

Med kao pokazatelj

RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE OKOLIŠA U HRVATSKOJ

Zdenko FRANIĆ, Zagreb

Med i drugi pčelarski proizvodi od davnina se koriste kao hrana i lijek. Med je najstarija vrsta zaslađivača u ljudskoj prehrani. Za razliku od rafiniranog stolnog šećera, med ima daleko vredniji nutritivni sastav, ali i više kalorija (jedna žlica meda sadržava oko 65 kcal, a jedna žlica šećera oko 45 kcal).

TKO JE AUTOR OVOG ČLANKA?

Dr. sc. Zdenko Franić, dipl. ing. fizike, radioekolog, znanstveni savjetnik zaposlen u Jedinici za zaštitu od zračenja (IMI). Ekspert je za sustave upravljanja kvalitetom i certificirani ekološki pčelar.

Povijest pčelarstva

Najstarija ljudska aktivnost vezana uz pčele i konzumaciju meda dokumentirana je u prapovijesnim crtežima pronađenim u špiljama. Štoviše, crteži koji su pronađeni u Španjolskoj ukazuju na oblik pčelarstva (sl. 1.).

I hrvatsko pčelarstvo ima dugu tradiciju na što ukazuju sljedeći primjeri. Godine 1206. hrvatsko-ugarski kralj Andrija II. izdao je



Slika 1. Mezolitski, 8000 godina stari, crtež iz špilje *Cueva de la Araña* u blizini Valencije u Španjolskoj prikazuje ljudsku figuru kako visiće s lijanom i sakuplja med i vosak iz košnice dok okolo oblijeću pčele. Izvor: Wikimedia Commons.

cistercitskom samostanu u Topuskom ispravu u kojoj samostanskoj crkvi propisuje pravo uživanja oranica, sjenokoša, sela, šuma itd., kao i danke koji uključuju i med. Sankcioniranje krađe meda iz ulišta (pčelinjaka) predmet je i Vinodolskog zakonika iz godine 1288. Godine 1577. nadvojvoda Ernest Habsburški, kojeg je njegov brat kralj Rudolf II. postavio za civilnog upravitelja Hrvatske, i krajši general Ivan Auersperg, zapovjednik Karlovačkoga generalata, vode prepisku iz koje je vidljivo da med ima vrlo važnu ulogu u opskrbi i održavanju bojne spremnosti vojnih posada u utvrđama petrinjskog kraja današnje Banovine (Hrastovica, Klinac i Pecki). Med je očito bio svojevrsna preteča današnjih energijskih pločica, budući da je omogućavao brzo dobivanje energije za tjelesne aktivnosti i napore kakvi se očekuju u borbi.

Karakterizacija meda

S današnjeg aspekta zanimljivo je razmotriti o kojoj se vrsti meda tada radilo, posebice u kontekstu činjenice da je u tijeku projekt brendiranja Banskoga meda jednim od prepoznatljivih znaka kvalitete Europske Unije ZOZP, Zaštićena oznaka zemljopisnog porijekla (engl. *Protected Geographical Indication, PGI*). Pritom valja napomenuti da je koncept uniflornosti meda, tj. karakterizacije meda prema određenoj biljnoj vrsti (npr. kestenov med ili bagremov med) razvijen tek krajem prošloga stoljeća, kada je na predak znanosti i tehnike omogućio razvoj standardiziranih analitičkih metoda određivanja zemljopisnog i botaničkog porijekla meda. Tehnologijom pčelarenja u XVI. stoljeću (pčelarenje u košnicama pletarama, vrškarama ili dubinama te gušenje pčela na kraju sezone) mogao se proizvesti samo poliflorni med, najvjerojatnije s pretežitim udjelom kestena, s obzirom na obilje šuma (a tada i voćnjaka!) pitomog kestena na području Banovine (sl. 2.). Postupci za osiguravanje kvalitete meda i ostalih pčelarskih proizvoda radi dokazivanja izvornosti danas uključuju i radiološka ispitivanja.

Dobrobit pčelarstva

Primarni i neposredni razlog zbog kojeg su ljudi stoljećima zainteresirani za pčele i pčelarstvo svakako jest med. U pravilu, svaki će se pčelar složiti da postoji neka čarolija u proizvodnji vlastitog meda i pohranjivanju tog *tekućeg zlata* u staklenke. Pritom će vas, isto tako, uvjeravati da niti jedan med nije toliko slastan i zdrav kao onaj koji proizvedu baš njegove pčele. No, ta slatka nagrada nipošto nije jedini razlog zbog kojeg se ljudi bave pčelarstvom. Naime, još zarana su ljudi primijetili znatno veće prinose u voćarstvu i ratarstvu u područjima u kojima se prakticiralo pčelarstvo.

