

UDK: 636.085+633.3:631.52

Revijalni rad

GENETIČKI MODIFIKOVANE BILJKE - NUTRITIVNI I ZDRAVSTVENI ASPEKTI

*R. Jovanović, Snežana Drinić-Mladenović, G. Drinić **

Izvod: Genetički modifikovane biljke (GMB), sa specifičnim karakteristikama, stvorene su zahvaljujući visokom razvoju tehnologije koja je omogućila prenos gena unutar ili između vrsta. Tako su već stvorene genetički modifikovane sorte soje, pamuka, uljane repice kao i hibridi kukuruza sa unetim genom za tolerantnost na herbicide, otpornost na insekte ili sa poboljšanim nutritivnim karakteristikama.

Primena GM biljaka u ishrani domaćih životinja sa nutritivnog aspekta pruža velike mogućnosti dok sa druge strane potencijalni rizici njihovog korišćenja izazivaju brojne polemike u naučnim i stručnim krugovima. Kao najveći potencijalni rizik njihove primene navodi se opasnost od pojave rezistentnosti na antibiotike alergijske reakcije ali i razni drugi mogući neželjeni efekti na zdravstveno stanje. U cilju rešavanja ovih dilema sprovedena su brojna istraživanja koja su obuhvatila ispitivanje bezbednosti hrane dobijene od GM biljaka kod ishrane domaćih životinja.

Rezultati dosadašnjih istraživanja su pokazala da se životinjski proizvodi dobijeni od životinja hranjenih genetički modifikovanim biljkama ne razlikuju od onih hranjenih nemodifikovanim biljkama i nemaju uticaj na kvalitet mesa, mleka i jaja. Naravno, pravi potpun odgovor treba da pruže buduća obimnija istraživanja koja bi trebalo da daju relevantne podatke kako bi se ove dileme rešile.

Ključne reči: genetički modifikovane biljke, ishrana, domaće životinje, zdravstveno stanje.

Uvod

Primenom tehnologije rekombinatne DNK moguće je preneti jedan ili više poželjnih gena iz bilo koje vrste mikroorganizma, biljaka i životinja u biljke, koje zbog repro-

* Mr Rade Jovanović, istraživač saradnik, dr Snežana Drinić-Mladenović, viši naučni saradnik, dr Goran Drinić, naučni saradnik, Institut za kukuruz „Zemun Polje“ Beograd.

duktivne barijere klasičnim metodama nije moguće ukrstiti. Na taj način stvorene su genetički modifikovane biljke (GMB). GM biljke su realnost savremenog sveta sa kojom se pre ili kasnije moramo suočiti, u prilog čemu je činjenica da se samo u periodu od 1996. do 2003. godine ukupna površina u svetu pod GM usevima povećala 40 puta i to od 1,7 mil. ha 1996. na 67,7 mil. ha 2003. godine. Takođe, broj država u kojima se komercijalno gaje genetički modifikovani usevi u istom periodu povećan je sa šest na osamnaest. Najveće površine pod GM usevima nalaze se u SAD, Argentini, Kanadi, Brazilu, Kini i Južnoj Africi. U Evropi GMB su komercijalno gajene u Rumuniji, Bugarskoj, Španiji, Nemačkoj i Francuskoj. Broj država u kojima se GM usevi ispituju u poljskim uslovima je znatno veći.

Posmatrano po biljnim kulturama najveće površine pod GM usevima zauzima soja, koja je na primer u 2003. godini gajena na oko 41,4 mil. ha. Na drugom mestu je GM kukuruz na 15,5 a potom slede pamuk na 7,2 i uljana repica na 3,6 mil. ha.

Nova generacija GMB koja je u fazi razvoja obuhvata: biljke tolerantne na uslove stresa kao što su suša, salinitet i mraz; biljke sa većom otpornošću na bolesti; a ono što je posebno interesantno sa nutritivnog stanovišta odnosi se na biljke sa modifikovanim ili povećanim sadržajem masnih kiselina, proteina, skroba kao i biljke iz kojih su genetičkim modifikacijama uklonjeni alergeni i antinutritivne materije.

