, način praćenja pacijenta, terapiju (simptomatska, protuotrov), toksokinetiku (očekivano djelovanje i vrijeme maksimalnog učinka otrova).

Tel. (01) 2348 342 • e-adresa: cko@imi.hr

IZVOD IZ STATISTIKE POZIVA CENTRU ZA KONTROLU OTROVANJA U 2015. GODINI

Ukupan broj poziva: 1917 (80 % zdravstveni djelatnici)
Dob bolesnika: od dojenčadi do 90 godina (45 % dojenčad i predškolska djeca)
Spol bolesnika: muške osobe (52 %)
Pet najčešćih uzroka otrovanja: lijekovi (37 %); kućne kemikalije (31 %); industrijske kemikalije (7 %); pesticidi (7 %); biljke (5 %)
Najčešći put unosa kemikalije: ingestija (gutanje, 81 %)
Najčešće okolnosti otrovanja: slučajno (69 %); suicidalno (17 %)

Izvor: Ž. Babić i sur., Arh. Hig. Rada Toksikol. 67(2016.)77-82

EDUKACIJA UČENIKA
♦ KVIZ PREPOZNAVANJA RIZIKA OTROVANJA ♦

ŠTO TO UDIŠEMO?

Gordana Pehnec
Jedinica za higijenu okoline

Znanstveni i stručni rad Jedinice za higijenu okoline od početka svog djelovanja povezan je s mjerenjima kvalitete zraka. U početku se onečišćenje zraka proučavalo isključivo u radnom prostoru sa svrhom procjene izloženosti radnika te poboljšanja njihovih uvjeta rada. Kasnije su istraživanja proširena i na kvalitetu vanjskog zraka. Jedinica prati kvalitetu zraka u Zagrebu već dulje od 50 godina.

ŠTO JE TO ZRAK?

Zrak je smjesa plinova koji čine Zemljinu atmosferu. S obzirom na sastav i fizikalna svojstva koja se mijenjaju ovisno o visini, atmosferu dijelimo u nekoliko slojeva. U

najnižem sloju – **troposferi** nalazi se gotovo sva vodena para, a temperatura pada s visinom prosječno 6 °C po kilometru. U troposferi se zbivaju i sve vremenske pojave koje opažamo: oblaci, oborine, vjetrovi…

U nižim slojevima atmosfere zrak ima stalan omjer plinova dušika, kisika i ugljikovog dioksida te ostalih plinova. Takav sastav zraka predstavlja jedan od osnovnih životnih uvjeta jer je neophodan za disanje i procese gorenja.

Osim plinova, zrakom su raspršene i različite mikroskopski sitne krute i tekuće čestice koje lebde nošene zračnim strujama, a nazivaju se **aerosoli** ili **lebdeće čestice**. Prirodni aerosol čine vulkanske čestice, čestice prašine s tla, kristalići morske soli i leda, kapljice vode, pelud, spore, bakterije i virusi. Lebdeće čestice mogu sadržavati i brojne štetne tvari poput teških metala i karcinogenih organskih tvari. Sitne se čestice, zbog svoje mikroskopske veličine, lako prenose na veće udaljenosti i dugo zadržavaju u atmosferi.

ONEČIŠĆENJA U ZRAKU

Onečišćujuće tvari, poput raznih oksida sumpora, dušika i ugljika te krutih čestica, u zrak dospijevaju iz prirodnih i antropogenih izvora.

Prirodni su izvori onečišćenja zraka razne prirodne pojave i procesi, primjerice požari, erupcije vulkana, pješčane oluje, raspršena morska sol i emisija hlapivih organskih spojeva iz biljaka.

Antropogeni su izvori onečišćenja zraka industrijska postrojenja i razne ljudske aktivnosti, primjerice proizvodnja energije (elektrane, kotlovnice) i promet, u kojima izgaraju fosilna goriva (ugljen, tekuća goriva i plin).

POČETCI ONEČIŠĆENJA ZRAKA IZ ANTROPOGENIH IZVORA

Otkriće vatre ljudskom je rodu donijelo mnoge značajne promjene u životu, među ostalim i onečišćenje zraka. Kao prvi izvor energije koristilo se **drvo**, ali se zbog nepotpunog sagorijevanja stvarao crni dim uzrokujući ljudima zdravstvene teškoće. Zamjena drva kaloričnijim **ugljenom** omogućila je nagli razvoj obrta i industrije (industrijska revolucija), ali uz cijenu onečišćenja zraka prašinom, čađom i sumporovim dioksidom. Otkriće **nafte** djelomično je smanjilo emisiju čađe i pepela, ali je zato utjecalo na razvoj kemijske industrije i motornih vozila. Nova prijevozna sredstva i proizvodi omogućili su lagodniji život, ali su istovremeno povećali unos velikog broja različitih onečišćujućih tvari u okoliš pa tako i u atmosferu.

