

# Genetske modifikacije pamuka - sadašnje stanje i budućnost

---

**Grubišić, Katarina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

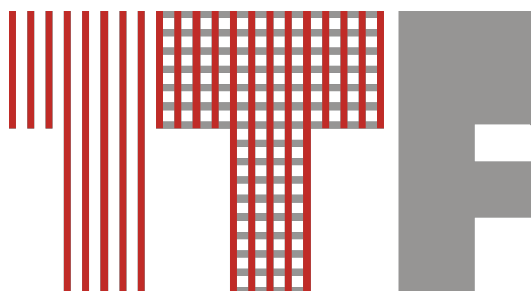
**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:872839>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO - TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**ZAVRŠNI RAD**  
**GENETSKE MODIFIKACIJE PAMUKA – SADAŠNJE STANJE I**  
**BUDUĆNOST**

**Katarina Grubišić**

**Zagreb, lipanj 2024.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO - TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila**

**ZAVRŠNI RAD**  
**GENETSKE MODIFIKACIJE PAMUKA – SADAŠNJE STANJE I**  
**BUDUĆNOST**

**Mentor: izv. prof. dr. sc. Maja Somogyi Škoc**

**Student: Katarina Grubišić**

**0117233257**

**Zagreb, lipanj 2024.**

*Hvala mojoj obitelji, rodbini, prijateljima i svima ostalima koji su me podržali kroz studij.*

*Hvala mentorici izv. prof. dr. sc. Maji Somogyi Škoc na prenesenom znanju, pomoći i sugestijama prilikom pisanja rada.*

Završni rad je izrađen na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu, na Zavodu za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila.

**Rad sadrži:**

Broj stranica: 31

Broj tablica: 0

Broj slika: 11

Broj formula: 0

Broj literaturnih izvora: 33

**Članovi povjerenstva:**

1. Izv. prof. dr. sc. Ružica Brunšek
2. Izv. prof. dr. sc. Maja Somogyi Škoc
3. Izv. prof. dr. sc. Renata Hrženjak
4. Prof. dr. sc. Edita Vujasinović

Rad je pohranjen u knjižnici Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Prilaz baruna Filipovića 28a.

# SADRŽAJ

## 1. UVOD

1. UVOD.....	7
2. GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI .....	8
2.1. Povijesni razvoj GMO-a .....	9
2.2. Prednosti i nedostaci genetski modificiranih biljaka .....	10
3. GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI I RIZICI .....	12
3.1. Koje karakteristike GMO-a izazivaju najviše zabrinutosti u javnosti?.....	12
4. METODE GENETSKIH MODIFICIRANIH ORGANIZAMA .....	14
4.1. Metode prepoznavanja.....	14
4.2. Metode detekcije .....	14
5. BIOSIGURNOST I GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI .....	15
5.1. Protokol o biološkoj sigurnosti.....	16
6. GENETSKE MODIFIKACIJE VLAKANA .....	18
6.1. Genetski modificiran pamuk .....	18
6.2. Rasprostranjenost Bt pamuka.....	20
6.3. Mehanizam djelovanja genetski modificiranog pamuka .....	21
6.3. Uzgoj genetski modificiranog pamuka .....	23
7. ZAKONODVSTVO O GMO-U U SVIJETU, EU .....	24
7.1. Zakonodavstvo o GMO-u u svijetu.....	24
7.2. Zakonodavstvo o GMO-u u EU.....	24
8. GMO-BUDUĆNOST .....	25
9. PREDNOSTI I NEDOSTACI MODIFICIRANOG PAMUKA.....	26
10. ZAKLJUČAK .....	28
11. Literatura .....	29

## SAŽETAK

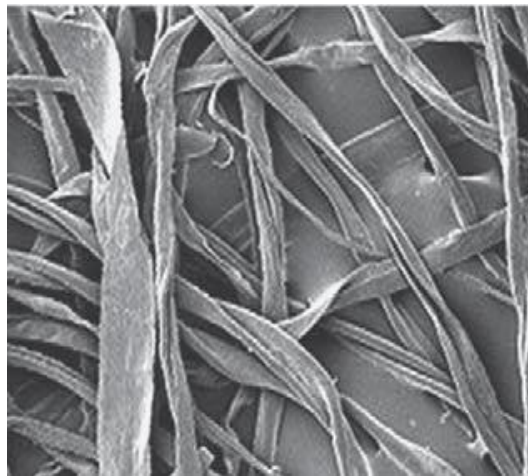
U ovom završnom radu dan je pregled uzgoja genetski modificiranog pamuka, s osvrtom na sadašnje stanje i njegovu budućnost. U Europskoj uniji je do prosinca 2018. godine izdano ukupno 111 odobrenja za korištenje genetskih modifikacija kod pet biljnih vrsta (pamuk, kukuruz, uljana repica, soja i šećerna repa). Također, Europska unija je do prosinca 2018. godine izdala odobrenja i za 12 sorti pamuka namijenjenih ishrani ljudi i životinja, kao i za dobivanje različitih proizvoda od pamuka koji imaju drugu namjenu pored ishrane, izuzev uzgoja. Pri tome jedna sorta pamuka ima otpornost na herbicide i uz to ugrađen selekcionni marker, dvije sorte imaju otpornost na određene insekte iz reda Lepidoptera i ugrađene selekzione markere, jedna sorta pamuka ima kombinaciju otpornosti na određene insekte iz reda Lepidoptera zahvaljujući ugrađenom cry1Ac genu, kao i na herbicid glifosat zahvaljujući cp4 epsps genu, tri sorte pamuka imaju samo otpornost na herbicide i sl. Obzirom na činjenicu da se na temu genetski modificiranih organizama (GMO) vode dugotrajne rasprave oko njihovog utjecaja na zdravlje ljudi u ovom radu nastojati će se što realnije i detaljnije sagledati prednosti i nedostatke genetski modificiranog pamuka.

*Ključne riječi: pamuk, Bt pamuk, genetske modifikacije vlakana, GMO pamuk*

## 1.UVOD

Pamuk je široko rasprostranjeno i najzastupljenije prirodno vlakno koje izrasta iz sjemenke istoimene biljke. Pod mikroskopom je vidljiv njegov karakterističan oblik blago uvijene vrpce širine od 12 do 20  $\mu\text{m}$  (sl.1), a duljina mu varira između 10 i 60 mm (u pravilu od 22 do 33 mm), ovisno o vrsti biljke. To je fino, mekano i podatno vlakno - u pravilu bijele i bež boje, premda postoje i vrste pamuka koji daju obojena vlakna (tzv. obojeni pamuci).

Svrstava se u vlakna srednje čvrstoće (3 -5 cN/dtex), koja se povećava u mokrom stanju (3,3 – 6 cN/dtex); dobre je istežljivosti (15 – 25 % pri prekidu) i savitljivosti, što osigurava dobru preradivost vlakana u pređe i složenije tekstilije raznovrsnih konstrukcija, za vrlo različite namjene. Općenito uzevši, pamuk kao celulozno vlakno pokazuje dobru kemijsku otpornost na organska otapala i alkalije, a otpornost na djelovanje kiselina je slaba. Vlakno je relativno otporno na različite utjecaje iz okoliša, ali je dobra hranidbena podloga za bakterije i plijesni koje ga razaraju, naročito u vlažnom i toplom okružju. Pamučni proizvodi nisu skupi, lako se održavaju pranjem i glačanjem, premda su primjenjivi i svi ostali postupci njege [1].



