

# ETIČKE I MORALNE DILEME U PRIMJENI GENETIČKIH MANIPULACIJA I SAVREMENE BIOTEHNOLOGIJE

*Naris Pojskić\**

**Sažetak:** Savremena dostignuća u oblasti molekularne biologije, genetičkog inženjerstvo i biotehnologije otvaraju nesagledive mogućnosti primjene u medicini, farmaciji, poljoprivredi, okolinskim naukama, industriji i dr. No, takve mogućnosti pružaju i moguću alternativnu primjenu i zloupotrebu koja nije u službi razvoja društva i čovječanstva u cjelini. Način, adekvatnost i reguliranje primjene navedenih tehnologija ultimativno iziskuje široki društveni dijalog u kojem moraju učestvovati naučnici iz navedenih, ali i drugih naučnih oblasti, široka društvena zajednica koja treba da uključuje slojevite segmente društva, pri čemu naučnici koji kreiraju takve genetičke tehnologije su vrlo često u konfrontaciji sa većim dijelom ostataka društva

Postavljaju se dvije dileme: 1) etička koja je zasnovana ne samo na općeprihvaćenoj društvenoj “konvenciji”, već i principima dobre naučne prakse o čemu svi naučnici trebaju da vode računa, 2) moralna koja ne obuhvata samo “društvenu moralnost” već ima i individualni karakter vezan za svakog naučnika koji radi na ili sa novim tehnologijama koje imaju veliki biološki učinak.

Takvi izazovi već postoje, a biti će ih sve više u društvenoj zajednici, pogotovo kada se uzme u obzir sve veća upotreba i dostupnost takvih tehnologija. Navedenih izazova nije lišena ni naša država Bosna i Hercegovina, pa smo već svjedoci ili sudionici takvih društvenih rasprava u prethodnom periodu, ali i danas u eri novih tehnologija.

**Ključne riječi:** genetička modifikacija, etika u biotehnologiji

## Uvod

U svojoj historiji čovječanstvo se relativno često susretalo sa dilemama o akceptiranju novih tehnologija i naučnih dostignuća kada su u pitanju prirodne nauke. Ilustrativni primjer su rasprave koje traju i danas, kada je u pitanju teorija organske evolucije, koju je prezentirao Darwin prije više od 170 godina. Sjetimo se npr. žustrih debata oko atomske energije i odnosa benefita i štete od primjene iste, zatim danas vrlo žučnih rasprava o upotrebi vještačke inteligencije i primjeni bioničkih rješenja.

Kada su u pitanju savremena dostignuća prirodnih nauka, to počinje sa primjenom vantjelesne oplodnje kod ljudi, mogućnosti kloniranja i korištenja

\* Univerzitet u Sarajevu - Institut za genetičko inženjerstvo i biotehnologiju; naris.pojskic@ingeb.unsa.ba

matičnih ćelija, otvaranja mogućnosti presađivanja životinjskih organa u ljude, upotrebe hrane bazirane na genetičkoj modifikaciji, proizvodnji lijekova na principima biotehnologije zasnovane na genetičkom inženjerstvu, pa sve do manipuliranja genetičkim materijalom u cilju promjena osobina primjenom genetskog editovanja, što kod ljudi uključuje i mogućnosti liječenja teških nasljednih, ali i drugih trenutno neizlječivih oboljenja. Prilikom uvođenja takvih tehnologija, postavljaju se dvije dileme: 1) etička - zasnovana ne samo na općeprihvaćenju društvenoj "konvenciji", već i principima dobre naučne prakse o čemu svi naučnici trebaju da vode računa, 2) moralna - ne obuhvata samo "društvenu moralnost" već ima i individualni karakter vezan za svakog naučnika koji radi na, ili sa novim tehnologijama koje imaju veliki biološki učinak.

## Diskusija

Savremena dostignuća u oblasti molekularne biologije, genetičkog inženjerstva i biotehnologije otvaraju nesagledive mogućnosti primjene u medicini, farmaciji, poljoprivredi, ekologiji, industriji i drugdje<sup>1</sup>. Zato nisu ništa drugačije rasprave o primjeni genetičkih modifikacija, posebno kada je u pitanju hrana, kao i nove metode genskog editovanja.

