

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Ústav obecné hygieny



Geneticky modifikované organismy – výhody, zdravotní rizika, legislativa

Genetic modified organisms – benefits, health risks, legislation

Purevsuren Enkhbayar

Vedoucí bakalářské práce:

Prof. MUDr. Černá Milena, DrSc.

Praha, květen 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracovala samostatně a použila výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do Studijního informačního systému – SIS 3.LF UK jsou totožné.

V Praze dne 15.srpna 2011

Purevsuren Enkhbayar /...../

Poděkování

Moje poděkování patří vedoucí mé bakalářské práce MUDr. Milaně Černé za odborné vedení, metodologické rady a cenné připomínky v průběhu celé mé bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD	5
I. LITERÁRNÍ PŘEHLED	6
1 DEFINICE GENETICKY MODIFIKOVANÉ ORGANISMY	6
1.1 GENETICKY MODIFIKOVANÉ MIKROORGANISMY	7
1.2 GENETICKY MODIFIKOVANÉ ROSTLINY	7
1.3 GENETICKY MODIFIKOVANÍ ŽIVOČICHOVÉ	8
2 VÝHODY GENETICKY MODIFIKOVANÝCH ORGANISMŮ	9
2.1 VYUŽITÍ VE VĚDĚ A LÉKAŘSTVÍ	9
2.2 VYUŽITÍ V ZEMĚDĚLSTVÍ A PRODUKCI POTRAVIN	11
<i>Herbicid tolerantní plodiny</i>	<i>11</i>
<i>Plodiny rezistentní k hmyzím škůdcům.....</i>	<i>12</i>
<i>Plodiny rezistentní k abiotickému stresu.....</i>	<i>13</i>
<i>Plodiny s vylepšenými nutričními vlastnostmi</i>	<i>13</i>
3 MOŽNÁ RIZIKA GMO	14
3.1 ZDRAVOTNÍ RIZIKA GMO	14
3.2 DALŠÍ RIZIKA SPOJENÉ S GMO	16
4 REGULACE GENETICKY MODIFIKOVANÝCH ORGANISMU	16
4.1 PRÁVNÍ UPRAVA NA MEZINÁRODNÍ ÚROVNI	16
4.2 REGULACE GMO NA ÚZEMÍ USA	17
4.3 REGULACE GMO ZE STRANY EVROPSKÉ UNIE.....	19
<i>Nariadení (Regulation)</i>	<i>20</i>
<i>Směrnice (Directive)</i>	<i>21</i>
5 ČESKÁ REPUBLIKA A GMO	22
5.1 GMO ODRŮDY V ČESKÉ REPUBLICE	22
5.2 REGULACE GMO V ČR.....	22
II. ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....	26
III. HYPOTÉZA A CÍL PRÁCE	27
IV. METODIKA	28
V. VÝSLEDKY	29
VI. DISKUZE	34
VII. ZÁVĚR PRAKTICKÉ ČÁSTI	35
VIII. SOUHRN	36
IX. SUMMARY	37
X. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38
XI. SEZNAM PŘÍLOH.....	40

Úvod

Téma své bakalářské práce: Geneticky modifikované organismy – výhody, zdravotní rizika a legislativa jsem si vybrala na základě svého zájmu o tuto problematiku.

Žijeme ve světě, který nás denně překvapuje novým pokrokem a poznatky ve vědeckých výzkumech, jež by si lidstvo nedokázalo před sto lety ani představit. Jedním z nich jsou genetické modifikace.

V současné době je toto téma velice aktuální a stále více kontroverzní ve světě i v mé zemi – v Mongolsku. Jsme sousedem Číny, která je jedna z největších výrobců geneticky modifikovaných organismů (dále jen „GMO“) na světě. Lidé začali diskutovat o GMO v době, kdy se v médiích začaly objevovat zprávy o čínských nebezpečných potravinách. Diskuze o GMO se dostala až na národní úroveň, avšak ještě nemáme žádné právní úpravy a regulace GMO.

Má bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V rámci teoretické části jsou uvedeny definice a jsou vysvětleny základní pojmy, dále je věnována pozornost argumentům pro a proti geneticky modifikovaným organismům. Práce dále seznamuje čtenáře s principem předběžné opatrnosti, který je příznačný pro tuto oblast spojenou s množstvím rozporů a vědeckých nejasností. Práce se věnuje současnému stavu platné právní úpravy nakládání s GMO na mezinárodní a národní úrovni, aby přispěla čtenáři k vytvoření vlastního názoru na tuto oblast a k pochopení teoretických a praktických problémů spojených s regulačním rámcem GMO v Mongolsku. V tomto kontextu jsem uvedla také zcela odlišné postoje ke GMO v USA a v Evropské Unii.

V praktické části je uvedena analýza názorů a míry informovanosti o GMO u obyvatel Mongolska.

I. Literární přehled

1 Definice geneticky modifikovaných organismů

Jako geneticky modifikovaný organismus (běžně se používá zkratka GMO) se označuje každý živý organismus kromě člověka, jehož dědičný materiál byl úmyslně změněn vnesením cizorodého genu z jiného organismu.

Obor zvaný genové inženýrství umožňuje přenášet geny mezi různými biologickými druhy, tj. mikroorganismy, rostlinami, živočichy a buněčnými kulturami; nevztahuje se na člověka.

Podle zákona č.78/2004 Sb. o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty jsou GMO organismy, jejichž genetická změna byla provedena jedním z následujících technických postupů:

a) techniky rekombinantní nukleové kyseliny vytvářející nové kombinace dědičného materiálu vložením úseku nukleové kyseliny připravené jakýmkoli způsobem mimo organismus do jakéhokoliv viru, bakteriálního plasmidu nebo jiného vektorového systému a jeho následným začleněním do organismu příjemce, ve kterém se normálně nevyskytuje, ale ve kterém je schopen dalšího množení.

b) techniky zavádějící dědičný materiál připravený jakýmkoli způsobem mimo organismus přímo do organismu příjemce, zahrnující mikroinjekce, makroinjekce, biolisticke metody, mikroenkapsulace a umělé chromosomy, nebo

c) techniky buněčné fúze, včetně fúze protoplastů, nebo hybridizace buněk, při nichž jsou fúzí dvou nebo několika buněk vytvářeny životaschopné buňky s novou kombinací dědičného materiálu, a to metodami nebo prostředky, které se nevyskytují přirozeně.

