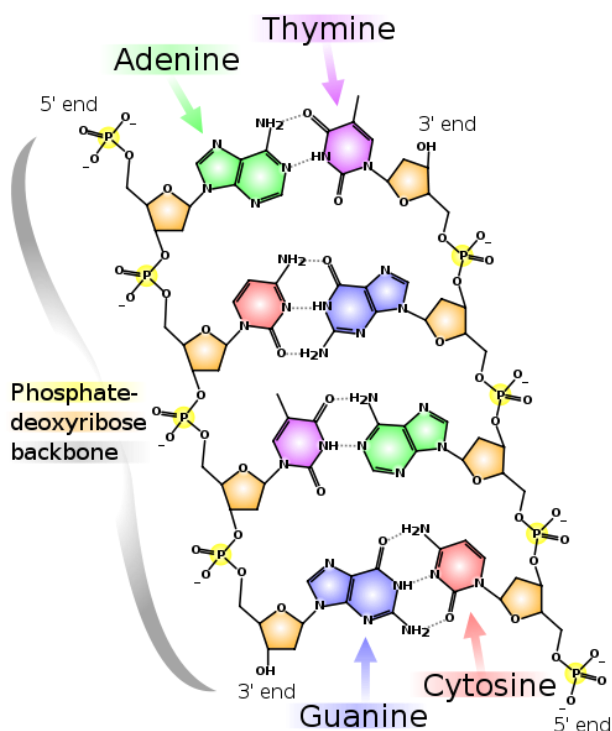


## Činjenice o genetički modificiranoj hrani

Genetski modificirani organizmi (GMO) je termin kojim se označavaju organizmi čiji je DNK (*deoksiribonukleinska kiselina*) promijenjen *genetskim inženjeringom*. DNK sadrži genetske upute (*genetski kod*) živih bića, a njezina struktura je u obliku dvojne spirale dugog lanca nukleotida (Slika 1.).



Slika 1. Struktura nukleotida  
(<http://www.genomebc.ca/education/teachers/articles/the-building-blocks-of-life/nucleotide-structure>)

Najčešće genetičke izmjene vezane su uz tolerantnost takvih usjeva na pojedine herbicide čime se usjevi oslobađaju konkurencije korova (<http://www.livescience.com/40895-gmo-facts.html>). Posebice se široko primjenjuje *glifosat* (naziv komercijalnog proizvoda je *roundup*) i većina istraživači tvrdi da nema poveznice između *glifosata* i raka, te da je taj herbicid mnogo sigurniji u odnosu na prethodnu generaciju herbicida. U 2014. godini, američka Agencija za zaštitu okoliša (EPA) odobrila je korištenje novog herbicida *Enlist Duo* koji pored *glifosata* sadrži i *2,4-diklorfenoksiocetenu kiselinu* (2,4-D) koju je sadržavao tzv. *agens Orange* široko korišten u Vijetnamskom ratu za *deforestaciju* (uništavanje šume). Odluka o dopuštanju primjene 2,4-D temeljila se na studijama provedenim u laboratorijskim uvjetima na životinjama, a ta istraživanja su pokazala da 2,4-D može izazvati oksidativni stres i oštećenje DNK te tako povećati rizik od raka. Potrebno je naglasiti da su studije američkog Ministarstva poljoprivrede pokazale kako su herbicidi koji su korišteni u prošlosti bili i do 16 puta štetniji za okoliš nego što je glifosat.

Također, genetska modifikacija često uključuje tolerantnost, pa i otpornost na štete od pojedinih insekata, npr. umetanjem u biljni DNK gen iz bakterije *Bacillus thuringiensis* (Bt) za proizvodnju toksina koji ubija štetnoće. Takvi GMO usjevi dokazano su otporni na štetne kukce čime se smanjuje potreba za masovnim korištenjem sintetskih pesticida.

Trenutno su dvije oprečne struje u raspravi o rizicima uzgoja i korištenja GMO organizama kao hrane. Prva struja podržava i zalaže se za masovni uzgoj GMO, a druga smatra da su takvi organizmi opasni i štetni, te da izazivaju različite toksične i alergijske reakcije kod ljudi i stoke, pojavu bolesti, sterilnost stoke itd. (<http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp1505660#t=article>). Premda većina istraživanja pokazuje kako GMO organizmi nisu štetni, anti-GMO aktivisti tvrde da su dugoročni učinci proizvodnje i korištenja GMO hrane nepoznati, što je zapravo suština dvojbi kad je u pitanju GMO hrana. Zbog toga u više od 60 zemalja

U GM organizama u većini slučajeva pojedini geni ili dijelovi DNK su uzeti (premješteni) iz drugog organizma, bilo da se radi o bakterijama, biljkama, virusima ili životinjama. Tako npr. geni uzeti iz pauka i umetnuti u DNK koze omogućuju proizvodnju niti ultra jake svile iz proteina kozjeg mlijeka. Stoga se GMO često nazivaju *transgenim organizmima*.

