

**Sead Bečić<sup>1</sup>**  
Internacionalni Univerzitet Brčko  
**Gordana Macanović**  
Internacionalni Univerzitet Brčko

UDK 604.6  
Pregledni članak  
Primljen: 18.IV 2015.

**Ljiljana Tanasić**  
Visoka poljoprivredna škola strukovnih studija  
Šabac

**Jovica Nikolovski**  
Visoka poljoprivredna škola strukovnih studija  
Šabac

## **PREDNOSTI I MANE GENETSKI MODIFIKOVANIH ORGANIZAMA**

**SAŽETAK:** Genetski inženjering se danas nameće kao proizvod znanja i kao vrhunac dostignuća biotehnologije koji će doneti dobrobit čovečanstvu. To je možda na duži vremenski period i istina i ne treba biti kategoričan u stavovima. Međutim, postoje rizici zbog kojeg genetski modifikovane organizme (GMO) treba uvoditi vrlo oprezno i postupno. Genetski inženjering se već primjenjuje u farmaceutskoj industriji za proizvodnju lekova (antibiotika, insulina, vakcina, interferona), a sve se više primenjuje u proizvodnji hrane. Prva modifikovana biljka koja se pojavila na tržištu je paradajz, još 1994. godine. Masovnu i brzu primenu genetskog inženjeringa nameću multinacionalne kompanije (Monsato, Syngenta, Aventis, DuPon), koje u tome vide mogućnost povećanja svojih prihoda. Većina takvih kompanija locirana je u Sjedinjenim Američkim Državama, koje su pod njihovim uticajem počele široko upotrebljavati genetski inženjering u proizvodnji hrane. Danas one nastoje nametnuti svoj interes preko Svetske trgovinske organizacije (WTO) u čitavom svetu.

**KLJUČNE REČI:** Genetski inženjering, Genetski modifikovani organizmi, genetski modifikovana hrana.

### **Uvod**

Genetsko inženjeringstvo predstavlja skup biohemijskih postupaka kojima se odvajaju celi geni, njihovi delovi ili grupe gena iz DNK jednog organizma sa namerom da se umetne u DNK drugog organizma. Gene za svoju transgenu mešavinu mogu tražiti bilo gde – u virusima, bakterijama, biljkama, životinjama, pa čak i u ljudima, a oni geni koji ne postoje u prirodi mogu se stvarati u laboratorijama. Dakle, postalo je moguće spajanje gena virusa, bakterija, čoveka, biljke i životinje – u jedan živi organizam, koji često zovu transgeni ili genetski modifikovan organizam.

Protivljenje nekontrolisanoj upotrebi genetskog inženjeringa izražavaju mnogi naučnici i ukazuju na opasnosti koje genetički inženjering može doneti, a o tome se ne govori. Još od 1999. godine u Evropi raste zabrinutost zbog genetskog inženjeringa, pa je *European Environmental Bureau*, federacija udruženja za zaštitu prirode i zdravlja iz raznih evropskih zemalja, zatražila je trogodišnji moratorijum na proizvodnju i trgovinu genetski

---

<sup>1</sup> poljmedskola@gmail.com

modifikovanim zasadima u Evropskoj uniji dok se ne poboljšaju zakonske procedure za dobijanje dozvole i uvedu tačnije i osjetljivije metode za ispitivanje mogućih štetnih posledica [5].

## 1. Tehnike genetskog inženjeringa

DNA je polinukleotid, izgrađen od šećera dezoksiriboze, fosforne kiseline i purinskih (adenin-A i guanin-G) i pirimidinskih baza (timin-T i citozin-C). Smeštena je u jezgru ćelije i upakovana u hromosome. Redosled baza u DNA određuju redosled aminokiselina u strukturi svake belančevine karakteristične za tu ćeliju i vrstu živog bića, kao i njene funkcije u organizmu. Deo molekula DNA je gen i predstavlja zapis redosleda aminokiselina za tačno određene belančevine i samo u kombinaciji s drugim genima definiše svojstvo organizma. Broj gena u nekom organizmu je veliki (npr. čovek ima 100 000), ali svi geni nisu uvek aktivni. Aktivni gen čini svoju kopiju (transkripcija) – informacijsku ribonukleinsku kiselinu (mRNA) putem koje se zapis prenosi iz jezgra ćelije u citoplazmu do ribozoma, gde belančevine nastaju, vezivanjem baza timin-adenin i guanine-citozin, pri čemu se gen (DNA) može umnožiti, rekombinovati ili mutirati. Novi organizmi u prirodi nastaju polnom reprodukcijom i predstavljaju kombinaciju osobina roditelja, pri čemu je broj i obim osobina ograničen za specifičnu vrstu. Svaka vrsta živih bića ima specifičnu DNA. Svaka DNA sadrži mehanizme za deaktivaciju ili izbacivanje stranih DNA, što predstavlja zaštitu od prodora DNA neke druge strane vrste. Strana DNA nosi zapis neke druge belančevine, koja može imati uticaj na životne funkcije u ćeliji. Prirodne barijere onemogućuju stapanje različitih vrsta, a imaju veliko značenje za razvoj i održavanje života, za opstanak pojedinih vrsta i za ekološku ravnotežu.