Za GM organismy dále podle tohoto zákona nejsou považovány takové organismy, k jejichž vzniku byly použity následující techniky: oplození in vitro, bakteriální konjugace, transformace, transdukce a podobné přirozené procesy, indukce polyploidie a haploidie (1).

1.1 Geneticky modifikované mikroorganismy

GM mikroorganismy (GMM) jsou organismy, které bývají vyčleněny z regulačního rámce určeného pro ostatní GMO. GMM je buď organismus prokaryotní (bakterie a sinice) nebo eukaryotní (kvasinky, houby), jehož genetický materiál byl pozměněn vnesením jednoho nebo několika genů z jiných taxonomicky nepříbuzných druhů (2). Tyto organizmy se nejčastěji používají v rámci tzv. uzavřeného nakládání v laboratořích. GMM se využívají k výrobě lidského inzulínu, vitamínů, ochucovacích a přídatných látek do potravin, či k výrobě chemikálií. Na trhu jsou preparáty vyráběné s pomocí geneticky modifikovaných bakterií pro léčbu poruch růstu u dětí, gonadotropiny pro léčbu neplodnosti nebo inzulín pro léčbu cukrovky.

1.2 Geneticky modifikované rostliny

GM rostliny jsou takové plodiny, u kterých byl změněn dědičný materiál pomocí genových technologií. Nazýváme je většinou transgenní rostliny. V současnosti nacházejí uplatnění geneticky modifikované rostliny především v zemědělství a nejběžnějšími transgenními rostlinami jsou sója, kukuřice, bavlník a řepka olejná. Velmi oblíbené jsou GM rostliny obohacené o geny, které mají vliv na zvýšení odolnosti rostlin vůči herbicidům, hmyzím škůdcům a chorobám různého původu (3). Avšak ne každá geneticky modifikovaná rostlina je určena pro zemědělství. Některé transgenní rostliny se využívají jen pro výzkum a po skončení výzkumu se protokolárně zlikvidují. Výzkumy se také zaměřují na vývoj plodin s delší trvanlivostí nebo plodin, které produkují specifické látky. Příkladem mohou být transgenní řepky se změněným složením mastných kyselin, či odrůdy brambor s pozměněným složením škrobu, které se uplatňují pro průmyslové využití.

Metody genetického inženýrství u rostlin jsou:

- Transformace pomocí *Agrobacterium tumefaciens* (agroinfekce)
- Biolistické „nastřelení“ DNA do buněčného jádra

Pro přípravu transgenních rostlin pomocí agrobakterií se využívá přirozené schopnosti této patogenní bakterie vnášet své určité geny z tzv. Ti-plazmidu do genomu rostliny. Důsledkem infekce bakteriálního genu je, že tyto cizí geny přinutí rostlinu, aby si vytvořila speciální aminokyseliny, kterými se pak bakterie živí.

Druhá metoda používaná k transformaci zemědělských výrobků se nazývá metoda biolistická. Požadovaná DNA se vysráží na povrchu těžkého prvku a následně se nastřelí heliem vysokým tlakem do tkáně rostliny, tak že se úsek DNA spojí s rostlinným genomem (4).

1.3 Geneticky modifikovaní živočichové

Tvorba transgenních živočichů je málo účinná a časově náročná, ale i přes tyto nevýhody se považuje za perspektivní obor. Geny mohou být do zvířat přeneseny transfekcí. Metody transfekce jsou:

- lipofekce (prostřednictvím micel z lipidů)
- transfekce pomocí retroviru
- mikroinjekce
- embryonální kmenové buňky

Nevýhodou většiny metod tvorby GM živočichů je jejich nízká účinnost (max. 5%). Je potřeba provést řadu pokusů, než se podaří dosáhnout chtěného výsledku a produkce těchto živočichů se tak výrazně prodražuje. Většina GM živočichů nachází uplatnění v základním výzkumu v oblasti biologie či medicíny (6). GM hospodářská zvířata jsou využívána pro produkci lidských bílkovin významných pro léčbu řady chorob, například léčbu hemofilie.

Mezi další důležité výzkumy patří i záměrné genetické modifikace prasat, jejichž orgány by byly využitelné pro transplantace lidem. Spadá do oboru tzv. xenotransplantací (transplantace orgánů mezi příslušníky dvou odlišných živočišných druhů, v našem případě člověka a prasete) a zatím probíhá na experimentální úrovni u primátů. Ovšem přijetí těchto orgánů imunitním systémem je složité a v řadě případů velmi bouřlivé, a pracuje se tedy na dalším přizpůsobování prasečího genomu.

Genové inženýrství nabízí skvělé možnosti pro prevenci chorob u hospodářských zvířat. Na GM zvířatech se připravují zvířecí modely lidských genetických chorob, vyvíjejí se druhy se zlepšenými vlastnostmi pro chov, ale vyvíjejí se i nové druhy zvířat. Výzkum se zaměřil i na chřipková virová onemocnění u drůbeže, jež jsou přenosná i na člověka (5). Podle pozitivního výsledku výzkumu má možnost snížit značné ekonomické škody.

GM zvířata s sebou přináší zajímavé otázky spojené s právem duševního vlastnictví. V současné době probíhá řízení o patentové žádosti koncernu Monsanto na patent GM vepře domácího a jeho potomstva u Světové organizace duševního vlastnictví (World Intellectual Property Organization).

