

# Genetski modificirana hrana i zdravlje ljudi

---

**Horvat, Paula**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, University of Split, Faculty of science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:852150>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-25**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Science](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



Sveučilište u Splitu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Odjel za biologiju

Paula Horvat

**GENETSKI MODIFICIRANA HRANA I ZDRAVLJE LJUDI**

Završni rad

Split, 2020.

Ovaj rad, izrađen u Splitu, pod vodstvom prof.dr.sc. Jasne Puizine, predan je na ocjenu Odjelu za biologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Splitu radi stjecanja zvanja prvostupnice nutricionizma (univ. bacc. nutr.).

## **IZJAVA**

kojom izjavljujem s punom materijalnom i moralnom odgovornošću da sam završni rad s naslovom Genetski modificirana hrana i zdravlje ljudi izradila samostalno pod voditeljstvom prof.dr.sc. Jasne Puizine. U radu sam primijenila metodologiju znanstvenoistraživačkog rada i koristila literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući navela u završnom radu na uobičajen, standardan način citirala sam i povezala s fusnotama s korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskog jezika.

## Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Splitu

Završni rad

Prirodoslovno-matematički fakultet

Odjel za biologiju

Ruđera Boškovića 33, 21 000 Split, Hrvatska

### GENETSKI MODIFICIRANA HRANA I ZDRAVLJE LJUDI

Paula Horvat

Genetski modificirani organizmi su organizmi promijenjenog genetičkog materijala koji se posljednjih tridesetak godina stvaraju tehnologijom rekombinantne DNA (genetičkim inženjerstvom). U stanicu određenog organizma unosi se gen (fragment DNA) za željenu osobinu koji se može preuzeti od druge srodne ili nesrodne vrste. Nastaju genetički preinačeni (modificirani) organizmi s novim, poboljšanim svojstvima, koji omogućuju napredak u raznim područjima ljudske djelatnosti, posebice u poljoprivredi i biotehnologiji. I dok se produkti genetički modificiranih organizama poput različitih proteina, pametnih lijekova, hormona i cjepiva prihvaćaju bez većih kritika i primjenjuju se u medicini i farmakologiji, uvođenje genetski modificirane hrane u prehranu ljudi u nekim zemljama, posebice u Europi, nailazi na velike otpore i kritike. S ciljem utvrđivanja potencijalnih rizika za zdravlje ljudi, prije izdavanja dozvole za komercijalnu proizvodnju i prodaju, svaki GM kultivar se temeljito testira i uspoređuje sa svojim konvencionalnim ekvivalentom, pa ako se utvrde razlike, rade se daljnja toksikološka i alergološka testiranja. Pritom se osobito vodi računa da se otkriju potencijalno alergeni proteini i drugi spojevi koji bi mogli djelovati toksično odnosno kancerogeno ili uzrokovati rezistentnost na antibiotike. Brojni znanstveni radovi objavljeni su na temu mogućeg rizika od konzumacije GM hrane za zdravlje ljudi. Iako jedan manji broj znanstvenih članaka ukazuje na određene rizike, prvenstveno zbog dugotrajne izloženosti GM proizvodima, ipak, ogroman broj znanstvenih radova ne nalazi dokaze o statistički značajnom riziku za zdravlje ljudi. Svjetska zdravstvena organizacija, stoga, zauzela je stav kako nema dokaza da je GM hrana opasnija za zdravlje ljudi od konvencionalne. Istovremeno više od 170 dobitnika Nobelove nagrade zalažu se za nastavak istraživanja i proizvodnju GM hrane, prvenstveno zbog brojnih koristi koje ta hrana može donijeti, kako onim zemljama koje se bore s

nestašicama hrane, tako i u situacijama gdje GM hrane može unaprijediti zdravlje i opću dobrobit ljudi kao što su povećani unos nutrijenata, eliminacija postojećih alergena i toksičnih komponenti iz hrane te brojne druge prednosti.

**Ključne riječi:** Genetički modificirana hrana (GMO), Rizici konzumiranja GM hrane, Povoljan učinak GM hrane na zdravlje, Alergeni, Toksikološki testovi, Rezistencija na antibiotike

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Rad sadrži:** 28 stranica, 7 grafičkih prikaza, 1 tablica i 29 literaturni navod.

Izvornik je na hrvatskom jeziku.

**Mentor:** Dr. sc. Jasna Puizina, redoviti profesor u trajnom zvanju na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Sveučilišta u Splitu

**Ocjenjivači:** Dr. sc. Jasna Puizina, redoviti profesor u trajnom zvanju na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Sveučilišta u Splitu

Dr. sc. Ivica Šamanić, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Dr. sc. Željana Fredotović, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Rad prihvaćen: 8. rujan, 2020.

## **Basic documentation card**

University of Split

B. sc. Thesis

Faculty of Science

Department of Biology

Ruđera Boškovića 33, 21 00 Split, Croatia

### **GENETICALLY MODIFIED FOOD AND HUMAN HEALTH**

Paula Horvat

Genetically modified organisms are organisms with altered genetic material, which have been developed for nearly three decades using recombinant DNA technology (genetic engineering). Genes (fragments of DNA) containing the desired traits from either a related or unrelated species are introduced into specific organisms, thereby creating genetically changed (modified) organisms with improved features, which in turn enable significant improvements to various areas of human activity, especially in agriculture and biotechnology. While the products of genetically modified organisms, such as various proteins, smart drugs, hormones and vaccines, are generally accepted and applied in medicine and pharmacology without much criticism, in some countries, especially in Europe, the introduction of genetically modified food in nutrition has been met with great apprehension and criticism. Bearing possible health risks in mind, each genetically modified cultivar has to undergo rigorous testing, before a permit for commercial production and distribution is issued. Each genetically modified product is then also compared to its equivalent conventional counterpart, as possible differences lead to further toxicological and allergy testing. Special attention is thereby being paid to discovering potentially allergenic proteins and other compounds, which could act toxic, carcinogenic or even cause resistance to antibiotics. While numerous scientific papers pertaining to the possible health risks of consuming genetically modified food have been published, the large majority of them have not established any evidence of a statistically significant risk to human health. However, a smaller fraction of such scientific papers does highlight certain health risks with regard to the long-term exposure to genetically modified products. Consequently, The WHO has aligned itself with these findings, proclaiming that there has not been any evidence suggesting that genetically modified food is more dangerous than conventional food. Concurrently, more than 170 Nobel Prize laureates support the continuation of the research

and production of genetically modified food, thereby underscoring the numerous benefits, which such food can bring about, especially in countries battling with food shortage. However, there are also situations in which genetically modified food can improve the health and general welfare of humans: an increased nutrient intake, the elimination of existing allergens and toxic compounds, as well as numerous other advantages.

**Keywords:** Genetically modified food (GMO), Health hazards associated with genetically modified food, Health benefits of GM food, Allergens, Toxicological tests, Antibiotic resistance

Thesis deposited in the library of Faculty of Science, University of Split

**Thesis consists of:** 28 pages, 7 figures, 1 table and 29 references

**Original language:** Croatian

**Mentor:** Jasna Puzina, Ph.D. full Professor of Faculty of Science, University of Split

**Reviewers:** Jasna Puzina, Ph.D. full Professor of Faculty of Science, University of Split

Ivica Šamanić, Ph.D. Assistant Professor of Faculty of Science, University of Split

Željana Fredotović, Ph.D. Assistant Professor of Faculty of Science, University of Split

Thesis accepted: September, 8 2020



## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. GLAVNI DIO .....	2
2.1. SELEKTIVAN UZGOJ .....	2
2.2. TESTIRANJE GENETSKI MODIFICIRANE HRANE .....	4
2.2.1. EKVIVALENTNOST U BITNOJ MJERI .....	4
2.3. STAJALIŠTE DRUŠTVA O GMO-u U FARMAKOLOGIJI I PREHRANI .....	5
2.4. ISTRAŽIVANJA POTENCIJALNIH RIZIKA KONZUMIRANJA GENETSKI MODIFICIRANE HRANE .....	6
2.4.1. ALERGENOST .....	6
2.4.2. TOKSIČNOST .....	8
2.4.3. TRANSFER GENA ZA REZISTENCIJU NA ANTIBIOTIKE .....	10
2.4.4. MUTACIJE I KANCEROGENOST .....	12
2.4.5. PRIJENOS GENA NA KONVENCIONALNE BILJKE .....	12
2.4.6. PRIJENOS GENA U STANICE SISAVACA .....	13
2.4.7. KORIŠTENJE BILJNIH VIRUSA KAO PROMOTORA .....	13
2.5. KONTROVERZNE STUDIJE .....	14
2.6. POZITIVNE STRANE GENETSKI MODIFICIRANE HRANE .....	18
2.6.1. NUTRITIVNO OBOGAĆENE NAMIRNICE .....	18
2.6.2. PROIZVODNJA SIGURNIJE HRANE .....	21
3. ZAKLJUČAK .....	24
4. LITERATURA .....	25

# 1. UVOD

Genetski modificirani organizmi su organizmi kod kojih je promijenjen jako mali dio njihovog genetičkog materijala, primjenom tehnologije rekombinantne DNA (genetičko inženjerstvo). Tom metodom postiže se prijenos gena s jednog organizma u drugi. Postupkom prijenosa gena omogućuju se nova, poboljšana svojstva živim organizmima. Mogući je prijenos genetičkog materijala između vrlo različitih vrsta organizama. Naziva se horizontalni ili lateralni prijenos gena, dok je vertikalni prijenos gena onaj s roditelja na potomke (Capak, 2004).