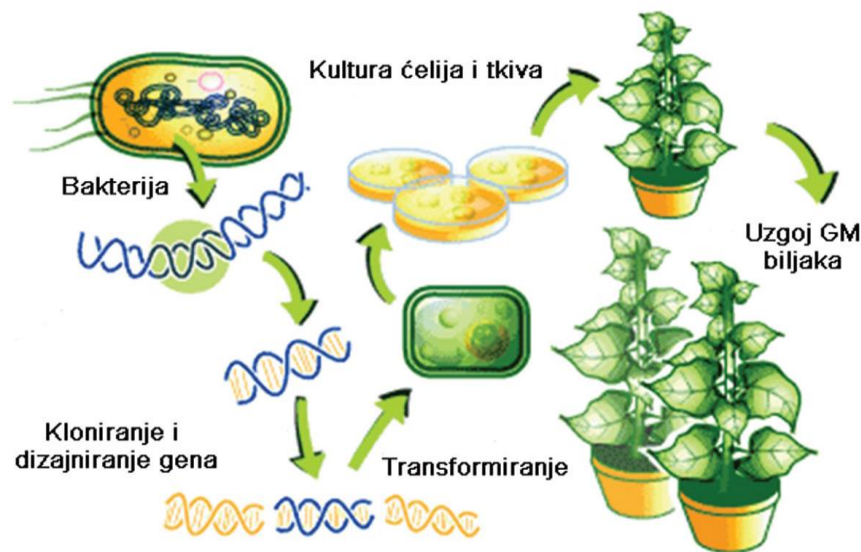
Slika 1: Prikaz Pamučnog vlakna [2]

Osim prije spomenutog „klasičnog“ pamuka danas se sve više uzgaja genetski modificirani pamuk., tj. Bt pamuk. Najkraće rečeno, Bt pamuk je genetski modificirani (GM) pamuk, otporan na glavne vrste insekata koji napadaju pamučnu biljku tijekom uzgoja, tj. u različitim fazama rasta i razvoja. Dobiven je transgenetskom modifikacijom pamučnog genoma kojom je u biljci potaknuta tvorba proteina koji je otrovan za glavne vrste insekata koji napadaju pamuk. Zamjena konvencionalnog uzgoja pamuka uzgojem Bt pamuka, time bi trebala rezultirati smanjenjem potreba za golemom količinom pesticida, osobito insekticida, koja se diljem svijeta troši u uzgoju pamuka [3].



## 2. GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI

Genetski modificirani organizmi (GMO) jesu organizmi koji sadrže jedan ili više gena koji se u njih umjetno unose u laboratorijama, metodama genetskog inženjerstva, pri čemu se geni uzimaju od druge, nesrodne ili čak sasvim udaljene vrste. Pod genetski modificiranim organizmima podrazumijevaju se oni organizmi kojima je genom izmijenjen na način koji se nikada ne bi dogodio klasičnim razmnožavanjem ili prirodnom kombinacijom postojećih gena u okviru vrste, odnosno na način koji se nikada ne bi dogodio u prirodi. Genske konstrukcije kojima je izmijenjen genom domaćina najčešće potiču od udaljenih ili sasvim nesrodnih vrsta, čime se poništavaju sve prirodne granice u prirodnom genskom tijeku izmjena nasljednih informacija. Dakle, GMO u svom genetskom materijalu nose stabilno inkorporirane strane DNK sekvence, gene, koje su prisutne u nukleusu (ili u organelama) stanica transgene jedinke i koje se prenose na potomstvo prema općim zakonima nasljeđivanja [4].



Slika 2: Postupak dobivanja GMO biljaka [5]

Genetski modificirani organizmi dobivaju se metodom poznatom kao genetsko inženjerstvo ili tehnologija rekombinirane DNK, koja predstavlja skup tehnika kojima se prenose funkcionalni geni u neki organizam s ciljem produkcije organizama s novim osobinama. Genetičko inženjerstvo (tehnologija rekombinirane DNK ili moderna biotehnologija) uključuje cijeli niz tehnika kojima je moguće identificirati određeni gen u genomu neke vrste, izolirati ga, klonirati, odrediti mu precizan redoslijed nukleotida, promijeniti ga, te ugraditi u genom iste ili neke

druge vrste. Genetsko inženjerstvo podrazumijeva korištenje suvremenih i visoko sofisticiranih metoda za uvođenje novih karakteristika mikroorganizmima, biljkama i životinjama. Za razliku od drugih metoda genetskih poboljšanja, primjena ove tehnologije striktno je utvrđena, zbog čega genetski modificirani organizmi ili hrana koja je dobivena kao proizvod iz GMO-a ili koja sadrži GMO mogu biti stavljeni na tržište isključivo nakon što su autorizirani na bazi detaljne procedure. Ova procedura bazirana je na naučnom pristupu procjene rizika koji oni predstavljaju za zdravlje ljudi, okoliš i bioraznolikost [6].

## 2.1. Povijesni razvoj GMO-a

Genetski modificirani organizmi su prvi put dobiveni 70-ih godina 20. stoljeća. Prvu primjenu našli su u proizvodnji humanog inzulina zamijenivši tako nedovoljnu proizvodnju goveđeg inzulina. Međutim, iako je ovim spriječena velika „farmakoterapijska“ kriza, genetski modificirani organizmi nisu izazvali pažnju šire javnosti jer su na jednostavan način ušli u medicinu, poljoprivredu i svakodnevnu upotrebu. Pažnju i strah GMO-i su privukli tek medicinskom upotrebom produkata krvi kontaminiranih virusima HIV-a i hepatitisa B, što je dovelo i do prvih žrtava. Nakon toga su nastali strahovi u vezi s pojavom epidemije „kravljeg ludila“. Iako GMO-i nisu bili povezani s ovim slučajevima, u javnosti je stvoren strah od GMO-a i genetskih manipulacija uopće. U svakom slučaju kontrola kvaliteta, zdravstvena ispravnost i dostupnost hrane, kao i zdravlje ljudi među najvećim su brigama današnjice, zbog čega javnost treba imati posebnu ulogu u donošenju odluka koje se tiču ove problematike [7].



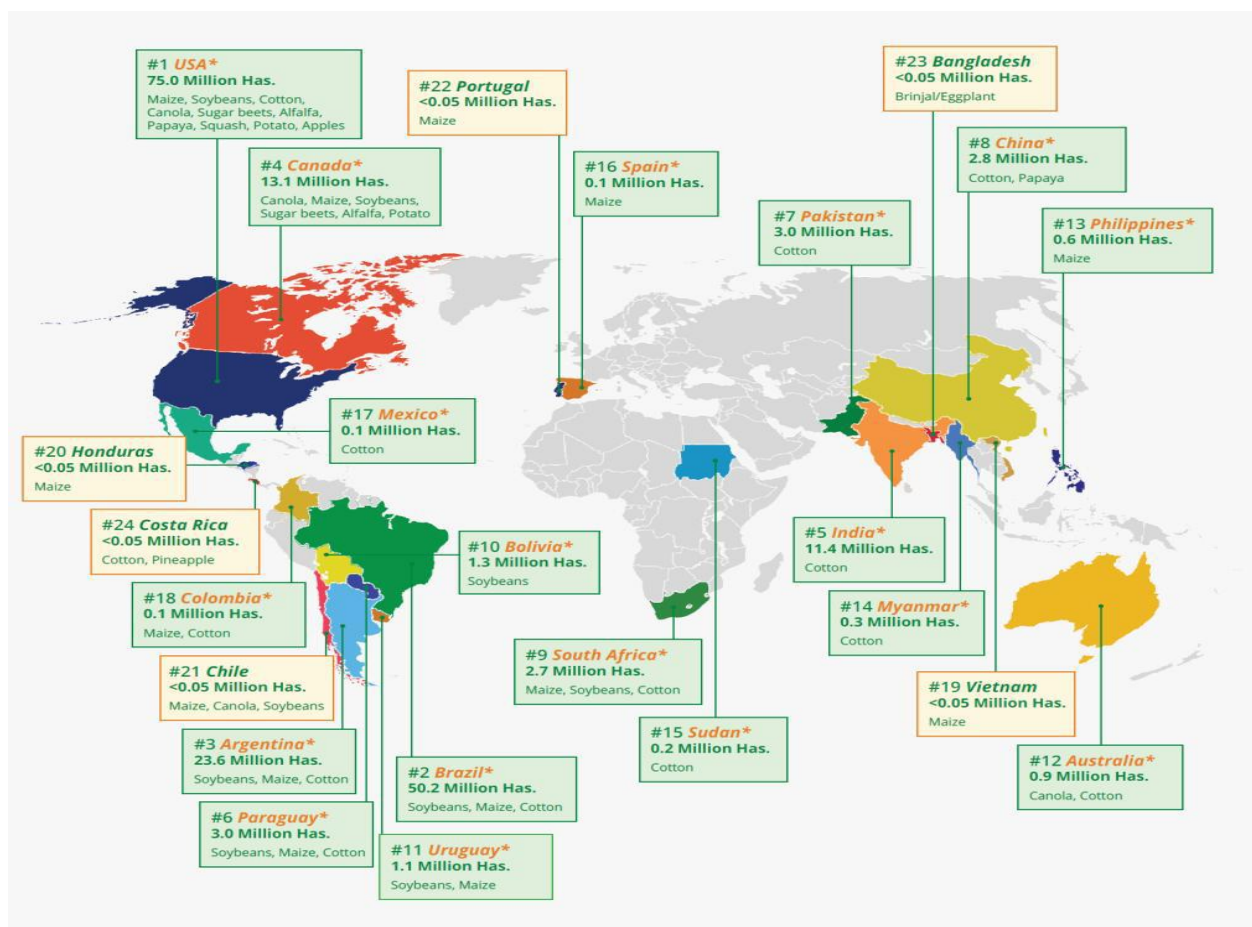
Slika 3: Genetski modificirana hrana [8]