U današnje vrijeme, znanstvenici su pokušali izračunati gospodarsku vrijednost opršivanja koje osiguravaju pčele. Rezultati europskog znanstvenog projekta COST Action FA1307 ukazuju na to da na području EU poljoprivredne kulture opršene pčelama imaju oko 50 % veće prinose te svake godine ostvaruju dobitnu dobit u vrijednosti većoj od 14 milijardi eura. Također, s



Slika 2. Sača i maticе. Snimio Z. Franić.

obirom na to da više od 80 % samoniklih biljnih vrsta u većoj ili manjoj mjeri ovisi o opršivačima, možemo zaključiti da je opršivanje ključni čimbenik u održavanju ekosustava, odnosno zaštiti bioraznolikosti. Kako u zemljama Europske unije živi oko 14 milijuna pčelinjih zajednica, može se procijeniti da ekonomski doprinos jedne pčelinje zajednice u Europskoj uniji prosječno iznosi oko 1000 eura.

Nažalost, različiti negativni utjecaji poput klimatskih promjena, intenzivne primjene neselektivnih pesticida u poljoprivredi te raširenih bolesti, od kojih je najizraženija zaraza parazitskom grnjom *Varroa destructor*, pčelarstvo su učinili izuzetno zahtjevnim poslom. Bez brige i napornog rada pčelara pčele danas ne bi preživjele, a to bi u konačnici imalo katastrofalne posljedice na osiguravanje dovoljnih količina hrane za čovječanstvo. U tom kontekstu, znanstvena istraživanja u pčelarstvu, pa tako i radiološka karakterizacija, pomažu ne samo u osiguravanju zdravlja pčela, nego i u proučavanju takvog načina opršivanja te zaštiti okoliša.

Med i fizijski radionuklidi

Malo je poznato da med i neki drugi pčelinji proizvodi, posebice vosak, mogu poslužiti i kao pokazatelji zagađenosti okoliša različitim tvarima štetnim po zdravlje ljudi kao što su to, primjerice, antropogeni fizijski radionuklidi. Antropogeni radioaktivni elementi nastaju tijekom eksplozija nuklearnog oružja ili u nuklearnih postrojenja, posebno reaktora. Među njima naročito treba istaknuti radionuklide cezija (^{137}Cs , ^{134}Cs i druge) koji su kemijski slični kaliju te se stoga mogu intracelularno ugraditi u organizam.

U Republici Hrvatskoj fizijski se produkti u okolišu i hrani su stavno istražuju i prate u sklopu ekstenzivnog programa nadzora radioaktivne kontaminacije okoliša koji je započeo još 1959. godine, tj. nakon perioda intenzivnih atmosferskih testiranja nuklearnog oružja. Program se danas provodi pod nadzorom Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost te je usklađen

s preporukama Europske komisije iz 2000. godine o primjeni članka 36. iz Ugovora Europske zajednice za atomsku energiju (Euratom). Iako su prepoznati kao učinkoviti pokazatelji radioaktivne kontaminacije okoliša, med i pčelarski proizvodi ipak nisu uključeni u program ovog sustavnog istraživanja. Stoga se radioekološka ispitivanja meda u Republici Hrvatskoj provode kroz različite znanstvene projekte i stručne djelatnosti znanstvenih ustanova (IMI i Institut Ruđer Bošković).

Pčelarstvo i radioekologija

Na međunarodnoj razini, korištenje pčela i pčelarskih proizvoda kao pokazatelja stanja kontaminacije okoliša antropogenim radionuklidima intenziviralo se tek nakon nesreće nuklearnog reaktora u Černobilu 1986. godine. Ciljana apidološka* istraživanja povezala su više različitih disciplina i znanstvenih područja kao što su pčelarstvo, botanika, medicina, radioekologija i zaštita od zračenja. Nekoliko je razloga zašto su pčele medarice učinkoviti integrator radioaktivnog onečišćenja okoliša:

- pčele iz jedne košnice dnevno posjećuju stotine tisuća cvjetova u krugu polumjera od oko 3 km (što odgovara površini od oko 30 km²);
- moguće je dovoljno točno odrediti koordinate izvora onečišćenja, tj. mjesto prikupljanja i granice kontaminiranog prostora, kao i razdoblje u kojem je sakupljan kontaminirani proizvod;
- osim u pčelarskim proizvodima (med, pelud, vosak, propolis) štetne tvari (zagadživala) mogu se otkriti i u pčelama, kao i u košnicama.