Genetički modifikovane biljke-nutritivni aspekti

Najveći broj biljaka, ili nusproizvoda njihove industrijske prerade, koristi se u ishrani domaćih životinja od kojih poseban značaj imaju kukuruz, soja, uljana repica, pamuk i suncokret.

Kukuruz svakako predstavlja najznačajnije energetske hranivo u ishrani domaćih životinja, bilo da se koristi kao cela biljka (u formi silaže), zrno i sporedni proizvodi njegove industrijske prerade (gluten, klice, droždina), koji se koriste u smešama koncentrata.

Poznato je da je osnovni nedostatak kukuruza nizak sadržaj proteina u okviru koga se ističe nizak nivo esencijalne aminokiseline lizina. Zahvaljujući genetičkom inženjeringu stvoren je GM kukuruz sa povećanim sadržajem proteina i većim učešćem lizina. Na ovaj način izuzetno je povećana nutritivna vrednost kukuruza što u velikoj meri doprinosi racionalnijoj potrošnji skupih proteinskih hraniva, a time i većoj ekonomičnosti stočarske proizvodnje.

Veliki broj hraniva koja se koriste u ishrani domaćih životinja sadrži značajan udeo hranljivih materija koji se u organizmu životinje ne koriste u dovoljnoj meri. Takav je slučaj sa fosforom, izuzetno značajnim makroelementom, koji se u mnogim hranivima nalazi u formi fitata, koga nepreživari ne mogu iskoristiti, pa se dodatna količina fosfora mora obezbediti iz drugih hraniva u kojima je najčešće u formi mono i di-kalcijum fosfata. Fitinski fosfor ostaje nesvarljiv i putem fecesa se izlučuje iz organizma i ekološki je štetan. Iz ovih razloga stvoreni su genetički modifikovani genotipovi kukuruza koji proizvode velike količine enzima fitaze, čija je uloga da razlaže fitate. Time fitinski fosfor postaje dostupan i nepreživarima (*Martino-Catt i sar. 1999*). Takođe, gen koji kodira fitazu, *phy A*, iz *Aspergillus niger* prenet je u uljanu repicu (*Ponstein i sar. 2002*). GMB sa ovako poboljšanim nutritivnim karakteristikama mogu se očekivati na tržištu kroz nekoliko godina.

Ispitivanje bezbednosti genetički modifikovanih biljaka i proizvoda

Svaki novi proizvod uključujući i GM u razvijenim zemljama pre nego što se uključi u lanac ishrane podleže rigoroznom ispitivanju zdravstvene bezbednosti. Tako npr. u SAD ova ispitivanja obavljaju tri organizacije gde svaka ima specifičan nivo odgovornosti. Veliki broj zemalja je usvojio postupke za ispitivanje bezbednosti hrane i sastojaka dobijenih iz GMB. Uglavnom se ispitivanje bezbednosti zasniva na konceptu supstitucionalne ekvivalentnosti. Koncept se zasniva na ideji da postojeći proizvodi koji se koriste kao hrana ili izvor hrane mogu koristiti kao osnova za poređenje kada se ispituje bezbednost hrane ili sastojaka dobijenih iz GMB. Samo finalni proizvodi dobijeni iz GM biljaka (kao npr. visoko rafinisano ulje, hidrolizovan skrob), smatraju se ekvivalentnim proizvodima dobijenim konvencionalnim metodama po principu da ni protein ni DNK nisu prisutni nakon procesa prerade. Svi ostali sastojci dobijeni iz GM biljaka zahtevaju ispitivanje bezbednosti pošto mogu da sadrže novu DNK i/ ili protein u intaktnoj ili degradovanoj formi (*Drinić, 1998*).