Uzmimo primjer uzgoj hrane bazirane na genetičkim modificiranim organizmima. Iz tog primjera možemo vidjeti kako društvena stvarnost može uticati na promjenu stajališta o nekoj tehnologiji. U principu genetičko inženjerstvo je procedura (genetička manipulacija) u kojoj se bilo na genskom, hromosomskom ili genomskom nivou uvodi strani genetički segment ili njegova varijanta koja nije prirodni dio nasljednog materijala recipijenta<sup>2</sup>. To znači da organizam koji prima takve segmente, osim svog genetičkog materijala sadrži i onaj koji je ubačen. Kada je u pitanju uzgoj hrane to može imati i neželjeni uticaj, jer može doći do genetičkog miješanja između modificiranih i prirodno nemodificiranih biljaka, ali i drugih organizama. Zbog toga, takav uzgoj mora biti u strogo kontrolisanim uvjetima što je regulisano propisima kako na nivou države tako i međunarodno<sup>3</sup>.

U državama EU, a slijedeći taj primjer i u Bosni i Hercegovini na snazi je restriktivna zakonska regulativa koja striktno onemogućava uzgoj i proizvodnju genetički modificirane hrane<sup>4</sup>. U SAD i većini država Južne Amerike

---

<sup>1</sup> Roberts 2018.

<sup>2</sup> Pojskić 2014.

<sup>3</sup> Brinegar 2017.

<sup>4</sup> Puchta 2023.

nije u primjeni takav pristup, već je zakonodavac dopustio kontrolisani uzgoj i distribuciju takve hrane. U azijskim i afričkim državama (uslovno rečeno “muslimanskim državama”) regulativa je nerestriktivna i omogućava uzgoj genetički modificirane hrane. Ulazeći u razloge takvog različitog pristupa, sasvim je jasno su faktori definiranja pravnih okvira: mnogoljudnost neke države, nivo njene privredne razvijenosti, potrebe rješavanja pitanja gladi, nepovoljni uslovi za poljoprivredu, kao i drugi razlozi<sup>5</sup>. Sasvim je jasno da te države “nemaju luksuz” baviti se “pro et contra” GMO dilemama. Društveno uređenje i religijski faktor ne možemo uzeti kao značajne, jer nije primjećena korelacija između tih faktora i prijemčivosti GMO tehnologije. Pretpostaviti je da bi države sa jasnim uticajem “islamskog zakonodavstva” imale određeni otklon kada je u pitanju kreiranje GMO i proizvodnja na bazi GMO, jer se postavlja pitanje halal statusa takve hrane. Rješivši tu dilemu, te države, ne samo da imaju sistem podrške i kontrole GMO procesa, već jasno definišu potrebu za takvim rješenjima. Tako imamo da su danas, što se tiče kreiranja GMO i uzgoja hrane na bazi GMO, najrazvijenije države SAD, Kanada, Brazil, Argentina, Australija, Kina, Indija, Malezija, Pakistan, Iran, Saudijaska Arabija, Egipat, od evropskih država Španija i Portugal i druge. Jasno se može vidjeti da se radi o dvije skupine država: 1) neotehnoški orijentisanim -razvijenim zemljama koji nemaju potrebu rješavanja pitanja prehrane stanovništva, i 2) srednje razvijenim i nerazvijenim koji primjenom takve tehnologije traže rješenje za problem konkurentnosti i rezilijentnosti proizvodnje hrane, te efikasne prehrane i zdravlja stanovništva, kao i poboljšavanje uslova za uzgoj hrane, jer te genetičke modifikacije nisu samo vezane za količinu prinosa po hektaru, već i za stvaranje otpornih sojeva za sušu, visoku temperaturu, otpornost na bolesti itd. Danas smo, zbog složenih međunarodnih odnosa, svjedoci kompleksnosti situacije u oblasti energije, a vrlo brzo će biti ista situacija sa hranom. Već se ozbiljno razmišlja u EU da svojim članicama “olabavi” vrlo rigorozne mjere kada je u pitanju proizvodnja GMO hrane, koja je sada ograničena uglavnom samo na stočnu hranu. Očito je da promijenjene društvene prilike i društvena neizvjesnost dovode do radikalnih promjena stavova kada je u pitanju stabilna proizvodnje hrane.