Povišene razine onečišćujućih tvari u zraku djeluju štetno na ljudsko zdravlje, a mogu izazvati i oštećenja raznih materijala te niže prinose poljoprivrednih kultura. Onečišćujuće tvari talože se na tlo i biljke odakle se mogu isprati u podzemne vode i ući u hranidbeni lanac.

Kemijskim reakcijama u zraku izvorni spojevi onečišćenja mogu se transformirati u još štetnije spojeve, dok se isparavanjem i vjetrom mogu prenijeti vrlo daleko od samog izvora onečišćenja.

PRAĆENJE KVALITETE ZRAKA

Jedna od posljedica uznapredovale industrijske proizvodnje i nastajanja višemilijunskih gradova tijekom prošlog stoljeća povećana je količina otpadnih tvari u okolišu. Primjerice, u velikim gradovima poput Londona ili Los Angelesa pojavio se višednevni smog, odnosno štetna smjesa onečišćujućih tvari u zraku izgledom slična magli ili pomiješana s maglom. Takve situacije pokrenule su organizirane aktivnosti kojima je cilj zaštita zdravlja ljudi i okoliša. Na međunarodnoj razini formiran je svjetski sustav praćenja okoliša unutar kojega su uspostavljene dvije mjerne mreže: mreža postaja u opterećenim područjima (gradskim i industrijskim) koju koordinira **Svjetska zdravstvena organizacija** i mreža pozadinskih postaja udaljenih od ljudskih aktivnosti koju koordinira **Svjetska meteorološka organizacija**.

Pojave smoga u velikim svjetskim gradovima i industrijskim središtima sredinom prošloga stoljeća uputile su na potrebu sustavnog praćenja kvalitete vanjskog zraka. **Prva mjerenja kvalitete vanjskog zraka u Hrvatskoj** provela je Jedinica za higijenu okoline Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada 1963. godine određivanjem sumporova dioksida i crnog dima na tri mjerne postaje. Od tada se u Zagrebu neprekidno prate razine onečišćenja na mjernim postajama u okviru *gradske mreže za trajno praćenje kvalitete zraka*. Broj mjernih postaja, kao i broj onečišćenja koje se u zraku mjere, postupno se povećavao tijekom godina. Danas Jedinica za higijenu okoline svakodnevno prati kvalitetu zraka na šest lokacija u Zagrebu. Mjere se koncentracije sumporovog dioksida, dušikovog dioksida, ozona i amonijaka. Osim ovih plinova, prate se i razine lebdećih čestica različitih veličina (aerodinamičkog promjera manjeg od 10 μm, 2,5 μm i 1 μm) te se određuje njihov sastav.

Položaj šest mjernih postaja lokalne mreže za praćenje kvalitete zraka Grada Zagreba na kojima mjerenja provodi Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

Provođenjem mjera za smanjivanje emisija onečišćujućih tvari te uvođenjem plinske i toplinske mreže u gradovima postiglo se značajno smanjenje razina nekih onečišćenja zraka u odnosu na 60-e godine prošlog stoljeća (sumporovog dioksida i crnog dima).

*Smanjenje razina **sumporovog dioksida (SO_2)** u Zagrebu (1963. – 2009.).*
Izvor: G. Pehnec i sur., Priroda 05/2013

Međutim, s novim znanstvenim spoznajama i tehnologijama raste i broj onečišćenja koje je potrebno pratiti. U većini europskih gradova glavni je izvor onečišćenja **promet**, a onečišćujuće su tvari koje posljednjih godina predstavljaju najveći problem **lebdeće čestice, dušikov dioksid i prizemni ozon**. Mnoga onečišćenja zraka pokazuju karakteristične **dnevne** ili **sezonske varijacije**.