Prvi korak u ispitivanju bezbednosti hrane i sastojaka hrane dobijene od GMB je određivanje u kojoj meri je biljni produkt supstitucijalno ekvivalentan postojećem pandamu, osim za osobinu za koju je izmenjen. Ispitivanje bezbednosti hrane koja se koristi za ishranu domaćih životinja pored ispitivanja hranljive vrednosti obuhvata molekularna, biohemijska, imunološka, toksikološka ispitivanja. Ispitivanje hranljive vrednosti podrazumeva proveru sadržaja najvažnijih hranljivih materija uključujući i aminokiselinski sastav, sadržaj vitamina i mineralnih materija. Dosadašnja ispitivanja su pokazala da ne postoji značajna razlika između hrane dobijene iz konvencionalnih i GMB prve generacije u sastavu, hranljivoj vrednosti i kvalitetu hrane za ishranu domaćih životinja, izuzev smanjene koncentracije mikotoksina u Bt kukuruzu. Naravno, pravi odgovor na eventualne neželjene efekte korišćenja genetički modifikovanih biljaka prve i druge generacije sa promenjenim kvalitetom, uticaja GMB na zdravlje domaćih životinja i kvalitet proizvoda životinjskog porekla dobiće se nakon daleko opsežnijih i dugoročnih istraživanja.

U našoj zemlji Zakon o GM organizmima donet je 2001. godine (*Službeni list, 2001*), a podzakonska akta 2002. godine. Ovaj zakon sadrži opšte odredbe i u saglasnosti je sa regulativom Evropske Unije. Zakonom su propisani uslovi za ograničenu upotrebu, proizvodnju i promet GM organizama i proizvoda, kao i uslovi i mere izbegavanja nepovoljnih efekata prilikom ograničene upotrebe, proizvodnje i prometa GM organizama i njihovih proizvoda.

Zdravstveni aspekti korišćenja GMB u ishrani domaćih životinja

U svetu su rađena brojna istraživanja u kojima je vršeno uporedno testiranje korišćenja GMB za ishranu domaćih životinja u odnosu na biljke dobijene konvencionalnim oplemenjivanjem. Testiran je GM kukuruz, soja, uljana repica i seme pamuka a ispitivanja su vršena na govedima, ovcama, svinjama i živini.

Tako naprimer *Aulrich i sar. (1998)* i *Brake i Vlachos (1998)* u istraživanjima kod nosilja hranjenih Bt kukuruzom i konvencionalnim kukuruzom kao kontrolnim hranivom

nisu utvrdili razlike u telesnoj masi, svarljivosti organske materije i proteina i energije. *Mirales i sar. (2000)* nisu utvrdili razlike u pogledu hranljive vrednosti i svarljivosti aminokiselina između ova dva tipa kukuruza kao ni razlike u prirastu i konverziji hrane tovnih pilića hranjenih sa Bt kukuruzom u odnosu na konvencionalni kukuruz. Do istih zaključaka došli su i *Sidhu i sar., (2000)* u ogleđima sa brojlerima koji su hranjeni kukuruzom tolerantnim na glifosfat i konvencionalnim kukuruzom.

U istraživanjima *Faust i Miller 1997*, kod krava hranjenih Bt i konvencionalnim kukuruzom takođe nisu utvrđene razlike u svarljivosti, količini i sastavu mleka. Razlike u svarljivosti suve materije, proizvodnji mleka, prinosu mlečnih proteina, laktoze i masti nisu utvrđene ni u istraživanju (*Donkimi i sar., 2000*) kod krava hranjenih silažom kukuruza i zrnom kukuruza tolerantnog na herbicide u odnosu na one hranjene konvencionalnim kukuruzom.

Hranljiva vrednost cele biljke silažnog kukuruza odnosno žetvenih ostataka Bt i konvencionalnog hibrida kukuruza poređena je tokom dve godine (*Hendrix i sar. 2000*) u tri eksperimenta: 1) ispitivane su karakteristike tovnje junadi hranjene silažom; 2) karakteristike goveda koja koriste žetvene ostatke kukuruza kao pašu; 3) mogućnost izbora između Bt i klasičnog kukuruza. U ovim istraživanjima nisu utvrđene razlike u prosečnom dnevnom prirastu i usvajanju suve materije junadi između ispitivanih tretmana a takođe nije bilo razlike ni u voljnosti konzumiranja žetvenih ostataka ispitivanih hibrida kukuruza.