Kao jedan od najilustrativnijih primjera narazumijevanja cijelog procesa je činjenica da se današnja proizvodnja inzulina i mnogih drugih lijekova koji se svakodnevno uzimaju širom svijeta baziraju na istoj rekombinantnoj DNK tehnologiji, ali da nema većih javnih rasprava da li takve lijekove treba

---

<sup>5</sup> Kaphengst / Smith 2013.

koristiti budući da su ti lijekovi spasili stotine miliona ljudi. Rasprave o korištenju lijekova baziranim na genetičkim modifikacijama nisu da li treba koristiti takve lijekove, već pitanja dostupnosti takvih lijekova, s obzirom da lijekovi bazirani na genskom editovanju mogu biti veoma skupi, iako njihova tehnologija sama po sebi nije<sup>6</sup>.

Rasprave su išle do krajnjih granica, a to je pitanje ko je vlasnik genetičke informacije. Tako je prekretnica bila odluka Vrhovnog suda SAD 2013. godine koja jasno daje odluku u kojoj se navodi da su ljudi vlasnici ljudskih gena, da se geni ne mogu patentirati osim ako nisu vještački kreirani u laboratoriji<sup>7</sup>.

Dileme i rasprava o genetičkim modifikacijama koji se koristi za poboljšanje usjeva je još uvijek u javnosti veoma prisutna. Sa otkrićem genomskog, odnosno genskog editovanja ove dileme postaju još izraženije. Razlike između genetičkog inženjerstva i genskog/genomskog editovanja je što u ovom posljednjem nema introdukcije stranog genetičkog materijala u recipijenta, već se u samoj ćeliji, primjenjujući novu tehnologiju, mogu mijenjati varijante datog gena koji onda daje novu osobinu<sup>8</sup>. Time se mogu mijenjati osobine što ima velike biološke implikacije<sup>9</sup>. Ovaj pristup primjenjiv je u liječenju ljudi i životinja, proizvodnji “pametnih” lijekova, zaštiti životne sredine i biodiverziteta i šire. Dakle, pošto nema introdukcije stranog genetičkog materijala, postavlja se pitanje da li je to onda uopće riječ o genetičkom inženjerstvu. Mišljenja su različita. Nesumnjivo je da se radi o genetičkoj manipulaciji, ali prema svjetski prihvaćenoj definiciji, budući da nema introduciranog stranog genetičkog materijala, ne može imati isti status kao i genetičko inženjerstvo. U ovom se i danas daju različita pravna mišljenja. Ako ta tehnologija ne spada u genetičko inženjerstvo onda je pitanje da li se treba posebno zakonski regulisati. Zagovornici industrijske primjene ove tehnologije smatraju da se genomsko editovanje mora strogo regulisati kao i genetičko inženjerstvo, te da je to primarno. Potonje implicira da će samo bogate države i multinacionalne kompanije imati dovoljno sredstava da iznesu taj proces do kraja, a to znači krajnju upotrebu. Paradoks je da sama tehnologija nije uopće toliko skupa i da može biti dostupna široj društvenoj zajednici što zagovara većina akademske i naučnoistraživačke zajednice kao i udruge koje sa bave dostupnošću lijekova i hrane za sve. Nažalost, što se tiče ove tehnologije, dileme ne mogu biti samo da li ona treba biti strogo regulisana ili ne, jer omogućava

<sup>6</sup> Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance 2017.

<sup>7</sup> Kesselheim 2013.

<sup>8</sup> Nichol 2023.

<sup>9</sup> Lu 2017.

promjenu osobina koji nisu vezani za patologiju (osobine kao što su npr. boja očiju, boja kose inteligencija, rast i druge), kao i moguću zloupotrebu u formi razvoja oružja (kreiranje patogena), te nekontrolisane promjene u okolini kroz stvaranja monokultura i redukciji genetičkog diverziteta i niz drugih.

