

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

MIROSLAVA ŠEVČÍKOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



**Geneticky modifikované potraviny a jejich potenciál,
rizika a etika**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Dr. Milada Šťastná

Vypracoval:

Bc. Miroslava Ševčíková



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Miroslava Ševčíková**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Agroekologie
Název tématu: **Geneticky modifikované potraviny a jejich potenciál, rizika a etika**
Rozsah práce: 50 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše týkající se problematiky etiky potravin, konkrétně geneticky modifikovaných potravin.
2. Cílem práce bude zdokumentovat aktuální situaci v České republice, Evropské unii a ve světě (především Severní Americe a Austrálii).
3. Identifikace výhod a nevýhod geneticky modifikovaných potravin z etického pohledu se záměrem poukázat na možná rizika a přednosti, včetně dostupných příkladů.
4. Příprava, realizace a zpracování dotazníkového šetření. Použití SWOT analýzy k identifikaci slabých a silných stránek, rizik a příležitostí geneticky modifikovaných potravin.
5. Vyhodnocení získaných informací, jejich analýza a formulace závěrů.

Seznam odborné literatury:

1. HELLER, K. Genetically engineered food : methods and detection. Weinheim. 2005. ISBN 9783527303090, 9783527602636. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/3527602631>.
2. KÝROVÁ, V. – OSTRÝ, V. – LAICHMANNOVÁ, L. – ČIPROVÁ, I. – RUPRICH, J. Geneticky modifikované potraviny v České republice. in *13. konference monitoringu a konference hygieny životního prostředí – Souhrnná sdělení*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2008, s. 35.
3. DROBNÍK, J. – ŠPIČÁK, V. *Víme, co jíme?: geneticky modifikované organismy, alergie a další rizika z potravin*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002. 30 s. Potravinářské informace. ISBN 80-7271-114-8.
4. TROJAN, V. – BARTL, P. – MUSILOVÁ, M. – VYHNÁNEK, T. – MARTINEK, P. – TREMLOVÁ, B. Barevné pšenice – genetika, šlechtění a potravinářské využití. In *HYGIENA ALIMENTORUM XXXI*. 1. vyd. Košice: Univerzita veterinárního lékařstva a farmacie v Košiciach, 2010, s. 335-337. ISBN 978 80 8077 186 7.
5. KUCIEL, J. – BEDNÁŘ, J. – URBAN, T. *Genetika zemědělských produktů : (vybrané kapitoly k přednáškám)*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. 135 s. ISBN 80 7157 767 7.
6. VALIČKOVÁ, J. *GMO potraviny*. Bakalářská práce. Brno: MENDELU Brno, 2013. 54 s.
7. ŠKODA, J. – ŠKODOVÁ, H. *Molekulární genetika pro potravinářské chemiky a biotechnology*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984. 205 s.
8. KUDRNA, V. – VLČEK, J. – SKŘIVÁNEK, J. *Procesy a energetika potravinářského průmyslu II*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985. 276 s.
9. HUCHINGSON, J. E. – GUDORF, C. E. *Boundaries : a casebook in environmental ethics*. 2. vyd. Washington, D.C.: Georgetown University Press, 2010. 315 s. ISBN 978-1-5890-1636-1.
10. MISRA, R. P. – GHAZNAWI, G. A. *Environment, development and education : cultural ethical and spiritual perspectives*. New Delhi: Heritage Publishers, 1994. 308 s. ISBN 81-7026-192-9.
11. PALMER, C. *Environmental Ethics*. Santa Barbara: ABC-CLIO, 1997. 14 s. ISBN 0-87436-840-5.
12. LIGHT, A. – ROLSTON, H. *Environmental ethics : an anthology*. Malden, MA: Blackwell Pub., 2003. 554 s. Blackwell philosophy anthologies. ISBN 978 0 631 22294 1.
13. POJMAN, L. P. – POJMAN, P. *Environmental ethics : readings in theory and application*. 6. vyd. Boston, Mass.: Wadsworth, 2012. 769 s. ISBN 978 0 538 45284 7.
14. SCHMIDTZ, D. – WILLOTT, E. *Environmental ethics : what really matters, what really works*. New York: Oxford University Press, 2002. 566 s. ISBN 0-19-513909-7.

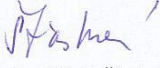
Datum zadání diplomové práce: říjen 2013

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

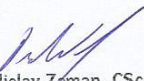
L. S.


Bc. Miroslava Ševčíková
Autorka práce




doc. Ing. Dr. Milada Štaštná
Vedoucí práce


prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu


v. z.
prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci Geneticky modifikované plodiny a jejich potenciál, rizika a etika vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá tématem geneticky upravených plodin a jejich etických souvislostí. V rámci literární rešerše byly shrnuty dosavadní poznatky o transgenních plodinách, příslušných biotechnologiích a mechanismech samotné modifikace. Následně byly hodnoceny otázky legislativy platné jak pro Českou republiku, tak pro státy Evropské unie. Srovnávací metodou byla vyhodnocena pozitiva a negativa geneticky modifikovaných potravin, na něž navázalo dotazníkové šetření zaměřené na zjištění obecného povědomí obyvatelstva o GMO a jeho vnímání. Byla stanovena hypotéza, že geneticky modifikované potraviny jsou řešením současné potravinové krize, která byla následně potvrzena, avšak s vážnými výhradami. Z výsledků vyplývá, že GMO jsou i přes své nesporné výhody a potenciál vnímány v ČR a Evropě spíše negativně, až skepticky, vzhledem k nedostatečně průkazným vědeckým výsledkům týkajícím se negativního vlivu těchto potravin na lidské zdraví.

Klíčová slova: geneticky modifikované potraviny, rizika GMO, výhody GMO, světová potravinová krize, Bt kukuřice, transgenní plodina, biotechnologie

Abstract

Diploma thesis is focused on the genetically modified crops and their ethical aspects. At the beginning there were summarized existing findings about transgenic crops, biotechnologies and mechanisms of modification. Next step was the evaluation of legislation, which is valid not only for the Czech Republic but also for European Union. By the comparative method there were assessed positive and negative sides of a genetically modified food, which were followed by the questionnaire survey to find out a general awareness about GMO. The hypothesis was formulated that a genetically modified food is a solution of current food crisis. The hypothesis was confirmed, but with serious reservations. Results showed that GMO are perceived rather negatively and sceptically despite its indisputable advantages and a potential perceived in the Czech Republic and EU. This view is caused by not sufficiently conclusive scientific results concerning negative effect of this food on the human health.

Key words: genetic modified food, risk of GMO, benefits of GMO, world food crisis, Bt zea mays, transgene crop, biotechnology

1 ÚVOD.....	13
2 CÍL PRÁCE	15
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	16
3.1 Genetické modifikace	16
3.1.1 Objevy genetiky	16
3.1.1.1 Struktura DNA.....	20
3.1.2 Dělení transgenních rostlin, první biotechnologické pokusy s GMO.....	21
3.1.3 Transgenní plodiny	24
3.1.3.1 GM plodiny s tolerancí vůči herbicidům	24
3.1.3.2 GM plodiny s tolerancí vůči hmyzu	24
3.1.3.3 GM brambory	26
3.1.3.4 GM plodiny s dalšími významnými transgenními vlastnostmi	29
3.1.4 Světová produkce GM potravin.....	34
3.1.4.1 Situace v ČR a EU	34
3.1.4.2 Legislativa	38
3.1.4.3 Schvalovací proces	39
3.1.4.4 Situace ve světě.....	40
3.2 Etická stránka geneticky modifikovaných potravin.....	41
3.2.1 Pozitiva produktů genetického inženýrství.....	42
3.2.2 Negativa užití GMO.....	43
4 MATERIÁL A METODIKA.....	48
5 VÝSLEDKY	49
5.1 Zhodnocení dotazníkového šetření	49
5.1.1 Kategorizace zúčastněných respondentů	49
5.1.2 Vyhodnocení jednotlivých dotazů	50
5.1.3 Výstupy dotazníkového šetření.....	52

6 ZÁVĚR.....	54
7 POUŽITÁ LITERATURA	56
8 SEZNAM TABULEK	60
9 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	60
10 SEZNAM PŘÍLOH.....	60
11 PŘÍLOHY	61

1 ÚVOD

Časy hojnosti plodin a zvěře jsou dávno za námi. Současný svět již dávno není v období rozkvětu. Řeší se existenčně důležité otázky, tedy otázky přežití lidské rasy nejen z hlediska prostoru pro život a destruktivního přístupu k životnímu prostředí, ale také výživy. S rostoucí lidskou populací roste i spotřeba potravin a vody. Podíváme-li se o něco blíže, rostoucí spotřeba potravin vyžaduje také rozšiřování zemědělsky využitelných ploch, které si nemohou dovolit být nadále obdivuhodnou krajinou či místem k odpočinku a relaxaci.

Přeměna krajiny v zemědělskou a průmyslovou plochu na sebe nabaluje další problémy, tedy emise látek v přírodě se běžně nevyskytujících, se kterými si i přes určitou míru samočisticí schopnosti prostředí nedokáže poradit. Zásahy do krajiny jsou čím dál větší a nejen emise jsou problémem – je to také zvyšující se eroze půd, zaselování, kontaminace toxiny, desertifikace, snižování biodiverzity, likvidace rostlinných a živočišných společenstev, lesů, stepí, luk, zásahy do hydrického režimu krajiny nebo zvyšující se těžební limity vedoucí až k totálnímu vytěžení neobnovitelných zdrojů energie. Podíváme-li se s odstupem, selský rozum nám napovídá, že v takovémto stavu nelze setrvat donekonečna. Nicméně i přes tyto problémy je většina producentů donucena fungovat, tedy pěstovat co nejekonomičtěji s co možná největším ziskem, jak je v České republice zvykem, nehledě na následky.

Největší chemický boom máme zjevně za sebou a vyvstává otázka, co bude dalším velkým krizovým momentem, jež způsobí potravinovou revoluci. Může to být speciální výživa bez živočišných produktů nebo tepelně zpracovaná strava, či využití GMO. Genetické modifikace jsou výsledkem moderních biotechnologií, tedy využití biologických systémů, živých organismů nebo jejich částí k výrobě, přeměně či jinému specifickému použití v potravinářství, zemědělství, medicíně a průmyslu. Dle Úmluvy o biologické rozmanitosti jde o využití biologických systémů, živých organismů a jejich derivátů k výrobě či modifikaci produktů či procesů pro specifické využití. Jde o procesy odehrávající se na molekulární úrovni, manipulace s geny a jejich přenos, a to především díky odhalení struktury kyseliny deoxyribonukleové, která je nositelkou genetické informace.

Na těchto principech se zakládá samotný proces manipulace, který se od svých počátků před více než deseti tisíci lety vyvinul až do dnešní podoby, tedy do podoby

cíleného zásahu do dědičné informace rostliny. V současnosti je již možné pomocí genetického inženýrství křížit druhy, u kterých by to za normálních okolností nebylo možné. Počátky však byly jiné. První geneticky modifikované odrůdy obsahovaly většinou gen, který byl vhodný pro danou plodinu, podporoval tedy větší snášenlivost k přípravkům proti plevelům, jež měly často za následek poškození samotné rostliny (HT odrůdy – herbicide tolerant). Odolnost proti herbicidům pozitivně ovlivňovala i množství nutných zásahů a operací při pěstění, tudíž se snižovaly náklady na agrotechnická opatření. Do životního prostředí nevstupovalo takové množství chemie díky sníženému počtu aplikovaných dávek pesticidů. Dalším stádiem využití genetické modifikace byla aplikace genu bakterie *Bacillus thuringiensis* (podle názvu pojmenované Bt odrůdy plodin), díky kterému byla rostlina odolná vůči vybraným hmyzím škůdcům. Výhodou Bt odrůd bylo především to, že nijak negativně neovlivňovaly teplokrevné živočichy a méně zatěžovaly životní prostředí (podobně jako u HT odrůd). Nejznámějším příkladem takové plodiny je kukuřice, u které se po aplikaci genu snížilo množství mykotoxinů, které způsobují houby rodu *Fusarium*. Dnešní postupy se již neomezují na použití buď jedné či druhé vlastnosti, většinou dochází ke kombinaci obou k dosažení co možná nejvyššího výnosu a vysokého stupně ochrany.

Kolébkou genetických modifikací u rostlin bylo hned několik špičkových pracovišť v Evropě (Belgie, Švýcarsko...), na jejichž půdě byly započaty metody cíleného přenosu genů do rostlin, avšak tehdejší Českoslovenko nebylo pozadu. Biofyzikální ústav AV ČR v Brně se zabýval problematikou vhodných vektorů genů pro rostliny, konkrétně půdních bakterií rodu *Agrobacterium*, jejichž přirozenou vlastností je infekce daného organismu a přenos vlastní genetické informace do genomu hostitelské rostliny, což umožňuje kolonizaci nejbližší skupiny rostlinných buněk k vytváření látek potřebných pro svůj vlastní růst. Současně s brněnským ústavem pracoval Ústav experimentální botaniky v Českých Budějovicích na rozvoji metod s použitím stejných bakterií. Bylo totiž zjištěno, že ne všechny izoláty bakterie výše zmíněného rodu jsou schopny napadnout a kolonizovat hostitelskou rostlinu. Podmínky pro množení bakteriálních buněk jsou pro každou rostlinu specifické, některé druhy bylo velmi těžké pomocí bakterie modifikovat. Naproti tomu k přenosu genetické informace stačí pouze hraniční okraje dědičné informace bakterie, tudíž všechny ostatní

nežádoucí geny je možné z bakterie vyseparovat a nahradit je požadovanými geny, jimiž chceme rostlinu obohatit.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je:

- Zpracování literární rešerše na téma etiky potravin ve vztahu ke geneticky modifikovaným potravinám a následné zhodnocení situace především v České republice, Evropě a ve světě (se zaměřením na Severní Ameriku a Austrálii).
- Identifikace výhod a nevýhod geneticky modifikovaných potravin z etického pohledu se záměrem poukázat na možná rizika a přednosti, včetně dostupných příkladů.
- Příprava, realizace a zpracování dotazníkového šetření.
- Využití SWOT analýzy k identifikaci slabých a silných stránek, rizik a příležitostí geneticky modifikovaných potravin.
- Vyhodnocení získaných informací, jejich analýza a formulace závěrů.

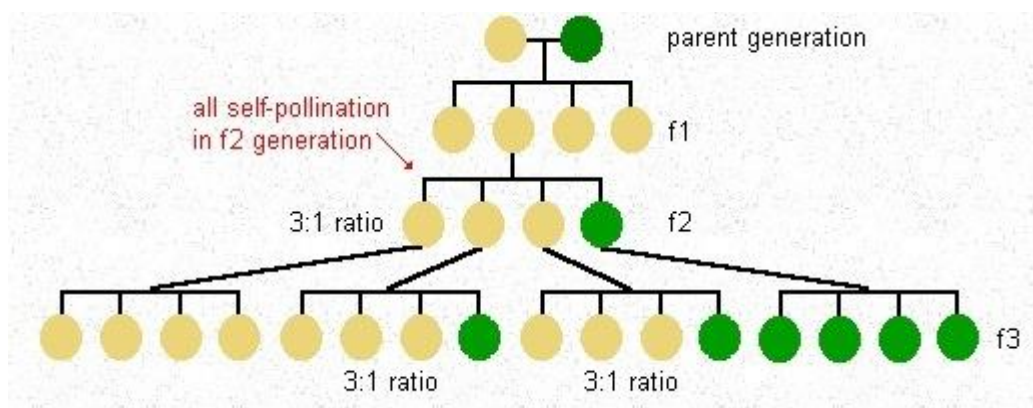
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Genetické modifikace

3.1.1 Objevy genetiky

Cílené pěstování plodin započalo již za dob *Homo sapiens sapiens*, kdy tehdejší populace zasela první semena, z nichž vypěstoval požadovanou plodinu. Postupem času docházelo k selekci jednotlivých semen a šířeji se začala používat jen semena takových rostlin, které dosahovaly největšího vzrůstu a byly odolnější než ostatní. Tyto snahy vyústily v počátky šlechtitelství, prozatím jen náhodného. O objasnění zákonitostí dědičnosti se zasloužil v 19. století opat augustiniánského kláštera Johann Gregor Mendel, kterému je právem připisován titul zakladatel genetiky. Jako první nehodnotil organismus jako celek, ale rozložil jej na jednotlivé znaky. Tyto znaky chápal protikladně, tedy ke každému znaku existoval protiznak (např. u tvaru zralého semene hodnotil tvar kulatý a k němu byl protiznakem tvar hranatý). Přenos vloh pro jednotlivé znaky vysvětloval ne jako slévání mateřských a otcovských buněk, nýbrž jako sjednocení vloh pro jednotlivé znaky mateřské a otcovské rostliny. Základní zákony dědičnosti formuloval Mendel v roce 1866 na základě analýz genetického křížení mezi vyšlechtěnými kmeny hrachu setého *Pisum sativum*, lišícími se v určitém dobře definovatelném znaku, například právě ve tvaru semen, barvě semen nebo barvě květů. Mendel zjistil, že křížením rodičů P lišících se v jediném znaku vzniká potomstvo F1 (první filiální generace), ve kterém mají všichni jedinci znak pouze jednoho z rodičů. Znak, projevující se u F1 generace, se jmenuje dominantní, opačné jsou pak recesivní. V generaci F2 (potomci F1 rodičů) se dominantní znak objevuje u tří čtvrtin potomstva, recesivní pak pouze u jedné čtvrtiny. Pokud hrách s recesivním znakem poskytne přímé potomstvo, výsledkem křížení mezi recesivními F2 je potomstvo F3 mající rovněž recesivní znak. Příslušníci F2 generace vykazující dominantní znak se však dělí do dvou skupin: jedna třetina tvoří jednotné potomstvo, zbylá část poskytuje potomstvo s poměrem dominantních znaků k recesivním 3:1 (jako u generace F2). Dá se tedy říci, že existují dva možné genotypy, a to rostliny čisté linie označovány jako homozygoti, opačně pak heterozygoti, u nichž se vyskytují dominantní i recesivní znaky. Při vzájemném křížení homozygotů vzniká potomstvo, jež je genotypem i fenotypem

jednotné. Vzájemných křížením heterozygotů vznikne potomstvo genotypově i fenotypově rozdílné, u nichž je poměrné zastoupení homozygotů a heterozygotů pravidelné a stálé.