*DNEVNE VARIJACIJE koncentracija **dušikovih oksida** (radni dan – zima); povišene vrijednosti uočavaju se u periodima 6 – 10 sati i 16 – 18 sati. Izvor: G. Pehnec i sur., Zbornik radova skupa „Zaštita zraka '99", 1999*

*SEZONSKE VARIJACIJE koncentracija **ozona**; povišene vrijednosti uočavaju se u ljetnim mjesecima. Izvor: G. Pehnec i sur., Priroda 05/2013*

Dušikovi oksidi štetni su plinovi koji nadražuju dišne organe te uzrokuju kisele kiše i pojavu fotokemijskog smoga. Izvori emisija: sagorijevanje goriva (promet, elektrane), industrijski procesi, procesi anaerobne mikrobiološke razgradnje tla, šumski požari, elektromagnetski izboji (munje).

Ozon (O_3) je plin koji nastaje reakcijom dušikovih oksida i hlapljivih organskih spojeva. Ozon prisutan u stratosferi „dobar" je i štiti život na Zemlji od Sunčevih UV zraka. **Prizemni** je **ozon** „loš", a nastaje u troposferi te je sastavni dio gradskog i industrijskog smoga (ometa disanje i oštećuje vegetaciju).

Benzo(a)piren ($C_{20}H_{12}$) organski je spoj iz grupe policikličkih aromatskih ugljikovodika. Vrlo je štetan za zdravlje jer formira karcinogene i mutagene metabolite koji reagiraju s DNA i ometaju njezinu transkripciju. Izvori emisije u zrak: šumski požari, vulkanske erupcije, nepotpuno sagorijevanje fosilnih goriva, dim cigareta, izgoreni ostatci hrane.

*SEZONSKE VARIJACIJE koncentracija **benzo(a)pirena**; povišene vrijednosti uočavaju se u zimskim mjesecima. Izvor: G. Pehnec i sur., Priroda 05/2013*

O kvaliteti zraka u Zagrebu građani se mogu informirati putem **Izvještaja o praćenju onečišćenja zraka na području Grada Zagreba** koji se izrađuje krajem svake kalendarske godine i objavljuje na internetskim stranicama Grada Zagreba (http://www1.zagreb.hr/kvzraka/index.htm).

POJMOVNIK

Aerosoli (lebdeće čestice), mikroskopski sitne krute i tekuće čestice koje raspršeno lebde zrakom nošene zračnim strujama.

Apstinencijski sindrom, skup simptoma koji nastaju zbog naglog prekida unosa droge u organizam (npr. uznemirenost, agresivnost, bolovi u mišićima, probavne smetnje, povišena temperatura, tjeskoba, nesanica, depresija).

Bioakumulacija, proces nakupljanja određene tvari iz okoliša u živim organizmima zbog spore razgradnje ili sporog izlučivanja tvari iz organizma.

Biomagnifikacija, porast koncentracije štetnih tvari u živim organizmima u smjeru prema kraju hranidbenog lanca (predatorima).

Biotoksini, otrovne tvari koje proizvode mikroalge i cijanobakterije. Nakupljaju se prvenstveno u mesu školjkaša zbog specifičnog načina ishrane (filtracijom vode).

Centar za kontrolu otrovanja, javno-zdravstvena djelatnost čija je osnovna svrha pružanje stručne pomoći u liječenju otrovanja putem 24-satne telefonske informativne službe.

Cvjetanje alga (vode), masovno razmnožavanje fitoplanktona u vodi zbog procesa eutrofikacije, odnosno gomilanja hranjivih tvari (npr. dušika i fosfata) u vodi. Pojava je štetna za sve organizme koji žive u vodi i oko nje.

Droga, psihoaktivne tvari ili smjese tvari koje djeluju na centralni živčani sustav i izazivaju promjene u doživljavanju i ponašanju. Zlouporaba droga potiče razvoj bolesti ovisnosti te dugoročno uzrokuje zdravstvene i socijalne probleme.

Ekotoksičnost, pojava štetnog učinka otrova iz okoliša na bilo koji živi organizam.

Ekstrakcija, postupak izdvajanja neke tvari iz smjese pomoću otapala u kojem se tvar otapa ili čvrstog sorbensa na koji se tvar veže.

Enzimi (biološki katalizatori), proteini koji ubrzavaju biokemijske procese u živom organizmu, a nakon reakcije ostaju nepromijenjeni. Bez njihovog djelovanja mnoge reakcije u stanici odvijale bi se presporo ili se uopće ne bi događale.