2 Výhody geneticky modifikovaných organismů

Geneticky modifikované organismy jsou v současné době stále kontroverzní téma a mají své příznivce i odpůrce. V této souvislosti je důležité připomenout skutečnost, že dodnes nebyla provedena prokázaná vědecká analýza, jež by srovnala nežádoucí účinky GMO ve srovnání s jejich původními genotypy.

Mnoho GMO bezpochyby poskytují reálné možnosti, jak vyřešit hlavní problémy, které zasahují lidskou populaci. Jako nejčastější z nich je možno označit problém neustále rostoucí světové populace a s tím související problém jejího nasycení. Plodiny odolnější proti suchu jsou v Africe otázkou přežití. Geneticky pozměněné rostliny vytvářejí hlubší kořeny, takže se tímto způsobem dají zvýšit výnosy v chudých zemích.

GMO mohou být rovněž využity pro biodegradaci, tedy rozložení odpadních materiálů na méně toxické nebo netoxické komponenty v životním prostředí. Přírozeně se vyskytující organismy (např. bakterie, kvasinky nebo plísně) mohou být použity jako bioremeditory pro likvidaci průmyslových nebo komunálních odpadů jako například pesticidů, těžkých kovů a jaderného odpadu. Ale genetická úprava těchto organismů může jejich účinnost zvýšit (28).

2.1 Využití GMO ve vědě a lékařství

Využívání GMO v těchto oborech znamená otevření nových možností pro medicínský výzkum a ochranu veřejného zdraví. Široké uplatnění nacházejí též při přípravě nových typu vakcín nebo protilátek.

Produkce vakcín pomocí transgenních rostlin je ekonomicky výhodný způsob pro plošné očkování. Jako příklad budoucího vývoje lze zmínit transgenní rostliny, které byly vyvinuty k imunizaci proti hepatitidě B a Norwalk viry, což jsou onemocnění, která ohrožují osoby žijící v rozvojových zemích (7). Injekční vakcíny jsou drahé, vyžadují vyškolený zdravotnický personál na jejich provedení a obvykle

musí být uchovávány v chladničce během dopravy a skladování, což způsobuje obtíže v mnoha rozvojových zemích. Použití jehel také přináší rizika šíření infekce. Vakcíny v podobě potravy by pomohly vyhnout se těmto nepříjemnostem a nebezpečím. Schopnost geneticky upravit zvířata za účelem výroby léčiv vylučovaných jejich mlékem je jedním z nejvíce inovativních aplikací genetické modifikace (13). Léky nebo očkovací látky vyrobené v mléce mohou být vyrobeny a distribuovány levně a mohou být více přístupné lidem po celém světě.

Výzkumným pracovníkům se rovněž podařilo vyprodukovat transgenní brambory, které obsahují malé části toxinu cholery a imunizovat je tak proti této nemoci (8).

Významnou oblastí je příprava farmakologických preparátů z GMO. Zde se jedná zejména o lidský inzulin připravovaný v bakteriích. Do té doby se k léčbě cukrovky inzulin získával z prasečích nebo hovězích slinivek. Takto vyrobený inzulin měl řadu nežádoucích vedlejších účinků. Zlepšení léčebných postupů pro diabetiky proto přineslo právě genové inženýrství, kdy se gen lidského inzulinu přenesl do lidské střevní bakterie. Takto geneticky modifikované bakterie celkem snadno vyrábějí bezpečný lidský inzulin. Podobně lze připravit i lidský růstový hormon, který je používán pro léčbu růstových poruch u dětí (9).

Kromě výše zmíněných oborů se GMO používá pro objasnění funkce genů a jejich poruch. Pro výzkumné účely se připravují geneticky modifikovaní živočichové, zejména laboratorních myši. Pozměněné geny se vpravují do organismu živočichů a sledují se projevy a změny u daného živočicha. Získané poznatky se využívají pro výzkum a vývoj léčebných postupů geneticky podmíněných onemocnění a jsou součástí diagnostických postupů nádorových onemocnění (10). Vědci z Cancer Research UK zkoumali účinek geneticky modifikovaného viru na nádory in vitro u pankreatu, plic, vaječnicků, jater, tlustého střeva a konečníku u myši. Upravený vir byl schopen se replikovat s pomocí rakovinové buňky a rozšiřovat se po nádorové tkáni a působením na tyto buňky je usmrcovat. Geneticky modifikovaný virus byl rovněž úspěšný v cílení a ničení rakovinových buněk, přičemž zdravé buňky zanechal nepoškozené (7).

Na trhu je dostupný lidský vnitřní faktor, který zajišťuje vstřebávání vitamínu B12. Úsek cDNA kódující lidský vnitřní faktor byl pomocí *A. tumefaciens* vnesen do genomu *Arabidopsis*.

Rehydratační přípravek podávaný dětem s akutním průjmem v Peru obsahoval lidský laktoferrin a lysozym každý připravený z jiné odrůdy transgenní rýže. Laktoferrin je obsažen v lidském mléce a kromě jiného má obrannou funkci vůči patogenům, podílí se na absorpci železa a reguluje imunitní systém. V obou případech byla transgenní rýže připravena balistickou metodou a míra exprese proteinů byla vysoká.

2.2 Využití v zemědělství a produkci potravin

Geneticky upravené plodiny zaručují pěstitelům výhody, které jsou dosaženy především:

- snížením nákladů na jinak potřebné postřiky a hnojiva
- menší náročností na použití agrotechniky,
- zvýšenými výnosy GM odrůd.

Herbicid tolerantní plodiny

Nejrozšířenějším z Biotech produktů jsou produkty tolerantní k herbicidu Roundup, resp. k jeho účinné látce glyfosát (uváděná jako Roundup Ready) (11). Podstatou této tolerance jsou nové geny, které byly vloženy do rostlin, aby byly překonány účinky glyfosátu. Podstatou funkce je inhibice syntézy šikimátu. Cílový enzym je 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát (EPSP) syntéza, který zprostředkovává syntézu aromatických aminokyselin. Nefunkční enzym blokuje syntézu aromatických aminokyselin, což vede ke smrti rostlin. Tento enzym je obdobný pro bakterie a rostliny, u živočichů se však nevyskytuje. U rostlin tolerantních k přípravku Roundup je funkce rostlinného EPSPS nahrazena upraveným EPSPS enzymem, který spolu s dalšími doprovodnými geny zodpovídá za herbicidní toleranci. Plodiny rezistentní k glyfosátu dostupné na trhu jsou sója, kukuřice, řepka, bavlník a dále cukrová řepa a vojtěška.