Obr. 1: Princip přenosu dědičné informace u hrachu setého *Pisum sativum*,

Zdroj: www.anthro.palomar.edu/mendel/mendel_1.htm

Práce Johanna Gregora Mendela byla ve své době přehlížena a společností odmítnuta, částečně i proto, že při svých výpočtech používal teorii pravděpodobnosti, která byla pro většinu tehdejších biologů velkou neznámou. Jeho poznatky však nebyly odepsány nadlouho, v roce 1900 byly znovu objeveny a vrhly světlo na principy dědičnosti u rostlin a zvířat. Kolem zmíněného roku začali vědci bádát nad tématem změny genetické výbavy rostlin s cílem získu požadované vlastnosti. V roce 1953 se o objev šroubovicové struktury DNA zasloužili vědci James Watson a Francis Crick a díky tomu se lidstvu otevřela možnost měnit vlastnosti organismů. A v roce 1973 vědci Herbert Boyer a Stanley Cohen vynalezly proces genetického inženýrství, konkrétně zkonstruovali funkční organismus, který v sobě kombinoval genetickou informaci dvou různých druhů. Tento objev znamenal využití geniální techniky vložení virové DNA do DNA bakteriální buňky vyvinuté Paulem Bergem v roce 1972. Od roku 1980 podniky začaly podávat žádosti o patenty geneticky modifikovaných organismů a v roce 1982 byl v USA schválen první lék, který byl produktem genetické modifikace (Butler [online], 2013). Šlo konkrétně o lék společnosti Genentech určený k léčbě diabetes (využití genu pro produkci inzulinu).

Klasické šlechtění jak jej známe z dob minulých, si vybírá rostliny, které jsou nositeli žádoucích znaků, a jejich opakovaným křížením vzniká potomstvo nových

odrůd s požadovanými znaky. Je to však proces trvající i více než 10 let. Další možností modifikací je šlechtění radiací, při kterém se ozařují semena rostlin a dochází tak k mutacím, jež mají za následek taktéž vznik nových odrůd. Tento způsob šlechtění však nese jistá rizika, především tedy nejasnost v množství nahodile nově vzniklých genů a vlastností, částečně samozřejmě i obavy ze zdravotních rizik a dopadů na životní prostředí, je tedy logické, že se na tuto metodu nevztahuje zákon platící pro nakládání s geneticky modifikovanými organismy (Zákon č. 78/2004 Sb.). V České republice byl průkopníkem této metody docent Josef Bouma, jež u přítele ozářil zubařským rentgenem zrna ječmene odrůdy Valtický a podařilo se mu vytvořit modifikovanou rostlinu s kratšími a odolnějšími stébly, hustší porostností, a tedy i vyššími výnosy na hektar zemědělské plochy.

Mezi moderní metody šlechtění řadíme již zmíněné transformace genomu rostlin, ať už jde o metodu přímou či nepřímou. Nové rekombinace se od starých liší především tím, že se neomezují na běžnou přirozenost křížení a dosahují toužených výsledků mnohem rychleji a předvídatelněji, a také překonávají mezidruhové bariéry (například rekombinace genetického materiálu mezi zvířetem a mikroorganismem).

Nepřímé metody využívají tzv. vektory, tedy přenašeče požadované DNA. Jako vektory jsou v rostlinné biotechnologii použity nejčastěji tzv. Ti a Ri plazmidy (malé kruhové řetězce DNA obsahující omezené množství genů) rostlinného patogenu *Agrobacterium tumefaciens*. *Agrobacterium*, půdní gramnegativní bakterie čeledi *Rhizobiaceae*, rozpouští buněčnou stěnu a vkládá DNA do chromozomu cílové buňky (Zambryski 1992; Hooykaas and Schilperoort 1992). Plazmidy jsou používány především proto, že DNA se nedokáže z jednoho organismu do druhého přirozeně přesouvat jinak než reprodukcí. Nový kód je přijat do genomu cílového organismu, takže se stává součástí buněčné výbavy a je přesunut spolu s dalšími proteiny, které organismus normálně produkuje. Kromě nového cílového genu může transformovaný organismus obsahovat také sekvence regulační DNA (promotory a represory), které kontrolují expresi genu buď pozitivně, nebo negativně.

Využití plazmidů však není možné ve všech případech, bylo tedy nutné najít jiné cesty umožňující přenos DNA. Přímé metody naopak zahrnují mechanické, chemické či elektro-fyzikální vpravení genu přímo do jádra buňky hostitelské rostliny, například využití elektrických impulzů nebo elektroporaci pylové láčky, protoplastů (rostlinné buňky, jejichž buněčná stěna byla odstraněna enzymaticky) nebo mikroorganismů.

Kromě těchto metod jsou v dnešní době používány mikroinjekce DNA nebo laserové technologie. Velice nezvyklou metodou je biolistika (bombardování mikroprojektily), tedy použití wolframových, platinových nebo zlatých mikročásteček potažených DNA a vpravených (vstřelených) pomocí biolistického děla za přítomnosti helia do cílové buňky. Tento způsob modifikace byl objeven v roce 1990 a úspěšně použit k modifikaci několika kulturních plodin včetně rýže a pšenice.

Přestože genetické modifikace považujeme za jednu z technologicky nejnáročnějších disciplín, svoje kořeny má už v dávné minulosti. Selektivní křížení bylo využíváno již našimi předky a je možné zmínky o něm najít již v Bibli. Projevy požadovaných znaků s použitím těchto historických technik však trvaly i celá staletí a výsledky byly mnohdy celkem nejisté. Jednoduchou a účinnější verzí je vkládání plazmidů do bakteriální buňky, bakterie poté začne produkovat požadovanou látku, a to bez staletého čekání na výsledek. Dalším stupněm je pak vkládání nově získaných genů do genomu rostlin, případně živočichů. V přírodě přežívaly vždy jen ty neadaptabilnější a nejsilnější organismy, ne vždy to ale byly zrovna ty, které člověk v danou chvíli potřeboval. Lidé si tedy pro selektivní křížení vybírali ty organismy, které nesly potřebné znaky. Jednoduchým a rozšířeným příkladem může být kulturní plodina obilí. Jsou druhy, které mají vysokou výnosnost zrní, ale také jsou druhy velmi odolné vůči klimatu. Křížením konkrétně těchto dvou druhů získáme rostlinu, která je velmi odolná vůči klimatickým výkyvům, a zároveň jsou výnosy této plodiny nadprůměrné. Selektivní křížení je velmi jednoduchý a účinný způsob kombinace požadovaných vlastností, nevýhodou stále zůstává jeho relativně vyšší časová náročnost a nejistý výsledek.

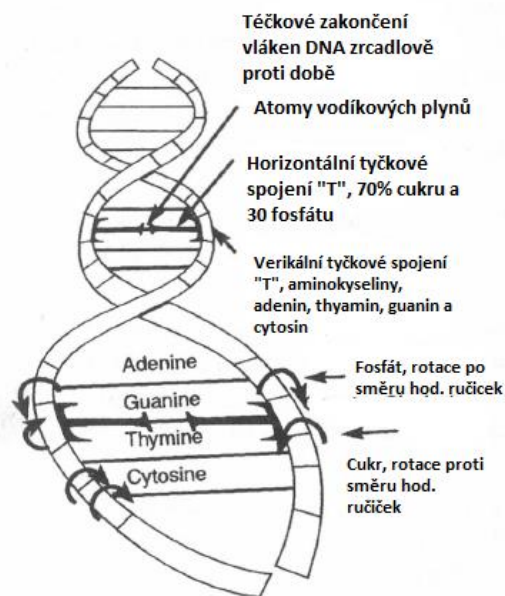
Plazmidy jsou součástí genomu většiny bakterií, jak už bylo řečeno, jde o kruhový úsek DNA kódující určitý protein nedůležitý pro funkci bakterie jako takové, ale může jí pomoci přežít v nepříznivých podmínkách. V přírodě častou nesou právě plazmidy geny zodpovídající za rezistenci například vůči antibiotikům, čehož lze v genomovém inženýrství využít poměrně efektně k vytvoření rekombinantních plazmidů nesoucí požadovaný gen. Pro vpravení plazmidu do bakterie musíme překonat její buněčnou stěnu (pomocí CaCl_2 a následného rychlého zchlazení) a také membránu (k jejímu otevření se používá „tepelný šok“). Plazmidy se pak snadno dostanou dovnitř organismu a bakterie je tak schopna syntetizovat zvolený protein. Tímto způsobem můžeme vysyntetizovat některé lidské hormony, zejména pak inzulín. Vkládání genů

jako takových je ve své podstatě proces velmi podobný vkládání plazmidů, jen s tím rozdílem, že vyšší organismy obsahují ve své struktuře jádro (nucleus) a nestačí tedy jen vložit plazmid do cytoplazmy, ale genetická informace musí být začleněna do jaderné DNA. Příprava rekombinantní DNA probíhá stejně jako u plazmidů, u této DNA ale nejde o kruhovou sekvenci. Pro implantaci genu je potřeba použít jistý druh vektoru, například speciálně upravený virus, tzv. „genovou pistoli“, dále lze využít elektrického proudu.

3.1.1.1 Struktura DNA

Abychom mohli pochopit základní principy genetické modifikace, je nutné objasnit pojmy stěžejní pro genetiku. Z biologického hlediska funguje genom u všech žijících organismů velmi podobě – každá buňka obsahuje DNA, která je nositelem genetické informace a slouží k reprodukci celého organismu. DNA je zkratkou deoxyribonukleové kyseliny nacházející se v jádře buněk. Jde o dvouřetězcovou molekulu složenou z kyseliny fosforečné, pentózy a dusíkaté báze, kterou představují adenin (A), guanin (G), cytosin (C) nebo thymin (T).

Za jednotku genetické informace by se dal považovat gen, přesněji řečeno gen obsahuje genetickou informaci o primární struktuře DNA. Transgen je gen, jež je přenesen do hostitelského (transgenního) organismu. Proces vytvoření transgenního organismu se nazývá transgenóza a při tomto procesu dochází ke stabilnímu začlenění transgenu, tedy k vytvoření geneticky modifikovaného organismu. Genotypem rozumíme znaky uložené v sekvenci DNA, fenotypem pak soubor znaků vytvářených prostředím projevovaných navenek. Dědičný materiál, kterým rozumíme deoxyribonukleovou kyselinu (DNA), transgenních rostlin byl změněn pomocí moderních šlechtitelských metod, genového inženýrství. Za pomoci těchto genetických změn je možné získat rostliny, které se vyznačují různými výhodnými vlastnostmi.



Obr. 2: Struktura kyseliny deoxyribonukleové

Zdroj: <http://www.matrix-2001.cz/>

3.1.2 Dělení transgenních rostlin, první biotechnologické pokusy s GMO

Transgenní rostliny mohou být rozděleny do pěti různých kategorií, tzv. generací. Kritériem rozdělení do těchto generací je povaha žádoucích vlastností nebo jejich využití, dle Holce a Soukupa (2006):

- 1. generace transgenních plodin - plodiny, které jsou odolné proti chorobám, škůdcům či plevelům (rezistence vůči herbicidům, virům, bakteriím, hmyzím škůdcům)
- 2. generace transgenních plodin - plodiny, které disponují odolností proti abiotickým extrémům, jako jsou chlad, sucho nebo nedostatek světla, zasolení půdy
- 3. generace transgenních plodin - plodiny vyznačující se vyšší nutriční hodnotou, např. vyšší obsah nenasycených mastných kyselin, zvýšený obsah vitamínů, antioxidantů,
- 4. generace transgenních plodin – plodiny ekologicky výhodné
- 5. generace transgenních plodin - plodiny z této skupiny jsou využívány jako náhrada fosilních paliv, suroviny pro průmysl (výroba ethanolu, bionafty...)

K tomu, aby se současné biotechnologie vyvinuly až do dnešní podoby, bylo nutné provést obrovské množství pokusů s užitím variabilních modelových organismů. K prvním z nich patřila octomilka obecná *Drosophila melanogaster*, pro lékařské účely byly často využívány dnes již tradiční laboratorní myši a později v polovině 19. století se o mnoho nových poznatků postarala bakterie *Escherichia coli*, lidská střevní bakterie, která se díky svým vlastnostem rychle stala jedním z hlavních modelových organismů biotechnologického výzkumu.

Vědci tuto bakterii používají k ukládání sekvencí DNA z jiných organismů za účelem produkce proteinů a testování jejich funkcí. *E. coli* se vyskytuje ve spodní části střev teplokrevných živočichů, tedy i člověka. Je jednou z mnoha bakteriálních druhů, které obývají náš trávicí trakt v počtu větším, než je celkový počet buněk v lidském těle. Bakterie *Escherichia coli* má velkou škálu kmenů s různými charakteristikami. Většina kmenů *E. coli* je k lidskému organismu neškodná (například B a K-12 kmeny) a je zcela běžně využívána v laboratořích. Avšak některé z kmenů jsou pro člověka škodlivé. Proč si vědci vybrali zrovna tuto bakterii? Existuje velmi jednoduchá odpověď. Růst této bakterie není vůbec náročný, a to hned z několika důvodů. *E. coli* je střevní bakterie a pro její růst je teplota těla naprosto ideální. Kromě toho není vybíravá, co se týče výživy, zcela jí postačí strávené zbytky potravy v trávicím traktu. Další výhodou je fakt, že tato bakterie je schopna přežít jak v anaerobním (střevním) prostředí, tak v aerobních podmínkách. Poslední důležitou vlastností zůstává její rychlé množení, při němž zdvojnásobí počet svých buněk každých dvacet minut. Z jedné mateřské buňky je tedy možné během sedmi hodin namnožit milion buněk *E. coli*, což je nejen velmi rychlé, ale zároveň výhodné a levné. Důvodem, proč je bakterie *Escherichia coli* tolik využívaná v moderní biotechnologii, nahrává i fakt, že její genetická výbava je vědci dobře popsána a pochopena, a to od roku 1997. Obsahuje kolem 4400 genů a byla použita právě Herbertem Boyerem a Stanley Cohenem při jejich výzkumné činnosti, kdy dokázali, že DNA různých druhů (v jejich případě žabí gen) je možné do buněk této bakterie zabudovat. Po sérii jejich laboratorních pokusů tak začala běžná bakterie produkovat žabí bílkovinu.

V praxi se biotechnologie začaly užívat v roce 1978, kdy firmy aplikovaly poznatky o přenosu genů nejprve ve farmaceutickém průmyslu. Přípravou lidského inzulínu k léčbě diabetes došlo k odstartování věku genového inženýrství, jež se

postupně přeneslo především právě do zemědělství. Kolem roku 1985 se principy transgenozy projevují při šlechtění rostlin s velkou výhodou oproti šlechtění ionizujícím zářením – danou vlastnost můžeme přímo zacílit bez vzniku nežádoucích vlastností nebo cizí bílkoviny. Po přenesení specifického úseku DNA do rostlinné buňky tak odrůda získá požadovanou vlastnost, která by měla v ideálním případě být řízena jedním nebo jen několika málo geny. Genetický kód je univerzální pro vše živé, což velmi usnadňuje hledání genu se specifickými vlastnostmi, lze tedy hledat v jakémkoli organismu. První transgenní rostlinou byl tabák viržinský *Nicotiana tabacum* s rezistencí k antibiotiku kanamycinu. Geny s rezistencí k vybraným antibiotikům sloužily pouze jako „značkovací geny“ (marker genes) určené k indikaci úspěšnosti genetické manipulace. V tomto případě však vyvstává otázka, zda značkovací geny používat vzhledem k možnému přenosu do patogenních organismů, díky kterým by teoreticky mohlo dojít ke snížení účinnosti léčby antibiotiky nebo ke její totální neúčinnosti (o rizicích užití GMO až dále).