Za određivanje je li neka namirnica genetički modificirana ili nije koriste se tehnika PCR i/ili imunološka reakcija koja detektira prisutnost proteina koji kodira novo ugrađeni gen. Tehnika lančane reakcije polimerazom (PCR) detektira prisutnost određene molekule DNA (Želježić, 2004).

Genetski modificirani organizmi mogu biti bakterije, virusi, životinje (sisavci, ribe, kukci) i biljke. Svrha stvaranja takvih organizama je poboljšanje kvalitete hrane, nutritivne vrijednosti namirnica, unošenje svojstva otpornosti na pesticide i herbicide te, otpornosti na razne bolesti ili okolišne uvjete. Genetski modificirani biljni organizmi koji se uzgajaju su: kukuruz, soja, pamuk, uljana repica, rajčica, krumpir, šećerna repa, riža, pšenica, karanfil, bundeva, duhan, cikorija, lan, dinja i papaja. Danas je gotovo sva proizvedena soja zapravo genetski modificirana soja (Capak, 2004).

Prva genetski modificirana biljka bila je duhan, međutim proizvedena samo za svrhe istraživanja. Nekoliko godina kasnije proizvedena je prva GM biljka i stavljena na tržište u SAD-u. Bila je to rajčica 'Flavr Savr' s novim svojstvom odgođenog truljenja, međutim, budući da nije bila komercijalno isplativa, brzo je povučena s tržišta (Želježić, 2004).


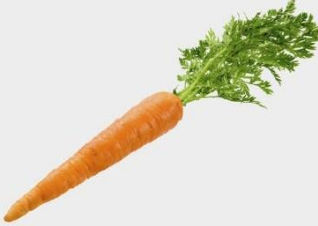


Pri uvođenju nove namirnice ili tehnologije postavlja se pitanje kako će ono utjecati na zdravlje ljudi. Potrebno je provesti veliki broj istraživanja prije nego se namirnica stavi u prodaju. Sa sastavom, štetnim, kao i dobrim, učincima tradicionalne hrane smo upoznati, međutim GM hrana donosi sa sobom mnogo pitanja i sumnji koje treba istražiti, kako bi se postiglo jednako povjerenje potrošača.

## 2. GLAVNI DIO

### 2.1. SELEKTIVAN UZGOJ

Prije nego što su postojali genetski modificirani organizmi, ljudi su također manipulirali genetičkim materijalom određenih biljaka i životinja korištenih u prehrani ljudi. Taj proces naziva se selektivno uzgajanje (Slika 1). Za uzgoj životinja u prehrambene svrhe, ljudi su koristili samo životinje koje su imale poželjne osobine i njihovim razmnožavanjem dobili potomke sa željenim, boljim osobinama. Kao primjer može se navesti uzgoj krava koje daju više mlijeka, dok one koje daju manje nisu se koristile za uzgoj. Biljke su se također koristile u selektivnom uzgoju, tako da su se uzgajale samo biljke koje su dale više plodova ili koje su bile otpornije (Capak, 2004).

Biljke koje danas koristimo u prehrani nekada nisu postojale u tom obliku, neke su čak bile i toksične, pa samim time i neprimjenjive u prehrani. Glavni nedostatak selektivnog uzgoja je taj da ljudi nisu mogli birati određeni gen, niti osobinu za koju su željeli da se naslijedi, nego su se oslanjali na slučajnost. Istovremeno, postupak stvaranja ovog kultivara trajao je prosječno desetak godina. Današnja tehnologija rekombinantne DNA je mnogo brža i može se točno birati osobina koju želimo da organizam ima, pa se u novije vrijeme koristi izraz 'precizna agronomija' (Lewis, 2018).

<p><b>Wild carrot</b> The first carrots were likely cultivated around the 10th century in Asia Minor and were either <b>white or purple</b> with thin, forked roots and a <b>strong flavor</b>.</p> 	<p><b>Modern carrot</b> Carrots today are large, <b>bright orange</b>, and tasty.</p> 
<p><b>Wild corn</b> One of the most standout examples of selective breeding is North American sweet corn, which was bred from the barely edible <b>teosinte plant</b>. Natural corn was first domesticated around 7,000 BC and was thought to have been as <b>dry as a raw potato</b>.</p> 	<p><b>Modern corn</b> The corn we eat now is <b>1,000 times bigger</b> and much easier to grow and peel. A majority of these changes started taking shape after the 15th century, when <b>European settlers</b> started farming it.</p> 
<p><small>SOURCES: Dan L. Perlman/EcoLibrary; "History and Iconography of Eggplant," Chronica Horticulturae; "Tracing antiquity of banana cultivation in Papua New Guinea," The Australia &amp; Pacific Science Foundation; Vox; World Carrot Museum</small></p>	

INSIDER

**Slika 1.** Usporedba davnih predaka i današnjih kultivara. U 10. stoljeću u Aziji uzgajane su mrkve koje se izgledom i okusom razlikuju od današnjih. Tada su bile bijele ili ljubičaste boje, s tankim, razgranatim korijenom i snažnog okusa. Selektivnim uzgojem dobiven je i drugačiji kukuruz od nekadašnjeg. Sjevernoamerički slatki kukuruz bio je puno manji, pa tim i teži za ljuštenje. Prije početka uzgoja divljeg kukuruza smatra se da je bio suh kao sirovi krumpir. (Preuzeto iz <https://imgur.com/gallery/zdm8yre> )

## 2.2. TESTIRANJE GENETSKI MODIFICIRANE HRANE

Prihvaćenost genetski modificirane hrane razlikuje se među raznim državama. U SAD-u je takva hrana dostupnija potrošačima nego u Europi. U Republici Hrvatskoj 2003. godine doneseni su zakoni o regulaciji GMO-a. Odlučeno je da ako hrana sadrži manji udio GMO-a od 0,9 %, što se smatra onečišćenjima, nije potrebno naznačiti da je genetski modificirana. Ako je udio veći od 0,9 %, na proizvodu treba biti naznačeno da sadrži GMO (Jurković i sur., 2010).

Bez obzira na zemlju u kojoj se testiranje obavlja, potrebno je svaki proizvod posebno testirati, da bi bili sigurni u zdravstvenu ispravnost proizvoda i sigurnost konzumiranja.

### 2.2.1. EKVIVALENTNOST U BITNOJ MJERI

Ekvivalentnost u bitnoj mjeri je naziv za postupak kojim se uspoređuje genetski modificirani proizvod s njegovim konvencionalnim ekvivalentom. Taj postupak koristi se da bi se uočile bilo kakve negativne, ali i pozitivne razlike između dva proizvoda. Ako nisu pronađene razlike, namirnica je prihvaćena kao i njezin original (Capak, 2004).

Ako se detektiraju novi proteini koji se razlikuju od onih u konvencionalnom proizvodu potrebno je napraviti daljnja testiranja. Ta testiranja sastoje se od toksikoloških, alergoloških, prehrambenih i mnogih drugih tipova testiranja. Prema tome ekvivalentnost u bitnoj mjeri ne određuje je li je namirnica rizična za konzumiranje ili nije, već se temelji na usporedbi genetički modificirane hrane s njezinim konvencionalnim ekvivalentom. Neki znanstvenici smatraju kako je ta tehnika prikladna za testiranje GM hrane, dok drugi smatraju kako bi se odmah trebalo provoditi detaljnija i dulja biološka, toksikološka i imunološka testiranja (Gaugitsch i sur., 2002).