Plodiny rezistentní k hmyzím škůdcům

K výhodným vlastnostem, kterých se docílí genetickou modifikací, patří rezistence vůči hmyzím škůdcům (Bt toxin). Bt plodiny rezistentní vůči hmyzu zahrnují transgenní kukuřici, rýži, bavlník, brambory, sóju a cukrovou řepu.

Bakterie *Bacillus thuringiensis* jsou gram-positivní bakterie, které produkují specifické Bt toxiny, žijící běžně v půdě. Bt kukuřice se připravuje tak, že je do genetického materiálu vnesen gen z bakterie *Bacillus thuringiensis*. Ten se aktivuje v rostlině produkcí proteinu, který má toxický vliv na trávicí ústrojí hmyzu (12).

Bt-kukuřice byla první GM plodinou, která dostala povolení pro pěstování v EU a tedy i v ČR, a to roku 1998. Po čtyřletém pěstování Bt-kukuřice v České republice se neprokázalo snížení biodiverzity a snížila se potřeba mechanizace. Bt-kukuřice se v ČR pěstuje jako krmivo (MZ, 2009).

Plodiny odolné vůči škůdcům mají výhody nižšího množství aplikovaného insekticidu, nižšího výskytu mykotoxinů a mají vyšší výnos. Jako sekundární infekce po napadení hmyzím škůdcem je často plísňové onemocnění. Proto jsou plodiny rezistentní ke hmyzím škůdcům i nepřímo odolnější k plísňovým onemocněním.

Plodiny rezistentní vůči virům, bakteriím a plísním

GI používá především transgeny kódující obalové proteiny. Rezistence rostliny k viru je založena na tom, že do rostliny je vložena genetická informace jeho obalových proteinů a díky následné expresi těchto obalových proteinů v rostlinné buňce vir není schopen se rozbalit a pomnožit.

Nedávno byla úspěšně provedena transformace papáje pomocí *A. tumefaciens* k rezistenci vůči virům PRSV (Papaya Ringspot Virus) a PLDMV (Papaya Leaf-Distortion Mosaic Virus) díky vneseným genům pro obalové proteiny těchto virů. Rezistence pomocí transgenních obalových proteinů bylo dále dosaženo u celé řady produktů, které jsou na trhu, např. lilku.

Rovněž se vyvíjí techniky využívající RNA interferenci (RNAi; vedoucí k degradaci virových RNA) či satelitní RNA. RNAi bylo využito např. při transformaci tabáku pro odolnost vůči viru BGMV (Bean golden mosaic virus) (25). Satelitní RNA jsou malé molekuly RNA schopné rozmnožovat se v hostitelské buňce pouze v přítomnosti svého specifického pomocného viru, přičemž mají schopnosti zmírňovat

příznaky virového onemocnění. Těto techniky bylo použito např. u tabáku pro indukci rezistence k viru okurkové mozaiky.

Plodiny rezistentní k abiotickému stresu

Sucho, nerovnoměrné rozložení srážek, zvýšení zasolení půdy, hospodaření s vodou a z toho vyplývající snížení růstu a produktivity a stále rostoucí obyvatel jsou hlavním problémem celé Afriky. V důsledku klimatických změn bude sucho mnohem rychleji postihovat i Evropu. Díky genetickému inženýrství můžeme pěstovat plodiny rezistentní vůči těmto změnám klimatu a můžeme snadněji uspokojit lidskou potřebu.

Odolnosti k abiotickému stresu se dosahuje ovlivňováním CDPK (kalcium-dependent protein kinase) a MAPK (mitogen-activated protein kinase) (26). Dále je možné regulovat osmotickou rovnováhu buňky, expresi ABA (kyseliny abscisové), DRE (dehydration responsive elements), LEA (late embryogenesis abundant) genů, anexinu a IPT (izopentenyltransferázy).

Trehalóza (α -D-glukopyranosyl-[1.1]- α -D-glukopyranosid) je široce rozšířeným disacharidem izolovaným z mnoha druhů organismů jako jsou bakterie, řasy, houby a někteří bezobratlí. Zde se uplatňuje v obraně proti působení abiotických stresových faktorů, zejména sucho, mrazu a vysokým teplotám.

Plodiny s vylepšenými nutričními vlastnostmi

GM potraviny nabízejí celou řadu přímých i nepřímých pozitiv. Mezi přímá pozitiva patří možnost zlepšení jejich kvality, nutričních hodnot či prodloužení trvanlivosti. Jako zajímavé se jeví genetické modifikace plodin, které vedou ke změněnému obsahu látek. Jedním z příkladů je řepka olejka, na které pracují vědci z německého koncernu BASF. Výživová hodnota olejů v řepce oleje by se měla změnit tak, aby obsahovala větší množství omega-3 kyselin, neboli mastných kyselin, které se v přírodě vyskytují v rybím mase a jsou považovány za zdravé pro kardiovaskulární systém.

Dále je možné do této kategorie zařadit biosyntézu β -karotenu v zlaté rýži, zlepšení biosyntézy škrobu a zvýšení obsahu esenciálních aminokyselin (metionin v sóje).