Pored ispitivanja direktnih efekata konzumiranja hrane dobijene od GMB za ishranu domaćih životinja vršena su ispitivanja potencijalnih indirektnih efekata kao što su: transfer DNK unetog ili modifikovanog gena ili proteina u proizvode (mleko, meso, jaja) i nepoželjnih efekata na zdravlje ljudi koji konzumiraju ove proizvode. Ispitivanja su obuhvatila svarljivost DNK i proteina normalno prisutnih u hrani, svarljivost novog proteina koji je aktivan u genetički modifikovanim biljkama, prisustva DNK i proteina u proizvodima životinjskog porekla. Sva hrana namenjena za ishranu ljudi i domaćih životinja sadrži DNK. Značajne količine DNK poreklom iz biljaka, životinja, bakterija, parazita, virusa unose se putem hrane u organizam. Teško je tačno odrediti nivo usvajanja DNK iz prosečnog obroka, ali se procenjuje da većina biljaka koje se koriste za ishranu sadrže DNK u količini manjoj od 0.02% (wt/wt suva masa), *Watson i Thompson 1988*. Na primer, krava telesne mase 600 kg može da usvoji iz obroka, gde silažni kukuruz i zrno čine oko 60% suve mase oko 608 mg DNK dnevno. Za GMB, ako transgeni insert sadrži 4000 bp, deo GM DNK u obroku predstavlja 0.00042% ukupnog usvajanja DNK iz obroka (*Beever i Kemp, 2000*). Usvojena DNK se pod dejstvom enzima i kiselina razlaže na fragmente male molekulske težine i redukuje do nukleotida. Prema *McAllanu (1982)* oko 85% biljne DNK se redukuje do nivoa nukleotida pre nego što dospe u duodenum preživara. Ispitivanja stabilnosti gena za enzim fosfinotricin N-acetiltransferazu iz uljane repice tolerantne na herbicid glufozinat u digestivnom traktu svinja, pilića i krava su pokazala da se DNK u potpunosti degraduje do nivoa nukleotida u toku jednog časa pri telesnoj temperaturi i pH 1,5 (*Rasche, 1998*). Svi proteini koji su aktivni u GMB, izuzev Cry9C koji je stabilan pri digestiji pepsina pri pH 2,0 više od četiri sata, brzo se degraduju u *in vitro* uslovima koji odgovaraju stomahnim sokovima. Krave koje su hranjene genetički modifikovanim kukuruzom tolerantnim na herbicide i rezistentnim na insekte, proizvode istu količinu mleka koje odgovara po sastavu mleku krava hranjenih konvencionalnim kukuru-

zom (*Faust i Miller, 1997*). Takođe, prisustvo transgenih proteina CryIAb i PAT nije utvrđeno u mleku. CP4EPSPS protein nije detektovan u jajima, belancetu, jetri i fekalijama koka nosilja hranjenih sojom tolerantnom na herbicid glifosat (*Ash et al., 2000*).

Potencijalni rizici od korišćenja GMB kao hrane za domaće životinje

Smatra se da kod korišćenja GM biljaka postoje tri nivoa potencijalnog rizika: 1) od promotorske sekvence koja je dodata genu od interesa da bi omogućila njegovu aktivnost u biljci, 2) marker gena koji se dodaje genu za lakše praćenje njegove ugradnje u biljku, 3) gena koji kodira osobinu od interesa. Poslednjih godina vršena su intezivna istraživanja o riziku koji nose promotorske sekvence bakterija i virusa kada su sastavni deo gena koji se unosi u heterologni organizam. Za genetičku modifikaciju većine biljnih vrsta koje su komercijalizovane korišćena je promotorska 35S sekvenca iz virusa mozaika karfiola. Ukazuje se na rizik da ova sekvenca može da aktivira gene biljaka ili endogene viruse, da se rekombinuje sa virusima sisara sa nepredvidljivim posledicama (*Hulli i sar., 2000*). Istraživanja kod biljaka su pokazala da postoji više od 105 kopija 35S promotora u svakoj ćeliji prirodno inficiranoj sa virusom mozaika karfiola, a jednu ili nekoliko kopija u svakoj ćeliji transformisane biljke. Nukleaze u biljnoj ćeliji ili u digestivnom traktu čoveka i životinja degradiraju DNK koja sadrži promotor. Utvrđeno je da manje od 5% unesene DNK u hrani preživljava sedam časova i potom biva degradiran u male sekvence (*Schubert i sar. 1994*).

