

# Kontraverze oko genetski modificiranih organizama

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

GMO (genetski modificirani organizmi) smatraju se svi organizmi koji su namjerno promijenjeni izmjenom genetskog materijala korištenjem tehnika *genetskog inženjerstva*, a da se takve promjene ne događaju razmnožavanjem i spontanom rekombinacijom u prirodi. Već su dulje vrijeme su GMO kontroverzna tema, kako u znanosti, tako i u proizvodnji hrane. Svrha genetskog inženjeringa je povećanje otpornosti na bolesti, pesticide, kao i vremenske uvjete te ubrzane klimatske promjene. Međutim, mnogi znanstvenici upozoravaju da GMO predstavlja opasnost za zdravlje i budućnost čovjeka, premda se genetska svojstva biljaka mijenjaju oplemenjivanjem (selekcijom), odnosno odabirom i križanjem (hibridizacijom). Naime, čovječanstvo već 10-ak tisuća godina selektivno uzgaja biljke i životinje, a prijenos gena različitim vrstama bakterija i virusa događa se u prirodi milijunima godina pa genetski inženjering samo oponaša ovaj proces. Ipak, primjenu GMO kao hrane koja se sve više koristi prati niz zabrana i pozivanja na oprez, ali i velik broj neutemeljenih mišljenja i mitova o opasnostima za zdravlje ljudi, stoke i okoliša jer geni iz GMO mogu prijeći u drugi organizam baš kao i endogeni gen.

Od 1978. god. kada je rekombinacijom DNK dobiven soj *Echerichie coli* koja proizvodi humani *inzulin* (što je omogućilo proizvodnju jeftinog *inzulina* za liječenje *dijabetesa*) genetski je modificiran velik broj vrsta virusa, bakterija biljaka i životinja. Pojedinačni geni, ili grupe gena, mogu se prenositi unutar iste vrste, ali i između vrsta (tzv. *transgeni organizmi*), čak i između carstava, odnosno genetski vrlo različitih organizama i tako dobiti GMO organizmi koje nije moguće kreirati konvencionalnim metodama selekcije.