V jihovýchodní Asii tvoří hlavní složku potravy rýže. Avitaminóza A je velkým problémem v těchto regionech. Provitamín A (β -karoten) se účastní fotosyntézy, je produkován v listech, ne však v endospermu. Nezralá rýže v endospermu syntetizuje geranylgeranyldifosfát (GGPP), jeden z meziproductů biosyntézy β -karotenu. Aby

byla rýže schopna dokončit jeho biosyntézu, je třeba dodat tři enzymy, a proto byly do genomu rýže pomocí *A. tumefaciens* vneseny tři geny: gen *psy* z narcisu pro fytoen desaturázu, gen *crt1* z bakterie pro ζ -karoten desaturázu a gen *lyc* z narcisu pro lykopen- β -cyklázu. Díky β -karotenu získala zrníčka rýže zlatavou barvu a tím si vysloužila daný název (14).

V roce 2005 byla také pomocí *A. tumefaciens* vytvořena Golden Rice 2, která má jiné zdroje genů, a hlavně několikanásobně vyšší obsah karotenoidů (zbarvena je žlutooranžově). Obsahuje gen *psy* pro fytoen syntázu z kukuřice a gen *crt1* pro karoten desaturázu z Golden Rice 1. Pomocí „Zlaté rýže“ by se tak mohla zlepšit kvalita stravy milionů lidí na celém světě. V současnosti vědci vyvíjejí GM plodiny, které obsahují dva či více transgenů. Jejich výhodou je, že se mohou kombinovat různé typy odolností a různé vlastnosti plodin. Existují například GM odrůdy odolné vůči herbicidům i hmyzím škůdcům. Výzkumy u dřevin se zaměřují na změny struktury dřeva, modifikaci ligninu, urychlení růstu, změny reprodukčního cyklu a zlepšení odolnosti vůči herbicidům. Pokusy se provádějí převážně u topolů, jelikož mají vlastnosti usnadňující genetické inženýrství a zároveň se očekává i ekonomická návratnost. Přínos transgenních dřevin se očekává především pro lesní a dřevozpracující průmysl.

3 Možná rizika GMO

Existuje mnoho obav, jak z hlediska zdravotních, tak i z hlediska ochrany životního prostředí a bezpečnosti potravin. Nejčastější obavy, které veřejnost diskutuje v souvislosti s novými GM produkty, jsou především alergie, změna nutričních vlastností, toxicita a rezistence k antibiotikům. Nicméně pokud se nějaký geneticky upravený produkt má uvést na trh, probíhá přísné testování. Je velice důležité zde připomenout, že GMO je teprve v začátcích a nelze s určitostí říci, jaké dopady bude mít dlouhodobá konzumace takových výrobků na organismus člověka nebo na zvířata.

3.1 Zdravotní rizika GMO

Zdravotní rizika spojená s využitím geneticky modifikovaných organismů jsou následující:

- **Potravinová alergie**

Alergenní reakce mohou být přímo způsobeny novými proteiny nebo jejich interakcí s obvyklými bílkovinami, které produkují nový alergen. Posouzení alergenních potenciálu nových potravin představuje velký problém, protože neexistuje žádný absolutní test pro predikci alergie. Možnost vytvoření nových alergenů byla identifikována jako riziko, které se netýká přímo používání GMO, ale záleží na genu, který byl přidán do GMO. Je nutné poznamenat, po dobu již 13-leté konzumace nebyly zaznamenány alergické reakce specifické pro GMO (15).

- **Rezistence vůči antibiotikům**

Některé GMO jsou nositeli genu, který má vlastnosti antibiotik, které napomáhají odstraňovat bakterie potencionálně škodlivé pro růst rostliny.

Horizontální genový transfer (HGT) je proces, při němž může patogenní bakterie získávat rezistenci vůči antibiotikům. Antibiotická rezistence může být převedena prostředky HGT z geneticky modifikovaných rostlin na lidské střevní bakterie v důsledku trávení geneticky modifikované rostliny předtím než je DNA této rostliny úplně znehodnocena v důsledku působení žaludečních šťáv a jiných enzymů (16). Světová zdravotnická organizace a Organizace pro výživu a zemědělství, Organizace spojených národů dospívají k závěru, že tato událost nemůže být zcela vyloučena a měla by být zvažována posuzovateli rizik.

Kromě výše zmíněných však může antibiotická rezistence nastat rovněž při zneužívání antibiotik na léčbu člověka a při používání antibiotik v krmivech pro zvířata.

- **Nutriční a toxické vlastnosti GMO**

Do současné doby nejsou k dispozici žádné vědecky ověřitelné důkazy, že by potraviny založené na genetické modifikaci byly toxické nebo nutričně poškodily spotřebitele.

Regulační rámec by měl umožňovat kontrolovatelné uvádění GMO do životního prostředí s ohledem na minimalizaci možných rizik. Legislativa týkající se regulace GMO je upravena nařízením, které je přímo a prakticky nezávislé na dalších právních úpravách na národní úrovni. S ohledem na vědecké nejasnosti byl pro regulaci GMO zvolen princip předběžné opatrnosti (Cartagenský protokol). Tento princip je spojen s

analýzou rizika provedenou z vědeckého pohledu a učinění rozhodnutí na základě této vědecké analýzy spočívajícím na politickém zvážení, jaké riziko společnost přijme s ohledem na výhody, které jsou s činností spojeny.

3.2 Další rizika spojené s GMO

Geneticky modifikované rostliny se šíří světem a představují naději pro chudší státy s horšími zemědělskými podmínkami. Avšak jejich postup není všude stejný. Hlavní obavy Evropské Unie z pěstování GM plodin jsou spojeny s hrozbou poškození životního prostředí. GM plodiny se totiž díky modifikacím staly vysoce odolnými vůči herbicidům. Podle některých odborníků by takovéto pokusy mohly vést až k vypěstování tzv. „superplevele“, jenž by byl prakticky nezničitelný.

Kromě toho se lidé obávají i toho, že rozsáhlé využívání těchto plodin by mohlo vést k nevratnému narušení biodiverzity a vytlačení původních druhů.

4 Regulace geneticky modifikovaných organismu

4.1 Právní úprava na mezinárodní úrovni

Existují dvě hlavní právní úpravy zabývající se regulací GMO (21):

- systém právních režimů pod Světovou obchodní organizací (WTO)
- systém pod Cartagenským Protokolem o Biodiverzitě.