## **2.2. Prednosti i nedostaci genetski modificiranih biljaka**

Dok jedni očekuju da će tehnologija genetske modifikacije biljaka unijeti mnoge pozitivne promjene za ljudski život, te značajno podići i unaprijediti kvalitetu življenja otvarajući neslućene perspektive, drugi izražavaju otvoren strah pred mogućim posljedicama prebacivanja gena iz organizma u organizam, probijanjem svih prirodnih prepreka. Prema prvima, riječ je o revolucionarnom koraku za dobrobit čovječanstva, jer oni vide GM hranu kao argument s velikim potencijalom i od velike važnosti u borbi protiv nedovoljne količine hrane i gladi za stalno rastuću populaciju ljudi u svijetu. Pri tome, u prvi plan ističu činjenice da dalje povećanje proizvodnje hrane mora doći iz povećanih prinosa na ograničenim zemljišnim površinama, pošto su genetski potencijali za prinos najvažnijih uzgajanih biljaka već skoro dosegnuti u konvencionalnim programima selekcije. Zagovornici GM tehnologije ističu da molekularna biologija i njene beskrajne mogućnosti u rekombinaciji gena, tih najsavršenijih oblika materije koji su mogli biti stvoreni u prirodi, pružaju današnjem čovjeku neograničene mogućnosti u stvaranju novih, pogodnijih organizama, te novih sorti i hibrida uzgajanih biljaka, kao i novih sojeva korisnih mikroorganizama. Genetski modificirani organizmi pružaju, također, neograničene mogućnosti u popravljajući bioloških i proizvodnih mogućnosti brojnih vrsta biljaka za dobrobit čovjeka. Neslućene mogućnosti koje ova tehnologija pruža u proizvodnji hrane, prehrambenoj tehnologiji, humanoj medicini, veterini i zaštiti bilja, kao i u oblasti bioenergije, otvaraju mogućnosti za nalaženje efikasnijih rješenja najvažnijih problema suvremenog čovječanstva. Osim toga, intenzivno se istražuju mogućnosti stvaranja novih transgenih biljaka koje bi davale hranu obogaćenu novim hranljivim sastojcima, pa čak i hranu koja bi istovremeno bila i lijek. Kada je riječ o protivnicima genetski modificirane hrane, kao i onima koji nisu u potpunosti protiv takve ideje, ali zagovaraju vrlo oprezno postupanje, argumenti se odnose na utjecaj ovakve hrane na ljudsko zdravlje, što nije dovoljno ispitano, niti je dokazano da je tako nešto nesumnjivo bezopasno. Također, spominju se i mogući negativni utjecaji na prirodno okruženje i promjene ekosistema, ali i razne „moralne“ dileme. Iako zagovornici genetski modificirane hrane tvrde da opasnost po zdravlje ne postoji, znanstvenici suprotnog mišljenja upozoravaju da je prošlo premalo vremena od početka uzgajanja i korištenja genetski modificiranih vrsta i da je otvoreno pitanje kakvi će biti rezultati na duže staze.

Utjecaj na prirodno okruženje i ekosisteme je nešto bolje istražen, pri čemu je već sada moguće reći da on može biti negativan, jer se mogu ugroziti pojedine prirodne vrste, bilo zbog njihove povećane smrtnosti, bilo zbog njihovog prirodnog (spontanog) križanja s genetski

modificiranim vrstama. Tako je, npr., istraživanjima u SAD-u i Velikoj Britaniji utvrđeno da se smrtnost nekih insekata povećava u blizini polja na kojima se uzgajaju genetski modificirane biljke, iako su objavljeni i radovi u kojima se to negira. Razne „moralne“ dileme koje protivnici GMO-a ističu u prvom redu su u vezi s opasnošću od „poigravanja granicama koje je priroda ili božanska ruka postavila“, te odnosom bogatih i siromašnih država i ulogom koju multinacionalne korporacije mogu odigrati u produbljivanju ionako već postojećeg predubokog jaza. Protivnici GMO-a ovu tehnologiju smatraju potencijalnom i sasvim realnom opasnošću, koja prijeti ljudskom okolišu, a može i stvoriti monstruozne organizme. Oni GM hranu smatraju i nedovoljno usavršenom i ispitanom što se tiče utjecaja na ljudsko zdravlje i okoliš [9].



Slika 4 : Pregled država u kojima su uzgajane GM biljke u 2017. godini [10]

### **3.GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI I RIZICI**

Procjena rizika od GMO-a obuhvaća niz analiza na osnovu kojih se procjenjuje zdravstvena ispravnost i ekološka prihvatljivost svake pojedinačne sorte ili hibrida GM biljaka. Procjena rizika obavlja se prije nego što se dopusti ograničena upotreba GMO-a ili komercijalni uzgoj svake pojedine sorte ili hibrida GM biljaka i/ili dozvoli unošenje na tržište proizvoda od određene sorte ili hibrida GM biljaka. Osnovni princip pri izradi procjene rizika je „da se ocjenjuje individualni GMO, a ne tehnologija”, zbog čega je neophodno da nužna procjena rizika bude izvedena prema principu „slučaj po slučaj“, što znači da se uvijek ispituje pojedinačni GMO. Također, prilikom izrade procjene rizika neophodno je da se slijedi pristup „korak po korak“, što znači da se svaki GMO uvijek prvo ispituje od faze ograničene upotrebe koja podrazumijeva testove u zatvorenim sistemima, laboratorijama i staklenicima, nakon čega u slučajevima pozitivne procjene rizika u zatvorenim sistemima slijedi faza ispitivanja u okolišu koja obuhvaća poljske ogleda. Ako ispitivani GMO dobije pozitivnu procjenu rizika i dođe do njegovog odobravanja, zakonom se propisuje i obaveza stalnog monitoringa mogućih štetnih učinaka na okolinu i na zdravlje ljudi poslije njegovog unošenja na tržište ili namjernog uvođenja u okoliš. Istraživanja u „procjeni rizika“ uključuju: analizu stabilnosti genetske promjene, analizu potencijalne toksičnosti i alergnosti novog proteina/metabolita, analizu nutricionističkog sastava, analizu utjecaja na biokemijske procese, analizu promjene poljoprivredne prakse i njene potencijalne posljedice, analizu utjecaja na ciljane i druge organizme, analizu širenja u okolini, analizu mogućnosti prijenosa genetske promjene u genom srodnih divljih vrsta, potencijalne štetne posljedice i dr. [11].