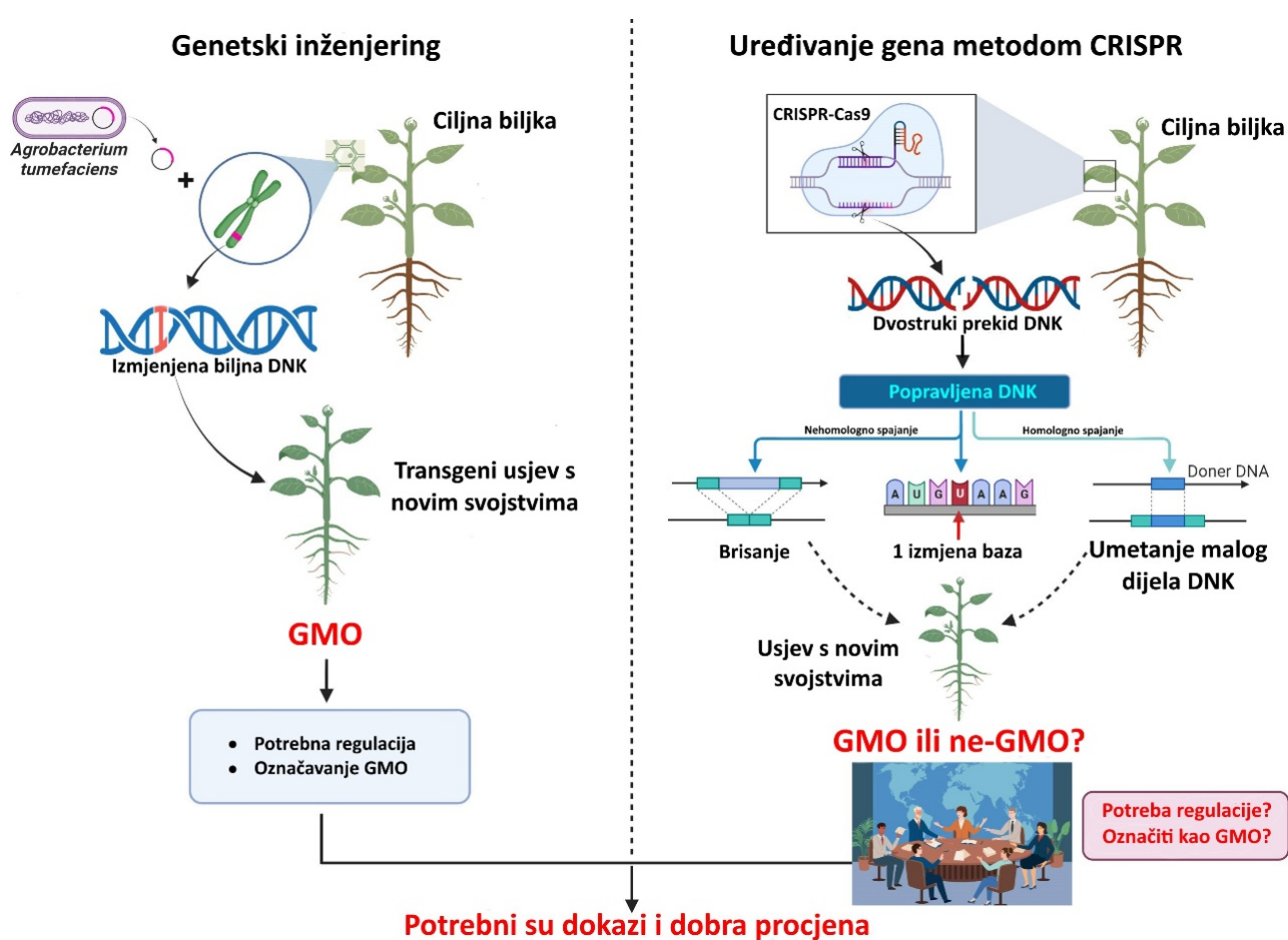
Prva genetski modificirana hrana (odobrena od američka Uprave za hranu i lijekove 1994.) bila je tzv. Flavr Savr™ rajčica, koja je sadržavala gen koji odgađa sazrijevanje što ju je učinilo otpornom na brzo kvarenje, a zadržala je svoju prirodnu boju i okus. Trenutno su najvažniji komercijalno proizvedeni bioinženjerski usjevi soja, kukuruz, pamuk i uljana repica, koji su otporni na herbicide i pesticide, uglavnom na *glifosat* namijenjen uništavanju korova. Trenutno je u SAD-u više od 90% GMO soje, kukuruza, pamuka i jare uljane repice (kanola), ali je prisutan u uzgoju velikog broja drugih biljaka i životinja. U EU-u, uključujući i Hrvatsku, obvezno je označavanje GMO proizvoda koji sadržavaju više od 0,9% GMO-a, dok u SAD-u takve obveze nema.

Dok neke zemlje smatraju da su *GM namirnice* sigurne za konzumaciju, druge upozoravaju na potencijalni rizik po zdravlje ljudi i okoliša. Primjerice, u SAD i Kini GMO se široko koristi u poljoprivredi jer mnogi njihovi znanstvenici i poljoprivrednici smatraju da je to napredak i budućnost poljoprivrede i da tako mogu pomoći u rješavanju problema gladi u svijetu. S druge strane, postoje i oni koji GMO smatraju potencijalnim rizikom i povezuju ga s povećanim obolijevanjem od dijabetesa, probavnim smetnjama, porastom autoimunih bolesti, seksualnom disfunkcijom i neplodnosti, autizmom, porastom alergija, astme, karcinoma i mnogih drugih bolesti. Zbog mogućih rizika u korištenju GMO provedene su mnogobrojne neovisne studije kako bi se pokazalo utječe li prehrane GMO na zdravlje i sigurnost ljudi i životinja. Rezultati su pokazali, kako unatoč uočenim značajnim razlikama u nekim parametrima, većina učinaka je unutar normalnih bioloških raspona. EU je uložila više od 300 milijuna eura u istraživanje biosigurnosti GMO, a u izvješću iz 2017. godine navodi: "Glavni zaključak koji se može izvući iz više od 130 istraživačkih projekata, provedenih tijekom 25 godina, koji uključuju više od 500 neovisnih istraživačkih grupa, jest da botanika, posebice GMO sami, ne predstavljaju rizik u usporedbi s biljkama dobivenim konvencionalnim tehnologijama uzgoja".