Upravo su to argumenti industrijskom sektoru i zagovornicima stroge kontrole nove genomske tehnologije<sup>10</sup>. Kontrargument većine akademske i naučnoistraživačke zajednice je da uvođenjem strogih regulativa blagodeti znanja i proizvoda baziranim na znanju neće biti dostupna svakom čovjeku, pogotovo što su te tehnologije nastale na osnovu naučnih istraživanja finansiranim u najvećoj mjeri od strane poreskih obveznika.

Osnovno pitanje za čovječanstvo je da li može koristiti savremenu tehnologiju bez njene zloupotrebe. Nije sporno da možemo kreirati najnovije tehnologije, ali da li je možemo kao čovječanstvo prihvatiti. Kakva je pozicija "običnog čovjeka" kada je u pitanju odnos prema navedenim tehnologijama. Nažalost, mišljenje o adekvatnosti određene tehnologije se bazira na nepotpunim informacijama, a namjerno ili slučajno, na netačno interpretiranim, te po principu društvene prihvatljivosti. U eri savremenih informacijskih tehnologija lakša dostupnost informacijama daje nesvakidašnje prilike, ali sa druge strane informacije ne moraju biti tačne ili nekompletne. Da li nauka gubi bitku? Mnoge prepreke nauka mora da savlada, od koje se trenutno neke bitke vode za budućnost čovječanstva. Takve raskrsnice danas imamo npr. kada su u pitanju klimatske promjene gdje je zbog dugogodišnjeg zanemarivanja načnih spoznaja o tom problemu, danas govorimo ne o prevenciji, već o načinu umanjenja posljedica.

Kako znanje učiniti dostupnim za sve ljude? Za postizanje takvog altruističnog cilja treba otkloniti određene prepreke: 1) kao čovječanstvo moramo unaprijediti odnos prema znanju i tehnologijama kao produktom znanja; 2) sistem ultimativnog ostvarivanja profita mora biti korigovan u općedruštveno prihvatljiv koncept lišen svakih predrasuda; 3) u eri kada znanje sve učestalije ima manji društveni značaj, vratiti nauci društveni značaj i lišiti je profitno zavisne koncepcije; 4) omogućiti na adekvatan način pristup naučnim distignućima svim ljudima bez obzira na društveni status i obrazovanje.

Kada je u pitanju razumijevanje nasavremenijih dostignuća u molekularnoj biologiji, genetičkom inženjerstvu i biotehnologiji, značaj akademske i naučnoistraživačke zajednice jeste da se prilagodi novim informacijskim tehnologijama i pristupno ljudima objašnjavaju prednosti, ali i moguće mane takve tehnologije. Način, adekvatnost i reguliranje primjene navedenih

<sup>10</sup> Gelinsky / Hilbeck 2018.

tehnologija ultimativno iziskuje široki društveni dijalog u kojem moraju učestvovati naučnici iz navedenih, ali i drugih naučnih oblasti, široka društvena zajednica koja treba da uključuje slojevite segmente društva, pri čemu naučnici koji kreiraju takve genetičke tehnologije imaju posebno bitnu ulogu.

Navedenih izazova nije lišena ni država Bosna i Hercegovina, pa smo već svjedoci ili sudionici takvih društvenih rasprava u prethodnom periodu, ali i danas u eri razvoja novih tehnologija. Specifičnost Bosne i Hercegovine je da je usljed agresije na nju i kompletne njene privredne devastacije preskočena jedna tehnološka faza koja je bila prenosnica između dvije tehnološke ere. To je imalo dvojak, ali suprotan efekat, jer je sa jedne strane onemogućila lagani "biotehnološki prelaz" tokom kojih se odvija široka društvena rasprava o benetifu i manama iste. Sa druge strane, početak je bio kompletno sa novim biotehnološkim rješenjima bez "okova" starih tehnologija koji su se u tranzicijskim državama dosta dugo zadržale. No, ipak se može reći da se u Bosni i Hercegovini naučno i društveno ne raspravlja dovoljno o novim tehnologijama u molekularnoj biologiji, genetičkom inženjerstvu i biotehnologiji, već se prihvataju rezultati takvih rasprava u državama EU kojoj naša država teži. Naučna i društvena zajednica, mediji i obrazovni sistem moraju imati bolju viziju o modelu transfera znanja ka čovjeku.