V roce 1987 provedli vědci první polní pokusy s modifikovanými zemědělskými plodinami. Šlo o rajčata odolná k viru TMV (vůbec první objevený virus - tabákový mozaikový virus *Tobacco mosaic virus*). Tato rajčata byla poprvé uvedena na trh USA v roce 1994, nicméně se od produkce ustoupilo z důvodu nedostatku zkušeností s nakládáním a dopravou zralých rajčat, což logicky přineslo značné ztráty. V následujících letech však pěstitelé dokázali vytvořit odpovídající podmínky pro pěstování, skladování a distribuci GMO, a tak modifikáty pronikly na trh ve velkém. Pokrok v rozvoji genového inženýrství je zmíněn níže ve výčtu zahrnujícím historii transformací u jednotlivých zemědělských plodin a ostatních rostlin:

- 1983 tabák
- 1984 mrkev, štirovník
- 1985 řepka olejka, petúnie
- 1986 vojtěška, huseníček, rajče, tykev
- 1987 chřest, bavlník, len, ředkvička, salát, brambor, žito, slunečnice
- 1988 květák, celer, rýže, sója
- 1989 jabloň
- 1990 chryzantéma, citrus, jetel, papája, jahodník
- 1991 karafiát, kiwi, meloun, švestka
- 1992 cukrovka, pšenice

3.1.3 Transgenní plodiny

3.1.3.1 GM plodiny s tolerancí vůči herbicidům

Co stojí za zvýšenou produkcí transgenních rostlin? Jednoznačně pohodlnost pěstitelů a minimalizace agrotechnických opatření. Šlechtitel potlačí negativní vlastnost či naopak vpraví gen pro vyvolání vlastnosti požadované, a tímto jedním krokem masově ovlivní následné nutné pěstební zásahy. Tolerance vůči herbicidům výrazně zjednodušuje použití chemizace v zemědělství. Plevelé odebírají kulturním plodinám nejen vláhu a živiny, ale i životní prostor. Navíc chemizace není jen riziko pro životní prostředí, vyžaduje i značné investice.

Herbicidy rozdělujeme na dva základní druhy, a to na přípravky selektivního charakteru, jež působí jen na určitou skupinu vybraných plevelů, tím nedochází k poškození pěstované kulturní plodiny. Dalším druhem jsou velmi agresivní takzvané totální herbicidy, které kromě likvidace nežádoucího plevelu likvidují veškeré rostlinstvo, se kterým přijdou do styku. Kromě tohoto rozdělení můžeme rozlišit přípravky dle dalších kritérií na kontaktní a systémové (podle místa působení), na přírodní či syntetické (podle původu) a také dle své chemické povahy (organofosfáty, fenoly...). Princip HT technologií spočívá ve vpravení enzymu půdních bakterií, jež jsou vůči herbicidům rezistentní. Přenese-li se tento enzym do genomu vybrané plodiny, může jej rostlina využít jako rezervu v případě, že bude poškozena aplikovaným herbicidním přípravkem. Takovéto manipulace se nejčastěji uplatňují při pěstování sóji, kukuřice, řepky, bavlníku a řepy, a to především v oblastech jako jsou USA, Brazílie, Argentina, Asie a Afrika.

3.1.3.2 GM plodiny s tolerancí vůči hmyzu

Odolnost vůči hmyzím škůdcům je zcela jistě klíčová vlastnost pro velké pěstitelé. V konvenčním zemědělství se používá poměrně velká škála insekticidů (přípravků hubících hmyz). Existuje obrovské množství různých druhů hmyzu, jež snižují plošné

výnosy zemědělců, jde například o bázlivce kukuřičného *Diabrotica virgifera*, mandelinku bramborovou *Leptinotarsa decemlineata* nebo o zavíječe kukuřičného *Ostrinia nubilalis*. Běžně užívaným prostředkem proti hmyzu je mimo jiné již několikrát zmíněná půdní bakterie *Bacillus thuringiensis*. Bakterie tohoto rodu vytvářejí specifický Bt toxin, který dle svého typu napadá a poškozuje zažívací trakt určitého řádu hmyzu, ale zároveň je pro jiné hmyzí řády neškodný stejně jako pro hospodářská zvířata a pro člověka (pro příklad specifický Bt toxin působící negativně u řádu motýlovití, konkrétně u zavíječe kukuřičného, bez efektu působící u řádu blanokřídlí, konkrétně u včely medonosné). Postřiky s obsahem Bt toxinu jsou ale v porovnání s ostatními insekticidy nákladnější, navíc je snadno smyje déšť a jsou poškozovány slunečním zářením. Je tedy zřejmé, že tyto skutečnosti donutily vědce pokusit se zabudovat gen zodpovědný za produkci příslušného Bt toxinu do genomu rostliny.

Zabudování genu vypadá v praxi následovně – pokud se housenka zavíječe kukuřičného bude živit odrudou Bt kukuřice obohacenou vhodným genem, poškodí toxin vyprodukovaný rostlinou (kukuřicí) její zažívací trakt a housenka hyne (Bt hybridy vykazují 100 % účinnost proti příslušnému škůdci). Jelikož zavíječ kukuřičný náleží řádu *Lepidoptera* (tedy motýli), bude daný toxin poškozovat i ostatní zástupce tohoto řádu.

Počátkem podzimu roku 2013 vydala Evropská komise povolení pro dovoz dvou nových typů GM kukuřic a jejich použití do krmiv, případně při výrobě potravin. Obě žádosti o uvedení na trh v EU podaly společně dvě společnosti, a sice Dow AgroSciences a celosvětově známá firma Monsanto. Kukuřice s obchodním názvem SmartStax obsahuje kombinaci genů pro různé Bt toxiny, je tedy chráněna proti housenkám zavíječe kukuřičného *Ostrinia nubilalis*, proti bázlivci kukuřičnému *Diabrotica virgifera* a dalším škůdcům řádu *Lepidoptera* (motýli) i *Coleoptera* (brouci). Dále je vložen gen pro toleranci k herbicidům s účinnou látkou glyfosát (obsažen v pesticidu Roundup). Kukuřici s obchodním názvem POWERCORE™ tvoří tři modifikované linie s kombinací genů pro odolnost vůči škůdcům *Lepidoptera* a s tolerancí ke glyfosátu. Odpůrci tohoto druhu manipulace, jako např. organizace Testbiotech, rozhodnutí EFSA značně kritizují a poukazují na velké nedostatky při hodnocení rizik prováděném společností Monsanto, Dow AgroSciences a Úřadem pro bezpečnost potravin EFSA. Kritika přichází především proto, že kombinované účinky toxinů pro hmyz a reziduí herbicidních přípravků nebyly dosud testovány. Existují tak

oprávněné pochyby o bezpečnosti těchto rostlin obsahujících celý koktejl toxických látek. Na stejném principu jako Bt kukuřice byly vyšlechtěny brambory s odolností proti mandelince bramborové či bavlník rezistentní vůči makadlovce bavlníkové *Pectinophora gossypiella*. Manipulace tohoto typu jsou užívány především v oblastech, pro které je pěstování kukuřice jedním z hlavních hospodářských artiklů (Argentina, Brazílie, USA, EU), dále Austrálie, Filipíny a Korea pěstující odrůdu GM brambor s rezistencí vůči mandelince bramborové. O této plodině však až v následující kapitole.

3.1.3.3 GM brambory

Genetické modifikace se dnes již užívají nejen k produkci specifických toxinů a dalších látek k obraně rostliny samotné. Dochází k úpravám složení a poměrů živin v plodech kulturních rostlin. Kupříkladu konvenční brambory obsahují zhruba 24 % sušiny, z níž přibližně 75 % tvoří zásobní polysacharid škrob. Jak víme, škrob je tvořen dvěma sacharidy - amylozou a amylopektinem (u brambor v poměru cca 1:5). V průmyslové výrobě bramborového škrobu je amyloza nežádoucí složkou, a proto se z bramborových hlíz odstraňuje. Oddělování obou druhů škrobů, ať už chemickými, fyzikálními či enzymatickými procesy, se ukázalo jako velmi pracné, ale především drahé řešení. Co víc, je spojeno s obrovskou ekologickou zátěží, jelikož se při separaci spotřebovává velké množství vody a energie. Amylopektin je z ekonomického hlediska daleko zajímavější, jelikož je jeho využití dost rozličné. Jeho uplatnění najdeme při výrobě papíru, konstrukčních materiálů, lepidel, mazadel a dalších produktů. Genetické inženýrství tedy nabídlo řešení – GM odrůdu brambor s názvem Amflora s upraveným poměrem amylozy a amylopektinu. Tyto škroby tvoří zhruba 20 % hmotnosti bramborových hlíz. V případě GM brambor se však nejedná o vnesení cizího genu do rostliny samotné, jde pouze o potlačení přirozené vlastnosti brambor, která vede ke snížení množství amylozy v hlízách na zanedbatelné množství. V obyčejném bramboru je klíčovým enzymem pro syntézu amylozy enzym GBSS (granule-bound starch synthase), jež vzniká na ribozomech dle jednovláknové molekuly mRNA, která je syntetizována v jádru buňky podle příslušného genu. GMO brambor Amflora má do své

genetické informace vložen gen pro sekvenci RNA, jež je pravým opakem mRNA syntetizované dle genu pro GBSS. Jde tedy o gen, jenž je jejím zrcadlovým obrazem, v odborné terminologii nazývaný jako antisense RNA. V momentě, kdy dojde k reakci těchto dvou jednovláknových RNA, vytvoří se dvojitá šroubovice, podle níž již ribozomy nejsou schopny příslušný enzym vyrobit, naopak dvojitá šroubovice vyvolá jev zvaný RNA interference, při níž dojde k rozštěpení dvojité šroubovice na malé úseky čítající 21 až 23 bazí (písmen genetického kódu). Takto vzniklé fragmenty jsou označovány jako malé interferující RNA (small interfering RNA – siRNA). siRNA jsou schopny splnit své úlohy jen v případě, že se vlákno spojí s velkým komplexem označovaným jako RISC (RNA-induced silencing complex), volně přeloženo jako komplex pro umlčování dědičné informace buzený prostřednictvím RNA. Postačí malý fragment siRNA spojený s komplexem RICS, jež dosednou ve vhodném místě na mRNA. V daném místě pak začne RISC mRNA štěpit a dojde tak k její degradaci. Genová základna tak není nijak poškozena, avšak z cytoplasmy buňky mizí mRNA, tudíž je zabráněno syntéze příslušného proteinu. Jedná se o proces velmi razantní, avšak vysoce specifický, jelikož vymazává jen přesně vybrané mRNA. Úspěšnost tohoto procesu dosáhla výsledků v poměru amylozy k amylopektinu 1:49.

Výsledkem při výrobě škrobu jsou vyšší výnosy, nižší spotřeba energie a méně odpadu. Důvod, proč jsou brambory geneticky upravovány, jsou především nároky dnešních spotřebitelů a důraz na zdravý životní styl. Jelikož brambory obsahují velké množství vody, během smažení dochází k nahrazení vody tukem a brambory tak pro spotřebitele obrovskou kalorickou bombou a pro výrobce bombou v podobě ekonomické zátěže. Pokud však dojde k otočení poměru vody a škrobu, bude výroba smažených brambůrků výhodnější – doba smažení se zkrátí a při smažení samotném dojde k omezenému příjmu tuku do jednotlivých částí hlíz. Kromě výše zmíněného se dnes pěstují také odrůdy, u nichž nebude nutné použití přídatných chemických látek k zamezení „černání“ brambor a odrůdy se sníženým obsahem redukcujících cukrů (brambory, které během skladování nesládnou).

Ze zdravotního a etického hlediska nepředstavuje odrůda Amflora žádné nebezpečí. Hlízy této odrůdy byly podrobeny desetiletému testování, jehož součástí byly i testy ohledně toxicity a alergenity. Agentura EFSA (European Food Safety Agency) došla při hodnocení k závěru, že hlízy GM brambory Amflora nepředstavují pro zvířata ani pro člověka zdravotní riziko. Nicméně se objevují i negativní ohlasy

ohledně schválení této odrůdy. Ze strany Greenpeace jde jednoznačně o negativní postoj v otázce zavedení této odrůdy do distribuce pro potravinářské či krmné účely. Údajně byly při krmení výše zmíněnou odrůdou v laboratorních testech na potkanech zjištěny změny v počtu bílých krvinek a hmotnosti sleziny. I přesto, že odrůda byla oficiálně schválena, její pěstování není bezproblémové. Hlízy v půdě přežívají jen velmi obtížně a rostliny prakticky nekvetou. V případě, že dojde k vykvetení, jsou květy často defektní a prašníky s pylem většinou nejsou schopny normálního vývoje, což zabraňuje rostlině rozmnožovat se samosprašně a modifikovat tak pylem další kulturní plodiny a planě rostoucí lilkovité rostliny.

Velmi nezvyklou a ojedinělou odrůdou brambor se však stává GM brambor produkující protein, který tvoří protilátky proti hepatitidě typu B. Je tedy teoreticky možné navodit imunitu vůči tomuto onemocnění pouhou konzumací specifické odrůdy brambor a vyhnout se tak očkování. Hepatitida typu B je onemocnění, jejímž původcem je HBV (Hepatitis B virus z rodu *Orthohepadnavirus*), což je DNA virus, který se replikuje přes RNA střední formou reverzní transkripce, je tedy velmi podobný retrovirům, jež jsou schopny přepsat svou genetickou informaci do DNA, kterou následně mohou včlenit do genomu hostitelské buňky. Jedná se o jedno z nejzávažnějších virových onemocnění člověka, nejčastější příčinou úmrtí je cirhóza jater, další v pořadí je hepatocelulární karcinom (nádor v oblasti jater).

V USA a Kanadě bylo počátkem roku 2013 podáno několik žádostí o povolení nových produktů z geneticky modifikovaných rostlin, jež by měly přinést řadu výhod především pro dnešní spotřebitele. Jde například právě o brambory, které při pečení a fritování vytvářejí méně škodlivého akrylamidu. V případě obou produktů byly použity nové biotechnologické postupy bez přenosu genů z cizí rostliny či organismu. Nové brambory s názvem Innate byly vyvinuty firmou J. R. Simplot Company, která jako jedna z hlavních společností obchoduje se zemědělskými komoditami v USA a zásobuje bramborami fastfoodové řetězce (McDonald's, atd.). Nové GM brambory jsou upraveny dle požadavků řetězců – musí být odolnější vůči patogenním houbám, jejichž napadení vede ke vzniku nevzhledných hnědých skvrn. Především však v budoucnu musí při zpracování produktů z brambor vznikat méně potenciálně nebezpečného akrylamidu. Jde o látku, která se používá k výrobě obalových materiálů, je bez barvy a vůně, dobře rozpustná ve vodě, acetonu a ethanolu. V 50. letech 20. století se tato sloučenina hojně využívala pro výrobu barviv, papíru a při vodárenské úpravě pitné vody. Lidé, jež

s touto látkou přišli do styku, mívali často zdravotní obtíže. Akrylamid poškozují nervy a kromě dalšího se váže na proteiny zodpovědné za základní funkce neuronů v lidském těle. Předmětem zkoumání je kromě neurotoxicity také genotoxicita a karcinogenita, všechny tyto negativní vlastnosti jsou samozřejmě odvislé od množství přijaté látky. Ke vzniku akrylamidu (AA) dochází při tepelné úpravě potravin. Hlavním mechanismem vytváření AA je reakce probíhající mezi volnou geneticky kódovanou neesenciální AMK asparaginem a mezi karbonylovými sloučeninami. Je součástí tzv. Maillardovy reakcí, což jsou nejvýznamnější reakce objevující se během skladování a zpracování potravin. Průvodním znakem těchto reakcí je již zmiňovaná tvorba hnědých pigmentů (melanoidů). Zároveň dochází ke tvorbě sloučenin s mutagenními a karcinogenními vlastnostmi, stejně jako ke změnám některých sensorických vlastností jako je chuť či vůně. Akrylamid se vytváří během procesu hnědnutí, kdy se produkty s obsahem škrobu zpracovávají za vysokých teplot (grilování, pečení, smažení, zejména při fritování brambor).

Při zahřátí brambor Innate za vyšších teplot se vytváří méně akrylamidu, jelikož jsou v hlízách redukovány dvě látky nezbytné pro jeho vznik: asparagin a sacharidy. Tohoto efektu vědci dosáhli omezením či úplnou blokací příslušných metabolických drah v hlízách brambor pomocí zamezení tvorby zúčastněných enzymů vnesenou příslušnou sekvencí DNA (RNA interference). Geny pocházející z jiných rostlinných druhů nebo organismů při této modifikaci využity nebyly. Zda je do budoucna osud bramborových hranolků a smažených lupínků otázkou zpracování speciálních GM brambor, není však vůbec jisté. V minulosti se totiž společnost Monsanto již pokusila o zavedení modifikovaných brambor New Leaf na trh, avšak větší odběratelé pohybující se na poli fastfoodů se zdráhali tyto brambory zpracovávat.