Genetički modificirana hrana detaljnije je testirana od novih biljaka razvijenih pomoću tradicionalnih uzgojnih tehnika. Ta činjenica objašnjava koliko je veliko nepovjerenje društva prema GM hrani u odnosu na tradicionalnu hranu, koja može sadržavati više štetnih komponenti od GM hrane (Katalenić, 2013).

### 2.3. STAJALIŠTE DRUŠTVA O GMO-U U FARMAKOLOGIJI I PREHRANI

Postupak nastajanja GMO-a također se primjenjuje u medicini i farmakologiji. Koristi se za liječenje genski uvjetovanih bolesti, u ksenotransplantaciji (presađivanje organa i tkiva sa životinja). Također se koristi za proizvodnju: humanog rekombinantnog inzulina, cjepiva protiv hepatitisa B, glukagona, tirotropina, faktora zgrušavanja krvi i mnogih drugih preparata za liječenje raznih bolesti. Primjena tih tehnika u medicini i farmakologiji u potpunosti je prihvaćena u javnosti, međutim velike kontroverze pojavile su se kod stvaranja genski preinačenih biljnih vrsta koje se koriste za prehranu ljudi (Capak, 2004).

Javnost je vrlo skeptična oko konzumiranja GM hrane, zbog negativnih priča u medijima i širenja lažnih informacija. Dodatnu sumnju donijele su afere u kojima rezultati istraživanja pokazuju negativne učinke na zdravlje, međutim studije nisu provedene na način na koji bi znanstveno istraživanje trebalo biti provedeno. Neinformiranost društva također stvara problem kojim dolazi do nepovjerenja u znanost. Sva znanstvena istraživanja pravilno provedena ukazuju da genetički modificirane biljke (kultivari), koje su zadovoljile rigorozne kriterije testiranja, nemaju lošiji učinak na zdravlje čovjeka od konvencionalnih biljnih sorti (Laureates, 2016).

## 2.4. ISTRAŽIVANJA POTENCIJALNIH RIZIKA KONZUMIRANJA GENETSKI MODIFICIRANE HRANE

Društvo sve više proučava hranu koju konzumira, odnosno educira se o namirnicama i kako one utječu na zdravlje. Sve više se teži zdravijem načinu života koji uključuje pravilnu prehranu.

Najveći strahovi u primjeni GM hrane javljaju se zbog mogućnosti pojave alergnosti, toksičnosti ili kancerogenosti produkta ekspresije novog gena, prisutnost gena otpornosti na antibiotike, prijenos gena u ljudske stanice, miješanje s konvencionalnim biljkama ili korištenje biljnih virusa kao promotora (Capak, 2004).

### 2.4.1. ALERGENOST

Jedan od rizika pri konzumaciji genetski modificirane hrane, zbog kojeg se javlja sumnja u ove proizvode i strah od konzumacije, je alergnost. Moguća alergnost rezultat je ekspresije novog gena, odnosno proteina. Prilikom prijenosa gena u novi organizam, koji izvorno pripada alergnoj biljci može doći do prijenosa tog alergena, pa nova biljka također postaje potencijalno alergena. Osim toga, alergnost može uzrokovati i nastanak novog alergena tijekom rekombinacije gena (Capak, 2004).

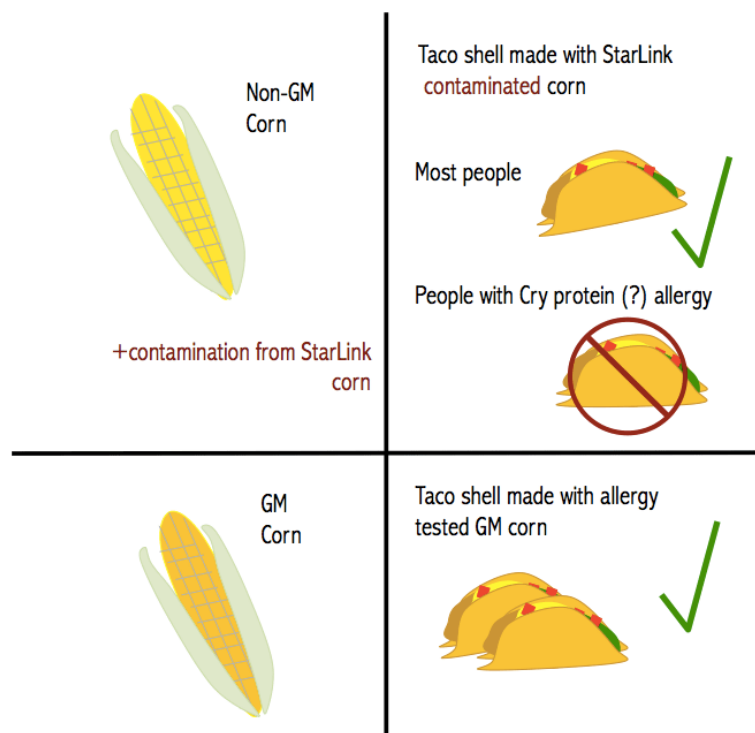
Postoji nekoliko slučajeva u kojima se ostvario prijenos alergena u GM kultivare. Kod soje uočen je deficit metionina, što smanjuje nutritivnu vrijednost soje. Primjenom genetičkog inženjeringa nastala je nova soja, ona s povećanim udjelom metionina. Iz brazilskog oraščića prenesen je gen koji kodira za protein 2S albumin, pa time nastaje više metionina. Zbog proteina 2S albumina brazilski oraščić potencijalni je alergen. Raznim testiranjima dokazano je da je tim prijenosom genetski modificirana soja također biljka koja uzrokuje alergije kod nekih ljudi (Nordlee i sur.,1996).

Zbog toga taj proizvod nije stavljen na tržište i nije uzrokovao nikakvu štetu zdravlju čovjeka (Xu, 2015).

Utvrđena je i alergnost poljskog graška otpornog na pesticide. Pokazalo se da uzrokuje alergijsku reakciju kod miševa, pa je odmah prekinuta proizvodnja takvog graška (Young, 2005).

Proizveden je i kukuruz Starlink koji sadrži protein Cry9C iz bakterije *Bacillus thuringiensis* (Bt). Genetski modificirani kukuruz koji sadrži protein Cry9C proizvedena je samo za prehranu životinja, jer je tom proteinu potrebno puno više vremena da se razgradi u probavnom sustavu, pa samim time stvara veći rizik od pojave alergenosti. Međutim više od 50 ljudi prijavilo je simptome alergijske reakcije kao što su grčevi u trbuhu i svrbež na koži, iako nisu konzumirali GM kukuruz, nego nemodificirani kukuruz. Naknadna istraživanja su pokazala da je genetski modificirani kukuruz namijenjen za prehranu životinja kontaminirao kukuruz namijenjen prehrani ljudi (Slika 2). Ubrzo nakon tih saznanja kukuruz Starlink povučen je s tržišta (Kelam, 2015).

Sva hrana, bez obzira da li je GM ili nije, trebala bi sadržavati oznake svih sastojaka u kojima su navedeni i potencijalni alergeni, da se smanje neželjene posljedice kod ljudi osjetljivih na određenu namirnicu. Često GM hrana sadrži detaljniji opis sastojaka i alergena od konvencionalne hrane. Međutim izbjegava se proizvodnja genetski modificirane hrane koja uključuje gen koji kodira za protein, potencijalni alergen kod ljudi (Xu, 2015).



**Slika 2.** Gornje dvije slike prikazuju proizvodnju tortilja od kukuruza koji nije genetski modificiran, međutim kontaminiran je kukuruzom StarLink. Većina ljudi neće imati negativne reakcije nakon konzumacije takve tortilje, međutim kod ljudi osjetljivih na protein Cry9C pojavit će se simptomi alergijske reakcije. Donje dvije slike prikazuju slučaj tortilje proizvedene od genetski modificiranog kukuruza koji je temeljito testiran, bez prisutnog alergena i siguran za konzumaciju (Preuzeto iz Xu, 2015).



## 2.4.2. TOKSIČNOST

Spojevi toksični za organizam čovjeka mogu se nalaziti u hrani koja nije genetski modificirana, a koju čovjek svakodnevno konzumira. Međutim takvi spojevi trebaju biti u visokim koncentracijama, ili se trebaju često konzumirati da bi štetili zdravlju čovjeka (Slika 3).