Protokol o biodiverzitě vstoupil v platnost 11. září 2003 a byl sjednán v rámci Konvence o biodiverzitě. Hlavním problémem, kterým se tento protokol zabývá, je omezení pohybu GMO v souladu s principem předběžné opatrnosti (precautionary principle). Jednoduše řečeno, tento princip vyžaduje, že v případě nedostatku vědeckých důkazů při potencionálním riziku, které může vzniknout jako důsledek některé akce by tato akce neměla být provedena.

Pod WTO na druhé straně existuje režim, který reguluje mezinárodní trh se zbožím se záměrem, aby se zamezilo jakémukoliv omezení volného obchodu. WTO striktně vyžaduje, aby jeho členové neomezovali obchod. Omezení je možné pouze,

existují-li pevné a spolehlivé vědecké důkazy, že obchod s takovými produkty je škodlivý pro lidi, zvířata nebo životní prostředí.

A tak se jeví, že jsou tyto dva režimy v konfliktu. Z tohoto důvodu tento systém vytváří bezprostřední problém pro státy, které jsou stranami obou těchto mezinárodních smluv. Jak by měly tyto státy dodržet všechny jejich závazky plynoucí z těchto dvou proti sobě stojících právních režimů?

Omezení dovozu z důvodu nespolehlivých vědeckých důkazů bude v pořádku z hlediska protokolu o biodiverzitě, ale bude v konfliktu s WTO pravidly.

4.2 Regulace GMO na území USA

V USA neexistuje žádný speciální právní režim pro oddělování GMO a geneticky modifikované rostliny jsou tak postaveny na úroveň svých normálních nemodifikovaných plodin. Produkty obsahující GMO jsou široce dostupné v každodenním prodeji na celém území USA (17).

Úřad pro vědu a technologii v exekutivě prezidenta vydal Direktivu pro Regulaci Biotechnologií. Tato direktiva se stala primárním nástrojem pro regulaci GMO na území Spojených států (18).

Direktiva klade důraz na to, že zdraví a ochrana životního prostředí musí být v rovnováze se „zajištěním dostatečné flexibility nutné k růstu nového odvětví“ (míněno biotechnologický průmysl). V direktivě je zakotven fundamentální názor, že produkty biotechnologií se v zásadě neliší od nemodifikovaných organismů nebo od konvenčních produktů. Direktiva zakládá systém regulačního schématu, kde figurují tři agentury regulující produkty obsahující GMO. Jsou to Ministerstvo zemědělství USA (United States Department of Agriculture (USDA)), Agentura pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency (EPA)) a Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (Food and Drug Administration (FDA)).

Úřad pro kontrolu zdraví zvířat a rostlin (The Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS)), základní entita spadající pod Ministerstvo zemědělství USA a regulující produkty obsahující GMO, musí být informována předtím, než „biologicky kontrolované organismy“ budou přesunuty a prakticky testovány v terénu, aby se zjistily jejich vlastnosti. A takto pak probíhá následně odsouhlasené testování v polních podmínkách. Předně pošle výrobce GMO produktu žádost k APHIS, aby přezkoumal výsledky testování a určil, jestli je produkt způsobilý k

udělení statutu “neregulovaného produktu”. Pokud je tento statut obdržen, produkt nadále nepodléhá regulaci (19).

Testování v polních podmínkách obsahuje přezkoumání vědeckých dat, dopadu na životní prostředí a možnosti svévolného rozšíření.

Když jsou tyto podmínky způsobilosti splněny, produkt není dále objektem speciálního posuzování a dostane se mu stejného zacházení, jako produktům geneticky nemodifikovaným. GMO jsou v případě, že jsou kladně posouzeny, postaveny na roveň přírodním produktům a je s nimi zacházeno stejně. Jsem toho názoru, že tento systém v praxi příliš nefunguje, jeho největší slabinou je jeho nízká vynutitelnost, pro proces testování v poli nejsou kladeny vysoké požadavky, takže se testovanému produktu ve většině případů dostane statutu zaměnitelného produktu.

Agentura pro ochranu životního prostředí také stanovuje limit pro povolený obsah biopesticidů v GMO produktu. Tento limit je založen na posouzení produktu (20):

1. Nakolik se produkt liší od svého přírodního protějšku.
2. Na toxicitě, tj. za jak dlouho se produkt po zkonsumování kompletně rozloží na živiny.
3. Na potencionální alergicitě, tj. jestli protein obsažený v rostlině může způsobit alergickou reakci a vyžaduje tak speciální upozornění.
4. Jestli produkt ovlivňuje ostatní organismy a rostliny a v jakém měřítku.

Pokud GMO produkt projde tímto předběžným testováním je zaregistrován a považován za bezpečný. Přestože Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) povzbuzuje výrobce k dobrovolnému označování všech GM produktů, je velmi málo produktů, které jsou v současnosti na trhu a mají toto označení. To je způsobeno především tím, že je velmi těžké určit, zda produkt na trhu opravdu obsahuje GMO, či nikoli. Jakýkoli protokol vyžadující striktní určení identity GMO produktu vyžaduje primárně oddělení geneticky modifikovaných produktů od přírodních produktů ve všech stádiích produkce.

Toto oddělení je nákladné, ať již v produkci či v logistice, a z tohoto důvodu se tato myšlenka netěší velké oblibě na území USA. Od doby, kdy se objevily GMO na území Spojených států, nebyl jejich systém oddělen, a tudíž zjištění přesné identity

produktu a zavedení systému kontroly jejich původu je nyní z hlediska státních orgánů nereálné, argumentuje se jeho přílišnou nákladností a zpomalením výroby.

Spotřebitelé ze Spojených států si většinou nejsou vědomi možného rizika spojeného s konzumací geneticky modifikovaných potravin. V supermarketech je až 74% zeleniny, která je geneticky modifikovaná.