Histamin, biogeni amin poznat kao pokretač akutnih alergijskih reakcija ljudi. Neke vrste namirnica prirodno sadrže histamin (sir, kobasice, fermentirani proizvodi, pivo, vino), ali on se može formirati i tijekom raspadanja uginule ribe (osobito plave) ako se ubrzo nakon ulova riba nije pohranila u hladnjak.

Inhibitor, spoj koji ometa ili onemogućuje djelovanje enzima. Posljedica je djelovanja inhibitora smanjenja aktivnost enzima ili čak njegova trajna neaktivnost. Mnogi lijekovi i otrovne tvari djeluju kao inhibitori enzima.

Ionizirajuće zračenje, elektromagnetsko i čestično zračenje čijim prolaskom u tvari izravno ili neizravno nastaju parovi pozitivno i negativno električki nabijenih čestica – iona.

Kromatografija, suvremena instrumentalna analitička metoda koja omogućuje odjeljivanje i kvantitativno određivanje tvari u smjesi, a zasniva se na različitoj raspodjeli tvari između dvije faze – nepokretne (čvrstog sorbensa) i pokretne (otapalo, plin ili superkritični fluid).

Mikotoksikoze, bolesti uzrokovane mikotoksinima.

Mikotoksini, otrovi koji nastaju kao sekundarni produkt metabolizma plijesni.

Otrovnost, sposobnost tvari da uzrokuje bolest ili smrt nakon unosa u organizam.

Ovisnost, psihičko i fizičko nekontrolirano stanje koje nastaje međudjelovanjem živog organizma i sredstva ovisnosti.

Pesticidi, prirodne ili sintetske tvari namijenjene suzbijanju nepoželjnih biljnih, životinjskih i mikrobioloških vrsta. U poljoprivredi i industriji pesticidi se nazivaju „zaštitna sredstva“, dok se u javnom zdravstvu zovu „biocidi“. Zbog štetnog djelovanja na zdravlje ljudi i cijeli ekosustav primjena pesticida mora biti strogo kontrolirana.

Plijesni, skupina mikroorganizama koji pripadaju carstvu gljiva, a razmnožavaju se sporama (sićušnim sjemenom).

Pozadinsko zračenje, količina zračenja prisutna u nekom području, a potječe iz prirodnih i antropogenih izvora zračenja. Razine pozadinskog zračenja na Zemlji variraju.

Prizemni ozon, plin koji nastaje reakcijom dušikovih oksida i hlapljivih organskih spojeva u nižem (prizemnom) sloju atmosfere najčešće kao posljedica razvijenog prometa i industrije. Naziva se i „loš" ozon zbog štetnog djelovanja na materijale, vegetaciju i zdravlje ljudi. „Dobar" ozon prirodno nastaje u višim slojevima atmosfere (stratosferi) i sprječava prodor Sunčevog UV zračenja na Zemlju.

Radioaktivna tvar, tvar koja sadrži, osim ostalih, i atome s nestabilnim jezgrama koje svojim raspadom proizvode ionizirajuće zračenje.

Ribonukleaze (RNaze), vrlo stabilni enzimi koji razgrađuju molekule RNA. Prisutne su u stanicama svakog organizma (endogene RNaze) i različitim međustaničnim tekućinama kao što su suze, slina, znoj i sluz (egzogene RNaze).

Rizik štetnog učinka, vjerojatnost nastanka bolesti ili smrtnog ishoda nakon izloženosti određenoj dozi otrova.

RNA, polimer ribonukleotida koji su građeni od monosaharida riboze, dušičnih baza (adenin, citozin, gvanin i uracil) i fosfatne skupine, a međusobno povezani 3'-5' fosfodiesterskim vezama. Molekule RNA sintetiziraju se procesom transkripcije u jezgrama eukariotskih stanica i reguliraju ekspresiju gena, a u konačnici proteina u svakoj živućoj stanici.

Supstrat, spoj koji se veže na određenu vrstu enzima kako bi se ubrzala njegova pretvorba u produkt (npr. vezanje acetilkolina na acetilkolinesterazu ubrzava njegovu hidrolizu na kolin i octenu kiselinu).

Troposfera, najniži sloj atmosfere koji se prostire do 18 km iznad površine Zemlje i u kojem se zbivaju sve vremenske pojave koje opažamo (oblaci, vjetar, magla, oborine). U troposferi se nalazi gotovo sva vodena para, a sastav je plinova koji omogućuju život na Zemlji stalan.