Genom je ukupni genetski materijal nekog organizma što uključuje sva njegova nasljedna svojstva kodirana u DNK (kod nekih virusa u RNK) i u ne-kodirajućim sekvencama DNK. Najčešće se s riječ *genom* odnosi na DNK u jezgri stanice (tzv. *nuklearni genom*), ali se može odnositi i na genom organela koje sadrže vlastitu DNK (npr. *mitohondrijski genom* i *kloroplastni genom*) kao i na *ne-kromosomske genetičke elemente* kao što su *virusi*, *plazmidi* (kružne dvolančane molekule DNK) i *transpozone* (pokretni genetički elementi ili tzv. *skačuci geni*). U posljednje vrijeme, osim prijenosa gena između različitih vrsta organizama, razvijene su nove metode/tehnike preuređenja genoma koje ne podrazumijevaju prijenos gena kao i uklanjanje poje-

dinih ili više gena, promjenu njihovog redoslijeda, regulaciju ekspresije gena, njihovu aktivaciju ili inaktivaciju) što je mnogo preciznije i sigurnije od tradicionalnih metoda genetskog inženjeringa.

Nove metode uređenja genoma (*New Genomic Techniques; NGT*) mnogo su preciznije i učinkovitije, ne koriste „strane gene“ te su manje riskantne od tradicionalnih metoda. Premda su još uvijek u razvoju imaju ogroman potencijal, prije svega u unaprijeđenju medicine i proizvodnje lijekova. Naime, NGT bi se mogle uspješno primijeniti u liječenju velikog broja genetskih bolesti, u razvoj novih i poboljšanih terapija za rak i mnoge druge bolesti. Od novih metoda uređenja genoma treba spomenuti vrlo preciznu, točnu i brzu CRISP-Cas9 (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic repeats, Slika 1.*), TALENs (*Transcription Activator-like Effector Nucleases*) i ZFNs (*Zinc-Finger Nucleases*). Budući da su iz suvremenih linija visoko prinosa dugom selekcijom uklonjene mnoge prirodne kombinacije gena, pa kad se u divljem rođaku otkrije koristan gen ili genska varijanta, križanje linije visokog prinosa s divljim rođakom rezultirat će miješanjem genoma dva roditelja što će uništiti svojstvo visokog prinosa. Novim tehnikama uređenja genoma moguće je posložiti korisne genske kombinacije i to tijekom relativno malog broja generacija i tada se gotovo uvijek prenose/nasljeđuju i novi „uklopljeni“ geni. Naravno, iako su nove tehnologije za proizvodnju genetski modificirane hrane vrlo perspektivne, one ipak nose određene poznate, ali i nepoznate rizike.



Slika 1. Usporedba tradicionalnog genetskog inženjeringa i tehnike uređivanja CRISPR-Cas9

Prema izvješću EFSA (*European Food Safety Authority; Europske agencije za sigurnost hrane*) EU trenutno raspravlja o kriterijima za procjenu rizika pri korištenju ciljane mutagenoze, cisgeneze i intrageneze odnosno tehnika genetske modifikacije koje ne uključuju uvođenje gena iz drugih organizama. Ukratko, mutageneza je metoda/tehnika dobivanja *mutanata* induciranom *mutagenozom* (primjenom različitih kemijskih ili fizikalnih agensa), ali je ne treba smatrati rekombinantnom DNK jer je nukleotidna sekvenca ovog kratkog niza DNK ista kao ona u genomu prije mutacije, cisgeneza je tehnika prenošenja gena između spolno kompatibilnih organizama (iste ili srodne vrste) koji bi se inače mogli uzgojiti konvencionalnom selekcijom, dok intrageneza podrazumijeva transfer genetičkih elemenata između spolno kompatibilnih organiza-

ma, ali umetnuta DNK može biti nova kombinacija fragmenata DNK iz iste ili iz unakrsno kompatibilne vrste. [Važno je istaći kako NGT nisu postojale 2001. kada je doneseno zakonodavstvo EU-a o genetski modificiranim organizmima pa i biljke dobivene novim genetskim tehnikama trenutno podliježu pravilima koja se odnose na GMO.](#)

Trenutno niti takve manje rizične metode nisu dopuštene u EU (niti u Hrvatskoj), premda ima jasnih naznaka da se razmatra dopuštanje njihove primjene uz propisane procjene rizika te se intenzivno istražuje niz potencijalnih primjena. Naime, nakon duge pripreme, 5. srpnja ove godine, Europska komisija predstavila je prijedlog zakona kojim bi se regulirale nove genomske tehnike (NGT) o kojima će se zbog burne početne reakcije vjerojatno dugo raspravljati. Prijedlog zakona razlikuje dvije kategorije NGT-a. Prvu čine sorte koje se mogu smatrati ekvivalentnima konvencionalnim biljkama jer bi se takve mutacije mogle pojaviti u prirodi bez ljudske intervencije i nema razloga da se smatraju GMO te se mogu deregulirati, ali se ne bi dopuštao njihov uzgoj u ekološkoj proizvodnji. Drugu kategoriju čine sorte koje su produkt različitih biljaka koje se inače ne mogu selekcionirati na prirodan način te bi i dalje bile zabranjene za uzgoj na prostoru EU.