3.1.3.4 GM plodiny s dalšími významnými transgenními vlastnostmi

Diskutovanou vlastností související s genetickou modifikací je zvyšování množství pektinů (látek určujících pevnost plodu) a snížení obsahu látek (enzymů), jež pektin rozkládají, což má za následek zajištění dostatečně pevné konzistence potravin po delší dobu (nutnou k transferu ovoce/zeleniny z místa původu do místa odběru).

Modelovým příkladem by mohla být transgenní rajčata. Rajčata, se podobně jako další plodiny (například banány a ananasy), dováží ze zahraničí v nedozrálém stavu a neplnohodnotné zrání probíhá až při transportu samotném nebo na pultech obchodů. Vložením vhodného genu by si plod zanechal svou pevnou konzistenci po delší dobu a rajčata by se dala sklízet a dopravovat až ve chvíli, kdy jsou úplně zralá a přitom dost pevná, aby ustála převoz. Takto upravená rajčata se prozatím pěstují jen v Číně, i když v USA, Mexiku a např. Japonsku je jejich pěstování možné. Významný GM produkt zaměřený na zájem spotřebitelů se objevil v USA a Kanadě. Zde byla podána žádost o povolení pro odrůdu jablek Arctic. Odrůdy Golden Delicious a Granny Smith byly geneticky pozměněny tak, že po rozkrojení nezhnědnou a díky tomu si po delší dobu zachovávají čerstvý vzhled. Jablka byla vyvinuta malou kanadskou biotechnologickou společností Okanagan Specialty Fruits, a to konkrétně za použití technologie omezení funkce genu pro enzym polyfenoloxidáza (PPO), jež reguluje oxidační procesy a ovlivňuje tak hnědnutí řezných ploch.

Jedním z hlavních problémů dnešního světa globálně je narůstající populace, vyšší spotřeba energie způsobená nejen zvyšující se životní úrovní, ale také obrovským počtem variabilních elektrospotřebičů užívaných dnes již téměř v každé domácnosti. Z toho plyne, že je vyvíjen nátlak nejen na dodavatele elektřiny, ale také na těžební společnosti a vládu ohledně prolomení těžebních limitů a jak se zdá, hranice těžby už vlastně neexistují. Vědci jsou donuceni hledat alternativní způsoby zisku zdroje energie v takovém množství, které by pokrylo současnou spotřebu. Zásoby neobnovitelných zdrojů rapidně ubývají a reálně není možné, aby alternativní zdroje dokázaly vyrobit tolik energie, aby se staly plnohodnotnou náhradou například ropy či zemního plynu. Málo koho by napadlo, že velký potenciál se skrývá v něčem tak „zanedbatelném“ jako je artyčok. Artyčoky se dnes využívají jako palivo, a to hned z několika důvodů. Tato zelenina uvolňuje o něco více energie než uhlí a především nezvyšuje obsah oxidu uhličitého v ovzduší. Rostlina ho uvolní jen tolik, kolik ho při svém růstu z ovzduší čerpá. Navíc z jeho semen je možné získat olej na smažení a listím lze zkrmovat dobytek. Jde tedy o rostlinu, u níž lze využít téměř všechny její části, ať se jedná o vegetativní či generativní orgány. Problémem je, že artyčoky jako takové mají velmi nasládlou chuť, jsou tedy oblíbeným cílem hlodavců, kteří zemědělcům způsobují velké škody na úrodě. Zde se však nabízí možnost využití stávajících informací a pokroků genetického inženýrství. Vědci vyvinuli GM odrůdu artyčoků, jejíž chuť je hořká, a tím

odpuzuje případné škůdce. Kromě této „zázračné“ zeleniny se na poli energetiky vyskytuje ještě další rostlina, konkrétně jde o geneticky modifikovaný topol, který by se dal využít jako biopalivo, čili jako energetická plodina. Polní pokusy s oběma rostlinami již probíhají (s artyčoky ve Španělsku, s topolem v Belgii).

Dnešní společnost, a to především česká, nemá vypěstované příliš dobré návyky, co se týče konzumace ryb, ať už sladkovodních či mořských. Ty jsou však zdrojem velice potřebných omega-3 mastných kyselin, bez kterých lidský organismus nemůže správně fungovat. Jednoduchým řešením je zvýšená konzumace čerstvých ryb, které se sice dají dnes sehnat již poměrně snadno, avšak nejsou zrovna nejlevnější potravinou. Průměrná cena kilogramu kvalitního čerstvého rybiho masa se pohybuje mezi 250 a 500 korunami, což je pro většinu populace investice, kterou jsou schopni vydat jen jednou za čas, zpravidla v období výplaty. Otvírá se tedy další příležitost pro vědce z oblasti genetického inženýrství – vyvinout odrůdu kulturní plodiny s přirozeně zvýšeným obsahem omega-3 MK. Existuje velké množství rostlin a plodů, které jsou zdrojem těchto nenasycených mastných kyselin, například lněná semínka či sója. Sója, jak víme, je rostlinou, jež je často cílem modifikací a není tomu jinak ani v tomto případě. GM odrůdy sóji, z jejichž semen se extrahují nenasycené rostlinné (sójové) oleje a u nichž převažuje obsah nenasycených MK oproti nasyceným, jsou dnes již schváleny v tržním oběhu v Austrálii, Kanadě, Mexiku, USA či Japonsku.

V současné době čeká na konečné schválení Evropskou komisí kromě několika dalších geneticky modifikovaných plodin i sója MON87705 s obchodním názvem Vistive® Gold. Tato sója je komerčně pěstována v USA teprve třetím rokem, ale již v roce 2010 podala společnost Monsanto žádost o její dovoz do Evropy za účelem zařazení do potravin a krmiv, stejně jako i k průmyslovému využití. Sója Vistive® Gold má oproti jiným odrůdám pozměněno složení oleje: v důsledku genetické modifikace obsahují semena více kyseliny olejové a méně nasycených mastných kyselin, olej z takto modifikované sóji je tedy vhodný pro smažení a má delší trvanlivost, aniž by prošel hydrogenací (hydrogenací nenasycených tuků vznikají tuky nasycené, případně trans-tuky). Pekárenské výrobky a smažená jídla tudíž neobsahují zdraví tolik škodlivé trans-mastné kyseliny, navíc poměr nasycených a nenasycených mastných kyselin lépe odpovídá dnešním požadavkům na zdravou výživu. Firma Monsanto a pěstitelé očekávají taktéž významný přínos v průmyslovém využití, neboť olej je v přírodě lehce degradabilní a pochází z obnovitelných zdrojů. Stejně jako další

GM plodiny společnosti Monsanto, obsahuje i sója MON87705 gen cp4 epsps pro toleranci ke glyfosátu, účinné látce herbicidu Roundup (produktu téže společnosti), což je pro pěstitele této odrůdy výhodou, jelikož snižuje potřebu použití agrotechniky při velkoplošném pěstování. Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) vydal své kladné stanovisko k použití sóji Vistive® Gold, a to již v říjnu 2012, v prosinci následujícího roku jej doplnil o vyjádření ohledně použití oleje k dlouhodobému smažení a v různých potravinářských výrobcích při maximálních hodnotách uvažované spotřeby. Dle EFSA je sója Vistive® Gold ze zdravotního hlediska stejně bezpečná jako jiné odrůdy této plodiny. Obdobným počinem stejné společnosti je další z řady geneticky modifikovaných plodin, konkrétně jde o sóju MON87769 s použitím v potravinách a krmivech, k němuž se EFSA vyjádřila též kladně. Díky vloženým genům pro enzymy desaturázy, původem z prvosenky kobercové *Primula juliae* a z chlebové plísně *Neurospora crassa*, obsahují sójové boby významný podíl kyseliny stearidonové (SDA), jež je prekurzorem (tedy výchozí látkou) k syntéze zdraví prospěšných nenasycených omega-3 mastných kyselin. Svým složením se olej z této sóji blíží oleji z mořských ryb a řas. Je určen především pro potravinářský průmysl, avšak díky vysokému obsahu nenasycených MK nemá dlouhou trvanlivost a není vhodný ani ke smažení. Sója MON 87769 je pěstována v USA, do EU bude dovážena ve formě výrobků či surovin ke zpracování. Vzhledem ke změně úseku DNA a následné schopnosti tvorby proteinů bylo nutné vyšetřit tuto odrůdu z hlediska případné toxicity a alergenicity. Dle panelu EFSA však tento produkt nepřináší žádná rizika jak pro člověka v případě konzumace, tak ani pro životní prostředí (zmíněná sója nemá žádné selekční výhody, nehrozí tedy její šíření do životního prostředí).

Výzkum genetických modifikací je dnes již tak daleko, že některé pokusy se mnohým mohou zdát jako ze science fiction – například plodiny obsahující gen pro syntézu bílkoviny, jež zabraňuje růstu bakterií způsobujících zubní kaz. Tato vlastnost je v této době rozhodně lukrativní záležitostí vzhledem k úspěchanosti a pohodlnosti životního stylu dnešních rodičů, kteří kladou důraz spíše na kariérní růst než na správnou výchovu svých ratolestí. Představme si tedy GM odrůdu jablek či jahod, která po konzumaci samotné nezpůsobuje obsahem svých sacharidů zubní kaz, ba naopak napomáhá ochraně našich zubů proti bakteriím zubní kaz způsobujícím. Výzkum takovýchto plodin je však na úrovni laboratorních pokusů a uvedení do praxe je prozatím vizí budoucnosti.

Bezkofeinová káva či čaj jsou v současné době zcela běžnou záležitostí dostupnou jak ve většině dobrých kaváren, tak prodejen s kvalitní kávou nebo čajem. Málokdo však ví, že vyrobit takovýto produkt, mimo jiné ekologicky bezpečný a levný, je velmi obtížné a nákladné. Při výrobě samotné dochází k extrakci, a to dvěma možnými cestami. První metoda je drahá a bohužel vede k částečnému odstranění tolik ceněných éterických olejů a aroma. Při této metodě dochází k vyluhování kávových zrn v horké vodě a páře, výluh je poté filtrován přes aktivní uhlík. Druhou možností je použití chemických rozpouštědel, konkrétně methylenchloridu, který kofein absorbuje. Avšak rezidua methylenchloridu mohou zůstat v zrních kávy či v listech čaje a způsobují mimo jiné i drobnou chemickou pachů. Z tohoto důvodu se vědci rozhodli prozkoumat gen zodpovídající za produkci kofeinu v kávovníku arabském *Coffea arabica* a čajovníku čínském *Camellia sinensis*. Logicky vyplývá, že v momentě, kdy dojde k odstranění genu náležícímu produkci kofeinu, vznikne odrůda, jež si zachová své typické aroma, a přesto bude svým složením vhodná ke konzumaci kteroukoli skupinou obyvatel (zaměřeno především na těhotné a kojící ženy nebo na osoby se vysokým tlakem). Rostliny takto geneticky upravené jsou prozatím předmětem zkoumání a jejich uvedení na trh zůstává taktéž ve výzkumné fázi.

Rozdíly v zásobování potravin jednotlivými zeměmi světa jsou až propastně velké, humanitární organizace proto vyvíjejí nátlak z hlediska dodávky plnohodnotné stravy do chudých zemí třetího světa. Na tento popud vznikla odrůda tradiční kulturní plodiny zvaná „zlatá rýže“. Jde o rýži obohacenou o beta-karoten, ze kterého lidský organismus syntetizuje životně důležitý vitamin A. Nedostatek tohoto vitamínu u dětí třetího světa způsobuje slepotu, a to až u půl milionu z nich a jen proto, že jejich rodiče nemají dostatek financí na stravu bohatou na vitamin A. Do tradiční kulturní plodiny rýže je tedy vložen gen pro tvorbu beta-karotenu. Třicet jedna biotechnologických společností poskytlo do dnes více než 70 patentů zdarma pro získání „zlaté rýže“ pro humanitární účely, celý projekt je koordinován Mezinárodním institutem pro výzkum rýže (International Rice Research Institute IRRI). Využití takto modifikované rýže je aktuální v zemích Asie, případně Afriky, u nichž je nutné vyřešit alarmující potravinovou krizi.

3.1.4 Světová produkce GM potravin

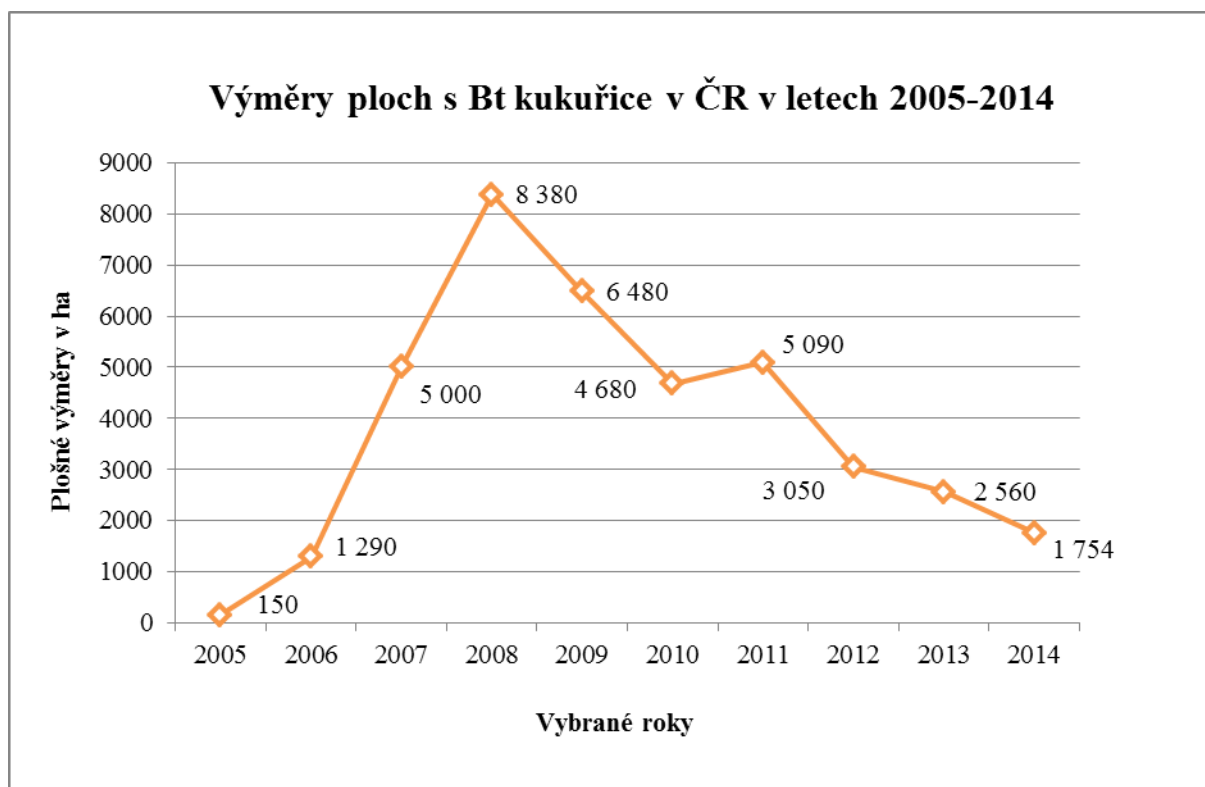
3.1.4.1 Situace v ČR a EU

Pěstování geneticky modifikovaných rostlin v Evropě není prozatím příliš rozšířeno, je zde možnost pěstovat pouze Bt kukuřici MON810 odolnou vůči zavíječi kukuřičném *Ostrinia nubilalis* a GM odrůdu brambor Amflora pro průmyslové využití. Bt kukuřice se na průmyslových plochách v České republice pěstuje již od roku 2005. Zemědělci ČR využívají tuto odrůdu jako alternativu v boji proti výše zmíněnému škůdci. Bt kukuřice typu MON810 si dle genetické modifikace vytváří svůj vlastní rostlinný insekticid, který účinně působí na housenky zavíječe kukuřičného. Není tedy nutné porost této kulturní plodiny dále ošetřovat během vegetace chemickými či biologickými cestami, což do značné míry snižuje náklady na potřeby mechanizace a celkově zjednodušuje celý pěstební postup. Osivo této odrůdy bylo v České republice poprvé uvedeno do praxe v roce 2005, kdy čeští pěstitelé oseli plochu o celkové velikosti 150 ha. Následující tři roky se celkové množství oseté plochy zvýšilo více než padesátkrát (v roce 2008 to bylo 8380 ha, což odpovídalo zhruba třem procentům celkové plochy kukuřice v ČR). GM kukuřice vypěstovaná v naší republice se využívá především jako krmivo pro hospodářská zvířata, nebo jako surovina pro výrobu bioethanolu či bioplynu, ne však pro potravinářské účely. Od roku 2009 naopak docházelo k poklesu, a to především z důvodu problematického odbytu tohoto typu kukuřice stejně jako zvířat krmených touto plodinou. Další překážkou byla cena osiva, která je u Bt kukuřice podstatně vyšší než u odrůd konvenčně pěstovaných. Navíc bylo nutné oddělit produkci GM odrůdy od klasické a označovat ji jako geneticky modifikovaný organismus. Takovéto označení budí ve spotřebitelích přirozené obavy a jejich častý odmítavý postoj je kamenem úrazu sníženého odbytu GMO i přesto, že nebyla prozatím dokázána žádná konkrétní škodlivost produktů geneticky modifikovaných plodin.