## Zaključak

Razvoj biotehnologije donosi dobrobit čovječanstvu, ali sa sobom nosi mnoge moralne i etičke dileme, te je potrebno u raspravu uključiti širu društvenu zajednicu. To je esencijalno, budući da su biotehnološka rješenja već danas sastavni dio svakodnevnog života, a već u skoroj budućnosti potreba bez koje se ne može. Da bi društvo u cjelini bilo adekvatno uključeno u proces odlučivanja o potrebi i prihvatljivosti biotehnoloških rješenja, potrebna je konstantna prilagođena i adekvatna društvena edukacija, jer se na taj način jasno razumije značaj, potreba i prihvatljivost primjene novih biotehnoloških rješenja. Naučna i društvena zajednica, mediji, kao i obrazovni sistem moraju imati novi pristup i ulogu u tom procesu. U Bosni i Hercegovini takav dijalog nema intezivan karakter, te je potrebno takav narativ što prije mijenjati.

## Literatura

Brinegar, K. et al. 2017, The commercialization of genome-editing technologies, *Critical Reviews in Biotechnology* 37, 2017, 924-932.

- Gelinsky, E. / Hilbeck, A. 2018, European Court of Justice ruling regarding new genetic engineering methods scientifically justified: a commentary on the biased reporting about the recent ruling. *Environ Sci Eur* 30, 2018, 52.
- Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance 2017, Washington, DC: The National Academies Press, USA 2017.
- Kaphengst, T. / Smith, L. 2013, *The Impact of Biotechnology on Developing Countries*, Ecologic Institute, Berlin 2013.
- Kesselheim, AS. et al. 2013, Gene patenting--the Supreme Court finally speaks. *N Engl J Med* 369, 2013:975-975.
- Lu, Q. et al. 2017, Applications of CRISPR genome editing technology in drug target identification and validation. *Expert Opin Drug Discov* 12, 2017, 541-552.
- Nichol, D.S.T. 2023, *An Introduction to Genetic Engineering*. Cambridge University Press, UK 2023.
- Pojškić, L., ed. 2014, *Uvod u genetičko inženjerstvo i biotehnologiju*, 2. izdanje. INGEB, Sarajevo, Bosna i Hercegovina 2014.
- Puchta, H. 2023, Regulation of gene-edited plants in Europe: from the valley of tears into the shining sun?, *aBIOTECH* 5, 2024, 231-238.
- Roberts, R.J. 2018, The Nobel Laureates' Campaign Supporting GMOs, *Journal of Innovation & Knowledge* 3, 2018, 61-65.

## ETHICAL AND MORAL DILEMMAS IN THE APPLICATION OF GENETIC MANIPULATIONS AND MODERN BIOTECHNOLOGY

**Abstract:** Modern achievements in the field of molecular biology, genetic engineering and biotechnology open up unfathomable possibilities of application in medicine, pharmacy, agriculture, environmental sciences, industry, etc. However, such possibilities also provide possible alternative application and misuse that is not in the service of the development of society and humanity as a whole. The manner, adequacy and regulation of the application of the aforementioned technologies ultimately require a broad social dialogue in which scientists from the aforementioned but also other scientific fields must participate. A broad social community should include stratified segments of society, whereby the scientists who create such genetic technologies are very often in confrontation with most of the rest of society.

Two dilemmas arise: 1) ethical, which is based not only on generally accepted social "convention", but also on the principles of good scientific practice, which all scientists should take into account; 2) moral, which includes not only "social morality" but also has an individual character associated with any scientist working on or with new technologies that have a major biological impact.

Such challenges already exist, and there will be more and more of them in the social community, especially when taking into account the increasing use and availability of such technologies. Our country Bosnia and Herzegovina is not without the aforementioned challenges, so we are already witnesses or participants of such social discussions in the previous period, but also today in the era of new technologies.

**Keywords:** Genetic modification, ethics in biotechnology