#### **3.1. Koje karakteristike GMO-a izazivaju najviše zabrinutosti u javnosti?**

Iako procjene zdravstvene ispravnosti obuhvaćaju vrlo široki spektar analiza, najviše pažnje posvećuje se: alergnosti, toksičnosti, mogućnosti nepoželjnog prijenosa određenih gena i ukrštanju GM usjeva s konvencionalnim usjevima ili srodnim divljim vrstama, pošto ove potencijalne karakteristike GMO-a i izazivaju najviše zabrinutosti u javnosti.

Alergenost - nastoji se izbjegavati prijenos gena iz organizma za koje se zna da su alergeni, osim ako se ne dokaže da proteinski proizvod prenesenog gena nije alergen. Iako se alergenost plodova i drugih jestivih dijelova različitih biljaka koje su proizvedene na tradicionalni način ne istražuje, Organizacija za hranu i poljoprivredu UN-a (FAO) i Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) razradile su protokole za testiranje namirnica dobivenih iz GMO-a. Prema

njihovim izvještajima, za sada nisu utvrđene alergijske reakcije na GM namirnice koje su trenutno na tržištu. Međutim, neke namirnice koje su dobivene od GMO-a, a za koje je utvrđeno da imaju alergeni učinak, povučene su s tržišta. Primjer za to je povlačenje s tržišta hibrida kukuruza „*Star Link*” u SAD-u 2000. godine, za koji je utvrđeno da je kod izvjesnog broja osjetljivih osoba prouzrokovao pojavu alergijskih reakcija.

Toksičnost - genetskim modifikacijama dolazi do izmjena određenih biokemijskih procesa u domaćinu. Zbog toga postoji mogućnost da neki od produkata metabolizma postanu toksični ili pak da se nekontrolirano poveća proizvodnja postojećeg toksina, zbog čega se pri procjeni zdravstvene ispravnosti svakog pojedinačnog GMO-a ovoj potencijalnoj mogućnosti posvećuje posebna pažnja.

Horizontalni prijenos gena i moguće stvaranje rezi-stentnosti prema pojedinim antibioticima - Postoji izražena bojazan da bi potencijalni prijenos određenih gena iz GM namirnica u ćelije našeg organizma ili u bakterije u našem probavnom sistemu (tzv. *horizontalni prijenos gena*) mogao nepovoljno utjecati na ljudsko zdravlje. U tom kontekstu posebno zabrinjavaju geni za otpornost na pojedine antibiotike, koji se nalaze u nekim GM biljkama, pošto se ti antibiotici istovremeno primjenjuju i u liječenju. Iako je vjerojatnoća prijenosa mala, stručnjaci FAO-a i WHO-a u posljednje vrijeme insistiraju na prihvaćanju isključivo GM biljaka bez gena za otpornost na antibiotike.

Ukrštavanje GM biljaka s konvencionalnim usjevima ili srodnim divljim vrstama - Ovakva ukrštavanja, ako do njih dođe, kao i miješanje sjemenskog materijala, mogu imati indirektan utjecaj na okoliš i zdravstvenu ispravnost namirnica. Ta je opasnost stvarna, jer je u SAD-u dokazano da je došlo do miješanja jednog tipa kukuruza, odobrenog samo za hranu za životinje s kukuruzom namijenjenim ljudskoj ishrani (slučaj spomenutog hibrida kukuruza „*Star Link*”, koji je zbog toga morao biti povučen s tržišta). Neke zemlje usvojile su strategije za smanjenje ove pojave (tzv. koegzistencija), što uključuje propisivanje metoda za sigurno razdvajanje polja na kojima rastu GM usjevi od polja s konvencionalnim usjevima [12].

## 4.METODE GENETSKIH MODIFICIRANIH ORGANIZAMA

### 4.1.Metode prepoznavanja

U svrhu kontrole prisustva genetskih modifikacija u sjemenskom materijalu i gotovim proizvodima (hrani za ljude i hrani za domaće životinje) razvijen je čitav spektar metoda za detekciju njihovog različitog kvalitativnog i kvantitativnog prisustva. Ove tehnike odnose se na promatranje i analizu tri različita parametra, i to: prisustvo nove osobine (fenotipa), prisustva specifičnih bjelančevina, i analizu nukleinskih kiselina [13].

### 4.2.Metode detekcije

#### *Detekcija GMO-a na bazi specifičnih proteina*

Ove metode detekcije GMO-a uključuju analitičke tehnike koje podrazumijevaju upotrebu antitijela kao test reagensa (tzv. serološke metode). Ove metode zasnivaju se na reakciji koja nastaje nakon injektiranja testne supstance (antigena) u tijelo životinje, kada imuni sistem prepoznaje stranu supstancu i odgovara proizvodnjom specifičnih antitijela koja se vežu za antigene, što predstavlja osnovu metode koja se koristi u ovim analizama. Najčešće korišteni imunotest je tzv. ELISA test (engl. *Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) koji se primjenjuje u laboratoriju za testiranje nekih GMO-a (npr. prisustvo engl. *Roundup Ready* proteina koji je sastavni dio enzima odgovornog za rezistentnost na herbicide na bazi glifosata). Također, razvijeni su i brzi imunotestovi (engl. *Stripe* metode), koji se mogu lako koristiti izvan laboratorija, u polju za detekciju GM usjeva. Tehnike detekcije GMO-a na proteinskom nivou vrlo su osjetljive i često se osim za biljni materijal upotrebljavaju i za analizu životinjskih uzoraka.

#### *Detekcija GMO-a na bazi analize nukleinskih kiselina*

Za utvrđivanje prisustva genetskih modifikacija u uzorcima biljnog materijala primjenjuje se PCR metoda (engl. *Polymerase Chain Reaction* - lančana reakcija polimeraze) u čijoj osnovi je biokemijska reakcija koja omogućava *in vitro* umnožavanje (amplifikaciju) određenog fragmenta DNK i koja je u suštini imitacija sinteze DNK koja se normalno odvija u svim živim organizmima. PCR je metoda kojom se relativno kratki ciljani dio DNK (gen ili dio gena) umnožava u veliki broj identičnih kopija. Proces izvođenja PCR-a može se podijeliti u tri faze: izolacija DNK iz uzorka i priprema PCR smjese, zatim PCR reakcija, i na kraju identifikacija PCR produkata [14].



Slika 5: Detalj iz procesa detekcije GMO-a na bazi analize DNK pomoću standardnog PCR [15]

## 5. BIOSIGURNOST I GENETSKI MODIFICIRANI ORGANIZMI

Biosigurnost je sistem koji se, u kontekstu moderne biotehnologije i genetski modificiranih organizama, odnosi na sigurnost okoliša i bioraznolikosti, uključujući i sigurnost i zdravlje ljudi. Sigurnost hrane predstavlja poseban aspekt biosigurnosti. Međunarodne obaveze (Konvencija o biološkoj raznolikosti, Protokol iz Kartagene) kao i globalna politika nalažu razmatranje biosigurnosnih problema. U članku 16. poznate „Agende 21“ istaknuto je da „biotehnologija obećava značajan doprinos suvremenoj poljoprivredi, zdravlju ljudi i zaštiti okoliša, ali samo ako postoje definirani adekvatni biosigurnosni mehanizmi“.

Moderna biotehnologija podrazumijeva sistem alata koji se koriste kako bi se biljke, životinje i mikroorganizmi unaprijedili za dobrobit društva – dakle, riječ je o tehnologiji zasnovanoj na biologiji. U definiciji koja se prvi put pojavila 1982. godine u publikaciji OECD-a *Biotehnologija – međunarodni trendovi i perspektive*, biotehnologija se opisuje kao primjena principa nauke i inženjerstva na procesiranje materijala pomoću bioloških posrednika s ciljem dobivanja robe i usluga. Definicija je široka te se odnosi na uzgajanje biljaka i životinja za ishranu, upotrebu mikroorganizama za dobivanje prehrambenih proizvoda poput jogurta ili piva, ili upotrebu mikroorganizama u zdravstvu. U svom cjelokupnom obujmu definicija se može odnositi i na upotrebu bioloških entiteta u unapređenju industrijskih procesa. Često se



biotehnologija odnosi na genetičko inženjerstvo, iako neki u tom slučaju radije koriste termin „moderna“ biotehnologija, određujući je kao pod disciplinu. Kao praktični početak razvoja biotehnologije možemo označiti epohu kada je postala poznata proizvodnja sira ili aktivnost kvasca.