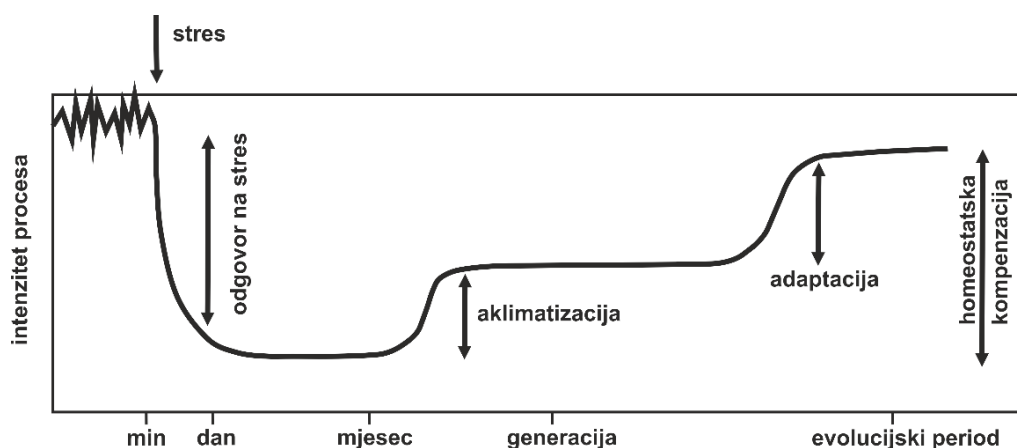
Mogućnosti genetičkog inženjeringa neshvatljivo su velike. Npr., umetanjem gena iz meduze moguće je uzgajati GMO svinje koje svijetle u mraku; GMO rajčice tolerantne na mraz jer sadrže gene riba iz hladnih mora; GMO krumpir s genima jabuke ne posmeđi stajanjem itd. Naravno, namjera je proizvesti organizme koji daju ukusniju hranu s više hranjivih tvari, koji su otporni na bolesti, sušu i druge nepovoljne uvjete, a da pri uzgoju i konzumiranju tako proizvedene hrane nema rizika za ljude i druge, posebice izvorne organizme.

Najveća uporaba GMO tehnologije trenutno je na široko zastupljenim usjevima te je tako najmanje 90 % soje, pamuka, uljane repice, kukuruza i šećerne repe koji se proizvode u SAD-u genetski izmijenjeno.

svijeta, uključujući EU, Australiju Japan i dr.) postoje restrikcije ili izravne zabrane proizvodnje i prodaje GMO organizama. Međutim, mnoge znanstvene organizacije vjeruju kako je strah od GMO utemeljen više emocionalno nego činjenično i da je korištenje GMO hrane sigurno, odnosno nije nipošto rizičnije u odnosu na korištenje hrane proizvedene konvencionalnim tehnikama. Kao dokaz toj tvrdnji često se navodi kako se u SAD od 1995. godine do danas koristi GM kukuruz, a nije do sada bilo nikakvih poveznica s bolestima ili zdravljem ljudi i životinja.

Genetski modificirani organizmi smatrali su se donedavno isključivo ljudskom tvorevinom, ali nova istraživanja tvrde da mnogi leptiri, svilene bube i moljci prirodno posjeduju gene parazitskih osa (<http://www.livescience.com/52225-parasites-viruses-genetically-modify-butterflies.html>). Naime, te ose (*Braconidae*) polažu jaja u gusjenice leptira i moljaca, a larve osa kad se izlegu iz jaja obično ubijaju gusjenicu domaćina. Zajedno s jajima, ose u gusjenicu prenese tzv. *brako viruse* (čija se starost procjenjuje na 100 mil. god.) koji se mogu ugraditi u genom gusjenica te pomažu ličinkama osa da prežive unutar svojih domaćina. Međutim, gusjenice koje prežive takve napade sadrže gene modificiranih *brako virusa* i te promjene prenose na svoje potomstvo, što je istraživanjima i dokazano. Naime, ose, pčele i mravi evolucijski su se odvojili od leptira i moljaca prije 300 mil. god. pa se njihovi geni međusobno jasno razlikuju. Dakle, u ovom primjeru genetsku modifikaciju izvela je priroda, a ne ljudi i vjerojatno će se uskoro otkriti više takvih genetskih promjena.