Katastr	Okres	Plocha MON810 (ha)
Ostřetín	Pardubice	130,42
Loučka u Nového Jičína	Nový Jičín	47,11
Starojická Lhota	Nový Jičín	30,01
Kuchař	Beroun	1,13
Vysoký Újezd u Berouna	Beroun	56,06
Lužce	Beroun	19,03
Zadní Třebaň	Beroun	12,68
Svínaře	Beroun	31,09
Běleč u Litně	Beroun	19,43
Liteň	Beroun	11,86
Litomyšl	Beroun	61,57
Drozdv v Čechách	Beroun	33,96
Hodyně u Skuhrova	Beroun	7,55
Skuhrov pod Brdy	Beroun	27,53
Nesvačily u Berouna	Beroun	14,10
Všeradice	Beroun	17,21
Dačice	Jindřichův Hradec	75,00
Budyně	Strakonice	4,98
Svinětice	Strakonice	3,00
Senožaty	Pelhřimov	9,34
Tukleky	Pelhřimov	23,99
Číhovice	Pelhřimov	9,42
Křelovice u Pelhřimova	Pelhřimov	5,10
Pastviny u Klášterce nad Orlicí	Ústí nad Orlicí	0,08
Chlebov	Tábor	23,70
Soběslav	Tábor	20,68
Radouň u Štětí	Litoměřice	132,22
Stračí	Litoměřice	27,00
Počeplice	Litoměřice	97,00
Štětí I	Litoměřice	5,73
Vítání	Domažlice	4,04
Medná	Domažlice	46,11
Břeží u Meclova	Domažlice	54,51
Břežany	Klatovy	45,01
Zářečí u Horažďovic	Klatovy	12,23
Malý Bor	Klatovy	123,99
Týnec u Hliněného Újezdu	Klatovy	11,32
Věsky	Uherské Hradiště	50,16
Račerovice	Třebíč	44,72
Podklášťeří	Třebíč	29,49
Zadní Újezd	Olomouc	7,54
Hlivice	Olomouc	6,14
Lípa nad Dřevnicí	Zlín	62,42
Komárov u Napajedel	Zlín	33,50
Pohořelice u Napajedel	Zlín	49,33
Napajedla	Zlín	90,41
Bochoř	Přerov	30,10
Klímkovice	Ostrava-město	20,00
Olbramovice	Ostrava-město	75,00
Celkem		1754,00

Tab. 1: Místa pěstování geneticky modifikované Bt kukuřice MON810 v ČR v roce 2014.

Zdroj: <http://www.mzp.cz>



Obr 3: Přehled plošné výměry Bt kukuřice MON810 v letech 2005-2014. Zdroj:doplnit!
 Zdroj: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/>

Pěstování GM rostlin ve světě se v porovnání s Českou republikou průměrně zvyšuje o 10 % každoročně. Celkové množství zemědělsky užitných ploch využívaných k pěstování geneticky upravených plodin v ČR se v roce 2007 pohybovalo kolem 112 tisíc hektarů, v roce 2008 zhruba kolem 108 tisíc hektarů a v roce 2010 bylo zaznamenáno méně než 75 tisíc hektarů. Důvody ke snižování těchto stavů je již zmíněný problematický odbyt, velmi přísné kontroly a opatření, náročná administrativa a organizace, a v neposlední řadě odlišné označování GM potravin oproti potravinám klasickým, i přesto, že Bt kukuřice disponuje vyšší a kvalitnější sklizní. Od roku 2011 se situace s pěstováním upravených plodin zlepšuje a výměry ploch dosahují opět přes sto tisíc hektarů (u Bt kukuřice MON810 se jednalo cca o 5 tisíc hektarů). V roce 2010 byla Česká republika jedinou zemí, kde se pěstovala GM odrůda brambor Amflora, a to na ploše 150 ha. Nyní patří Česká republika k osmi zemím Evropské unie, na jejímž území se pěstují geneticky upravené plodiny

V Evropské unii však stále existuje poměrně velký počet členských zemí, jež pěstování GM plodin na svém území neschvaluje, a z různých důvodů toto pěstování zakázaly. Jde o země jako Polsko, Rakousko, Německo, Francie, Itálie, Řecko, Maďarsko či Lucembursko.

Polsko se připojilo k dalším členským státům EU, které na svém území zakázaly z různých důvodů pěstovat GM rostliny. Oblast pěstování geneticky modifikovaných rostlin je upravena legislativou EU, tudíž práva a povinnosti z ní vyplývající platí pro veškeré členské státy EU. Legálně lze zakázat pěstování GM rostlin na území jednotlivých členských států, případně na celém území EU, a to na základě zjištění nových vědeckých poznatků, které by poukazovaly na negativní dopad rostlin tímto způsobem modifikovaných na lidské zdraví, zdraví zvířat či životní prostředí nebo na základě tzv. ochranné doložky. Jelikož však nebyly do této chvíle prokázány negativní dopady GM rostlin žádnou z vědeckých studií, využívají členské státy k vyhlášení zákazu již zmíněnou ochrannou doložku, což může v praxi znamenat například, že stát přijal opatření k zabránění nezáměrné přítomnosti GMO v jiných produktech. V případě Polska přijala vláda zákaz na základě dvou nařízení k zákonu o osivech, která znamenají zákaz pěstování dvou GM plodin v EU povolených (Bt kukuřice MON810 a brambory odrůdy Amflora). Polské ekologické hnutí, jež se velkou měrou zasloužilo o tyto zákazy, apeluje také na přípravu nového zákona o GMO, který by plně implementoval všechny regulace EU v této oblasti. Zda je počínání těchto zemí legální, je předmětem zkoumání Evropská komise. V případě, že Evropská komise odmítne vyhlášený zákaz pěstování GM rostlin na území daného státu z důvodu například špatně použitého právního základu či kvůli nedostatečně odbornému odůvodnění a daný stát nezruší vyhlášený zákaz pěstování GM rostlin, vystavuje se členská země riziku soudní pře u Evropského soudního dvora. V důsledku tohoto legislativního rámce byl v roce 2011 Evropským soudním dvorem jako neodůvodněný anulován zákaz pěstování a používání GM kukuřice ve Francii.

3.1.4.2 Legislativa

Vzhledem ke členství České republiky v Evropské unii přináší pěstování plodin genetického inženýrství logicky obrovskou administrativní náročnost a je nutné dodržovat velké množství rozličných nařízení, předpisů a zákonů. Tyto povinnosti vycházejí z doporučení Evropské komise č. 556 z roku 2003. Stěžejními právními předpisy v ČR pro tuto oblast jsou:

- zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství, ve znění pozdějších předpisů
- prováděcí vyhláška č. 89/2006 Sb., o bližších podmínkách pěstování geneticky modifikované odrůdy,
- zákon č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, ve znění pozdějších předpisů (zejména novela č. 346/2005 Sb.), a to konkrétně § 11 (označování produktů GMO) a § 23 (ohlašování lokalit s pěstovanou GM plodinou)
- nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1829/2003, o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech
- nařízení Evropského parlamentu a Rady číslo 1830/2003, o zpětné dohledatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů a zpětné dohledatelnosti potravin a krmiv vyrobených z geneticky modifikovaných organismů a o změně směrnice 2001/18/ES.

Kromě těchto předpisů je nutné, aby pěstitel ohlásil s předstihem záměr pěstovat GM plodinu takovým způsobem, aby informace byly dostupné sousednímu pěstiteli. Dalším povinným ohlášením je skutečné vyšetření dané plodiny mimo jiné i orgánům státní správy (ministerstvu zemědělství a ministerstvu životního prostředí). K přirozeným vlastnostem plodin patří rozšiřování svého genetického materiálu do nejbližšího okolí za účelem zachování druhu. V případě geneticky modifikovaných plodin jsou tedy stanoveny určité plodinově specifické minimální vzdálenosti, které pěstitelé musí dodržet vůči okolnímu porostu, jež nepodléhá genetické modifikaci. Je možné minimální vzdálenost nahradit obsevem, čili přirozenou bariérou tvořenou stejnou, nikoli však modifikovanou plodinou. V neposlední řadě je povinností pěstitel vést evidenci veškeré manipulace a nakládání s GM plodinou a jejími produkty a tuto evidenci vést po dobu minimálně pěti let. Na úrovni Evropské unie se pěstitelé musí

řídít Nařízením EP a Rady č. 1829/2003 ohledně potravin a krmiv, označování modifikovaných produktů má pod záštitou Nařízení EP a Rady č. 1830/2003. Schvalovacím systémem odvislým od těchto nařízení prochází žádosti různých druhů modifikací, ať už rostlin či jiných organismů (kvasinek, bakterií), které jsou předávány k posouzení GMO panelu Evropského úřadu bezpečnosti potravin (EFSA European Food Safety Authority). Stanovisko úřadu je následně podkladem pro rozhodnutí Evropské komise ohledně schválení a návrhu uvedení daného produktu na trh či nikoli. Ke dni 22. 7. 2013 je v EU povoleno pěstovat výše zmíněné plodiny, tedy Bt kukuřici MON810 a GM brambor Amflora. K uvedení na evropský trh je povoleno celkem 49 druhů GM modifikací různých rostlin (27krát kukuřice, 7krát sója, 8krát bavlník, 3krát řepka olejka, 1krát brambor, 1krát cukrová řepa, 1krát kvasinky a 1krát bakterie). Jak z logiky věci vyplývá, je jen na spotřebiteli, zda si produkt genetického inženýrství zakoupí. Tyto produkty jsou totiž označovány slovním spojením „Tento produkt obsahuje geneticky modifikované organismy“, a to ať jde o produkty sestávající z GMO nebo je obsahující, potraviny vyrobené z GMO nebo krmiva vyrobená z GMO. Takto legislativně dané značení se nevztahuje na potraviny obsahující geneticky modifikované organismy, jejichž podíl v potravinech nepřesahuje 0,9 % a pouze za předpokladu, že jejich přítomnost v daném produktu je čistě náhodná či je z hlediska technologického postupu naprosto nevyhnutelná. Dále je také nutné si uvědomit, že řada potravin označených jako modifikované nemusí být nutně produktem genetické modifikace, ale kupříkladu modifikace chemické (příkladem může být modifikovaný kukuřičný škrob, který nese takovéto označení díky úpravě pomocí fyzikálně-chemických či enzymatických postupů k dosažení požadovaných vlastností).

3.1.4.3 Schvalovací proces

Schválení GMO produktu a jeho uvedení na trh předchází řada vědeckých studií, analýz a testů, jde o jeden z nejpřísnějších schvalovacích procesů EU. V České republice je za tuto administrativu zodpovědné jak jinak než Ministerstvo zemědělství, konkrétně jde o Úřad pro potraviny, Odbor bezpečnosti potravin. V momentě, kdy dojde z těchto stran ke schválení daného produktu, postupuje žádost (sestavující se

z obrovského množství dokumentů) dále k již zmiňovanému Evropskému úřadu bezpečnosti potravin (EFSA), poté k Evropské komisi, která se rozhoduje dle stanoviska EFSA. Posouzení žádostí o uvedení GM potravin a krmiv na trh se zabývá Panel pro geneticky modifikované potraviny (GMO panel EFSA). V případě, že je žádost posouzena kladně, dojde k hlasování Komise skládající se ze zástupců členských států EU. Nedojde-li k podpoře kvalifikované většiny, předá Komise žádost ke konečnému rozhodnutí Odvolací komisi, na níž leží břímě rozhodnutí. Uvedení GM potraviny na trh je tedy proces, který zpravidla trvá několik let.

3.1.4.4 Situace ve světě

Světově se pěstování GM plodin diametrálně liší oproti Evropské unii, celkový počet zemí užívajících biotechnologie je 29, konkrétně jde o USA, Brazílii, Argentinu, Indii, Kanadu, Čínu, Paraguay, Pákistán, Jižní Afriku, Uruguay, Bolívii, Austrálii, Filipíny, Barmu, Burkinu Faso, Mexiko, Španělsko, Kolumbii, Chile, Honduras, Portugalsko, Českou republiku, Polsko, Egypt, Slovensko, Rumunsko, Švédsko, Kostariku a Německo. Skladba rostlin pěstujících se celosvětově se drobně liší od plodin pěstovaných na území Evropské unie, kromě rozličných druhů také převažujícím poměrem (rozhodující vliv mají pěstitelské tradice jednotlivých států). Mezi nejčastěji vysazované rostliny patří sója, kukuřice, bavlník, řepka, dýně, papája, cukrovka, rajče, paprika, brambor, papája a mimo jiné i topol. Celková plocha osázená GM rostlinami ve světě dosahovala v roce 2011 zhruba 160 milionů hektarů, v USA šlo řádově o 70 milionů hektarů, v Kanadě zhruba o 10 hektarů zemědělských ploch. Jak je jistě zřejmé, mimoevropská legislativa řešící geneticky modifikované potraviny se od té evropské odlišuje. Hlavním rozdílem je především povinnost označovat produkty obsahující GMO. Tato povinnost je zavedena ve státech Evropské unie, v Japonsku, Malajsii a Austrálii, zřejmě díky odlišnému vnímání takovýchto produktů a jejich vlivu na lidské zdraví. Naopak v USA a Kanadě jsou produkty genetického inženýrství považovány za zdraví neohrožující a zcela běžnou potravinu, tudíž se jejich označování nijak neliší od ostatních potravin na trhu. Na pultech supermarketů se tak ve světě objevují produkty zpracování GM řepky, jako jsou margaríny nebo jedlé oleje, z GM kukuřice najdeme

nejčastěji kukuřičnou mouku na pekárenské výrobky či škrob používaný jako zahušťovadlo, popcorn nebo rostlinné oleje a sladidla. GM sója je surovinou pro pekárenský a masný průmysl a výrobky z ní uspokojují dnešní nároky speciální výživy – je tedy využívána k výrobě tofu, tempehu, sójového oleje, a to bez následných nepříznivých účinků na lidské zdraví.

Austrálie je proslulá svou přísnou politikou označování geneticky modifikovaných potravin, která byla uvedena v platnost již před několika desítkami let. V minulosti zde byly opakovaně testovány odrůdy GM pšenic (např. s odolností vůči stresu vyvolanému suchem) a geneticky upravené brambory s nízkým glykemickým indexem (vhodné pro diabetiky). Dalšími hojně využívanými plodinami, jež jsou cílem genetických modifikací, jsou bavlna a řepka olejka. V současné době Austrálie nepatří mezi přední producenty GM potravin, pěstitelské plochy s transgenními plodinami nepřesahují svojí rozlohou jeden milion hektarů.

3.2 Etická stránka geneticky modifikovaných potravin

Otázka etického kodexu, zda je v pořádku konzumovat produkty genetického inženýrství, je rozhodně na místě. Je však nutné si připomenout, že aniž by to lidé vnímali ve větší míře, ke konzumaci cizí DNA dochází od nepaměti, jelikož vše živé – ať jde o rostliny, živočichy či bakterie – je složeno z genů, obsahuje kyselinu deoxyribonukleovou. Dle hygienické normy se v gramu potravin může nacházet až 10 milionů bakterií, z nichž každá obsahuje v průměru 3000 genů. Složení genetického kódu jsme již rozluštili, základem jsou čtyři báze AGTC (adenin, guanin, thymin a cytosin). Při trávení potravin dochází k jejímu rozkladu na základní živiny potřebné pro tělo a stejně tak se rozkládají i jednotlivé báze, což částečně zodpovídá otázku, zda produkty geneticky modifikované mají negativní vliv na lidské zdraví. Je tedy naprosto nepravděpodobné, že by některý z genů zůstal při průchodu trávicí soustavou neporušený a kromě toho je také dosti nepravděpodobné, že by střevní bakterie nacházející se v našem trávicím traktu takto neporušený gen přijaly. Jedná se tu tedy

pouze o rozličné složení genetického kódu a jeho následné rozložení na jednodušší složky (báze). Stejně to funguje i u zvířat – organismus hospodářského dobytka zkrmovaný transgenními plodinami přijatou potravu v rámci trávení musí rozložit na jednotlivé složky tak, aby vytvořil pro tělo ideální podmínky ke vstřebání živin. Z tohoto důvodu neprocházejí masa schvalovacím procesem a není tak nutné označovat masa a výrobky živočišného původu pocházející z oblastí, kde jsou zvířata živena GM potravinami. Nejedná se totiž o geneticky modifikovanou potravinu jako takovou.