Suvremena biotehnologija obećava poboljšanje proizvodnje hrane (kvaliteta i kvantiteta), redukciju opterećenja okoliša, prednost u ishrani, medicini i farmaciji, kao i otvaranje alternativnih načina proizvodnje potrebnih sintetičkih materijala.

Kao rezultat prepoznavanja čovjeka kao glavnog faktora u degradaciji prirodnih ekosistema i redukciji bioraznolikosti, te shvaćanja da ih je neophodno što prije zaštititi i unaprijediti, u svibnju 1992. godine nastala je *Konvencija o biološkoj raznolikosti*.

Pojam biološke sigurnosti ili *biosigurnosti* odnosi se na potrebu zaštite okoliša i zdravlja ljudi od mogućih štetnih posljedica proizvoda moderne biotehnologije. U isto vrijeme priznaje se veliki potencijal moderne biotehnologije u unaprjeđenju ljudskog blagostanja preko poljoprivrede, zaštite zdravlja ljudi i podmirenja potreba za hranom. Konvencija o biološkoj raznolikosti jasno prepoznaje ovaj dvostruki aspekt moderne biotehnologije te stoga, s jedne strane, omogućava pristup i prijenos tehnologija, uključujući i modernu biotehnologiju, koje su važne za zaštitu i održivo korištenje biološke raznolikosti a, s druge strane, traži razvoj odgovarajućih procedura kojima će se pojačati sigurnost korištenja moderne biotehnologije. *Biosigurnost* je stoga i jedan od glavnih ciljeva Konvencije, a ostvaruje se smanjenjem svih mogućih prijetnji za biološku raznolikost, uzimajući pri tome u obzir i rizik za ljudsko zdravlje [16].

### **5.1. Protokol o biološkoj sigurnosti**

Protokol iz Kartagene o biološkoj sigurnosti (CPB) je međunarodni sporazum koji pravno obavezuje svoje potpisnike i regulira međudržavno ili prekogranično kretanje živih modificiranih organizama (*engl. Living modified organism – LMO*). Namirnice dobivene od GMO-a ulaze u okvir Protokola samo ako sadrže LMO-e koji su sposobni prenositi genetski materijal ili se razmnožavati. Osnova Protokola je uvjet prema kojem izvoznici moraju od uvoznika zatražiti pristanak prije prve pošiljke LMO-a namijenjenog unošenju u okoliš. Osim navedenog, Protokolom se promovira biološka sigurnost određujući pravila i procedure za siguran prijenos, prijevoz, rukovanje i korištenje živih modificiranih organizama, s posebnim

naglaskom na prekogranični prijenos i provoz LMO-a, a određuju se i vremenski rokovi u kojima se odluke moraju donijeti. Također se određuje niz procedura u zavisnosti od namjene LMO-a, pa tako postoje posebne procedure za LMO-e koji će se namjerno uvoditi u okoliš, posebno za one LMO-e koji se planiraju koristiti direktno za hranu, hranu za životinje ili u proizvodnji, te posebne procedure za LMO-e koji se upotrebljavaju u zatvorenim sistemima. Prema Protokolu, zemlje potpisnice dužne su osigurati sigurno rukovanje, pakiranje i transport LMO-a, te da pošiljka LMO-a preko granice mora biti popraćena odgovarajućom dokumentacijom u kojoj se, među ostalim podacima, točno navodi i vrsta živih modificiranih organizama i daje kontakt osoba od koje se mogu dobiti dodatne potrebne informacije [17].

## 6.GENETSKE MODIFIKACIJE VLAKANA

### 6.1.Genetski modificiran pamuk

Pojavljivanje Bt pamuka na tržištu omogućilo je uzgajivačima pamuka učinkovitije kontroliranje problema insekata. Brojne su pogodnosti ovakvog sistema, kako za uzgajivače, tako i za globalnu industriju pamuka, te društvo općenito na brojnim razinama (ekonomska, ekološka, socijalna).

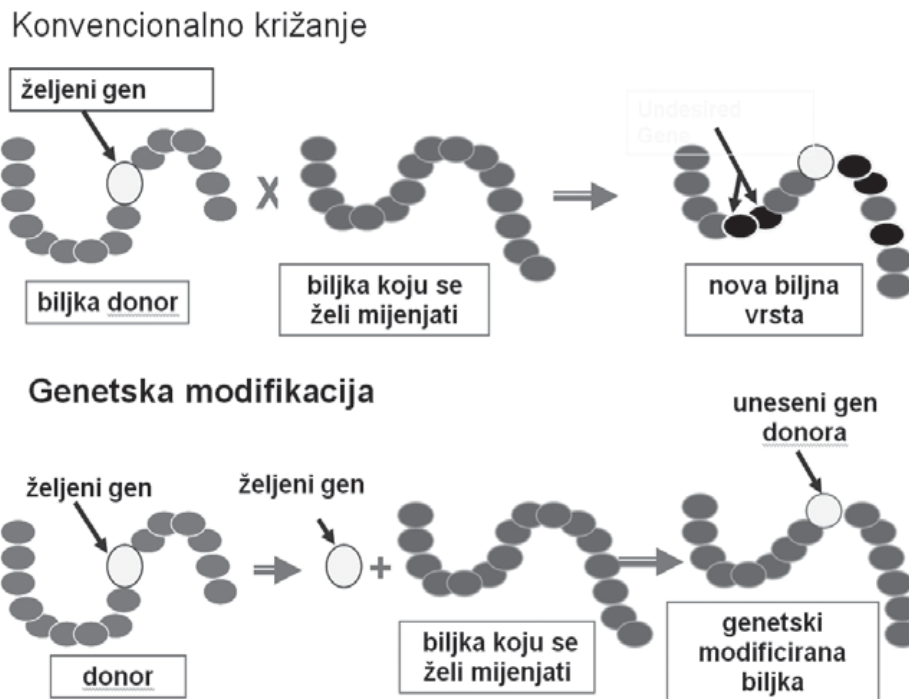
Takve pogodnosti su primjerice, smanjena uporaba pesticida, smanjeni troškovi proizvodnje, učinkovitost, povećanje volumena usjeva i sl. Također, tehnologija omogućava i održavanje populacije dobroćudnih insekata na poljima pamuka, onemogućava zagađenje okoliša, te povećava sigurnost okolnih područja u općenitom smislu.

Brojna istraživanja koja su napravljena u Sjedinjenim Američkim Državama, Kini, Meksiku, te Španjolskoj, pokazala su redukciju uporabe insekticida kod ovakvog uzgoja i do sedam puta što svakako nije malen broj. Ista su istraživanja pokazala i da takav uzgoj ne predstavlja opasnost ni za ljudsko zdravlje ni za okoliš.

Takav pamuk u prvom redu se uzgaja kako bi se kontroliralo tretiranje različitih insekata i upravo se njegov mehanizam djelovanja odnosi na kontrolu insekata. Svrha proteina koje proizvodi jest reducirati potencijal za kolateralnu štetu kada se radi o dobroćudnim insektima, a isto tako i ljudima. Također, svrha je i reducirati štetu za okoliš u općenitom smislu [18].