Primjer takvog spoja je akrilamid. Nije prisutan u sirovoj hrani, međutim procesom zagrijavanja nekih namirnica dolazi do povećanja koncentracije akrilamida. Najčešće nastaje procesom zagrijavanja hrane koja sadrži škrob, kako bi nastao novi prerađeni proizvod (Rifai i sur., 2020). Novonastali proizvodi s povišenim koncentracijama akrilamida su čips, keks, pekarski proizvodi, žitarice za doručak, ali čak i suho voće te prženi orašasti plodovi (Buljan, 2020).

Osim akrilamida, toksični spojevi prisutni u hrani su policiklički aromatski ugljikovodici (PAH). Nastaju procesom prerade hrane koji uključuje sušenje i dimljenje, osim toga i zagrijavanjem hrane na višim temperaturama, pri pečenju u pećnici i pripremi mesa na roštilju (Scientific Committee on Food, 2002).

Alkohol, odnosno produkt njegovog metabolizma, acetaldehid, također ima toksičan učinak za organizam. Smatra se da negativno utječe na mozak (Didone i sur., 2006).

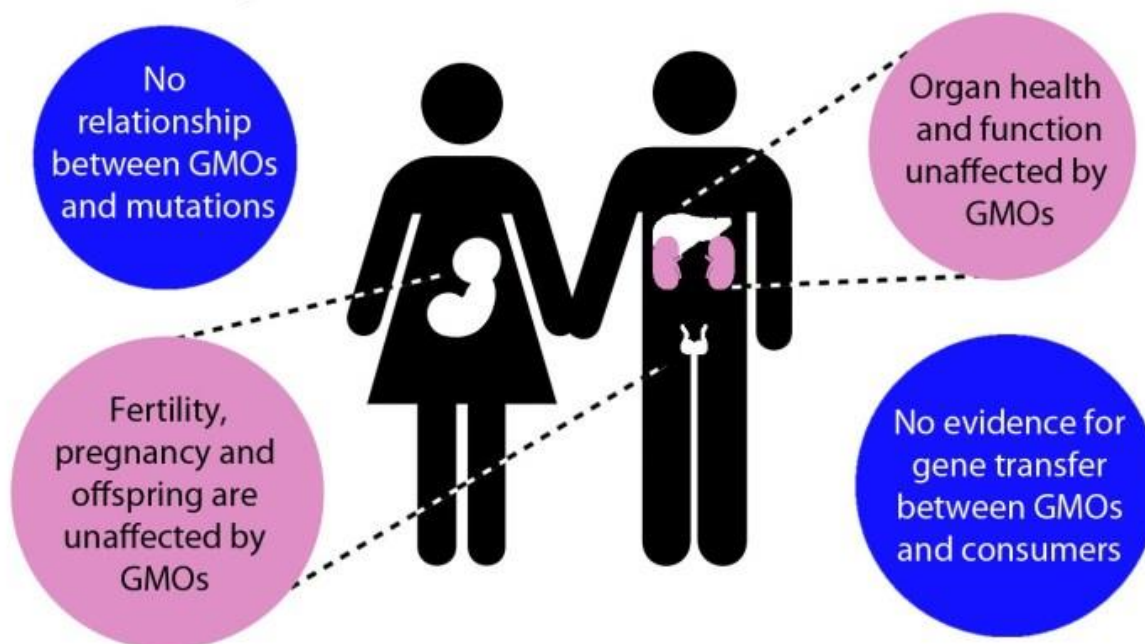
Postoji nekoliko teoretskih mogućnosti prilikom nastajanja GMO-a koji bi mogli povećati toksičnost novonastale biljke. Znanstvenici još nisu u mogućnosti znati na koju lokaciju unutar genoma će se ugraditi novi gen. Ako se novi gen ugradi blizu gena za sintezu toksičnog spoja, to bi potencijalno moglo uzrokovati njegovu pojačanu ekspresiju i moglo bi se sintetizirati više toksičnog spoja. Onemogućena kontrola sinteze toksičnog spoja također predstavlja potencijalnu opasnost za ljudsko zdravlje. Ako se pri ugradnji novog gena oštete regije za regulaciju gena za sintezu toksičnog spoja, moglo bi doći do nekontrolirane sinteze tog spoja. Protein koji se sintetizira zbog novog ugrađenog gena može djelovati s nekim metaboličkim putovima i uzrokovati promjene, odnosno povećati sintezu toksičnog spoja. Nijedna od spomenutih situacija nije uočena kod nastanka genetski modificiranih proizvoda namijenjenih prehrani ljudi. Bez obzira na to, više toksikoloških testiranja vrši se na genetski modificiranoj hrani nego na konvencionalnoj (Želježič, 2004).

Nacionalni institut za toksikološka istraživanja u Seoul-u, Korea proveo je istraživanje utjecaja GM biljaka na zdravlje štakora. Izvršili su podjelu štakora u skupine prema namirnici od koje se sačinjavala njihova prehrana. Grupe su se sastojale od štakora hranjenih GM krumpirom, rajčicom i slatkim paprikom i od onih hranjenih konvencionalnim krumpirom, rajčicom i slatkim paprikom. Da bi dobili pouzdane rezultate nakon smrti štakora vršila su se histopatološka testiranja organa i tkiva štakora. Rezultati histopatološkog testiranja pokazali su da nema uočenih promjena reproduktivnih organa, jetre, bubrega i slezene u štakora hranjenim GM biljkama (Norris, 2015).

Osim istraživanja utjecaja GM hrane na zdravlje roditelja štakora, provedeno je i istraživanje mogućnosti utjecaja GM hrane na zdravlje potomaka. Znanstvenici su pratili 3 generacije štakora hranjene Bt kukuruzom. To je GM kukuruz koji ima ugrađen gen iz bakterije *Bacillus thuringiensis* i ima sposobnost stvaranja endotoksina koji djeluje kao insekticid. Praćen je razvoj testisa kod fetusa, u postnatalnom razdoblju, u razdoblju puberteta i kod odraslih štakora. Rezultati su bili jednaki onima kao i kod štakora čija prehrana nije sadržavala Bt kukuruz, što znači bez negativnih posljedica za zdravlje (Norris, 2015).

Provedeno je istraživanje u kojem se kroz 5 generacija štakora pratila plodnost i gestacijski period majke hranjene GM krumpirom. Praćena je tjelesna težina, razvoj kostiju, očiju i timusa. Nisu zamijećene nikakve promjene (Norris, 2015).

Research by scientists across the world has found:



**Slika 3.** Rezultati toksikološkog istraživanja GM hrane pokazuju da je sigurna za konzumaciju. GM hrana neće utjecati loše na plodnost, trudnoću ili zdravlje potomaka. Zdravlje i funkcija organa nisu oštećeni. Rezultati ne pokazuju povezanost između GM hrane i kancerogenosti, te nema dokaza za transfer gena između GM hrane i čovjeka (Preuzeto iz Norris, 2015).

#### 2.4.3. PRIJENOS GENA ZA REZISTENCIJU NA ANTIBIOTIKE

U procesu nastajanja GMO-a uz gen za željenu osobinu unosi se i gen biljeg (marker) u organizam, koji je ključan za prepoznavanje i odabiranje uspješno transformiranih stanica i obično je, dosad, predstavljao gen za rezistenciju na neki od antibiotika.

([https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal\\_data/sources/files/multimedia/pdfs/acnfparmsfactsheet.pdf?fbclid=IwAR3u-dWt752DHGaxZ5xoz\\_m-blUr18hkZJuJtdkHkOQFBDejFM3nohAoLhw](https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/acnfparmsfactsheet.pdf?fbclid=IwAR3u-dWt752DHGaxZ5xoz_m-blUr18hkZJuJtdkHkOQFBDejFM3nohAoLhw))

Kao gen biljeg najčešće se upotrebljavaju *npt II* koji uzrokuje rezistenciju na kanamicin, neomicin i druge srodne antibiotike. Gen *aad* se također upotrebljava kao biljeg za rezistenciju na streptomycin i spektinomycin. Osim dva navedena gena biljega može se koristiti i gen *hpt* odgovoran za rezistenciju na antibiotik higromicin (Želježić, 2004).