Većina genetički modifikovanih biljaka sadrži gen za rezistentnost na antibiotik, kao selektivni marker, a tim i potencijalni rizik da se gen koji kontroliše rezistentnost na antibiotike ugradi u digestivnom traktu životinja u intestinalne bakterije (*Salyers, 2000*). Opasnost je opravdana ako bi ovo dovelo do rezistentnosti intestinalnih bakterija, neophodnih za varenje hrane, na antibiotike i smanjenja njihove terapijske vrednosti. Razvojem novih metoda transformacije marker geni nisu neophodni u stvaranju GM genotipova čime je smanjena ova vrsta opasnosti.

Zaključak

GMB su realnost sa kojom ćemo se, bez obzira na određene otpore, pre ili kasnije suočiti. Iskustva drugih zemalja iz sprovedenih istraživanja ukazuju da u hemijskom sastavu nema bitnije razlike između konvencionalnih i GMB dok mogućnost poboljšanja određenih nutritivnih parametara daju određenu prednost GMB. Sa druge strane postoje izvesne rezerve u pogledu pojave mogućih negativnih posledica korišćenja GMB u ishrani domaćih životinja a indirektno i u ishrani ljudi korišćenjem životinjskih proizvoda. Odgovarajuća zakonska regulativa u ovoj oblasti treba da bude rezultat širokog koncepta stručnjaka više profila koji treba da sagledaju najšire moguće aspekte pre korišćenja GM hrane u ishrani domaćih životinja. Zato specijalizovane naučne ustanove u skladu sa svojim mogućnostima treba da sprovedu što detaljnija istraživanja kako bi što argumentovanije doneli stav o upotrebi ovih biljaka u ishrani domaćih životinja. Nedovoljna tehnološka opremljenost naših laboratorija kao i dosta velika složenost ovih istraživanja

nažalost onemogućavaju detaljnija istraživanja u ovoj oblasti. Iz tih razloga svakako ne treba donositi ishitrene odluke za korišćenje GM biljaka u ishrani životinja jer su rezerve o njihovoj neškodljivosti još uvek značajno prisutne.