Je na místě uvědomit si, že ve dnešním světě dokonalých analyzátorů, testů a vypracovávaných studií jsou jasně podloženy důkazy o tom, že geneticky modifikované potraviny nemají negativní vliv na člověka, jeho zdraví, životní prostředí ani zvířata jimi zkrmovaná. V momentě, kdy by se vyskytlo jakékoli podezření vůči korektnosti informací a vlivu na lidský organismus, v žádném případě by ke schválení GM potravin nedošlo. Žádné takové riziko však do této chvíle detekováno nebylo, je tedy více než pravděpodobné, že jejich konzumace je bezpečná. Avšak názorů ohledně takto upravených potravin je velké množství, je tedy nutné rozebrat důvody rozdílných pohledů na věc.

3.2.1 Pozitiva produktů genetického inženýrství

Potravinová krize má stoupající tendenci (díky neustálému růstu populace) a k potřebám zemí třetího světa se nelze stavět zády. Nárůst je však enormní. V roce 1850 lidstvo poprvé pokořilo hranici počtu jedné miliardy a stačilo pouze dalších 150 let a toto číslo se znásobilo šesti. S charakterem růstu, jaký vidíme do teď, by se v roce 2030 mohlo na Zemi vyskytovat až dvanáct miliard obyvatel, v roce 2100 asi padesát miliard. S vidinou současného stavu je nepředstavitelné, aby plocha Země stačila na uživení takového počtu strávníků. Na vyřešení současné krize vy však výzkum a práce vědců mohla postačit k vyšlechtění odrůdy minimálně zatěžující naše peněženky, a přesto nutričně plnohodnotné. Výnosy z pěstování GM plodin se v letech 1996 – 2007 celosvětově pohybovaly zhruba kolem 21 miliard dolarů, což příznivě ovlivňuje růst HDP v rozvojových i průmyslových zemích. Nejen růst hrubého domácího produktu je pozitivem pěstování modifikátů. GM rostliny totiž konkrétně v rozvojových zemích

zajišťují práci tamního obyvatelstva a snižují rizika vážných onemocnění spojená (v těchto místech bohužel stále) s ruční aplikací pesticidních postřiků k ochraně porostu kulturních plodin. Nehledě na fakt, že tyto plodiny svým upraveným složením výrazně obohacují už tak dosti omezenou skladbu potravy.

Pěstování modifikovaných plodin také výrazně snižuje negativní environmentální dopady na zemědělství – snižuje množství pesticidů kolujících v mnoha složkách životního prostředí, díky menší potřebě mechanizace se výrazně omezuje vliv na fyzikální vlastnosti půdy (jsou tím například omezeny nadbytečné ztráty vody, orba je nutná pouze omezeně či vůbec) nemluvě o množství fosilních paliv nutných pro provoz těžké techniky. Při nižší míře využití strojů nutných k postřikům proti škůdcům a plevelům, dochází k významnému poklesu uvolňování emisí CO₂ do ovzduší. Biotechnologicky upravené plodiny přispívají také ke snížení obsahu uhlíku v půdě.

Výhodnými odrůdami jsou takové GM rostliny, které pro svůj růst potřebují minimální množství vláhy a živin, což by celosvětově napomohlo k úspoře zásob vody využitelných kupříkladu jako zdroj pitné vody. Tento krok by jistě přispěl k částečnému vyřešení globálního problému dneška, mimo jiné proto, že je do zemědělství investováno přes 70 % zásob pitné vody.

3.2.2 Negativa užití GMO

V minulé kapitole byla zmíněna především pozitiva GM odrůd v současnosti pěstovaných kulturních plodin. V této části to budou negativa, která s sebou pěstování geneticky modifikovaných rostlin nese. V kapitole 3.1.4 Světová produkce GM potravin byla zmíněna legislativní náročnost spojená s rozhodnutím pěstování produktů genového inženýrství. Ta ovlivňuje hlavně mezinárodní trh krmiv. Při dovozech a následných kontrolách jsou často zjištěny příměsi nepovolených GMO, dodávky jsou proto vráceny do zemí původu. Díky délce schvalovacího procesu (který je rozsáhlý z důvodu přezkoumávání vlivů na jednotlivé složky životního prostředí) se do oběhu dostane jen omezené množství z celkového počtu odrůd navrhovaných k uvedení na trh.

Zemědělcům tak rostou náklady z nedostatku krmiv, nemluvě o administrativní zátěži, která vyplývá z platné legislativy a taktéž není zadarmo.

Konkurenceschopnost jednotlivých podniků je v tomto odvětví narušena strukturou trhu. Ten je ovládán několika málo firmami s dlouholetou tradicí a silným finančním zázemím. Menším firmám komplikují prosazení na trhu počáteční finance zahrnující mnohaletý vědecký výzkum včetně drahého vybavení laboratoří, náklady na testování, vytvoření týmu kvalifikovaných pracovníků, odkup licencí, patentový systém a v neposlední řadě několikrát omílaná legislativa. Především díky narůstajícímu počtu globálních problémů současné společnosti bude téma využití genetické modifikace stále diskutovanější a stane se za pár let pravděpodobně jediným zdrojem obživy (za předpokladu, že lidstvo nenajde další alternativy či nezmění od základů způsob zacházení s životním prostředím). Zlevnění potravin a krmiv pro dobytek by mohla vyřešit vyšší konkurence na trhu s krmivy pocházejícími z modifikátů. Je tedy na příslušných vládních orgánech otázka větší podpory malých a středně velkých podnikatelských subjektů zabývajících se danou problematikou. Geneticky modifikované plodiny jsou vždy upravené tak, aby neexistovala možnost jejich přirozeného množení. Tedy osivo potřebné k jejich vysazení a pěstování musí zemědělec oproti konvenčním rostlinám kupovat pokaždé znovu, což významně zvyšuje náklady na pěstování.

Každý kontinent, a tedy i každá země světa, má svoje tradiční postupy a různou mentalitu obyvatel. Co je zvykem v jedné zemi, nemusí být zákonitě zvykem v zemi další, a není tomu jinak ani v případě zemědělství. Zemědělci v USA si rychle zvykli na pohodlí, tedy na pravidelné výnosy z pěstování GM rostlin, a odrůdy odolné pro příklad proti zavíječi kukuřičném *Ostrinia nubilalis* pěstují i ti farmáři, jichž se problém ochrany rostlin proti tomuto škůdci netýká. Co více, osevňovací postupy postrádají roční variabilitu, půda je živinově rok od roku chudší a následující roky se praxe nemění.

Samostatnou kapitolou by mohla být otázka vnímání GM produktů veřejností. Přirozené obavy z dosud neprokázaných negativních účinků na lidské zdraví jsou prozatím přílišnou překážkou v cestě přijetí modifikovaných plodin jako plnohodnotné potraviny, vztaženo především k zemím Evropské unie, kde se jedná o závažný etický problém. V EU se nejčastěji řeší otázka ingrediencí pocházejících z transgenní sóji, kukuřice, řepky či bavlníkových semen a oleje z těchto semen vyrobených. Evropská unie však na poli GM potravin pracuje poměrně důsledně a kromě dlouhého seznamu

příslušných orgánů, úmluv a projektů, do kterých je zapojena, zintenzivňuje opatření k zachování biologické bezpečnosti. Kupříkladu v roce 2008 byla Společným výzkumným střediskem Evropské komise (JRC – Joint Research Centre) díky podnětu Evropského parlamentu vypracována studie přispívající ke zlepšení strategie ochrany zdraví v oblasti GMO. Jen pro připomenutí - první GMO byl uveden na trh již v 80. letech 20. století po několikaletém období testování a analýz. Samotný počátek je datován k roku 1995, a to konkrétně v USA. Potraviny a krmiva, jež mohou nést označení GM, jsou na trhu již 20 let. Od té doby bylo zkonsumováno a spotřebováno více než miliarda tun GMO bez negativního efektu na zdraví lidí či zvířat.

Je nutné si uvědomit, že i přes obecně spíše negativní vnímání problematiky GMO, není žádná z lidských činností bez rizika. Jistotu ale máme v tom, že daná potravina, o níž pojednáváme, na cestě z laboratoře až ke spotřebiteli prochází obrovským množstvím rozličných zkoušek bezpečnosti, které jsou mnohonásobně důkladnější než u běžných potravin bez procesu modifikace. Jinak je tomu však v Evropě, kde jsou legislativní opatření nejdůslednější v celosvětovém měřítku, a jinak zase v přilehlých kontinentech. Každá země má odlišně upravenou legislativu týkající se transformovaných plodin od způsobu přípravy až po mechanismy hodnocení bezpečnosti a případnému uvolnění do prostředí. Například ve Spojených státech je legislativa dána stávajícími zákony, jež (dle názoru odborníků) není nutné dále upravovat a vytvářet zákony nové. Naproti tomu v řadě ostatních států jsou často iniciovány změny legislativy, či vytvoření legislativy speciální. Všechny země mají však společné dodržení základních úmluv vycházejících z mezinárodních smluv a konferencí. Ovšem mentalita obyvatel každé země je jiná a GM plodiny jsou vnímány odlišně dle jednotlivých kultur.

Jak již bylo zmíněno, povinností biotechnologických firem a pěstitelů transgenních rostlin je předložení odborné dokumentace v předepsané formě se všemi nutnými náležitostmi. Tento krok je nezbytný k dostatečnému objasnění záměru žadatele, k posouzení bezpečnostních hledisek a aplikovaných opatření. Odhadem se náklady na uvedení určité GM odrůdy na trh běžně pohybují kolem 10 až 100 milióny amerických dolarů, v přepočtu jde tedy řádově o stovky milionů až miliardy českých korun, přičemž nejnákladnější částí je právě výzkumná část týkající se případných rizikových faktorů. Zajímavým faktem však je, že požadavky tohoto typu nejsou vyžadovány v případě běžných šlechtitelských postupů uplatňujících vzdálená křížení či

indukci dědičných změn pomocí mutací, u nichž neřízeným způsobem vznikají nové kombinace dědičného materiálu často vedoucí k jejich rozsáhlým přestavbám a tvorbě abnormálních bílkovin. Právě u nich lze předpokládat větší náchylnost ke tvorbě nových alergenních a toxických látek.

Zajištění bezpečnosti dané transgenní události, jak je odborně daná dědičná změna označována, je primárním předmětem zkoumání. Tedy vliv na zdraví člověka a zvířat, na životní prostředí a biologickou rozmanitost. Hodnocení veškerých GM plodin určených ať ke přímé konzumaci spotřebitelem, tak ke zkrmování hospodářských zvířat, je řízeno mezinárodním systémem kritérií navržených tak, aby pokryla veškerá bezpečnostní hlediska nově vyvinutých transgenních plodin. Stěžejní částí je především porovnání nové potraviny s vhodnou srovnávací potravinou, o jejíž bezpečnosti není pochyb a je dlouhodobě považována za bezrizikovou. Jednotlivými částmi srovnání jsou například agronomické charakteristiky, poměr a složení klíčových živin, antinutričních látek a toxinů vyskytujících se v rostlině přirozeně. Jakékoli odlišnosti od ověřeného standardu jsou předmětem dalšího výzkumu a hodnocení bezpečnosti, který zahrnuje molekulární charakteristiky nově vnesené DNA, proteinů či jiných látek, jejichž produkce je vyvolaná na základě právě této změny. Součástí série těchto výzkumů jsou mimo jiné i testy toxicity, alergenity a dalších rizikových vlastností, a to konkrétně na laboratorních a hospodářských zvířatech, či v simulovaných trávicích systémech.

Všeobecně rozšířený názor, že geneticky modifikované potraviny jsou hazardem se zdravím lidí, nebyl však dosud vědecky prokázán, ať už se jedná o člověka či zvíře (mluvíme o plodinách schválených k uvolnění na trh). Jakýkoli potenciálně nebezpečný ukazatel je pro příslušné orgány dostatečným důvodem k zamítnutí žádosti o povolení polních pokusů a ke schválení dané transgenní plodiny. Naproti tomu v případě, že se vyskytne ve spojení s transgenními plodinami vlastnost pozitivní (jako například Bt kukuřice MON810, jejíž zrna mají podstatně nižší obsah karcinogenních mykotoxinů než běžně pěstované odrůdy) potvrzena věrohodným zdrojem (v případě Bt kukuřice MON810 šlo o VÚRV Výzkumný ústav rostlinné výroby a o Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy v Praze), není medializace takového objevu ani zdaleka srovnatelná s opačným případem. Jako příklad se dá uvést studie škodlivosti GM kukuřice NK603 (odolná vůči herbicidu Roundup) prováděná Gillesem-Ericem Séralinim. I přesto, že vědecký tým Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) odmítl závěry jeho studie, která poukazovala na zdravotní rizika jednoho z typů geneticky modifikované

kukuřice, jen pouhá zmínka o negativních účincích některé z GM potraviny získala obrovskou popularitu. Séraliniho studie byla dle odborníků z EFSA vědecky nekvalitní, údajně zde docházelo k manipulaci se statistickými údaji z dřívějších testů, na základě kterých Séralini tvrdil, že GM kukuřice poškozuje zdraví pokusných laboratorních krys (zvířata prý nápadně častěji umírala na nádory a poškození orgánů). Závěry EFSA poté potvrdil na žádost Úřadu pro potraviny Ministerstva zemědělství i Vědecký výbor pro geneticky modifikované potraviny a krmiva z Výzkumného ústavu rostlinné výroby z Prahy. V reakci na tuto studii pak Rusko dočasně zakázalo dovoz zmíněné kukuřice NK603 a některé státy o zrušení dovozu vážně uvažovaly. Kromě akreditovaných orgánů závěry Séraliniho odborníků zpochybnila i řada expertů a poukázala na její špatné metody zjišťování výsledků a příliš unáhlené závěry odborné studie. Tým EFSA také uvedl, že výběr kontrolní skupiny nebyl ustanoven vhodně a autoři studie si cíleně vybrali takový druh hlodavců, který je náchylný k samovolnému vývoji nádorů. Jak je tedy vidno, dnešní společnost je na potenciální škodlivost geneticky modifikovaných produktů velmi háklivá, avšak důvodem je dle mého názoru především nedostatečná či špatná informovanost o této problematice.

4 MATERIÁL A METODIKA

V práci byla použita metoda dotazníkového šetření.

Dotazníkové šetření vždy vzniká na základě požadavku nějakého subjektu. Tyto subjekty obvykle potřebují zjistit odpověď na otázku, která představuje podporu nebo řešení jejich problému. Účel šetření lze tedy specifikovat a chápat jako využití výsledků šetření k získání určité znalosti nebo zdroje informací pro potřeby zadavatelského subjektu. Výstupy, které může každé šetření poskytnout, jsou vždy odvozené nebo vypočítané výsledky z nashromážděných dat. Jde zejména o kvantitativní metody, které jsou v případě dotazníkového šetření aplikovány na data vyjadřující názor jednotlivých respondentů šetření. Tyto získané osobité názory lze v dostatečném reprezentativním vzorku díky statistickým metodám výběru zobecnit pro celou populaci. Dostáváme tak hlavní účel dotazníkových šetření a to zjištění veřejného mínění o dané záležitosti. Veřejné mínění by mělo být souhrnnou odpovědí nebo názorem na danou otázku nebo problém zadavatele (Krejšlová, 2008).

K dotazníkovému šetření, jehož primárním účelem bylo zjištění obecného povědomí o geneticky modifikovaných potravinách a jeho vnímání českou společností, bylo použito 105 archů s otázkami ohledně transgenních plodin a produktů genetického inženýrství. Dotazník byl realizován prostřednictvím série deseti jednoduchých otázek s prevažujícím výběrem možností ano/ne a odpovědí jinou než předešlé. Dle potřeby bylo možné odpovědi doplnit slovním komentářem. Cílovou skupinou byli respondenti různé věkové kategorie i odlišné formy vzdělání se snahou rovnoměrně rozdělit dotazníky mezi obě pohlaví (konkrétní podoba dotazníku uvedena v příloze číslo 1).

Byla stanovena hypotéza, že by geneticky modifikované potraviny mohly vyřešit současnou potravinovou krizi.

5 VÝSLEDKY

5.1 Zhodnocení dotazníkového šetření

5.1.1 Kategorizace zúčastněných respondentů

Celkový počet respondentů byl 105, z toho 56 mužů a 49 žen. Věkové složení se pohybovalo v rozpětí od 20 do 61 let, zahrnuti byli respondenti s dosaženým vzděláním různých úrovní s obory ekonomického, technického, humanitního, všeobecného, přírodovědného i jiného charakteru neodpovídajícího předešlým pěti.

Zhodnocení údajů o respondentech		
Kritérium	Kritérium konkrétně	Počet respondentů odpovídající danému kritériu
Věk respondentů:	do 25 let	25
	25 - 50 let	57
	50 a více let	23
Obec:	Brno	73
	Mimobrněnské lokality	32
Dosažená úroveň vzdělání:	Základní	0
	Středoškolské s výučním listem	21
	Středoškolské s maturitou	32
	Gymnázium	19
	Vysokoškolské	33
Obor:	Ekonomický	18
	Technický	24
	Humanitní	16
	Všeobecný	15
	Přírodovědný	11
	Jiný	21
Pohlaví:	Muž	56
	Žena	49

Tab 2: Vyhodnocení údajů o respondentech zahrnutých do dotazníkového šetření.