Unazad nekoliko godina u biljnoj proizvodnji sve šire se primjenjuje *Clearfield* (BASF) tehnologija koja također nudi tolerantnost na pojedine herbicide, uz tvrdnju da je to postignuto „tradicionalnim tehnikama selekcije“ (sparivanje ili *hibridizacija* roditeljskih parova da bi se dobilo potomstvo traženih svojstava). Dakle, *Clearfield* tehnologiju biljne proizvodnje čini sjeme tolerantno na određenu klasu herbicida (često samo jedan) koji se primjenjuju nakon nicanja te se tako učinkovito kontroliraju korovi tijekom čitave vegetacije usjeva. Takva tehnologija rezultira s manje prohoda i sati rada mehanizacije uz nižu potrošnju goriva, manje zbijanje tla i smanjuje rizik erozije. Međutim, hibridizacija u *Clearfield* tehnologiji mnogo je više od pukog križanja jer uključuje *induciranje mutacija* korištenjem *ionizirajućeg zračenja* i primjenom kemijskih otrova (npr.  $\text{NaN}_3$ ; natrijev azid) za izvođenje mutacija (tzv. *kemijska mutagenaza*). Tako izmijenjeno sjeme nije zapravo produkt genetskog inženjeringa, odnosno horizontalnog prijenosa gena (prijenos gena između različitih vrsta organizama), ali i nije, niti može biti rezultat prirodnih *adaptacija* i *mutacija* koje su uz prirodni odabir pokretač promjena u genskoj ravnoteži populacije (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Evolucija>), odnosno temelj preživljavanja otpornijih, sposobnijih ili bolje prilagođenih jedinki vanjskim (*abiotiskim*) i unutarnjim (*biotiskim*) uvjetima. Mutacije se inače redovito događaju u prirodi pod utjecajem suša, poplava, ekstremnih temperatura, napada bolesti i štetnika itd., ali i slučajno, pa je prirodna selekcija spor i neizvjestan mehanizam.



Slika 2. Aklimatizacija (individualni) i adaptacija (dugovremenski genetski odgovor) na stres ([http://tlo-i-biljka.eu/gnojidba/Ekofiziologija\\_bilja.pdf](http://tlo-i-biljka.eu/gnojidba/Ekofiziologija_bilja.pdf))

Svi živi organizmi reagiraju na promjene u okolišu pri čemu se pojedine vrste značajno razlikuju, ali je reakcija najčešće slaba ili često neuspješna ([http://tlo-i-biljka.eu/gnojidba/Ekofiziologija\\_bilja.pdf](http://tlo-i-biljka.eu/gnojidba/Ekofiziologija_bilja.pdf)). Međutim, unutar

prirodne populacije, odgovor na *stresni faktor* često je uspješan jer to omogućuje velika *genotipska raznolikost* jedinki. Naime, pod različitim uvjetima (osvijetljenost, raspoloživost vode i hraniva itd.) dolazi do radikalnih *fenotipskih razlika* unutar istog genotipa (tzv. *fenotipska plastičnost*), pri čemu treba znati da fenotipske razlike nisu nasljedne. *Genotipska varijabilnost*, ma kako to bile male razlike između jedinki, zbog nasljednog karaktera omogućuje *genetsku adaptaciju* kao reakciju na promijenjene uvjete okoliša (Slika 2.).

Genetskim adaptacijama bavi se *populacijska genetika* u kojoj se adaptacija definira kao porast kondicije organizama, odnosno porast broja potomaka, i to posebno pogodnog genotipa. Adaptacija se zapaža kao *perdicija* (npr. retardacija lišća pustinjskih biljaka), *koloracija* (promjena boje lista ili cvijeta) ili *morfoza* (promjena izgleda pojedinih organa i cijele biljke). Genetska adaptacija, za razliku od fiziološkog mehanizma adaptacije, je proces koji vodi genetskoj promjeni jedinke, potom *mikroevolucija* uzrokuje genetske promjene na razini populacije, a kasnije se javljaju procesi *specijacije* i *makroevolucije* uz pojavu novih, bolje adaptiranih vrsta.

Nedavno su Kineski znanstvenici modificirali po prvi put genom ljudskog embrija prvi put (uklanjanje genetskog poremećaja  $\beta$ -*talasemije* u proizvodnji *hemoglobina*) što je izazvalo burne reakcije i rasplamsavanje etičke rasprave pa je uredništvo časopisa *Nature and Science* odbilo objaviti tu studiju, upravo iz etičkih razloga. Pored etičkih nedoumica, treba istaći da takva tehnologija nije još dovoljno pouzdana za uklanjanje genetskih bolesti i da će trebati dosta vremena da se sve dvojbe riješe, a tehnologija unaprijedi.

Osijek, siječnja 2017.