ŽIVOTOPIS INSTITUTA i KONTAKTI

INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA
Ksaverska cesta 2, HR-10001 Zagreb, Hrvatska
Tel. (01) 4682 500 • Fax. (01) 4673 303
www.imi.hr • dov.imi.hr

UTEMELJENJE

Institut je osnovan 27. prosinca 1947. godine u Zagrebu na inicijativu dr. Andrije Štampara, predsjednika i akademika tadašnje Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti. Danas je druga po veličini znanstvenoistraživačka ustanova u Hrvatskoj koja djeluje u nadležnosti Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske.

PODRUČJA ZNANSTVENOG INTERESA I STRUČNIH USLUGA

Temeljna i primijenjena istraživanja zasnivaju se na:

- istraživanju kvalitete radnog i životnog okoliša povezane s prisutnošću različitih ksenobiotika (pesticida, mikotoksina, teških metala, radionuklida, nanočestica, droga i dr.) te ionizirajućeg i neionizirajućeg zračenja
- staničnom i substaničnom istraživanju utjecaja štetnih agensa iz okoliša
- istraživanju razvoja i liječenja imunoloških i profesionalnih bolesti ljudi

NASTAVA

Djelatnici Instituta sudjeluju u nastavi brojnih sveučilišnih, specijalističkih i stručnih studija, organiziraju popularnoznanstvena predavanja, radionice i izložbe za djecu i odrasle te pripremaju učenike i studente za natjecanja i ocjenske radove.

IZDAVAŠTVO

Institut je nakladnik Arhiva za higijenu rada i toksikologiju – najstarijeg znanstvenog časopisa u Hrvatskoj koji objavljuje originalne radove iz područja biomedicinskih znanosti, osobito iz medicine rada, toksikologije, zdravstvene ekologije i radio-ekologije. Izlazi kvartalno i redovito još od 1950. godine, a cjeloviti su radovi dostupni na adresi: hrcak.srce.hr/aiht.

STRUČNA DRUŠTVA SA SJEDIŠTEM NA ADRESI INSTITUTA

Hrvatsko društvo za biokemiju i molekularnu biologiju (HDBMB; www.hdbmb.hr)

Hrvatsko toksikološko društvo (HTD; www.htd.hr)

Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka (HUZZ; www.huzz.hr)

KONTAKTI I POVEZNICE STRUČNIH SLUŽBI INSTITUTA

Centar za kontrolu otrovanja (24 sata)
Tel. (01) 2348 342 • e-adresa: cko@imi.hr

Info služba za zlouporabu droga
Tel. (01) 4682 531 • e-adresa: infodroge@imi.hr

Kvaliteta zraka grada Zagreba IMI (dnevno praćenje)
www.zrak.imi.hr

Ovlašteni stručni tehnički servis za poslove zaštite od ionizirajućeg zračenja
Tel. (01) 4682 571 • e-adresa: doza@imi.hr

Poliklinika za medicinu rada i internu medicinu
Tel. (01) 4682 606, (01) 2348 355 • e-adresa: medicinarada@imi.hr

KONTAKTI AUTORA I UREDNICE ZBORNIKA

	telefon	e-adresa
dr. sc. Željka Babić, mag. pharm.	(01) 4682 609	zbabic@imi.hr
dr. sc. Tomislav Bituh, dipl. ing. preh. tehn.	(01) 4682 653	tbituh@imi.hr
dr. sc. Anita Bosak, dipl. ing. kem.	(01) 4682 551	abosak@imi.hr
dr. sc. Irena Brčić Karačonji, dipl. ing. med. biokem.	(01) 4682 531	ibrcic@imi.hr
dr. sc. Davorka Breljak, dipl. ing. biol.	(01) 4682 622	dbreljak@imi.hr
dr. sc. Gordana Mendaš Starčević, dipl. ing. kem.	(01) 4682 550	gmendas@imi.hr
dr. sc. Gordana Pehnec, dipl. ing. kem.	(01) 4682 580	gpehnec@imi.hr
dr. sc. Ljerka Prester, dipl. ing. med. biokem.	(01) 4682 612	prester@imi.hr
dr. sc. Dubravka Rašić, prof. biol. i kem.	(01) 4682 641	rasic@imi.hr
dr. sc. Sanja Stipičević, dipl. ing. kem.	(01) 4682 557	stipicevic@imi.hr

Najveća radost čovjeku koji razmišlja jest istraživanje
i tiho poštovanje prema neistraženome.

J. W. von Goethe