Prvi literaturni podaci o radioaktivnosti meda u Republici Hrvatskoj datiraju iz doba neposredno nakon nesreće u Černobilu (svibanj i lipanj 1986.). Tada su zabilježene vrijednosti koncentracija aktivnosti za ¹³¹I (30–220 Bq/kg), ¹³⁴Cs (35–42 Bq/kg) i ¹³⁷Cs (12–62 Bq/kg). Iako 1986. godine nije bilo detaljnih niti uskladih međunarodnih preporuka za postupanje s hranom kontaminiranim u nuklearnim nesrećama, neposredno nakon černobilске nesreće Europska zajednica (EZ) je uspostavila ograničenja na uvoz prehrambenih proizvoda iz zemalja istočne Europe, odnosno zemalja izvan tadašnje EZ. Bez detaljnog obrazloženja postavljena je maksimalno dopuštena koncentracija aktivnosti radiocezija koja je za sve proizvode iznosila 1000 Bq/kg. Slike 3. i 4. prikazuju koncentracije aktivnosti radiocezija u uzorcima poliflornog meda s područja RH u razdoblju od 1986. do 1995. godine.

Koncentracije aktivnosti radiocezija u medu vrlo su dobro korelirane s koncentracijama aktivnosti u radioaktivnim oborinama, što ukazuje na primarni izvor kontaminacije biofaze radiocezijem. Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs i ¹³⁴Cs u medu eksponencijalno padaju prema izrazu:

$$A_{\text{med}}(t) = A_{\text{med}}(t_0) e^{-kt}$$

gdje su:

$A_{\text{med}}(t)$ vremenski ovisna koncentracija aktivnosti radiocezija u medu (Bq/kg),

$A_{\text{med}}(t_0)$ početna koncentracija aktivnosti radiocezija u medu (Bq/kg),

$1/k$ srednje vrijeme boravka radiocezija u medu.

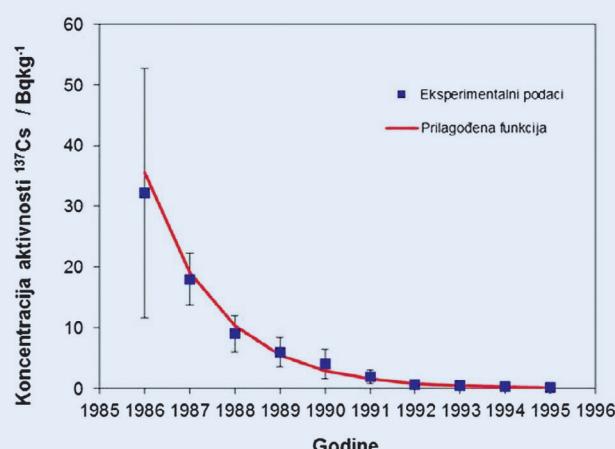
Rezultati ovih mjerjenja daju vrijednosti konstanti raspada k : 0,62 god⁻¹ za ¹³⁷Cs i 1,02 god⁻¹ za ¹³⁴Cs.

Vrijeme boravka radionuklida u nekom biološkom mediju ovisi o biološkoj eliminaciji te o radioaktivnom raspodu dotičnog radionuklida. Kako bi se procijenilo pravo ekološko vrijeme boravka u nekom mediju konstanta k se treba korigirati za radioaktivni raspod koji je karakteriziran konstantom k_R te vrijedi jednadžba:

$$k = \lambda + k_R$$

gdje je $\ln(2)/\lambda$ fizikalno vrijeme poluraspara koje iznosi 30,17 god za ¹³⁷Cs i 2,06 god za ¹³⁴Cs. Prema navedenoj jednadžbi pravo ekološko vrijeme boravka ¹³⁷Cs u medu iznosi 1,16 god, a za ¹³⁴Cs 1,00 god.

Valja napomenuti da se ¹³⁴Cs kao tzv. *zaštićeni radionuklid* u pravilu stvara kao izravni fizijski produkt, a ne kao produkt raspada ostalih fizijskih produkata u masenom nizu atomske mase 134, budući da se β -raspad zaustavlja na stabilnom ¹³⁴Xe. Međutim, u nuklearnim reaktorima ¹³⁴Cs se stvara kao fizijski produkt zahvatom neutrona iz stabilnog ¹³³Cs, koji također nastaje β -raspadom početnih fizijskih produkata, ali samo nakon dugog ozračivanja nuklearnog goriva. Stoga, prisutnost ¹³⁴Cs u nekom mediju iz okoliša upućuje na moguću nesreću nuklearnog postrojenja. Poslije nesreće u Černobilu, ¹³⁷Cs je u okolišu Republike Hrvatske u većini medija, pa tako i u medu, bio u mjerljivim količinama prisutan do ranih 1990-ih godina, nakon čega su se količine spustile ispod granice detekcije (sl. 3.).