Početak 70-tih godina 20. veka. Naučnici su prekoračili prirodne barijere vrste, što se do tada činilo nemogućim. Shvatili su da je DNA (ili RNA kod retrovirusa) našle da je osnova svih živih bića prokariota i eukariota građena od istih hemijskih jedinjenja, pa će ćelije živih bića razumeti, odnosno dešifrovati informacije smeštene u nekom tuđem genu.

Genetičari traže poželjno svojstvo u nekoj udaljenoj i nesrodnoj vrsti, da bi ga preneli u novu vrstu, pri čemu koriste tehniku rekombinantne DNA za izbor i umnožavanje gena s poželjnim svojstvima. Lanci DNA se kidaju na različitim mestima pomoću bakterijskih enzima, koji su vrlo specifični za određene sekvence baza.

Nukleaze se izoluju iz bakterija *Escherichiacoli*, *Haemophilus influenzae* i *parainfluenzae*, *Bacillus amyloliquefaciens*, a dobijeni delovi DNA odvajaju elektroforezom. Pomoću enzima DNA ligaza, izololovani geni se vežu za cirkularni molekul DNA bakterija ili za DNA (RNA) virusa koji imaju veliku sposobnost replikacije. Kasnije se bakterije brzo razmnožavaju, u kratkom vremenu dobiju hiljade identičnih kopija novog gena (klonova) [1].

Genetski inženjering se češće primjenjuje za modifikaciju biljaka nego životinja, jer se biljke mogu lako kultivisati u hranjivoj podlozi u laboratoriju i regenerisati iz jedne ćelije.

## 2. Genetski modificovana hrana

Genetski modificovani ili transgeni organizmi sadrže molekule DNA modificovane unošenjem gena stranih, različitih i nesrodnih vrsta organizama. To su nove biološke jedinice, transgene biljke, životinje i mikroorganizmi koje se mogu umnožiti i preneti genetski materijal. Genetski modificovana hrana sadrži sastojke koji su nastali pomoću genetski modificovanih organizama ili sadrži sirovine koje su genetski modificovani organizmi.

Tokom posljednjih godina ta »nova vrsta hrane« pronašla je put do prodavnica u SAD-u i Evropi usprkos protivljenju potrošača, grupa za zaštitu životne sredine i drugih nevladinih udruženja. Genetski modificovani proizvodi pojavljuju se na tržištu neoznačeni, pa ih je praktično nemoguće prepoznati. Novi transgeni organizmi nisu dovoljno istraženi, naročito na zdravlje ljudi i životinja, tako da je komercijalizacija genetski modificovane hrane ishitrena.

Na tržištu se nalaze dve kategorije genetski modificovane hrane [2]:

- Hrana koja je inicijalno pripremljena od GMO (transgenih biljaka ili životinja) ili pomoću GMO (genetski modificovani mikroorganizmi), ali finalni proizvod ne sadrži inicijalne GMO tj. novi geni su odstranjeni u tehnološkim procesima proizvodnje ili rafinacije. To su npr. sojino ulje i lecitin dobijeni od GM soje, skrob dobijen iz GM kukuruza, mleko krava koje su dobijale modificovani hormon rasta goveda (BGH, rekombinantni goveđi somatotrofin rBST) za povećanje produkcije mleka, sir dobijen uz pomoć enzima himozina/renina iz GM bakterija (*Aspergillusawamor lii Escherichiacoli* K-12 ili *Kluyveromyceslactis* koje sadrže gen krave), glukozni sirup dobijen pomoću enzima  $\alpha$ -amilaze iz GM bakterija (*Bacillussubtiliss* genom *B.stearothermophillus* ili *B. megaterium*), arome, vitamini,

aminokiseline, aditivi glutaminat (pojačivač ukusa) i aspartam (veštački zaslađivač) dobijeni pomoću GM bakterija, itd.