Geni biljezi mogu potencijalno uzrokovati rezistenciju na antibiotike kanamicin i ampicilin. Budući se kanamicin više ne upotrebljava za liječenje ljudi i životinja, otpornost na taj antibiotik neće imati utjecaj na ljudsko zdravlje. Mnogi mikroorganizmi su već ranije, neovisno o GM hrani, razvili otpornost na ampicilin, također i neke bakterije našeg gastrointestinalnog trakta, pa niti ta rezistencija neće uzrokovati velike probleme za zdravlje. Međutim moglo bi uzrokovati probleme ako se gen za rezistenciju, na neki drugi antibiotik bitan za liječenje bolesti, iz GMO-a prenese na bakterije koje uzrokuju bolesti kod ljudi, te se tom mogućem problemu treba dati pozornosti.

[https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal\\_data/sources/files/multimedia/pdf/s/acnfparmsfactsheet.pdf?fbclid=IwAR3u-dWt752DHGaxZ5xoz\\_m-blUr18hkZJuJtdkHkOQFBDejFM3nohAoLhw](https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdf/s/acnfparmsfactsheet.pdf?fbclid=IwAR3u-dWt752DHGaxZ5xoz_m-blUr18hkZJuJtdkHkOQFBDejFM3nohAoLhw)

Budući da postoji teoretski rizik od prijenosa gena za rezistenciju na antibiotike u bakterije debelog crijeva, pa onda i u potencijalno patogene bakterije, provedeno je istraživanje kojim se pratila razgradnja DNA iz genetski modificirane soje. Fragmenti DNA koji dolaze od GM soje uočeni su u gastrointestinalnom traktu ispitanika, ali ne i u fecesu ispitanika. Zbog tih opažanja donesen je zaključak kako se DNA razgradila prolaskom kroz probavni trakt (Želježić, 2004).

Preporučeno je korištenje biljega *npt II*, jer on ne predstavlja rizik za zdravlje čovjeka niti životinja (Czyżewska, 2013).

Unatoč izvršenim ispitivanjima i čvrstim znanstvenim dokazima, još uvijek postoji strah javnosti zbog korištenja gena biljega. Zbog toga znanstvenici osmišljavaju nove načine. Jedan način uključuje ekscizijski vektor, koji bi se ubacio u konstrukt koji se unosi u biljnu stanicu. Taj način omogućio bi izrezivanje gena biljega iz genoma biljke nakon selekcije transformiranih stanica. Drugi način uključuje tDNA vektor pomoću kojeg se u stanicu unose gen biljeg i ciljani gen za željeno svojstvo. Dio stanica ne bi sadržavao gen biljeg, već samo gen za željeno svojstvo i te stanice bi se selektivno potakle na regeneraciju biljke (Želježić, 2004).

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) je napravila podjelu gena prema dopuštenju korištenja za stvaranje GMO-a:

- 1) Sigurni za korištenje i stavljanje na tržište
- 2) Ograničena upotreba samo na svrhe ispitivanja

3) Nije dopušteno za korištenje u svrhu stvaranja GMO-a

([https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal\\_data/sources/files/multimedia/pdfs/acnfparmsfactsheet.pdf?fbclid=IwAR3u-dWt752DHGaxZ5xoz\\_m-blUr18hkZJuJtdkHkOQFBDejFM3nohAoLhw](https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/acnfparmsfactsheet.pdf?fbclid=IwAR3u-dWt752DHGaxZ5xoz_m-blUr18hkZJuJtdkHkOQFBDejFM3nohAoLhw))

#### 2.4.4. MUTACIJE I KANCEROGENOST

Postoji zabrinutost javnosti da je genetski modificirana DNA nestabilna, odnosno da bi moglo doći do pojave mutacija koje su povezane s nastankom karcinoma i nekih drugih bolesti. Da bi se najlakše odredilo može li neki kemijski spoj iz hrane ili lijeka uzrokovati mutaciju koristi se Amesov test. Provedena su istraživanja s GM rajčicom i kukuruzom i nije dokazano da uzrokuju mutacije. Osim Amesovog testa napravljeno je još nekoliko testiranja koristeći druge testove, međutim rezultati su jednaki. Znanstvenicima je dostupan veliki broj testova pomoću kojih je moguće otkriće mutagenosti i kancerogenosti (Norris, 2015).

#### 2.4.5. PRIJENOS GENA NA KONVENCIONALNE BILJKE

Potencijalna opasnost za ljudsko zdravlje uočena je i pri mogućnosti nekontroliranog prijenosa genetskog materijala s genetski modificiranih biljaka na konvencionalne biljne vrste. Prijavljeno je nekoliko takvih slučajeva, gdje je došlo do prijenosa genetskog materijala GM biljke namijenjene za prehranu životinja u biljku za prehranu ljudi. Međutim radilo se o vrlo malim količinama, iako je i to potencijalni rizik za ljudsko zdravlje. Donesen je zaključak kako se GMO za prehranu životinja i korištenje u industrijske svrhe ne bi trebali miješati s konvencionalnom hranom koju konzumiraju ljudi. Također bi se pri uzgoju takvih vrsta trebala primijeniti odgovarajuća separacija agrarnih površina.

([https://www.who.int/foodsafety/areas\\_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/](https://www.who.int/foodsafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/))

#### 2.4.6. PRIJENOS GENA U STANICE SISAVACA

Osim interakcije između GM biljke i konvencionalne biljke, moguća je i interakcija između transgene DNA i ljudske ili životinjske DNA. Smatra se da je pri konzumaciji GMO- a moguć prijenos dijelova DNA iz gastrointestinalnog trakta. Takvi fragmenti DNA pronađeni su kod štakora vezani kovalentnim vezama za njegovu DNA stanice jetre (Capak, 2004).

Međutim, isto tako fragmenti DNA svih mikroorganizama, biljnih i životinjskih organizama koje konzumiramo svaki dan u našoj hrani, na isti način mogu stupiti i stupaju u interakcije s genomom naših stanica.

#### 2.4.7. KORIŠTENJE GENA IZ BILJNIH VIRUSA KAO PROMOTORA

Da bi nastao genetički modificiran organizam, osim gena koji je odgovoran za novo poželjno svojstvo, potreban je i promotor, koji će potaknuti transkripciju tog gena, a koji je najčešće podrijetlom iz biljnog virusa. Za stvaranje biljnih GMO-a najčešće se upotrebljava genetski materijal iz mozaičnog virusa cvjetače (CMV). Potencijalna opasnost postoji da bi pri tome procesu, navedeni promotor mogao aktivirati druge biljne viruse koji bi mogli uzrokovati bolesti usjeva, međutim, ta mogućnost je zanemarivo mala i dosad nije zapažena takva pojava (Kelam, 2015).

## 2.5. KONTROVERZNE STUDIJE

Pokušaji uvjeravanja javnosti o lošem utjecaju GM hrane na zdravlje čovjeka javljali su se od samog početka proizvodnje GM hrane. Tako su u medije plasirani netočni i preuveličani preliminarni rezultati nekih istraživanja, koji nisu prošli redovitu proceduru znanstvene recenzije i objave u znanstvenom časopisu ili su neke studije bile objavljene u znanstvenom časopisu ali su nakon argumentiranih kritika naknadno povučene. U oba slučaja, potpuno neargumentirano, GM hrana optužena je za štetne učinke na zdravlje ljudi, čime je u javnosti izazvan veliki strah i nepovjerenje prema GM hrani.

Jedan od prvih napada na GM hranu napravio je mađarski znanstvenik Arpad Pusztai koji se kao član škotske istraživačke skupine bavio testiranjem prve GM namirnice i njezinim utjecajem na zdravlje ljudi. Hranio je štakore genetski modificiranim krumpirom koji je imao ugrađen gen *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA) iz biljke *Galanthus nivalis*<sup>1</sup>. Zbog novog ugrađenog gena gomolj krumpira mogao je sintetizirati protein lektin, koji je toksičan za neke kukce, te brani biljke krumpira od napada kukaca (Kelam, 2015).

Istovremeno, lektin nije štetan za zdravlje ljudi, te se prirodno nalazi u gotovo svim biljnim namirnicama, posebice u sjemenkama, mahunarkama i žitaricama.

Arpad Pusztai dao je 1998. godine TV intervju u kojem je, prije recenzije i objave znanstvenog članka, javno izjavio da je GM krumpir s dodanim genom za lektin opasan za zdravlje ljudi. Tvrdio je da je u provedenom istraživanju na štakorima otkriveno zaostajanje u rastu, smanjen rad imunološkog sustava i promjena u veličini i funkciji nekih organa (Kelam, 2015).