Zdroj: vlastní šetření

5.1.2 Vyhodnocení jednotlivých dotazů

Do šetření bylo zahrnuto celkem deset jednoduchých otázek, většina z nich s možností odpovědi ano/ne, případně s vlastním slovním doplněním či zdůvodněním.

Otázka číslo jedna byla položena jakožto úvodní standardně za účelem zjištění, zda se daný respondent vůbec někdy setkal s pojmy genetická modifikace, geneticky modifikované organismy, potraviny či osobně s potravinami takto upravenými. Většina respondentů již o těchto produktech někdy slyšela, jen malá část dotázaných odpověděla záporně. Většinou šlo o respondenty se znalostmi technických a humanitních oborů.

Otázka číslo dvě zjišťuje již konkrétně, jak na respondenta působí výše zmíněné pojmy – zda negativně či pozitivně se slovním zdůvodněním, je zde i možnost volby jiného názoru než dvou předchozích. Převážná většina zvolila odpověď negativní, objevily se však i odpovědi jiné, a to především u osob, jež o geneticky modifikovaných potravinách dosud neměly ponětí. Informovanost ohledně této problematiky tedy není na špatné úrovni, najde se však stále část populace, pro něž jsou biotechnologie nový pojem.

Následující otázkou je výběr plodiny, se kterou jsou dle názoru dotazovaného nejvíce spojovány genetické modifikace (na výběr jsou možnosti kukuřice, sója, brambory, rajče, tabák, či plodina jiná než které je možno označit). Správnou odpovědí je zcela jistě kukuřice, která je prozatím nejvyužívanější plodinou v rámci genetických modifikací. Tomuto faktu napovídá i četnost odpovědí – více než polovina respondentů zvolila kukuřici. Druhou nejčastěji zvolenou plodinou byla sója, v menší míře poté brambory, rajče i tabák. Dokonce se objevila odpověď jiná, konkrétně šlo o hrášek, a to z důvodu mylné záměny tématu GMO za objevy Johanna Gregora Mendela.

Otázka číslo čtyři je zaměřena na hlavní problém transgenním potravin v konfrontaci se společností, jde o otázku eticky zaměřenou, a to zda se dotazovaný domnívá, že se účinky konzumace GM potravin projeví na lidském organismu až postupem času. Opět jsou zde na výběr možnosti ano/ne, případně jiný názor s možným slovním zdůvodněním. Převažující odpovědí byla možnost první potvrzující obavy z možného škodlivého vlivu těchto produktů na lidský organismus. Překvapivě se

však objevily i odpovědi opačné. Důvodem je dle mého názoru neztotožnění se s obecně daným názorem.

Částečně legislativní otázkou je dotaz číslo pět – zda by produkty genetického inženýrství běžně se vyskytující na trhu měly být označeny speciálním logem. Jelikož toto nařízení je povinné pro všechny producenty geneticky modifikovaných potravin, pro obyvatelstvo s vyšším povědomím o těchto produktech je odpověď zcela jasná, avšak stále zůstává určitá část populace, jež se o tomto tématu dozvídá poprvé, je tedy logické, že mohou mít názor odlišný. To potvrdily i výsledky – přes 90% dotázaných zvolilo správnou odpověď, druhou variantu zvolilo necelých 10%.

Velkoplošným pěstováním GM rostlin se zabývá otázka číslo šest, konkrétně zda je respondent pro plošné pěstování těchto rostlin pro potravinářské účely v České republice i ve světě. Výsledky poměrově vycházejí podobně jako u otázky čtyři, tedy většina se k velkoplošnému pěstování staví spíše negativně, avšak stejní respondenti, jež odpověděli kladně v případě zdravotních rizik, odpovídali kladně i v případě šesté otázky.

Za dotaz částečně informativní se dá považovat otázka číslo sedm, ve které jsou uvedeny jediné dvě v ČR povolené geneticky upravené plodiny (Bt kukuřice MON810 a brambory odrůdy Amflora). V tomto případě má respondent vybrat z nabízených možností, kolik bylo dle jeho názoru v roce 2014 použito hektarů zemědělské půdy na pěstování právě Bt kukuřice MON810. Částečně jde o otázku manipulativní, jelikož v letech před rokem 2014 bylo pěstování transgenních plodin rozšířeno na plochách čítajících až tisíce hektarů. Avšak rok 2014 byl, co se týče pěstování Bt kukuřice slabším ročníkem, otázka je tedy opět nepatrně zavádějící, jen z důvodu zjištění míry informovanosti daného tázaného. Většina vysokoškolsky vzdělaných lidí pohybující se v oborech přírodovědného charakteru vybrala odpověď poslední, tedy více než 1000 ha pěstebních ploch, a to především proto, že mají povědomí o jednotkách plochy a dokáží si představit, jak velké území zabírá jeden hektar (10 000 m², neboli 100x100 m plochy) ve srovnání s rozlohou celé České republiky. Ovšem celkově byly více četné odpovědi 100-500 ha a 500-1000 ha, což jen dokazuje malou míru informovanosti o pěstebních poměrech v ČR.

Vzhledem ke globálnímu charakteru tématu GMO bylo nutné zařadit otázku týkající se zemí třetího světa, kde je nedostatek potravin jedním z hlavních problémů, tedy šlo o otázku, zda by dotazovaného odradilo od konzumace, kdyby se dozvěděl, že

suroviny na přípravu pokrmu pocházejí z produktů genetického inženýrství. Jelikož je to pro většinu lidí otázka poměrně odrazující, našlo se pár jedinců, pro které by tato skutečnost nebyla překážkou, dokonce se vyjádřili ve smyslu, že by tento pokrm rádi ochutnali z čiré zvědavosti zaměřenou především na chuť. Z odpovědí je zřejmé, že se tito lidé mylně domnívají, že geneticky modifikované potraviny, potažmo pokrmy z nich vyrobené, disponují jinou chutí, než na jakou je běžný spotřebitel při konzumaci zvyklý. Překvapivě však četnost odpovědí ano/ne byla poměrově téměř identická, což naznačuje, že určitá část respondentů s negativním postojem ke GMO se obává spíše dopadů na životní prostředí než účinků na lidský organismus.

Při hodnocení negativ byl zmíněn problém rozšíření transgenních rostlin při velkoplošném pěstování do širšího okolí a otázka konkurence mezi rostlinami modifikovanými a původně se na lokalitě vyskytujícími. Dotaz číslo devět tedy zní, zda by respondent souhlasil s pěstováním geneticky modifikované plodiny v blízkosti jeho bydliště s možnostmi ano/ne (u těchto odpovědí se slovním odůvodněním), případně s možnostmi jinou nevyhovující výše zmíněným. U tohoto dotazu se objevilo více odmítavých odpovědí, avšak poměrně velká část dotazovaných by s pěstováním GM plodin ve svém okolí problém neměla.

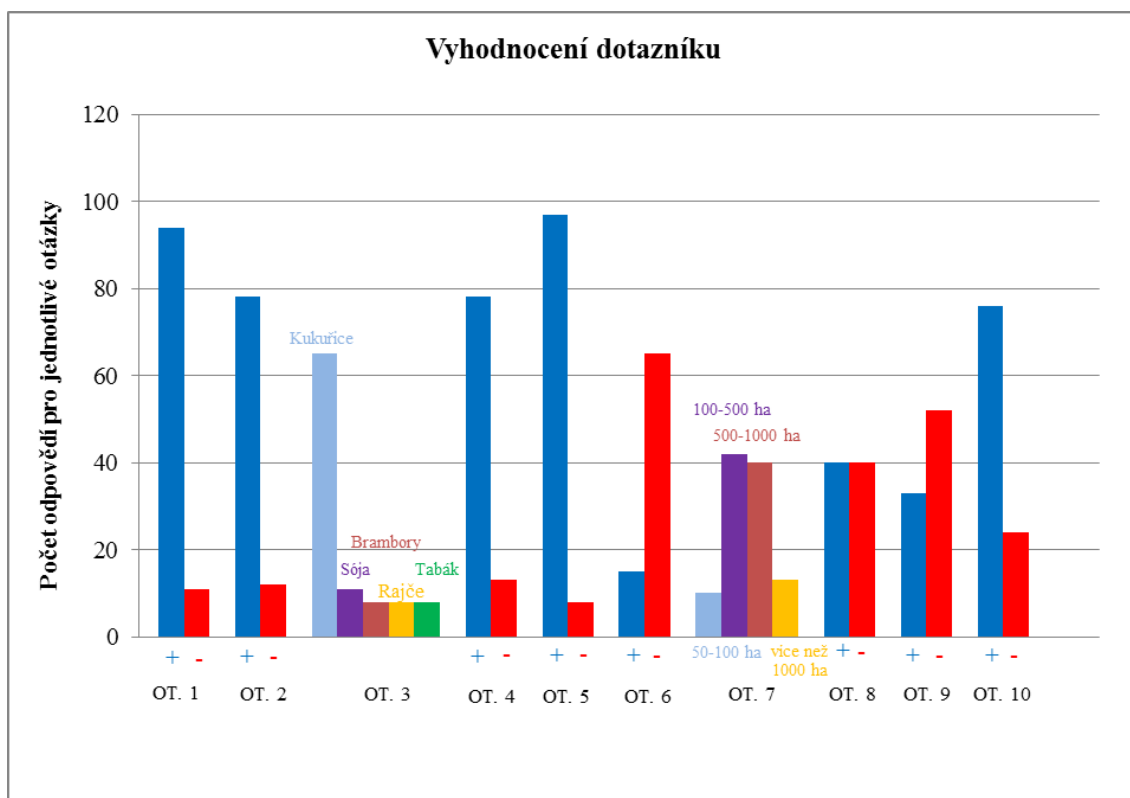
Poslední otázkou částečně psychologickou je otázka číslo deset, a to, zda by dotazovaný změnil pohled na GM potraviny, pokud by tyto produkty byly jediným zdrojem obživy pro něj či pro jeho nejbližší okolí, jako je tomu v zemích třetího světa, které se potýkají s problémem nedostatku potravy. Převažující většina dotazovaných zvolila spíše pozitivní odpovědi, tedy rozhodně ano nebo spíše ano. Respondenti, jež byli přesvědčeni o škodlivosti produktů genetického inženýrství, samozřejmě odpověděli i v tomto případě negativně.

5.1.3 Výstupy dotazníkového šetření

Současný stav a názor obyvatelstva na geneticky modifikované potraviny není jednotný. Lidé jsou většinou přesvědčeni o tom, že konzumací takovýchto produktů vystavují své tělo hrozbě a nepřejí si mít v budoucnu zdravotní problémy. Strach pramení především z rizikových vlastností, jakými mohou být toxicita, alergenita,

karcinogenita, popřípadě mutagenita. Úprava genetické výbavy u spousty lidí vyvolává nejistotu z projevu neočekávané změny některé z klíčových vlastností plodiny, což se nemusí za každých okolností projevit okamžitě.

Nicméně výsledky dotazníku i přes všeobecně rozšířený názor naznačují, že určitá část populace je již informována o skutečnostech a pozitivních problematice GMO, a ne všichni tyto produkty vnímají jako hrozbu. Část respondentů vyzdvihovala vyřešení globálních problémů, s pěstováním by souhlasili za předpokladů platnosti současných opatření a také pouze v případě lokálního pěstování, nikoli běžného rozšíření. Většinou převažovala tvrzení, že pěstování jako takové není žádným rizikem a necítí se jím ohroženi, což je paradoxně zřejmě tou nejrizikovější oblastí samotného odvětví geneticky modifikovaných plodin. Několikrát se však (především u respondentů s vysokoškolským vzděláním přírodovědného charakteru) opakovala zmínka o narušení přírodní rovnováhy a biodiverzity. Křížení se může hypoteticky zapříčinit o vznik agresivních plevelů či volně rostoucích rostlin se zvýšenou rezistencí k infekcím a vnějším stresům. Tyto odrůdy pak velice snadno konkurují původnímu tradičnímu rostlinstvu přirozeně se vyskytujícímu na daném území. Eventuálně se tak může snížit biologická rozmanitost v přírodě, která v extrémním případě povede k omezení organismů na původní rostlinstvo vázaných, dále na půdní bakterie a na koloběh látek a rovnováhu ekosystémů. Co se týče tradičního zemědělství, GM plodiny se chovají obdobně jako konvenční rostliny, tedy výkonnější odrůdy vytlačují ty méně výkonné, jak tomu bylo v přírodě po staletí. Faktem zůstává, že v přírodě probíhající modifikace fungují na základě náhodnosti a jsou zcela neřízené, což by mělo vzbuzovat daleko větší obavy než u modifikací řízených. U nich je totiž předem znám výsledek a samotné procesy transgenózy jsou pečlivě sledovány, zkoumány a jsou podrobovány sériím testů. Chceme-li si udělat představu o tom, na kolik je zásah do genetiky organismu při transgenózi markantní, u cíleného zásahu do genomu rostliny se jedná o přenos jeden až tří genů. V těle člověka se nachází kolem 25 tisíc genů, mšice jich mají dvakrát tolik, pšenice cca 120 tisíc. Jde tedy o množství více než zanedbatelné.



Obr. 4: Poměrové vyhodnocení dotazníku na téma „Geneticky modifikované potraviny a jejich potenciál, rizika a etika“.

Zdroj: vlastní šetření.

6 ZÁVĚR

Největší rozmach geneticky upravených plodin je jistě otázkou blízké budoucnosti. Současný stav nedovoluje přijetí transgenních plodin jakožto běžné potraviny, a to především díky etickým souvislostem a po dobu několika dalších let bude GMO minimálně v rozsahu evropského kontinentu nadále tabuizováno. Tato skutečnost bude přetrvávat do doby, než se objeví důkaz o zdravotní nezávadnosti geneticky modifikovaných produktů natolik přesvědčující, že obyvatelstvo bude považovat tyto potraviny za konzumovatelné bez vedlejších účinků. Výsledky různých studií se však shodují v následovném stanovisku: bylo nashromážděno dostatečné množství materiálů a poznatků k posouzení bezpečnosti současných geneticky

modifikovaných produktů, příslušných biotechnologií a mechanismů modifikace bez potvrzení škodlivého účinku na lidský organismus. Nicméně rychlý vývoj v oblasti biotechnologií i vědy obecně bude vyžadovat zajištění dostatečných kapacit pro výzkum a posouzení nových produktů, což bude nutné podpořit ze strany mezinárodní. Doporučeným postupem je vytvoření fóra, které by sloužilo k výměně zkušeností od kapacit zabývajících se problematikou transgenních rostlin, dále k vytipování oblastí vyžadujících zlepšení, predikci dalšího vývoje a přijetí příslušných opatření v oblasti vědeckého a technického rozvoje.

S přemírou neustálých spekulací o negativním vlivu GMO je běžné rozšíření těchto produktů na pulty obchodů ještě daleko, v horizontu desítek let. Při hodnocení pozitiv a negativ bylo několikrát dokázáno, že povolené transgenní potraviny nejsou pro lidské zdraví škodlivé, ba naopak v řadě případů pohodlně řeší doplnění základních živin nutných pro fungování lidského těla. Z hlediska environmentálního je zde jisté riziko, a to především v konkurenci s původními plodinami a v možnosti přenosu klíčových vlastností do dalších biotických složek životního prostředí (škůdci, bakterie...). Narušení potravního řetězce by mohlo v extrémních případech způsobit opravdu markantní škody, se kterými by si už příroda nemusela úplně snadno poradit.

Dotazníkové šetření dle očekávání potvrdilo, že převážná většina respondentů (platné s největší pravděpodobností pro Českou republiku obecně) vnímá geneticky modifikované potraviny negativně.

Závěrem by bylo dobré zmínit, že v dnešní nabídce potravin a surovin tržně dostupných můžeme najít obrovskou spoustu chemie, ať už jde o konzervanty, dochucovadla, barviva, protispékavé látky, emulgátory či další přídatné látky, které často jsou svými vlastnostmi pro lidské tělo zjevně škodlivé. K takovýmto látkám jsme daleko tolerantnější, než k plodinám s nepatrnou změnou v genetické výbavě, které ale prošly desetiletými sériemi analýz a testů, a to bez potvrzení negativního vlivu na organismus člověka.

7 POUŽITÁ LITERATURA

(1) European Food Safety Authority, 2012. Scientific Opinion on application (EFSA-GMO-NL-2010-78) for the placing on the market of herbicide-tolerant, increased oleic acid genetically modified soybean MON 87705 for food and feed uses, import and processing under Regulation (EC) No 1829/2003 from Monsanto. In: EFSA journal. s. 23-29.

(2) JURČÍKOVÁ Z., 2008: Rostlinné vakcíny v transgenním lékařství. Brno. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie, Oddělení genetiky a molekulární biologie. Vedoucí práce doc. RNDr. Jana Řepková, CSc.