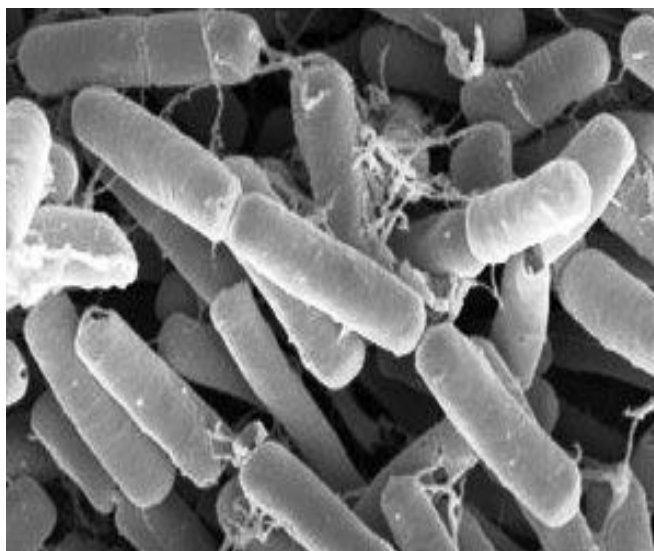
Bt pamuk je razvijen genetskom modifikacijom pamuka uvođenjem u njegov genom gena proteina koji proizvodi bakterija *Bacillus thuringiensis*, tzv. Bt proteina, po kojemu je genetski modificirani pamuk nazvan Bt pamuk. Tako umetnuti transgen u pamuku uzrokuje proizvodnju Bt toksina, koji inače proizvodi bakterija *B. thuringiensis*, a toksin izaziva pomor određenih skupina insekata ukoliko se oni hrane lišćem ili stabljikom pamučne biljke.

Pokazalo se da je insekticidno djelovanje vrlo specifično, tj. da toksini ubijaju samo određene skupine insekata, među kojima su glavne pamučne štetočine kao što su gusjenice i ličinke moljaca, leptira, žižaka i muha, a da su posve bezopasni za druge vrste i oblike života.



Slika 6: Shematski prikaz mehanizma promjene svojstava križanjem i genetskom modifikacijom [19]

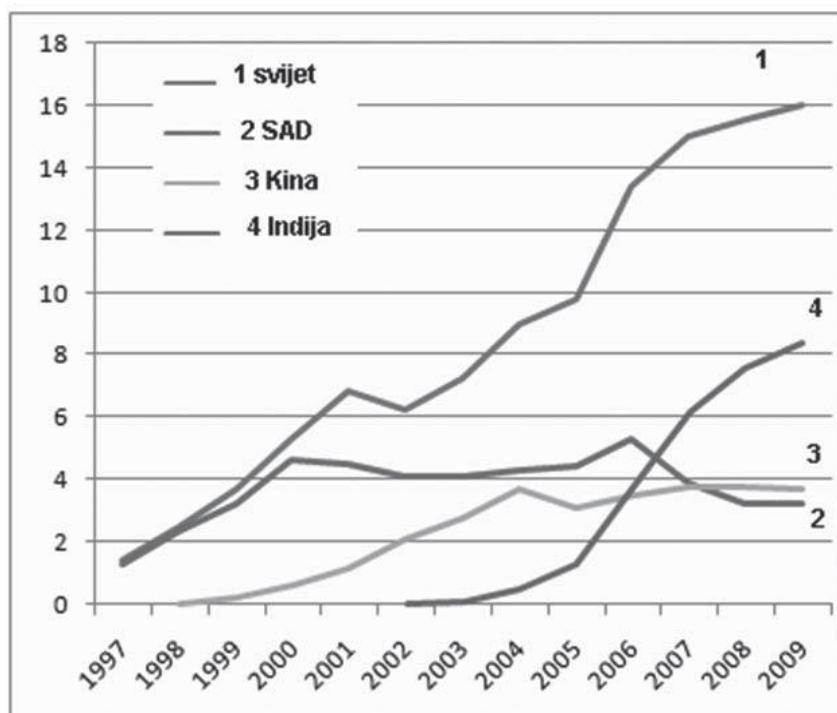
*Bacillus thuringiensis* je gram pozitivna, sporogena bakterija, koju je još 1901. izolirao japanski biolog S. Ishiwatari. Godine 1911. tu je bakteriju u Njemačkoj ponovo otkrio E. Berliner, koji ju je izolirao iz gusjenice mediteranskog žitnog moljca, čije uginuće je bakterija izazvala, te je po njemačkoj pokrajini Tiringiji (njem. Thuringen) gdje je otkrivena, bakterija dobila ime [20].



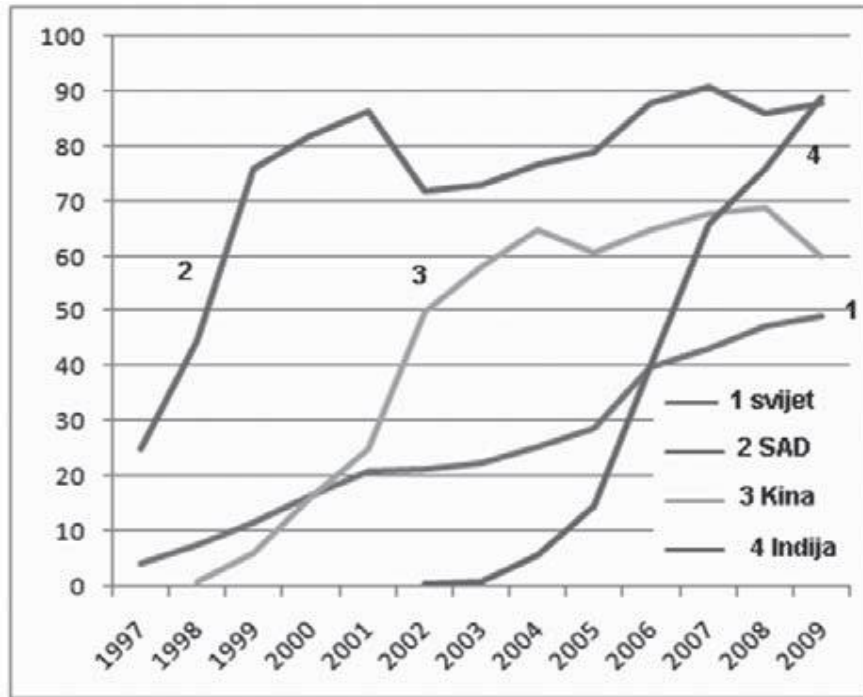
Slika 7: *Bacillus thuringiensis* – mikroskopski prikaz [21]

## 6.2. Rasprostranjenost Bt pamuka

Sjeme Bt pamuka za komercijalnu upotrebu razvila je tvrtka Monsanto (1990.), a kao što je već spomenuto, komercijalna proizvodnja Bt pamuka započela je 1996. u SAD-u, da bi se u narednom desetljeću veoma brzo proširila u većinu zemalja proizvođača pamuka. Iz sl.7, koja pokazuje površine nasada Bt pamuka u razdoblju od 1997. do 2009. može se jasno vidjeti izraziti trend povećanja površina sa uzgojem Bt pamuka u svim zemljama koje su najveći proizvođači pamuka, što rezultira i značajnim porastom površina zasađenih Bt pamukom na svjetskoj razini. Odgovarajući porast udjela Bt pamuka u ukupnoj proizvodnji pamuka u istom razdoblju i u istim regijama, prikazuje sl.8. Može se primijetiti razdoblje brzog širenja GM površina i povećanja udjela Bt pamuka u početnih nekoliko godina proizvodnje, nakon čega se procesi donekle usporavaju. Iznimku od takvog tijeka pokazuje jedino Indija, gdje je u prve tri sezone obuhvaćeno do 15 % površina, nakon čega u naredne tri sezone slijedi naglo širenje udjela Bt pamuka do iznad 84 % (sl.8) [22].