Navodno su u tom eksperimentu slabije razvijeni mozak, jetra i testisi, te su bila uočena oštećenja timusa i slezene, te promjene u želučanim i crijevnim stanicama (Smith, 2008).

Znanstveni članak na tu temu je bio kasnije objavljen u časopisu Lancet i to samo u formi pisma ('enlg. *Letter*') (Ewan i Pusztai, 1999), ali se u njemu izvijestilo samo o uočenim statistički značajnim razlikama u debljini crijevnog epitela štakora hranjenih genetski modificiranim krumpirom (u usporedbi s onima hranjenim kontrolnom prehranom), te nisu uočene nikakve

---

<sup>1</sup> Visibaba

razlike u rastu ili funkciji imunološkog sustava, niti su se spominjala sva ona druga oštećenja o kojima je Pusztai javno govorio na televiziji.

Ubrzo nakon javne objave rezultata Pusztai je suspendiran i zaplijenjene su sve bilješke i podaci od istraživanja, što je dovelo do različitih reakcija među znanstvenicima, od podrške do kritike. Međutim, mediji su otada nastavili prenositi rezultate tog kompromitiranog istraživanja, koje je uvelike utjecalo na javnost i oblikovalo uglavnom negativno mišljenje ljudi o genetski modificiranoj hrani (Kelam, 2015).

U rujnu 2013. godine, objavljeno je još jedno istraživanje čiji rezultati su navodno ukazali na negativan utjecaj GM hrane na zdravlje štakora. Studija koju je vodio Gilles-Éric Séralini objavljena je u znanstvenom časopisu *Food & Chemical Toxicology*, a u njoj su bili prikazani rezultati djelovanja herbicida glifosata i GM kukuruza otpornog na taj herbicid (oznake NK603), na štakore genotipa Sprague Dawley (Kelam, 2015).

Istraživanje koje uključuje navedeni genetički modificiran kukuruz NK603 provela je nekoliko godina ranije firma Monsanto, koja je proizvela GM kukuruz NK603. Za razliku od istraživanja koje je provela firma Monsanto, u kojem su štakori bili hranjeni GM hranom kroz razdoblje od 3 mjeseca i čiji rezultati nisu pokazali štetan učinak na zdravlje ispitivanih životinja, Séralini i sur. (2013) su proveli istraživanje tijekom kojeg su štakori bili hranjeni GM kukuruzom u trajanju od dvije godine, što znači gotovo njihov čitavi životni vijek.

Rezultati te studije pokazali su pojavu izuzetno velikih tumora kod štakora hranjenih GM kukuruzom (Slika 4) i njihov kraći životni vijek, te su zamijećeni poremećaji u funkciji bubrega i jetre (Czyżewska, 2013).

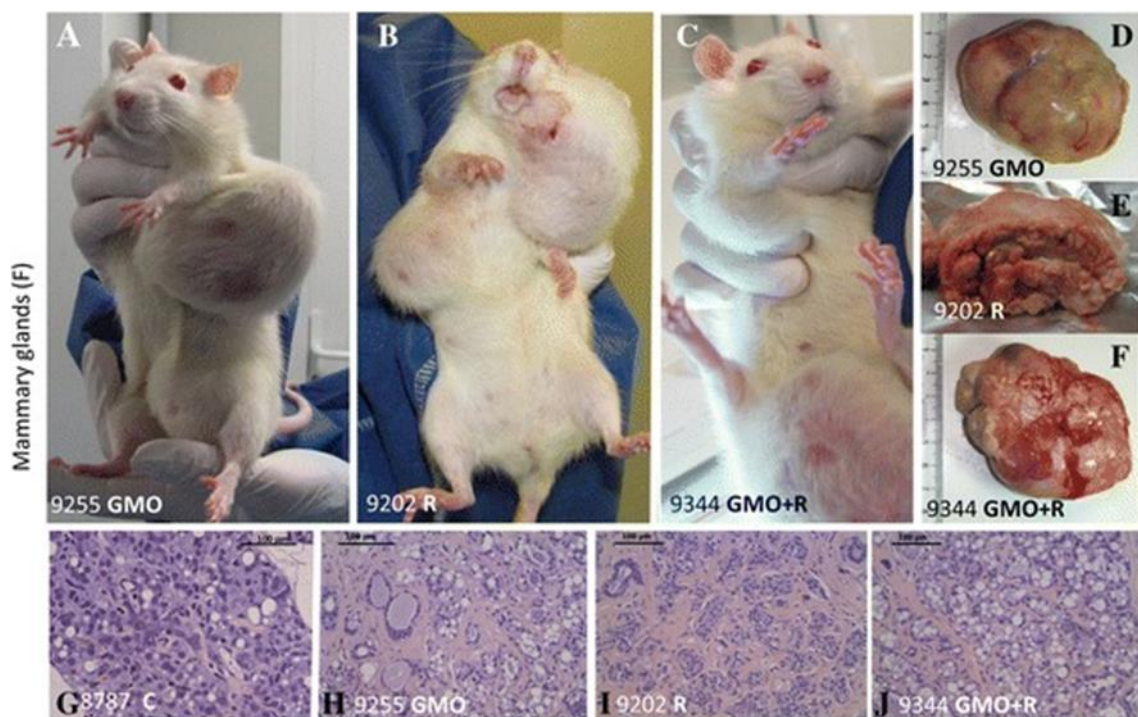
Na dan objave znanstvenog članka organizirana je konferencija za novinare te je napravljen veliki medijski pritisak autora članka s ciljem stvaranja negativnog stava javnosti prema GM hrani.

Usljedile su brojne reakcije znanstvenika. Mnogi su kritizirali članak, ukazujući da je navedene zaključke nemoguće opravdati s obzirom na statističku snagu studije i veličinu ispitivane skupine. Štakori Sprague-Dawley imaju životni vijek otprilike dvije godine i imaju visoki rizik od raka tijekom svog životnog vijeka. Jedno istraživanje zaključilo je da je preko osamdeset posto mužjaka i preko sedamdeset posto ženki razvilo rak u normalnim uvjetima. Osim toga kritiziran



je i nedostatak informacija. Nije poznato kako je regulirana i uravnotežena prehrana životinja, tako da sadrži sve potrebne nutrijente za pravilan razvoj, nije uočena korelacija između doze i odgovora i brojne druge zamjerke (Loening, 2015).

Nakon takvih argumentiranih kritika, godinu dana nakon objave članka, on je povučen iz znanstvenog časopisa Food & Chemical Toxicology. Studija je, međutim, 2014. godine ponovno objavljena u znanstvenom časopisu Environmental Sciences Europe (Seralini i sur. 2014).



**Slika 4.** Slike A,B i C prikazuju pojavu velikih tumora kod sve tri skupine štakora hranjene različitim tipom kukuruza. Slike D,E i F prikazuju tumore izvan tijela štakora, a slike G, H, I i J histološki su prikaz tumora. Slike A,D i H odnose se na štakore hranjene GM kukuruzom, B,E i I na štakore hranjene kukuruzom tretiranim glifosatom, a slike C, F i J na štakore hranjene tretiranim i GM kukuruzom. Slika G predstavlja histološku kontrolu. (Preuzeto od Seralini i sur., 2014.)

Godine 2012. i 2014., Europska komisija naručila je studiju GRACE, a francuska vlada studiju G-TwYST, s ciljem ponavljanja istraživanja mogućeg štetnog učinka kukuruza NK603 uslijed dugotrajne konzumacije tog kukuruza. Istraživanja su vršena na skupinama od 160 životinja, što daje preciznije rezultate. Tijekom istraživanja temeljno je praćeno stanje životinja. Tri životinje razvile su neki oblik bolesti, ali pri kraju svog životnog vijeka, što je uobičajena pojava kao i kod čovjeka. Provedena su česta vaganja životinja, analize urina i krvi, kontrole promjena na koži, krznu ili očima, te je na kraju istraživanja napravljena obdukcija i histopatološka analiza. Oba istraživanja pokazala su da NK603 kukuruz nema štetan utjecaj na zdravlje životinja, zbog čega se ne očekuje niti njegov učinak na zdravlje ljudi (Zeljenkova i sur., 2016).