Prema procjenama Ujedinjenih nacija, trenutno na Zemlji živi ~8,5 milijardi ljudi, od čega ih je oko 815 miliona gladnih, što čini 11% svjetske populacije. Očekuje se da će do 2050. god. broj stanovnika biti ~9,7 milijardi. Trenutno, od ukupnog broja gladnih, 98% njih živi u zemljama u razvoju što naglašava hitne mjere za efikasniju borbu protiv gladi i potrebu za održivim pristupom prehrani za sve ljude na Zemlji. Naime, obzirom na brz porast populacije očekuje se da će se globalna potražnja za hranom udvostručiti, a možda i utrostručiti do 2050. god. pa da bi se osigurala odgovarajuća prehrana za sve stanovnike Zemlje proizvodnja mora rasti brže od populacije što je najčešće u koliziji s brigom za okoliš i rastućom cijenom hrane.

Pitanje treba li koristiti genetski modificirane biljke i životinje, posebno s niskom razinom rizika, za proizvodnju hrane, kao i za potrebe medicine, treba dobiti odgovor utemeljen samo na dokazima i podacima bez političkih, ekonomskih ili emotivnih odluka. Stoga je vrlo važno poboljšati međunarodnu koordinaciju i regulirati/standardizirati proizvodnju genetski modificirane hrane u čemu će stav/politika EU prema GMO značajno utjecaj na istraživanja, razvoj i inovacije u globalnoj proizvodnji hrane. Razvoj univerzalnog, transparentnog i razumnog (u odnosu na rizik) propisa za genetski modificirane organizme, ili prvo samo za primjenu NGT, imao bi ogroman potencijal za rješavanje globalnih izazova vezanih uz sigurnost hrane, održivu poljoprivredu, klimatske promjene i rastuće svjetsko stanovništvo. Npr., izmjena jednog para baza u genetskom kodu CRISPR metodom (Slika 1.) zasigurno je puno manje rizična u usporedbi s tisućama promjena genetskog koda koje su nastale kroz povijest tradicionalnom selekcijom kultiviranih vrsta, ali i interakcijom s drugim vrstama, posebice virusima i bakterijama koje mogu biti vektori transfera gena.

Često se zaboravlja kako je nekontrolirani protok gena u prirodi uobičajen, a u suvremenim okolnostima žive međunarodne trgovine dogodio se i unos mnogobrojnih *alohtonih invazivnih* vrsta koje su često konkurentnije od *autohtonih* (zavičajnih) što je rezultiralo genotipovima na koje često može djelovati prirodna selekcija. Također, invazivne strane vrste mogu uzrokovati nestanak autohtonih vrsta, gubitak staništa, prijenos bolesti i slično. Svjedoci smo da kontrola širenja invazivnih vrsta često nije efikasna, ponekad je i nemoguća, a dobar primjer je vrlo alergena *ambrozija* (*Ambrosia artemisiifolia*). [U Europi je prisutno više od 10.000 stranih vrsta, a stopa novih unošenja ubrzala se i još uvijek raste.](#) Mnoge od tih biljnih vrsta nisu opasne, ali ~15% tih stranih vrsta ponašaju se invazivno i imaju negativan ekološki ili gospodarski učinak. Prema *Copilot-u* (AI) Europska unija identificirala je 88 invazivnih stranih vrsta (47 životinjskih i 41 biljnih) koje su strogo regulirane (npr., tigrasti komarac prenosi 20-ak različitih bolesti). [Važno je naglasiti kako je gotovo dvije trećine \(62,8%\) etabliranih ukrasnih, hortikulturnih i poljoprivrednih biljnih vrsta u Europi uvedeno namjerno,](#) dok su mnoge invazivne vrste dospjele nenamjerno prijevozom drugih proizvoda ili kao kontaminanti sjemena. Ipak, zdravstveni, ekonomski i ekološki rizik prisutnosti sve većeg broja invazivnih organizama ne privlači pažnju javnosti i ne zabrinjava većinu ljudi koliko uzgoj GMO.