Farmáři tuto nevědomost podporují, protože jim jde o odbyt jejich produktů. Dají se však zaznamenat tendence spotřebitelů směrem k přírodním produktům, u kterých je zaručeno, že nejsou geneticky modifikované. Například v poslední době jsou patrné snahy některých skupin spotřebitelů poptávat se po přírodních nemodifikovaných produktech pěstovaných církvemi nebo v tradičním zemědělství přírodním, přirozeným způsobem. Dá se tak usuzovat, že spotřebitelé ze Spojených Států jsou částečně ovlivňováni postojem spotřebitelů z EU, čas ukáže, zda se jedná o nástup nového trendu nebo jen o přechodnou módní vlnu.

4.3 Regulace GMO ze strany Evropské unie.

Evropská Unie představuje jeden z nejvýznamnějších subjektů ochrany životního prostředí na úrovni mezinárodní. V Evropské Unii existuje velké množství občanských sdružení a nevládních organizací, které se zabývají ochranou životního prostředí. Sama Evropská Unie podporuje jejich projekty (22).

Dále se snaží o co největší sblížení jednotlivých národních právních norem a vytvoření společných principů, které by byly stejné ve všech členských státech. Podle legislativy Evropské Unie patří GMO mezi potraviny nového typu. Hlavním cílem je zajištění přiměřené ochrany při přepravě a využívání GMO.

V současné době se v rámci EU rozeznávají tři základní skupiny geneticky modifikovaných organismů – pro laboratorní účely, pro experimentální pěstování na poli a samozřejmě pro pěstování za účelem prodeje.

- První skupina je na unijní úrovni upravena směrnicí Rady č. 90/219/EHS ze dne 23. dubna 1990 o uzavřeném nakládání s geneticky modifikovanými mikroorganismy.
- Zbylé dvě skupiny se pak řídí směrnicí 18/2001/EC (23).

I uvnitř Evropské unie ovšem vedou jednotlivé státy spory o to, jak se k fenoménu GMO vlastně postavit. Spory ohledně GMO na ochranu zájmu jednotlivých

zemí nebo skupin zemí jsou také řešeny před Evropským soudním dvorem (European Court of Justice) ECJ.

Evropský soudní dvůr nedávno rozhodl, že členský stát Evropského společenství může na krátkou, stanovenou dobu omezit použití nebo prodej GMO produktu, pokud tak rozhodne na základě podrobných informací spíše než na základě obav či podezření, že tato potravinu představuje riziko pro lidské zdraví nebo pro životní prostředí. Mezi největší zastánce pěstování těchto specifických plodin patří zejména tradiční „zemědělské státy“ jako například Francie a Španělsko (to patří mezi největšího producenta GMO v rámci EU vůbec), pozitivně jsou vnímány i v Německu či v České republice. Naopak mezi největší odpůrce využívání geneticky modifikovaných organismů se řadí tzv. „zelené státy“ – Rakousko, Švédsko, překvapivě pak také zemědělské státy jako Polsko a Řecko.

Nařízení

Nejdůležitější jsou nařízení 1946/2003/ES o přeshraničních pohybech GMO, nařízení 1830/2003/ES o sledovatelnosti a označování GMO a sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z GMO a o změně směrnice 2001/18/ES a nařízení 1829/2003/ES o GM potravinách a krmivech. Cílem nařízení je v souladu se zásadou předběžné opatrnosti zřídit společný systém oznamování a informování pro přeshraniční pohyby GMO a zajistit soudržné provádění ustanovení protokolu ze strany EU. Tím přispět k zajištění přiměřené úrovně ochrany v oblasti bezpečného přenosu a využívání GMO, které mohou mít nepříznivé účinky na zachování a udržitelné využívání biologické rozmanitosti a nakládání s těmito organismy s přihlédnutím k rizikům pro lidské zdraví (24).

Součástí označování a sledovatelnosti GMO je zavedení systému jednoznačných identifikačních kódů (JIK), podle kterých lze vyhledat informace o konkrétním GMO. Pravidla pro jejich tvorbu stanoví nařízení Komise č. 65/2004, kterým se zřizuje systém tvorby a přiřazování jednoznačných identifikačních kódů pro GMO. Zavedení systému JIK bylo podmínkou účinnosti Nařízení č. 1830/2003 Evropského parlamentu a Rady o označování GMO a o sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z GMO (25).

Směrnice

V souladu se zásadou předběžné opatrnosti jsou směrnice zaměřeny na ochranu lidského zdraví a životního prostředí. Směrnice také trvají na tom, aby GMO nebyly uvedeny do oběhu bez dostatečných výzkumů a testování v ekosystémech, které by jejich použitím mohly být ovlivněny. Některé z nich jsou velmi podrobné a mohou připomínat nařízení. V oblasti nakládání s GMO byly mimo jiné přijaty dvě důležité směrnice upravující hlavní typy nakládání s GMO.

Směrnice 2009/41/ES o uzavřeném nakládání s geneticky modifikovanými mikroorganismy. Do roku 2009 upravovala danou problematiku Směrnice Rady 90/219/EHS o uzavřeném nakládání s geneticky modifikovanými mikroorganismy. Byla však několikrát podstatně měněna a v zájmu přehlednosti bylo rozhodnuto vypracovat směrnici novou.

Směrnice 2001/18/ES ve své části B nazývá záměrným uvolňováním GMO pro jiné účely, než je uvedení na trh. Směrnice evropského parlamentu a Rady 2001/18/ES o záměrném uvolňování GMO do životního prostředí. Touto směrnicí byla zrušena předchozí směrnice 90/220/EHS.

4.4 Odlišné postoje ke GMO ze strany EU versus USA

Spor o GMO byl bezpochyby ještě vyhocen existencí dvou odlišných konfliktních právních režimů, Cartagenským protokolem ke Konvenci o biologické diverzitě na jedné straně a pravidly WTO stojícími na straně druhé. Jak je uvedeno v předešlých kapitolách, oba systémy obsahují regulaci obchodu a pohybu GMO, jsou ale vedeny jinými zásadami a principy a směřují k odlišným cílům. Protokol vytváří multilaterální režim upravující mezinárodní pohyb GMO.