(3) KREISLOVÁ G., 2008: Dotazníkové šetření. Plzeň. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky. Vedoucí práce Ing. Kateřina Vokáčová

(4) LIŠKUTÍNOVÁ E., 2013: Informovanost veřejnosti o problematice geneticky modifikovaných organismů. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra výchovy ke zdraví. Vedoucí práce Mgr. Et Mgr. Lenka Falková

(5) ROUDNÁ, M., 2008: Genetické modifikace – možnosti jejich využití a rizika. Ministerstvo životního prostředí, Praha, ISBN 978-80-7212-493-0, 48 pp.

(6) ROUDNÁ, M. et al., 2011: Genetické modifikace v České republice a opatření k zajištění biologické bezpečnosti. Ministerstvo životního prostředí, Praha, ISBN 978-80-7212-566-1, 84 pp.

(7) STRATILOVÁ Z., 2012: GMO bez obalu. Ministerstvo zemědělství, Praha, ISBN 978-80-7434-057-4

INTERNETOVÉ ZDROJE

(8) Hepatitida B. In: WikiSkripta, projekt sítě lékařských fakult MEFANET [online]. Wikimedia Foundation, 2003. ISSN 1804-6517. Česká verze. Dostupné na: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Hepatitida_B

(9) JORDÁN, H., 2014: Plochy s geneticky modifikovanou kukuřicí v České republice dlouhodobě klesají. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/plochy-s-geneticky-modifikovanou-kukurici-v-ceske-republice-dlouhodobe-klesaji.aspx>

(10) KOUBOVÁ, D., 2013: Evropská komise povoluje kukuřici SmartStax. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/evropska-komise-povoluje-kukurici-smartstax.aspx>

(11) KOUBOVÁ, D., 2013: Brambory s nižším obsahem akrylamidu a jablka, která nehnědnou. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/brambory-s-nizsim-obsahem-akrylamidu-a-jablka-ktera-nehnednou.aspx>

(12) KŘÍSTKOVÁ, M., 2009: Pěstování Bt-kukuřice typu MON810. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na: <http://zemedelec.cz/pestovani-bt-kukurice-typu-mon810/>

(13) PETR, J., 2004: Přírodní bezkofeinová káva. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=816>

(14) PETR, J., 2006: Geneticky modifikovaný brambor Amflora. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=2288>

(15) STRATILOVÁ, Z., 2013: Zákazy pěstování GM rostlin vyhlášené členskými státy EU. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

<http://www.bezpecnostpotravin.cz/zakazy-pestovani-gm-rostlin-vyhlasene-clenskymi-staty-eu.aspx>

(16) VLASTNÍK, T., 2007: Johann Gregor Mendel. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

<http://www.jgmendel.wz.cz/jgmendel.htm>

(17) Web stránky Informační centrum bezpečnosti potravin., 2014: Nové typy GM kukuřic schválené pro dovoz do EU. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

<http://www.bezpecnostpotravin.cz/nove-typy-gm-kukuric-schvalene-pro-dovoz-do-eu.aspx>

(18) Web stránky Informační centrum bezpečnosti potravin., 2014: Závěry EFSA ke studii o škodlivosti kukuřice NK603. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

<http://www.bezpecnostpotravin.cz/zavery-efsa-ke-studii-o-skodlivosti-gm-kukurice-nk-603.aspx>

(19) Web stránky Genome News Network: Genetics and Genomics Timeline, 1973. Databáze online [cit. 2015-04-10].

Dostupné na:

http://www.genomenetwork.org/resources/timeline/1973_Boyer.php

(20) Web stránky Biotechnology Learning Hub, 2014: E. coli – the biotech bacterium. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

http://biotechlearn.org.nz/themes/bacteria_in_biotech/e_coli_the_biotech_bacterium

(21) Web stránky Akrylamid, vše o rizicích akrylamidu v potravinách, 2012: Akrylamid a jeho zdravotní rizika. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

<http://akrylamid.cz/>

(22) Web stránky Informační centrum bezpečnosti potravin., 2014: GM sója s přínosem pro spotřebitele. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

<http://www.bezpecnostpotravin.cz/gm-soja-s-prinosem-pro-spotrebitele.aspx>

(23) Web stránky Informační centrum bezpečnosti potravin., 2014: GM sója jako zdroj zdravějších tuků. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

<http://www.bezpecnostpotravin.cz/gm-soja-jako-zdroj-zdravejsich-tuku.aspx>

(24) Web stránky Matrix 2001., 2013: TAJNÉ UČENÍ PLEJÁD: Ukázka prvního okruhu třetí kapitoly studijního materiálu - Energetická struktura lidské DNA, jádra buňky, role aminokyselin a spouštěče rakovinového onemocnění. Databáze online [cit. 2015-04-10]. Dostupné na:

<http://www.matrix-2001.cz/clanek-detail/6573-tajne-uceni-plejad-ukazka-prvniho-okruhu-treti-kapitoly-studijniho-materialu-energeticka-struktura-lidske-dna-jadra-bunky-role-aminokyselin-a-spoustece-rakovinoveho-onemocneni/>

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Místa pěstování geneticky modifikované Bt kukuřice MON810 v ČR v roce 2014

Tabulka 2: Vyhodnocení údajů o respondentech zahrnutých do dotazníkového šetření

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Princip přenosu dědičné informace u hrachu setého *Pisum sativum*,

Obrázek 2: Struktura kyseliny deoxyribonukleové

Obrázek 3: Přehled plošné výměry Bt kukuřice MON810 v letech 2005-2014

Obrázek 4: Poměrové vyhodnocení dotazníku na téma: „Geneticky modifikované potraviny a jejich potenciál, rizika a etika“

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Vzorový dotazník

Příloha 2: Dokumenty zabývající se problematikou GMO

11 PŘÍLOHY

Příloha 1: Vzorový dotazník

Bc. Miroslava Ševčíková

MENDELU Brno

Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno

Vážený respondent,

dotazník, o jehož vyplnění Vás tímto žádám, je určen ke zjištění obecného povědomí o geneticky modifikovaných potravinách a jejich postavení v České republice. Série otázek, na které budete odpovídat, se zabývají především informovaností o produktech genetického inženýrství a o Vašem postoji k takovýmto výrobkům. Dotazník je zcela anonymní, demografické údaje slouží pouze k sumarizaci výsledků a jejich rozdělení dle věkových skupin a pohlaví. U všech otázek je možné zvolit pouze jednu odpověď.

Velmi Vám děkuji za ochotu při vyplňování a za čas strávený nad následujícími otázkami.

Miroslava Ševčíková

Dotazník na téma „Geneticky modifikované potraviny a jejich potenciál, rizika a etika“

Údaje o respondentovi

Pohlaví:

- Muž
- Žena

Věk:

Obec:

Dosažené vzdělání:

- Základní
- Středoškolské s výučním listem
- Středoškolské s maturitou
- Gymnázium
- Vysokoškolské

Obor:

- Ekonomický
- Technický
- Humanitní
- Všeobecný
- Přírodovědný
- Jiný

1. Setkali jste se již s pojmy genetická modifikace, geneticky modifikované organismy/potraviny či s konkrétními potravinami takto upravenými?

- Ano, s těmito pojmy jsem se již setkal/a
- Ne, s těmito pojmy jsem se dosud nesetkal/a

2. Jak na Vás působí pojem genetická modifikace ve spojení s konvenčními potravinami běžně dostupnými spotřebiteli? Svůj postoj prosím zdůvodněte:

- Spíše negativně, důvodem je ...
- Spíše pozitivně, důvodem je ...
- Jiný názor ...

3. Kterou z následujících plodin si dáváte nejčastěji do spojitosti s genetickou modifikací?

- Kukuřici
- Sóju
- Brambory
- Rajče
- Tabák
- Jinou plodinu ...

4. Myslíte si, že se účinky konzumace GM potravin na lidský organismus projeví až s postupujícím časem?

- Ano, účinky dosud nebyly zcela probádány
- Ne, negativně působící potraviny by měly na člověka okamžitý účinek
- Jiný názor ...

5. Myslíte si, že produkty genetického inženýrství běžně se vyskytující na trhu by měly být označeny speciálním logem?

- Ano, rozhodně
- Ne, není nutné je označovat
- Jiný názor ...

6. Jste pro plošné rozšíření pěstování GM potravin pro potravinářské účely jak v České republice, tak ve světě?

- Ano, jsem pro rozšíření pěstování
- Ne, nesouhlasím s pěstováním takovýchto plodin
- Jiný názor ...

7. U nás běžně pěstovanými GM odrůdami kulturních plodin je Bt kukuřice MON810 a odrůda brambor Amflora. Máte představu, kolik hektarů zemědělské půdy ČR bylo v roce 2014 vyčleněno pro pěstování geneticky upravené kukuřice MON810?
- 50-100 ha
 - 100-500 ha
 - 500-1000 ha
 - Více než 1000 ha
8. Odradilo by Vás od konzumace daného typu pokrmu, pokud byste si byli vědomi, že suroviny na jeho přípravu pocházejí z produktů genetického inženýrství?
- Ano, nekonzumoval/a bych takový pokrm
 - Ne, nemám obavy z GM potravin
 - Jiný názor ...
9. Souhlasili byste s pěstováním geneticky modifikované plodiny v blízkosti Vašeho bydliště? Svůj postoj prosím zdůvodněte.
- Ano, souhlasil/a bych, protože ...
 - Ne, nesouhlasil/a bych, protože ...
 - Jiný názor ...
10. Změnili byste pohled na GM potraviny, pokud by tyto produkty byly jediným zdrojem potravy pro Vás či Vaše okolí (jako například v případě zemí třetího světa)?
- Rozhodně ano
 - Spíše ano
 - Rozhodně ne
 - Spíše ne

Příloha 2: Dokumenty zabývající se problematikou GMO

Dokumenty a právní nástroje, které je nutné ve spojitosti s GMO zmínit, je zcela určitě *Cartagenský protokol o biologické bezpečnosti (CPB)* k Úmluvě o biologické rozmanitosti (CBD) přijatý v lednu roku 2000 s platností od září roku 2003 (Česká republika se stala smluvní stranou 8. října 2001). Hlavní úlohou tohoto protokolu je zajištění ochrany a bezpečnosti při zacházení, využívání a mezinárodnímu přenosu živých modifikovaných organismů jako výsledků užití moderních biotechnologií s možným nepříznivým vlivem na biologickou rozmanitost jako takovou. CPB je založen na principu předběžné opatrnosti, jehož součástí jsou speciální analýzy, odhady rizika, posouzení vlivů daných procesů a aktivit na životní prostředí. Otázkou GMO se zabývá rovněž *Úmluva o přístupu k informacím, účasti veřejnosti na rozhodování a přístupu k právní ochraně v záležitostech životního prostředí*, neboli Aarhuská úmluva. Zjednodušeně řečeno upravuje pravidla přístupu k informacím a účasti veřejnosti v rozhodovacím procesu týkajícího se uvolňování geneticky modifikovaných organismů do prostředí a jejich produktů při uvádění trh. Dodržování této úmluvy je však rozličné v jednotlivých zemích světa především z důvodu rozdílné legislativy každého státu.

Existuje celosvětově celá řada organizací a projektů řešících problematiku GMO, jejich výčet tedy omezíme na ty nejdůležitější. Deklarace z Ria de Janeiro (1992) a Agenda 21 ohledně bezpečného využívání biotechnologií, Dobrovolný kodex pro uvolňování organismů do prostředí (Voluntary Code of Conduct for the Release of Organisms in the Environment, UNIDO - Organizace OSN pro průmyslový rozvoj), pravidla bezpečného využívání biotechnologií (Safety Considerations for Biotechnology, OECD - Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj). FAO (Organizace pro výživu a zemědělství) vypracovala v roce 1993 návrh kodexu pro využívání biotechnologií (Draft Code of Conduct on Biotechnology) a kromě tohoto kodexu je důležité zmínit i Mezinárodní smlouvu o rostlinných genetických zdrojích pro výživu a zemědělství (International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, zkráceně ITPGR) nebo Mezinárodní úmluvu na ochranu rostlin (International Plant Protection Convention, IPPC), dále také UNEP (neboli Program OSN pro životní prostředí) s mezinárodní technickou směrnicí z roku 1995 (International Technical Guidelines for Safety in Biotechnology). V rámci Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) je v platnosti několik smluv řízených specializovanými

orgány, jde zejména o Mezinárodní smlouvu o rostlinných genetických zdrojích pro výživu a zemědělství (International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture – ITPGR), dále Mezinárodní úmluva na ochranu rostlin (International Plant Protection Convention – IPPC). ITPGR je smlouva svým obsahem deklarující ochranu a udržitelné využívání rostlinných genetických zdrojů pro zabezpečení výživy, udržitelný rozvoj zemědělství a spravedlivé rozdělování přínosů z nich (princip Fair Trade). Cílem této mezinárodní smlouvy je ochrana rostlin proti šíření škůdců pomocí přijímání fyto-sanitárních opatření, neboli opatření k řešení neočekávaných zdravotních rizik spojených s pěstováním rostlin za použití metod analýzy rizik zahrnujících aspekty jak ekonomické, tak environmentální. Konkrétně jsou zde uvedeny všechny genetické zdroje pro výživu, avšak systém rozdělování přínosů z nich je omezen na celkem 64 zemědělských plodin a píce, které nalezneme v příloze tohoto dokumentu (pro příklad chřest, oves, citrusy, mrkev, sladké brambory, slunečnice, rýže, lilek atd.). Ze zmíněných orgánů bychom měli jmenovat Mezinárodní úřad pro nákazy zvířat (Office International des Epizooties – OIE, pozn. epizooties jsou nakažlivá onemocnění zvířat postihující velké skupiny na větším území v určitém časovém období s rychlým nástupem i šířením a vysokou chorobností) či Výbor pro rybářství. Oba tyto orgány se však zabývají ochranou zdraví zvířat a obchodu se zvířaty, případně řeší otázky geneticky modifikovaných konkrétních druhů zvířat, jež nejsou předmětem zkoumání této práce, proto je nebudeme šířeji rozvádět.

Evropská hospodářská komise (EHK) je dalším orgánem, který se svou činností dotýká otázky transgenních plodin, ale především v rámci EHK byla uzavřena již zmiňovaná Aarhuská úmluva. Do vývoje mezinárodních standardů řešících otázku GMO jsou zapojeny i některé organizace, například Codex Alimentarius (společná komise FAO a WHO), jehož hlavní úlohou je problematika zdravotní nezávadnosti potravin vyrobených z geneticky modifikovaných organismů.

Z projektů, jejichž hlavním tématem jsou otázky týkající se genetických modifikací, produktů těchto procesů či biotechnologií, můžeme jmenovat projekt z roku 2001- Opatření k zajištění biologické bezpečnosti (Development of the Nation Biosafety Framework). Tento projekt vznikl pod záštitou programu OSN pro životní prostředí (výše zmiňovaný UNEP) ve spolupráci s Globálním fondem životního prostředí (GEF – Global Environmental Facility), a to především k přípravě podmínek pro ratifikaci a plnění Cartagenského protokolu ve smluvních stranách Úmluvy o biologické

rozmanitosti v souladu se strategií pro oblast biologické bezpečnosti přijatou právě v rámci GEF. V návaznosti na tento projekt byl vytvořen projekt další s názvem Podpora opatření k zajištění biologické bezpečnosti, neboli Support for the Implementation of the Draft National Biosafety Framework), do něhož se stejně jako do předešlého projektu zapojila i Česká republika, a to ve fázích 2002 – 2004 a 2006-2010. Konkrétní oblasti, kterými se tyto dokumenty v ČR zabývají, jsou politika biologické bezpečnosti, legislativa a administrativa, vyřizování žádostí o povolení užívání geneticky modifikovaných organismů, monitorování, inspekce a kontroly přijatých opatření k zajištění biologické bezpečnosti, informování a zajištění účasti veřejnosti. Kromě jmenovaného projekty zahrnují prosazování zásad biologické bezpečnosti do stěžejních dokumentů České republiky, účast na daných mezinárodních jednáních, změny regulačního systému, podporu činnosti České komise pro nakládání s GMO a s produkty z nich vzniklými, zlepšení technického vybavení zodpovědných pracovišť včetně laboratoří pro detekci a kontrolu, dále také organizování seminářů a šíření informací. Z důvodu angažování veškerých subjektů interesovaných v této problematice, byl vytvořen Koordinační výbor (NCC - National Coordinating Committee) složený ze zástupců orgánů zodpovědných za oblast biologické bezpečnosti. Jde především o rozličná ministerstva - Ministerstvo životního prostředí, Českou inspekci životního prostředí, Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo zdravotnictví, Ministerstvo financí prostřednictvím Generálního ředitelství cel, a dále variabilních odborných pracovišť jako jsou univerzity ČR a výzkumné ústavy a nevládních organizací environmentálně zaměřené. Součástí doplňujícího projektu s platností v letech 2006 až 2008 bylo zapojení ČR do mezinárodního informačního systému Cartagenaského protokolu pro biologickou bezpečnost (BHC - Biosafety Clearing House), jehož hlavní náplní je sdílení informací mezi smluvními stranami do tohoto projektu zapojených.