Slika 8: Porast površina pod Bt pamukom u mil [23]



Slika 9: Porast udjela Bt pamuka u ukupnoj proizvodnji pamuka [24]

### 6.3. Mehanizam djelovanja genetski modificiranog pamuka

Karakteristike djelovanja Bt pamuka na zdravlje životinja, peradi, čovjeka, te na okoliš su sljedeće:

- Nije dokazano da uzgajanje Bt pamuka štetno djeluje na životinje.
- Sjeme Bt pamuka nema toksične utjecaje na probavu životinja, a isto tako nisu zabilježeni ni alergijski učinci.
- Nije dokazano da ulje koje se dobiva iz Bt pamuka ima štetne učinke na ljudsko zdravlje.
- Nije dokazano štetno djelovanje Bt pamuka na dobroćudne insekte.
- Nije moguće križati Bt pamuk s divljim vrstama pamuka.
- Nije moguće križati sjeme Bt pamuka s različitim diploidnim izoliranim vrstama koje rastu na posebnim površinama.
- Nije moguće križati Bt pamuk s porodicom Malvaceae.
- Nije dokazano da je uzgoj Bt pamuka imao štetan utjecaj na okoliš u zemljama gdje je Bt pamuk komercijalno uzgojen.

Neke od prednosti Bt pamuka tako su:

- Povećan urod

- Osjetljivost određenih insekata na endotoksični kristalni protein koji proizvodi Bt gen.
- Redukcija uporabe insekticida.
- Potencijalna redukcija troškova kultivacije.
- Redukcija zagađenja.
- Razvijanje otpornosti na koju zagađenje okoliša ne može utjecati.
- Bt pamuk je ekološki prihvatljiv i nema utjecaja na žive organizme koji se nalaze u različitim slojevima tla.
- Uzgojem Bt pamuka moguće je kontrolirati razvoj insekata.
- Ne postoji zdravstvena opasnost jer se insekticidi jako rijetko koriste.

Svakako, glavne prednosti zbog kojih je uzgoj Bt pamuka široko prihvaćen jest redukcija uporabe pesticida, te ekološka prihvatljivost same biljke. Ipak, uzgoj Bt pamuka ima i određena ograničenja, a ta su ograničenja sljedeća:

- Visoki troškovi sjemena Bt pamuka u odnosu na sjeme koje nije Bt.
- Učinkovitost prirodnog toksina koji ovako uzgojen pamuk proizvodi jest 120 dana.
- Neučinkovitost toksina protiv određenih vrsta insekata.

U kontekstu cijele problematike valja istaknuti i stav samog Monsanto koji je još 2010. istaknuo da je projekt Bt pamuk propao [25].

Glavni problemi su se sastojali u tome da su glavni insekti razvili otpornost, da je pamuk pao na testu otpornosti, te da nije učinkovit protiv insekata. Jedna od glavnih vrsta insekata je na pokusima na dosta lokacija u Indiji razvila otpornost što je Monsanto i potvrdio. Ipak, dio odgovornosti tvrtka je prenijela i na same farmere jer sjeme nisu uzgajali na pravilan način, tj. kako su dobili upute od same tvrtke. Istovremeno je također pala i produktivnost.

Kako je već navedeno, pronađen je i neobično velik broj glavnih insekata čiji je problem Bt pamuk trebao riješiti. Najviše eksperimenata nije uspjelo na području Gujarat (indijska savezna država na zapadu zemlje). Je li to samo do pamuka, do Monsanto, farmera ili nečeg trećeg ostaje za vidjeti u daljnjim istraživanjima [26].

### 6.3. Uzgoj genetski modificiranog pamuka

Jedno od glavnih pitanja koje se danas postavlja jest ono mogu li insekti postati otporni na Bt toksine? Tako, poznato je da ako se štetni insekti tretiraju iz godine u godinu istim sredstvom, to može biti jako štetno jer oni mogu razviti otpornost. Rizik je posebno velik kod Bt biljaka. Zbog toga je oprez ključan. Tako, u interesu je proizvođača sjemena, uzgajivača genetski modificiranih biljaka, te različitih farmera, da izbjegnu takvu situaciju. Tri su glavna načina da se to izbjegne, a oni su sljedeći:

- Stvaranje utočišta: kulture običnih biljaka se uzgajaju unutar kultura Bt biljaka. U takvim utočištima, insekti koji su osjetljivi na Bt mogu se bez problema razmnožavati. Na taj način će se zbog postojanja tih kultura, razvijanje otpornih insekata odgoditi jer postoji genetski bazen neotpornih insekata. Razvijanje otpornih insekata jedino se može dogoditi parenjem otporne s vrstom koja nije otporna.
- Rotacija usjeva: kako bi se navedena situacija izbjegla, može se primijeniti i pristup da se kulture ne uzgajaju na istom području godinu za godinom. Primjerice, jedne godine se može uzgajati jedna, a druge ili treće godine druga kultura. Na taj se način može vrlo učinkovito izbjeći razvijanje velikog broja štetnih insekata.
- Velika doza: Bt biljka proizvodi toksin u velikoj dozi. Ako se toksin proizvodi u maloj dozi, jedva iznad one smrtonosne za insekte, insekti lakše razvijaju otpornost [27].



Slika 10: Sjemenke GMO pamuka [28]



## **7.ZAKONODVSTVO O GMO-U U SVIJETU, EU**

### **7.1.Zakonodavstvo o GMO-u u svijetu**

Da bi se bilo gdje u svijetu različite sorte ili hibridi GM biljaka mogle uzgajati ili stavljati na tržište kao hrana za ljude ili hrana namijenjena za ishranu domaćih životinja, one moraju proći proces odobravanja (autorizacije ili registracije) čija je procedura u svijetu propisana različitim zakonodavstvom. Cilj zakonodavstva u vezi s GMO-om je zaštita života i zdravlja ljudi, zaštita zdravlja i dobrobiti životinja, zaštita okoliša i bioraznolikost, kao i zaštita interesa potrošača. Međutim, u svijetu ne postoji jedinstveno zakonodavstvo kojim je oblast GMO-a regulirana, već je ova materija u različitim zemljama različito uređena. Kao dobar primjer za ilustraciju različitosti zakonodavstva u pojedinim segmentima u oblasti GMO-a mogu se navesti različiti pristupi u označavanju GMO-a. Tako npr. u SAD-u označavanje GM proizvoda nije obavezno, kao ni u Argentini, Kanadi, Urugvaju, Meksiku, Čileu, Paragvaju i Egiptu, dok u EU proizvodi sa >0,9% odobrenih GMO moraju biti označeni, u Brazilu i Australiji hrana sa >1% GMO mora biti označena, izuzev GM soje u Brazilu, dok u Japanu taj prag iznosi 5% [29].

### **7.2.Zakonodavstvo o GMO-u u EU**

Zakonodavstvo EU o GMO-u nastajalo je od ranih 90-ih godina prošlog stoljeća. Ovi specifični propisi u osnovi imaju dva glavna cilja:

1. da zaštite zdravlje ljudi i okoliš, i
2. da osiguraju slobodno kretanje sigurnih i zdravih genetski modificiranih proizvoda u EU.

Danas je zakonodavstvo EU o GMO-u mnogo složeno i sastoji se od više različitih direktiva, uredbi, odluka i preporuka [30].

## 8. GMO-BUDUĆNOST

Danas se već ubrzano radi na daljnjem istraživanju i postepenom uvođenju tzv. druge i treće generacije genetski modificiranih biljaka s poboljšanim nutricionističkim kvalitetom i novim tehnološkim i drugim osobinama, kao što su: odgođeno zrenje plodova voćaka, te otpornost na stres, kao i tolerantnost na sušu, salinitet i nisku plodnost zemljišta, što sve zajedno otvara nove prilaze i mogućnosti za savladavanje mnogih dobro poznatih ograničenja tropske poljoprivrede, a sve s ciljem proizvodnje većih količina hrane. Osim toga, intenzivno se istražuju mogućnosti stvaranja novih transgenih biljaka koje bi davale hranu obogaćenu novim hranljivim sastojcima, pa čak koja bi istovremeno bila i lijek. Prema Trkulji i Rajčeviću (2007), genetički inženjering može imati i potencijal za osiguravanje posebnog kapaciteta tolerantnosti ili rezistentnosti na prouzrokovat će bolesti biljaka.

Prema zagovornicima biotehnologije, novi pristup kontroliranju biljnih patogena ima potencijal da spriječi gubitke na usjevima i smanji primjenu pesticida, a može biti i veoma koristan za prouzrokovanje biljnih bolesti koji se teško suzbijaju postojećim metodama.