- Hrana koja sadrži GMO tj. strani gen, protein ili DNA

To su: GM krompir otporan na insekte modifikovan genom visibabe, GM paradajz otporan na hladnoću modifikovan genom iz arktičke ribe iverak, GM paradajz koji ima duži vek trajanja u prometu zbog potiskivanja gena (antisens tehnika) odgovornog za sintezu enzima koji pospješuju zrenje, GM kukuruz i soja otporni na insekte modifikovani genom kodiranim za proizvodnju Bttoksina iz bakterije *Bacillusthuringiensis*, GM soja, uljana repica, duvan, kukuruz, salata, pamuk otporni na herbicid glyphosat modifikovan genom iz bakterije *Agrobacterium tumefaciens* soj CP4, GM krompir, itd. [3].

### 3. Prednosti genetskih modifikacija

Kao prednosti upotrebe GMO navode se povećanje kvaliteta i prinosa poljoprivrednih kultura, poboljšanje kvaliteta prehrambenih proizvoda (kao što su duži vek trajanja i bolju otpornostu toku transporta) i bolja otpornost useva na bolesti, insekte i korove. GM tehnologijom se želi postići poboljšanje tolerantnosti na niske temperature ili sušu i veće iskorišćavanje trenutno degradiranog zemljišta gajenjem bolje prilagođenih poljoprivrednih kultura. Životinje daju veće prinose i veću proizvodnju mesa i mleka i otpornije su na bolesti. Svi ovi razlozi utiču na pojeftinjenje proizvodnje.

Tako dobijena hrana bila bi kvalitetnija, obogaćena esencijalnim aminokiselinama, mineralnim materijama, vitaminima i beskaloričnim zaslađivačima. Takođe, dobile bi se i poželjne nutritivne karakteristike, što direktno utiče na zdravlje ljudi. Primera radi, genetski modifikovani pirinač sadrži više beta karotina i gvožđa, te bi se time pomoglo u rešavanju njihovog nedostatka u zemljama gde je pirinač glavna hrana, što bi trebalo direktno da utiče na smanjenje rizika od slepila i anemije. Paradajz i paprika modifikovani upotrebom genetskog inženjeringa stvaraju značajne količine likopena, veoma važnog antioksidanta. Kod uljane repice, soje, suncokreta i kikirikija moguće je povećanje nivoa nezasićenih masnih kiselina, što povećava biološke i zdravstvene karakteristike ulja.

Tropske vrste, kao npr. banana, su genetički modifikovane da stvaraju proteine koji mogu biti korišćeni kao vakcine protiv hepatitisa, dizenterije, kolere, dijareje ili nekih stomaćnih infekcija koje su karakteristične za zemlje u razvoju. Krompir, paradajz, banana bi mogli biti modifikovani da sadrže vakcine, dok će čaj biti obogaćen flavonoidima [5,6].

„Radi se na projektu modifikovanja biljaka u smeru stvaranja insulina što će obezbediti uzimanje insulina kroz hranu, umesto davanja injekcija pacijentima. Transgeni organizmi bi, po ovoj optimističkoj projekciji, trebalo da obezbede i proizvodnju jeftinijih lekova i organa za transplantaciju. Upotrebom nove biotehnologije, konačno, zaštita okoline bila bi podignuta na viši nivo mikrobiološkim čišćenjem zagađenih vodotoka i otpadnih voda i manjim korišćenjem hemijskih sredstava u poljoprivredi (herbicida i pesticida).