Literatura

1. *Ash, J.A., Scheideler E., Novak, C.L. (2000):* The fate of genetically modified protein from Roundup Ready soybeans in the laying hen. Poultry Sciences, Supplement 1; 26, Palais de Congres, Montreal Canada; August 18-21.
2. *Aulrich, K., Halle, I., Flachowsky, G. (1998):* Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit von Maiskornen der Sorte Cesar und der gentechnisch veränderten Bt-hybride bei Legenhennen. Proc Einfluss von erzeugung und Verarbeitung auf die Qualität laudwirtschaftlicher Produkte. 465-468.
3. *Beever, D.E., Kemp, C.F. (2000):* Safety issues associated with the DNA in animal feed derived from genetically modified crops. A review of scientific and regulatory procedures. Nutrition Abstracts and Reviews Series B: Livestock Feeds and Feeding. 70, 175-182.
4. *Brake, J., Vlachos, D. (1998):* Evaluation of event 176 "Bt" corn in broiler chickens. J. Poultry Sci. 77:648-653.
5. *Donkin, S.S., Velez, J.C., Stanisiewski, Hartnell, G.F. (2000):* Effect of feeding Roundup Ready corn silage and grain on feed intake, milk production and milk composition in lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83, 273, 1144.
6. *Drinić, G., Mladenović-Drinić, Snežana (1998):* Uloga i značaj biotehnologije u oplemenjivanju biljaka na kraju XX veka. Selekcija i semenarstvo, 1-2, 23-30.
7. *Faust, M., Miller, L. (1997):* Study finds no Bt in milk. IC-478. Fall Special Livestock Edition. Pp 6-7. Iowa State University Extension, Ames, Iowa.
8. *Hendrix, K.S., Petty, A.T., Lofgren, D.L. (2000):* Feeding value of whole plant silage and crop residues from Bt or normal corns. J. Anim. Sci. 78, 1,273, 1146.
9. *Hull, R., Convey, N.S., Dale, P. (2000):* Genetically modified plants and the 35S promoter: assessing the risks and enhancing the debate. 35S debate. John Innes centre, Norwich.
10. *James, C. (2002):* Global status of commercialized transgenic crops: 2002. ISAAA Briefs 2002; 23: Preview. ISAAA:Ithaca, NY.
11. *Martino-Catt, S.J., Wang, H., Beach, L.R., Bowen, B.A., Wang, X. (1999):* Genes controlling phytate metabolism in plants and uses thereof. WO patent 99/05298.
12. *Mcallan, A.B. (1982):* The fate of nucleic acids in ruminants. Prac. Nutr. Soc. 41: 309-317.
13. *Mireles, JR, Kim, A.S., Thompson, R., Amundsen, B. (2000):* GMO (Bt) corn is similar in composition and nutrient availability to broilers as non-GMO Corn. J. Poultry Sci. 79, 1: 65-66, 285.
14. *Ponstein, S.A., Bade, B.J., Verwoerd, T.C., Molendijk, L., Storms, J., Beudeker, R., Pen, J. (2002):* Stable expression of Phytase (phyA) in canola (*Brassica napus*) seeds: towards commercial product. Molecular breeding 10, 31-44.

15. *Rache, E. (1998)*: Rapeseed with tolerance to the non selective herbicide glufosinate ammonium. Plant oils fuels. Proc. Symposium, 211-221.
16. *Schubbert, R., Lettman, C., Doefler, W. (1994)*: Ingested foreign (phage M13) DNA survives transiently in the gastrointestinal tract and enters the bloodstream of mice. Mol. Gen. Genet. 242:495-504.
17. *Sidhu, R.S., Hammond, B.G, Fuchs, R.L., Mutz, J.N., Holden, L.R., George, B., Olson, T. (2000)*: Glyphosate-tolerant corn is equivalent to that of conventional corn. (*Zea mays* L.) J. Agric. Food Chem. 48, 2305-2312.
18. *Watson, J.C., Thomson, W.F. (1988)*: Purification and restriction endonuclease analysis of plant nuclear DNA. In, Methods for Plant Molecular Biology. Weissbach, A. and Weissbach, H.; (Eds). Academic Press, San Diego.

UDC: 636.085+633.3:631.52

Review paper

GENETICALLY MODIFIED PLANTS-NUTRITIVE AND HEALTH ASPECTS

*R. Jovanović, Snežana Drinić- Mladenović, G. Drinić**

Summary

Genetically modified plants (GMP) with specific traits, have been developed by transfer of a single or several genes within or among species. Already, genetically modified sorts of cotton, soybean, oilseed rape as well as corn hybrids with gene for herbicide tolerance, insect and virus resistance, improving nutrition characteristics have been created.

The use of genetically modified crops as animal feed from nutritional aspects have great potential but otherwise rised concerns about potential risks in scientific community all over the world. Potential risks include development of allergic reactions, transfer of antibiotic gene to gut bacteria of animal and development of antibiotic resistance and potential adverse health effect in animals. The study of food safety obtained from genetically modified crops in the nutrition of animals has been conducted throughout the whole world.

The results obtained have demonstrated no difference in the quality of the milk,meat and eggs of animals that had eaten either transgenic or no-transgenic feed. Of course, long term and thorough research should give more reliable results.

Key words: geentically modified crops, feed, farm animal, health effect

* Rade Jovanović, M.Sc., Snežana Drinić-Mladenović, Ph.D., Goran Drinić, Ph.D, Maize Research Institute „Zemun polje“, Belgrade-Zemun.