S obzirom na značajan porast površina pod GM biljkama koji je u svijetu zabilježen u prve 22 godine njihove komercijalizacije od 1996. do 2017. godine, očekuje se daljnji porast površina pod GM biljkama u narednom periodu. Evidentno je da biotehnologija nudi i vrlo značajne prednosti za povećanje efikasnosti proizvodnje biogoriva i u industrijskim i u zemljama u razvoju te da će ona biti glavni faktor razvoja proizvodnje biogoriva u budućnosti.

Međutim, odanost dobrim praksama uzgoja biljaka, kao što su plodored i upravljanje rezistentnošću na insekte i herbicide za GM biljke će i dalje ostati kritična točka, kao što je bilo i u toku prve dekade. Također, mora se nastaviti praksa dobrog upravljanja uzgojem GM usjeva, posebno s državama na jugu, koje će biti nosioci razvoja GM usjeva u narednoj dekadi.

Također, u narednom periodu sve se više govori o uvođenju biotehnoloških inovacija u stočarstvu pri čemu se kao glavni ciljevi navode: povećanje mliječnosti i prirasta mesa kod životinja, povećanje broja potomaka po jedinki, beskrajno umnožavanje životinja ciljanih osobina, povećanje rezistentnosti životinja na bolesti, isključivanje nepoželjnih osobina (npr. rogovi), povećanje brzine rasta (primjer lososa), proizvodnja lijekova u mlijeku, bolje iskorištavanje hrane, smanjenje masnoće mesa, lakše aklimatiziranje na uvjete uzgoja itd. Ovakvi ciljevi bi se u budućnosti mogli postići korištenjem različitih biotehnoloških metoda,

kao što su: vještačko osjemenjavanje, embriotransfer, kloniranje, hibridizacija i genetske modifikacije. Međutim, još uvijek postoje brojna otvorena pitanja u vezi s korištenjem genetski modificiranih životinja, pri čemu se navodi da ono nosi brojne rizike, kao što su: utjecaj na dobrobit životinja, rizici u vezi s kloniranjem životinja, upotreba hormona rasta, prelaženje granica vrsta, odgovor prirode na smanjenje raznolikosti, prionska bolest (kravlje ludilo) i dr., zbog čega korištenje genetski modificiranih životinja još uvijek nije zaživjelo u praksi [31].

## **9. PREDNOSTI I NEDOSTACI MODIFICIRANOG PAMUKA**

Bt pamuk je sigurniji za radnike od pesticida u svakom slučaju. Danas postoje brojne rasprave koje zastupaju teze da je Bt pamuk uzročnik alergija i raznih bolesti. Niti jedno dokumentirano istraživanje nije pokazalo da je to istinito. Tako milijuni ljudi koji rade s Bt pamukom nisu pokazali razvoj bilo kakvih bolesti ili alergija koje su vezane izravno s time.

Također, frekvencije ljudi koji rade s velikim količinama Bt sirovina i koje sadržavaju spore i bakterije i koji su oboljeli od kakve bolesti vrlo su rijetke. Dalje, Bt pamuk je sigurniji za radnike i farmere. Istraživanja su dokazala da su farmeri u mnogo većoj mjeri zaštićeni od štetnog djelovanja pesticida, a isto je tako zabilježeno i smanjenje slučajeva trovanja pesticidima.

Tvrdnju da je Bt pamuk štetan obično zastupaju aktivisti i bazira se isključivo na razgovorima jako malenog broja ljudi. Glavni problem je polarizacija mišljenja zbog sustava upravljanja insektima i suicida farmera . Također, medicinski dokaz da Bt pamuk šteti ne postoji, tj. nije pronađena povezanost kod radnika koji su patili od alergija, a radili su na uzgoju Bt pamuka.

Isto tako, valja i napomenuti da se često kod razmatranja takve problematike zanemaruju stručna i znanstvena publicirana izvješća. Jedno od njih kaže i da Bt pamuk čini više od polovinu svjetskog pamuka, te da je uporabu pesticida smanjio za 90 - 95% .

Kada se radi o Bt pamuku, najviše se rasprava fokusira na produktivnost i profit, a vrlo malo na pozitivne i negativne učinke što se posebno odnosi na zdravlje farmera koji obrađuju manje površine .

Tako je većina dosadašnjih studija pokazala da je Bt pamuk reducirao problem trovanja pesticidima u zemljama u razvoju, ali takva su istraživanja većinom podbacila kada se radi o pitanju heterogenosti.

Istraživanja koja su provedena u Indiji 2015. godine su pokazala da je štetno djelovanje pesticida smanjeno za oko 50 %, a upotreba do tada najzastupljenijih kemikalija se smanjila za oko 70 %. Broj slučajeva trovanja se također smanjio u velikoj mjeri. S prihvaćanjem novih tehnologija, takve se promjene sve više naglašavaju [32].



Slika 11: Berba pamuka [33]

## 10. ZAKLJUČAK

U ovom radu govorilo se o genetskim modifikacijama pamuka, ali i generalno o genetski modificiranim organizmima, te koje su njihove prednosti i mane. Zamjena konvencionalnih uzgoja pamuka, Bt pamukom treba rezultirati smanjenjem potreba za golemom količinom pesticida i insekticida. Pokazalo se da je insekticidno djelovanje vrlo specifično, tj. da toksini ubijaju samo određene skupine insekata, među kojima su glavne pamučne štetočine kao što su gusjenice i ličinke moljaca, leptira, žižaka i muha, a da su posve bezopasni za druge vrste i oblike života. Za uzgoj Bt pamuka potrebna je edukacija, koja nažalost često izostaje, a posebno u siromašnijim zemljama. Postoje mnoge tvrdnje da je Bt pamuk štetan i alergen, međutim to nije dokazano s medicinske strane. Suvremena biotehnologija obećava poboljšanje proizvodnje hrane, redukciju zagađenja okoliša, te prednost u ishrani. Sigurno je da će doći do promjena, međutim treba paziti da se ne naprave pogreške koje mogu skupo koštati živote ljudi.

## 11.Literatura

- [1] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 14-15. str
- [2] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 15. str
- [3] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 19.str
- [4] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 8.str
- [5] Genetski modificirani organizmi, Aarhus centar Sarajevo, str 2
- [6] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 10-11. str
- [7] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 9.str
- [8] Što je GMO hrana- učinci na zdravlje, <https://krenizdravo.dnevnik.hr/prehrana/sto-je-gmo-hrana-ucinci-na-zdravlje>
- [9] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 11-13.str
- [10] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 18.str
- [11] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 11. str
- [12] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 86-88 str
- [13] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 90. str
- [14] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 90-92.str

- [15] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 92. str
- [16], Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 96-98. str
- [17] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 99-101. str
- [18] M. Čusak: Genetske modifikacije tekstilija i održivi razvoj, 29.str
- [19] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 19. str
- [20] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 19.str
- [21] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 29.str
- [22] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 20.str
- [23] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 21. str
- [24] R. Čunko:Genetski modificiran pamuk i globalne promjene u proizvodnji pamučnih vlakana,Tekstil 62 (1-2) 14-30 (2013.), 21 .str
- [25] M. Čusak: Genetske modifikacije tekstilija i održivi razvoj, 29-30. str
- [26] M. Čusak: Genetske modifikacije tekstilija i održivi razvoj, 30.str
- [27] M. Čusak: Genetske modifikacije tekstilija i održivi razvoj, 31.str
- [28] Agroklub.com, <https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/sjemenke-gmo-pamuka-kao-hrana-za-ljude-sad-dale-zeleno-svjetlo/54711/>
- [29] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 102-103.str
- [30] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 106.str

[31] Genetski modificirani organizmi -stanje i perspektive-, Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine / Vojislav Trkulja, 2018., 116-117.str

[32] M. Čusak: Genetske modifikacije tekstilija i održivi razvoj, 33.str

[33] M. Čusak: Genetske modifikacije tekstilija i održivi razvoj, 33. str