#### 4. Opasnosti genetskih modifikacija

Pobornici primene genetskog inženjeringa tvrde da naučnici mogu tačno odrediti svaki pojedinačni gen koji odgovara određenom naslednom svojstvu i da ga mogu izolovati, umnožiti i preneti u drugi organizam. Novonastali organizam i njegovi potomci imaće željene osobine. Međutim, proces prenosa gena i svojstava nije linearan, što znači da je da gen neko kontroliše jedno nasledno svojstvo, a pri tome, prenos gena nije prenos svojstava u genetski modifikovane organizme i njegove potomke. Ove pretpostavke su zastarele, jer savremena genetika, koja je postavljena pre desetak godina pokazuje da geni deluju kao složena mreža, kružna i multidimenziona (delovanje pojedinog gena povezano je s drugim genima). Stoga će se organizam, kada se unese samo jedan gen, doživeti promenu na nepredvidiv način. Sve funkcije pojedinih gena nisu poznate i uz primarni korisni efekat mogući su i sekundarni efekti na transgene organizme (biljke, životinje, mikroorganizme). Sekundarni efekti se mogu preneti kroz prehrambeni lanac na druge organizme uključujući i čoveka i izazvati ozbiljne štete po jedinom organizmu, celoj vrsti i biološkom sistemu. Sekundarni negativni efekti [2,7] mogu se akumulirati kroz generacije ili se mogu manifestovati tek nakon većeg broja generacija, što je još opasnije. Teško je predvideti uticaj na okolinu organizama koji ranije nisu bili podvrgnuti prirodnoj selekciji.

Zabeleženi su brojni primeri produkcije sekundarnih, nepoželjnih produkata u transgenim organizmima. Toksični kontaminanti su u nekoliko slučajeva doveli do tragičnih posledica. Tvornica Showa Denko je 1988. god. upotrebljavala genetički izmenjenu bakteriju (*Bacillus strain V*) kao bio reaktor za proizvodnju aminokiseline troptofan. Novi proizvod je stavljen na tržište bez prethodnog testiranja i posebnog označavanja kao suplement - dodatak hrani. U roku od nekoliko meseci u SAD-u uzrokovao je smrt 37 ljudi i više od 1500 trajnih oštećenja. Bolest uzrokovana ovim proizvodom nazvana je EMS (*Eosinophilia myalgia sindrom*) zbog početnih simptoma—

povećanja belih krvnih ćelija eozinofila i bolova u mišićima. Kasnije je dokazano da proizvod sadrži toksični kontaminant dimert riptofana u koncentraciji od 0,1%, koji proizvodi nastali fermentacijom modifikovanim bakterijama nisu sadržavali [8,10].

Genetski modifikovane biljke otporne na insekte u svim svojim ćelijama a proizvode insekticidnu supstancu Bt toksin, tj. cela biljka je insekticidno sredstvo. Pri izlaganju velikog broja jedinki subletalnim dozama kod insekata se javljaju genetske promene, tj. aktiviraju se geni koji kodiraju enzime za detoksikaciju hemijskih materija. Posledica toga je otpornost insekta i pojačana upotreba novih hemijskih sredstava. Agencija za zaštitu okoline (*EPA, Enviromental Protection Agency*) transgene biljke koje proizvode insekticid svrstava u pesticide [9,10].

Većina transgenetiskih biljaka stvorene su s otpornošću na herbicide, a najčešće su otporne na herbicid koji proizvodi ista kompanija tako da ih može plasirati na tržište u paketu. Transgenetičke kulture otporne na herbicide mogu stvoriti hibride s divljim biljkama te tako mogu nastati super korovi rezistentni na herbicid, što će uzrokovati povećanu upotrebu novih otrovnih pesticida, zagađenje hrane i pitke vode. Transgenetička uljana repica sađena u Evropi uspela se prirodnim putem ukrstiti s nekoliko divljih srodnika, čiji hibrid daje seme, prenošenjem polenavetrom ili insektima na udaljenosti većoj od 400 m.

Naučnici su dokazali da GM biljke koje sadrže insekticide (Bt kukuruz i soja) ne uništavaju samo štetne već i korisne životinje koje se hrane štetočinama.

Za razliku od hemijskog i nuklearnog zagađenja koje vremenom slabi, genetski se otpad množi i jača. GM mikroorganizmi koji se primjenjuju u fermentativnim postupcima proizvodnje hrane i lekova oslobođeni u kolinu i GM biljke koje se gaje živa su bića koja se u podobnim ekološkim uslovima razmnožavaju i šire. Mogu izazvati epidemije prenosive među različitim vrstama, koje će biti nemoguće kontrolisati ili zaustaviti [10].

Moguća genetska poboljšanja hrane u budućnosti su GMO organizmi (biljke i životinje) sa većim udelom ili boljim količinom hranjivih materija npr. šećerna repa s genom jer u salimske artičoke koji daje promenu u ugljenohidratnog sastava, zamenu disaharida saharoze s polisaharidom fruktanom koji se sporije resorbuje i ne izaziva karijes, zatim žitarice bez glutena, belančevine koja kod pacijenta koji boluju od celijakije izaziva alergične dijareje.