## 2.6. POZITIVNE STRANE GENETSKI MODIFICIRANE HRANE

Osim korištenja u proizvodnji lijekova i cjepiva, tehnologija rekombinantne DNA omogućuje veće prihode u poljoprivredi, veću količinu hrane za sve mnogoljudniju populaciju, razgradnju otpadnih materijala u manje toksične i još mnoge druge dobrobiti.

U području prehrane omogućuje izoliranje gena koji kodira za protein koji je potencijalni alergen, koristi se za stvaranje kvalitetnijih namirnica koje ne trule brzo kao konvencionalne i imaju bolji nutritivni sastav. Osim toga neke namirnice koje rastu u prirodi toksične za ljude mogu se modificirati u one sigurne za konzumaciju (Hug, 2008).

### 2.6.1. NUTRITIVNO OBOGAĆENE NAMIRNICE

Metoda unošenja gen za novo svojstvo omogućava poboljšanje nutritivnog sastava namirnica (Tablica 1). Genetički modificirana hrana sadržavat će više koncentracije vitamina, nezasićenih masnih kiselina, prebiotika ili probiotika. Konzumiranjem ovih nutritivno obogaćenih namirnica spriječit će se nastanak raznih bolesti (Czyżewska, 2013).

#### PRIMJERI NAMIRNICA

Rajčica s povećanom koncentracijom likopena koji sprječava rak prostate i kardiovaskularna oboljenja (Hug, 2008).

Soja koja sadrži protein alfa-glicin omogućuje sniženje krvnog tlaka kod osoba koje boluju od hipertenzije (Hug, 2008).

Zlatna riža je naziv za genetski modificiranu rižu obogaćenu beta-karotenom, prekursorom vitamina A (Slika 5). Tako modificirana riža sprječava malnutriciju i noćno sljepilo (Czyżewska, 2013).

Razmatra se i razvoj riže s povišenom koncentracijom željeza, zbog sve učestalijih anemija (Mishra i sur., 2011).

Zbog povećanog unosa zasićenih masnih kiselina u odnosu prema nezasićenim masnim kiselinama, znanstvenici su odlučili promijeniti prirodni sastav uljarica. Produkti modifikacije su soja s povećanim udjelom oleinske kiseline i uljana repica bogata stearinskom kiselinom.

Oleinska kiselina je mononezasićena masna kiselina, dok je stearinska kiselina zasićena masna kiselina, ali bez loših utjecaja na zdravlje (Czyżewska, 2013).

Amflora krumpir naziv je za genetički modificirani krumpir koji sadrži visoke koncentracije amilopektina (Czyżewska, 2013).



**Slika 5.** Razlika u izgledu genetski modificirane “zlatne riže” i tradicionalno uzgojene riže.  
(Preuzeto iz [https://sites.google.com/a/cornell.edu/bee3299\\_sustainability-of-rice-a-production/home/golden-rice](https://sites.google.com/a/cornell.edu/bee3299_sustainability-of-rice-a-production/home/golden-rice))

<b>HRANA</b>	<b>DOBORBITI GENETSKI MODIFICIRANE HRANE</b>
Riža	Više koncentracije beta-karotena Više koncentracije željeza
Rajčica	Viši sadržaj suhe tvari Odgođen proces truljenja Intenzivnija aroma Otpornost na viruse
Krumpir	Bogatiji amilopektinom Produkcija ciklodekstrina Otpornost na viruse i krumpirovu zlaticu Niže razine alkaloida
Mlijeko ( kravlje, kozje i ovčje )	Veća tolerancija prema povišenim temperaturama Niže koncentracije laktoze Modificirani sadržaj kazeina
Riba	Brža stopa rasta

**Tablica 1.** Prednosti i povoljni učinci genetski modificirane hrane  
(Preuzeto iz Czyżewska, 2013.)

## 2.6.2. PROIZVODNJA SIGURNIJE HRANE

Mnoge tradicionalne biljne sorte koje rastu u okolini čovjeka mogu biti toksične, međutim može se stvoriti genetički modificirana biljka za konzumaciju u prehrani, bez negativnih posljedica za zdravlje čovjeka.

Primjer takve biljke je leća, *Lathyrus sativus*, rasprostranjena u Indiji i Etiopiji. Konzumacijom leće razvila bi se bolest živčanog sustava zvana latirizam. Zahvaljujući tehnologiji rekombinantne DNA, danas se ta biljka i mnoge druge otrovne biljke mogu konzumirati i doprinose zdravlju čovjeka (Hug, 2008).

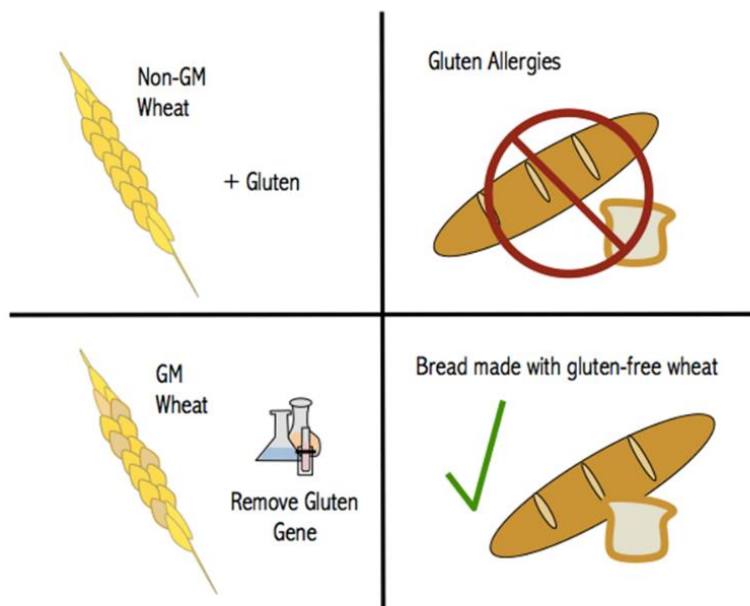
Nekim ljudima zdravlje mogu ugroziti određeni proteini, potencijalni alergeni kao što su gluten i laktoza. Mlijeko zbog toga može postati sigurno za konzumaciju smanjenjem  $\beta$ -laktoglobulina (Czyżewska, 2013).

Danas je sve poznatiji i učestaliji alergen, protein gluten. On se također može ukloniti genetičkim inženjerstvom iz žitarice u kojoj se nalazi, tako da celijakičari<sup>2</sup> mogu konzumirati kruh (Slika 6) bez ovog alergena na koji su osjetljivi (Xu, 2015).

Iz riže je također izbačen alergen protein  $\alpha$ -amilaza. Metoda kojom se postiže izbacivanje gena iz stanice naziva se metoda utišavanja gena (engl. *knockout*) (Želježić, 2004).

---

<sup>2</sup> Osobe koje boluju od celijakije, alergije na protein gluten

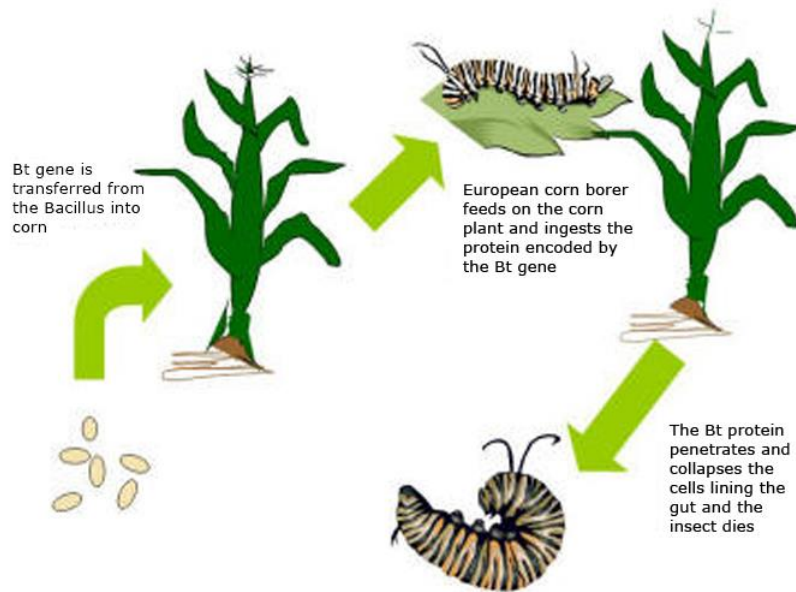


**Slika 6.** Konzumacijom tradicionalne žitarice koja sadrži gluten, osobe alergične na protein razvile bi simptome alergične reakcije. Ako se napravi genetički modificirana žitarica iz koje je uklonjen gen za sintezu proteina glutena, bit će sigurna za konzumaciju kod celijakičara. (Preuzeto iz <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/allergies-and-gmos/>)

## GM KUKURUZ SA SMANJENOM KOLIČINOM MIKOTOKSINA

Bt kukuruz genetski je modificiran kukuruz otporan na štetno djelovanje kukaca (Slika 7). Sadrži ugrađen gen iz bakterije *Bacillus thuringiensis*, koji omogućuje sintezu toksina Bt. Navedeni toksin ima insekticidno djelovanje, sprječava kukce da oštete biljku. Toksin se veže za epitelne stanice u probavnom traktu kukaca i tako ih uništava. Međutim postoje različiti geni koji stvaraju određene proteine (toksine) koji djeluju na posebnu vrstu kukca. Tako gen *cry 1 Ac* stvara protein koji djeluje na rod *Lepidoptera*, gen *cry 3* za rod *Coleoptera*, dok gen *cry 4* za rod *Diptera* (Želježić, 2004).