Slika 3. Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima meda u Republici Hrvatskoj.

* Apidologija je znanstveno proučavanje pčela i pčelarske prakse.

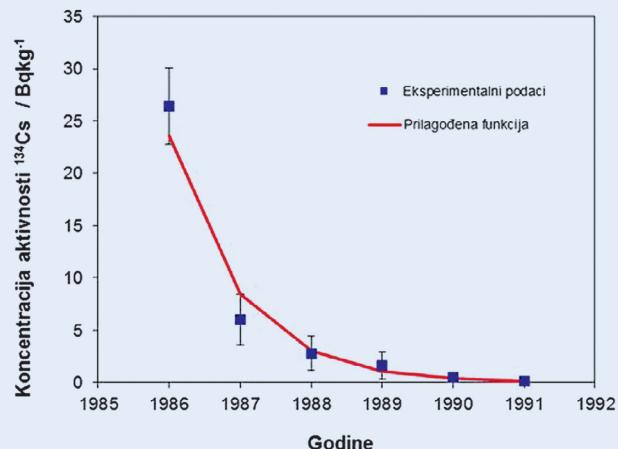
Nakon nesreće u japanskoj nuklearnoj elektrani Fukushima Daiichi 2011. godine u uzorcima meda i medljikovca* iz RH ponovo je detektirana prisutnost ^{134}Cs , ali u vrlo malim koncentracijama aktivnosti koje su se kretale blizu granice detekcije instrumenata (oko 0,3 Bq/kg).

S obzirom na malu potrošnju meda u RH (1 kg po stanovniku godišnje) te na niske koncentracije aktivnosti radiocezija u medu, procjenjuje se da je godišnja efektivna ekvivalentna doza koju prosječni stanovnik RH primi konzumacijom meda vrlo mala. Primjerice, u godini černobilske nesreće ukupna godišnja ekvivalentna doza ^{134}Cs i ^{137}Cs koju je odrasla osoba mogla primiti konzumacijom meda iznosila je zanemarivih 0,55 µSv. Za usporedbu, prosječna osoba u RH od pozadinskog zračenja primi godišnju efektivnu dozu od oko 1 mSv.

Forenzička radioekologija

Istraživanja pokazuju da je med vrlo dobar biološki pokazatelj zagađenja okoliša radionuklidima cezija jer odražava radiološko stanje velike površine okoliša oko pčelinjaka. Štoviše, med odražava radioekološku osjetljivost okoliša budući da su koncentracije aktivnosti radionuklida u medu dobro korelirane s koncentracijama aktivnosti u radioaktivnim oborinama.

Sustavno poznavanje podataka o koncentracijama aktivnosti fizijskih radionuklida te proširivanje radioekoloških istraživanja na koncentracije aktivnosti prirodnih radionuklida u medu i pčelarskim proizvodima, odnosno uzimanjem radiološkog otiska (eng. *radiological fingerprint*), s određenih lokacija i mikrolokacija te stvaranje sustavnih baza podataka rezultata takve radiološke karakterizacije, moglo bi trasirati razvoj učinkovite metode ana-



Slika 4. Koncentracije aktivnosti ^{134}Cs u uzorcima meda u Republici Hrvatskoj.

litičkog osiguravanja kvalitete prirodnog meda i sprečavanja patvorenja. U krivotvorenom medu radionuklidi nisu prisutni, a ukoliko i jesu, u pravilu se ne podudaraju s radioekološkim stanjem na određenoj lokaciji. Stoga bi metoda *forenzičke radioekologije* mogla biti brza, pouzdana i ekonomična alternativa komplementarnim analitičkim tehnikama.

Literatura

- Bauman A. i sur., Izvještaj o radioaktivnoj kontaminaciji SR Hrvatske nakon akcidenta na NE »Lenjin« u Černobilu i odgovarajuća doza na populaciju. IMI, Zagreb (1986).
- Franić Z. i sur., Kontaminacija meda radiocezijem. Pčela 6;1991:123-4.

* Med koji ne potječe od cvjetnog nektara već ga pčele proizvode od biljnih sokova iz dubljih slojeva biljaka. Također se naziva i medun ili šumski med.

Priroda

HRVATSKO PRIRODOSLOVNO DRUŠTVO (OSNOVANO 1885.)



Broj posvećen 70. obljetnici osnutka
Instituta za medicinska istraživanja
i medicinu rada

SVEZAK 1

Mjesečnik za
popularizaciju
prirodnih znanosti



ISSN 0351-0662

Godina 107., Broj 1057

5-6/17.

40 KUNA

Priroda izlazi od 1911. godine