## 5. Zaključak

Kako je sasvim izvesno da industrija hrane neće sačekati protok vremena i pouzdana naučna saznanja o štetnosti upotrebe GMO hrane, očigledno je da u budućnosti neće moći da se izbegne susret sa ovom vrstom hrane, čime svi stanovnici planete postaju zamorci u jednom ogromnom eksperimentu. Čak i da ljudsko zdravlje nije ugroženo GM hranom, ljudska prava svakako jesu, jer niko nije dao pristanak da industrija hrane na njemu vrši eksperimente sa sasvim neizvesnim rezultatom.

Uz to, u zemljama u kojima je GM hrana dozvoljena za upotrebu, dozvoljena je odlukom malog broja nosilaca vlasti, a radi se o pitanju od prvorazrednog značaja koje duboko zadire upravo svakog pojedinca. Takođe, nije izgrađen nijedan pouzdan mehanizam koji štiti "slobodu izbora" potrošača, odnosno pravo svakog da prilikom kupovine proizvoda bude tačno obavešten o tome da li je taj proizvod genetski modifikovan u celini, delimično ili u nekom sastojku, makar taj sastojak bio na izgled zanemariv.

Da bi javnost zauzela stav i formirala mišljenje o GM tehnologiji i mogućim posledicama potrebno je da bude blagovremeno i objektivno informisana, putem efikasne edukacije, kao i da u ovoj oblasti postoji precizno formulisana zakonska regulativa koja će se dosledno primenjivati.

### LITERATURA

- [1] B.Qiu, Y. Zhang, Y. Lin, Y. Lu, Z. Lin, K. Wong, G. Chen, A novel fluorescent biosensor for detection of target DNA fragment from the transgene cauliflower mosaic virus 35S promoter, *Biosens. Bioelectron.*, 41 (2013), pp. 168–171
- [2] V. Van Thu, P. Trung Dung, Le Thi Tam, P. Dinh Tam, Biosensor based on nanocomposite material for pathogenic virus detection, *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, 115 (2014), pp. 176–181
- [3] A. Zilio Dinon, D.Treml, C.Souza de Mello, A. Carolina Maisonnave Arisi, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 23, Issue 3, May 2010, Pages 226–229
- [4] Ž. Kaluderović, *GMO prvih dvanaest godina - stanje i perspektive*, Socijalna ekologija, Zagreb, Vol. 17 (2008.), No. 2
- [5] K. Curtis, J.J. McCluskey, J. Swinnen, Differences in global risk perceptions of biotechnology and the political economy of the media, *International Journal of Global Environmental Issues*, 8 (1/2) (2008), pp. 77–89.
- [6] J. M. Smith, *Sjeme obmane*, Biovega, Zagreb, 2005, str. 25-27.
- [7] F. William Engdahl, *Sjeme uništenja*, Detecta, Zagreb, 2005, str. 64-Monsato
- [8] M. Fulton, K. Giannakas, Inserting GM products into the food chain: the market and welfare effects of different labelling and regulatory regimes, *American Journal of Agricultural Economics*, 86 (1) (2004), pp. 42–60.
- [9] *Medicinska enciklopedija*, Jugoslavenski leksikografski zavod »Miroslav Krleža«, Zagreb, 1986.
- [10] P. Karlson, *Biokemija*, Školska knjiga, Zagreb, 1989.

**Sead Bečić**  
**Gordana Macanović**  
**Ljiljana Tanasić**  
**Jovica Nikolovski**

### **Advantages and disadvantages of genetically modified organisms**

#### **Summary**

Genetic engineering can be considered as product of knowledge and as a culmination of achievement in biotechnology that will bring the benefit mankind. It is perhaps or a longer period of time and the truth is that you should not be categorical in attitudes. However, there are risks for which genetically modified organisms (GMOs) should be introduced very cautiously and gradually. Genetic engineering is already used in pharmaceutical industry for the production medicaments (antibiotics, insulin, vaccines, interferon), and more and more used for food production. The first modified plant that appeared on the market a tomato, back in 1994. Large and fast application of genetic engineering imposes multinational companies (Monsato, Syngenta, Aventis, Dupont), who see this as possibility to increase of their income. Most of these companies are located in the United States, which are under their influence started the wide used genetic engineering for food production. Today, they seeking to impose their interest over World Trade Organization (WTO) in the world.

*Key words:* Genetic engineering, Genetically modified organisms, genetically modified food.