Dokazano je kako Bt kukuruz sadrži manje količine mikotoksina koji je štetan za zdravlje ljudi i životinja. Mjesta na kojima kukac ošteti zrno kukuruza kod konvencionalnog uzgoja su ujedno i mjesta infekcije patogenih gljivica *Fusarium verticillioides* i *F. proliferatum*. Takav kukuruz biti će inficiran toksinom fumonisinom koji je kancerogen za ljude i izaziva smrtnost kod životinja. Tako da Bt kukuruz osim što nije šprican pesticidima opasnim po zdravlje, onemogućava ulazak kancerogenih spojeva (Kereša, 2013).



**Slika 7.** Prijenos Bt gena iz bakterije *Bacillus Thuringiensis* u stanice kukuruza. Kukuruzni moljac, koji se hrani tradicionalnim kukuruzom, pojesti će genetski modificirani kukuruz s ugrađenim toksinom. Bt protein, koji je toksičan za kukuruznog moljca, uzrokovat će uništenje stanica i crijevnog epitela, pa će insekt uginuti. (Preuzeto iz <https://sites.google.com/site/btmaize/what-is-bt-maize>)



### 3. ZAKLJUČAK

Unatoč kritikama medija i raznih organizacija koje se protive genetski modificiranoj hrani, dokazano je kako nije štetna za zdravlje ljudi. Napravljena su mnogobrojna istraživanja koja potvrđuju tu činjenicu. Genetski modificirana hrana testirana je temeljitije od konvencionalne hrane, pa se prema tome može smatrati vrlo sigurnom za konzumaciju. Sve veće nepovjerenje ljudi u znanost stvara problem i usporava proces napretka. Komunikacija znanstvenika s društvom vrlo je važna. Sve više istraživanja GM hrane bit će provedeno, koja će možda i promijeniti percepciju društva o GM hrani i smanjiti otpor. Bitno je razumjeti da je znanost na strani čovjeka i usavršava nove tehnike koje pridonose poboljšanju zdravlja. Potrebno je provoditi sve više istraživanja koji donose nova saznanja o GMO-u. Rezultati koji pokazuju prisutnost nekog alergena ili toksičnog spoja u GM hrani ne znači da je taj oblik hrane loš, već da treba napraviti neke promjene na namirnici, kako bi ona bila sigurna i pridonijela zdravlju čovjeka. Potreban je dugi proces kako bi se usavršila neka nova tehnika i moguće su određene greške na putu, bez kojih napredak nije moguć.

## 4. LITERATURA

Buljan I (2020.) Genetički modificirana hrana. Završni rad. Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet

Capak, K (2004). GMO zdravlje. *Medix*, 10 (53), 23-26.

Czyżewska K, Grzelak T, Kramkowska M (2013.) Benefits and risks associated with genetically modified food products. *Ann Agric Environ Med*. 20(3): 413–419.

Didone V, Quertemont E ( 2006.) Role of Acetaldehyde in Mediating the Pharmacological and Behavioral Effects of Alcohol. Vol. 29, No. 4, 258-265.

Ewen SW, Pusztai A (October 1999). Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet*. 354 (9187): 1353-4. doi:10.1016/S0140-6736(98)05860-7. PMID 10533866

Gaugitsch H, Kaitna M, Karner S, Spok A ( 2002.) Evaluating Substantial Equivalence – A step towards improving the risk/safety evaluation of GMOs Vol. 32

Hug, K (2008). Genetically modified organisms: Do the benefits outweigh the risks?. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*. 44. 87-99.

Jurković Z, Miloš S, Mrša V i Knežević D (2010). Pregled problematike genetski modificiranih organizama u Europskoj uniji i Republici Hrvatskoj. *Krmiva*, 52 (2), 113-121.

Katalenić M (2013.) Studija o GMO vijeće za GMO-Sigurnost i Nesigurnost hrane koja potječe od GMO

Kelam I (2015.) Genetički modificirani usjevi kao bioetički problem. Pergamena, knjiga 29.

Kereša S, Pejić I ( 2013.) Studija o GMO vijeća za GMO-GMO i oplemenjivanje poljoprivrednog bilja. 12.-24.

Kuntz M (2019.) The Seralini Affair-The dead-end o fan activist science.  
Fondapol.org

Laureates (2016.) Laureates letter supporting precision agriculture (GMOs)  
[https://www.supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter\\_rjr.html](https://www.supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter_rjr.html)

Lewis T (2018.) Here's what fruits and vegetables looked like before we domesticated them. Science alert <https://www.sciencealert.com/fruits-vegetables-before-domestication-photos-genetically-modified-food-natural>

Loening (2015.) U.E. A challenge to scientific integrity: a critique of the critics of the GMO rat study conducted by Gilles-Eric Séralini et al. (2012). Environ Sci Eur 27, 13.

Mishra S, Nanda S, Singh RB Singh RK, Verma C (2011.) A Review on Impacts of Genetically Modified Food on Human Health. The Open Nutraceuticals Journal. 4,3-11

Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. (1996.) Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. N Engl J Med. 334(11):688-692.

Norris LM (2015.) Will GMOs Hurt My Body? The Public's Concerns And How Scinetists Have Addressed Them <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/will-gmos-hurt-my-body/>

Rifai L, Saleh F (2020). A Review on Acrylamide in Food: Occurrence, Toxicity, and Mitigation Strategies. *International Journal of Toxicology*, 39. 109158182090240. 10.1177/1091581820902405.

Scientific Committee on Food (2002.) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons – Occurrence in foods, dietary exposure and health effects. A5-A190

Séralini GE, Clair E, Mesnage R,(2014.) Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Environ Sci Eur.* 26(1):14.

Smith J (2008.) Seeds of Deception, *Metaphysica* 13.-19.

The Advisory Committee On Novel Foods And Processes (2002.) The use of antibiotic resistance marker genes in GM plants

[https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal\\_data/sources/files/multimedia/pdfs/acnfparmsfactsheet.pdf?fbclid=IwAR3u-dWt752DHGaxZ5xoz\\_m-blUr18hkZJuJtdkHkOQFBDejFM3nohAoLhw](https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/acnfparmsfactsheet.pdf?fbclid=IwAR3u-dWt752DHGaxZ5xoz_m-blUr18hkZJuJtdkHkOQFBDejFM3nohAoLhw)

Želježić D (2004.) Genetički preinačeni organizmi u hrani-proizvodnja, detekcija i moguće opasnosti. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 55(4), 301-312

WHO (2014.) [https://www.who.int/foodsafety/areas\\_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/](https://www.who.int/foodsafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/)

[https://en.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9ralini\\_affair](https://en.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9ralini_affair)

Xu C (2015.) Nothing to sneeze at: the Allergenicity of GMOs

<http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/allergies-and-gmos/>

Young E ( 2005.) GM pea causes allergic damage in mice.

<https://www.newscientist.com/article/dn8347-gm-pea-causes-allergic-damage-in-mice/>

Zeljenková D, Alacova R, Ondrejková J, Ambrušová K, Bartušová M, ( 2016.)  
One-year oral toxicity study on a genetically modified maize MON810 variety in  
Wistar Han RCC rats (EU 7th Framework Programme project GRACE). Archives  
of Toxicology, Springer Verlag, 90 (10)