Mezi hlavní cíle Protokolu patří: „, přispět k zajištění adekvátní úrovně ochrany na poli bezpečného transferu, manipulace a využívání živých modifikovaných organismů, které jsou produktem biotechnologií, a které mohou mít nežádoucí efekty na zachování a udržitelném využívání biologické diverzity, berouce v úvahu případné riziko pro lidské zdraví, specificky se zřetelem k přeshraničnímu pohybu těchto modifikovaných organismů“.

Cartagenský protokol, jako součást Konvence o biologické diverzitě, reguluje pohyb GMO s primárním zřetelem na ochranu biologické různorodosti.

WTO pravidla, na druhou stranu, mají za základní cíl svobodu volného obchodu a touží po odstranění všech překážek kladených do cesty této svobodě pohybu zboží a produktů.

Jak bylo ukázáno na sporu ohledně hormonů, Světová obchodní organizace napadá používání jakýchkoliv regulací, která omezují obchod s novými produkty, pokud neexistují jasné důkazy, že takováto omezení jsou v souladu s mezinárodními standarty a byla přijata na základě jasných vědeckých důkazů a průkazného posouzení rizik. Na základě těchto odlišných cílů a chráněných zájmů Protokol a smlouvy v rámci WTO zakládají dva potenciaálně konfliktní režimy, ke kterým se mohou Spojené státy a EU odkazovat na podporu svých stanovisek a své odlišné politiky zacházení s GMO. Následkem toho není jistě překvapující, že odlišný pohled na GMO vyústil ve spor Spojených Států proti Evropské Unie před Světovou obchodní organizací.

5 Česká republika a GMO

5.1 GMO odrůdy v České republice

První geneticky modifikovanou plodinou pěstovanou v České republice byla bezpochyby Bt kukuřice firmy Monsanto typu MON 810, která je rezistentní vůči hmyzu (viz příloha č. 2).

Od roku 2010 se v České republice začaly rovněž pěstovat geneticky upravené brambory Amflora, které vyvinula německá biotechnologická společnost BASF. Podstatou tohoto druhu brambor je upravení poměru dvou základních složek škrobu: amyloza a amylopektin. Jejich množství se vyskytuje ve škrobu v poměru 1:4. V případě geneticky modifikovaných brambor Amflora je účelem získat škrob, který je tvořen pouze amylopektinem. Získaný škrob je určen pro průmyslové účely a tyto GMO brambory nacházejí uplatnění v textilním a papírenském průmyslu (26).

5.2 Regulace GMO v ČR

Česká Republika jakožto právoplatný člen EU je samozřejmě vázána evropskou legislativou, která je založena na principu předběžné opatrnosti v souladu s mezinárodními úmluvami a doporučeními mezinárodních institucí.

Problematikou geneticky modifikovaných organismů se zabývá zákon č. 78/2004 Sb. o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a produkty a o změně některých souvisejících zákonů (dále jen ZGMO).

Část třetí ZGMO pojednává o uzavřeném nakládání s GMO spolu s uváděním do životního prostředí. Na rozdíl od směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/41/ES o uzavřeném nakládání s geneticky modifikovanými mikroorganismy hovoří celkově o geneticky modifikovaných organismech a nejen o mikroorganismech.

Hlavním účelem zákona je zajistit ochranu zdraví člověka, chránit biologickou rozmanitost a životní prostředí před možnými nežádoucími vlivy GMO. Mezi další vnitrostátní předpisy dotýkající se úpravy GMO patří:

- vyhláška č. 209/2004 Sb., o bližších podmínkách nakládání s GMO
- vyhláška č. 89/2006 Sb., o bližších podmínkách pěstování GM plodiny

Zákon č. 78/2004 Sb. upravuje podmínky pro:

- Uzavřené nakládání, tj. použití GMO v laboratořích, uzavřených sklenících pro potřeby výzkumu, vývoje a výuky. Nakládáním se rozumí nejen vlastní genetická modifikace, ale také uchovávání, pěstování a další manipulace s GMO.
- Uvádění do životního prostředí – záměrné vnesení do životního prostředí mimo uzavřený prostor za jiným účelem jako je např. polní pokusné pěstování na přesně definovaných plochách. Sklizené rostliny a semena se po skončení pokusu musí zlikvidovat a plocha je po následující roky nadále sledována a kontrolována.
- Uvádění GMO a genetických produktů do oběhu, tj. dovoz, distribuce a používání v obchodní síti za účelem prodeje a zpracování, výrobu konečných produktů a mnoho dalších. Nepatří sem poskytnutí GMO k vědeckým účelům, pro výuky a do sbírky.

Při uplatňování zákona č. 78/2004 Sb. upravuje zejména tyto okruhy:

- **Průběh správního řízení o vydávání oprávnění k nakládání s GMO**

Uživatel GMO musí požádat Ministerstvo životního prostředí (MŽP) o zapsání seznamu osob oprávněných k určitému nakládání s GMO a jejich produkty. Žádost o zapsání do Seznamu musí obsahovat všechny náležitosti dané právními předpisy. Žádost o povolení nebo zápis se podává u MŽP. Sem patří také výsledky hodnocení rizika, což je zařazení činností do kategorií I – II – III – IV, havarijní plán, provozní řád a vyjádření odborného poradce. Požadavky na mikrobiologické laboratoře, skleníky a zařízení pro chov živočichů jsou stanoveny podle kategorie rizika. Většina pracovišť pro nakládání s GMO (cca 80%) je zařazena do kategorie I, zbývající pracoviště jsou zařazena do kategorie II.

MŽP zřídilo Českou komisi pro nakládání s GMO a genetickými produkty jako svůj poradní orgán. Členy a spolupracovníky České komise pro nakládání s GMO a genetickými produkty jsou přední vědci a odborníci z oborů ochrany zdraví, životního prostředí, zemědělství, mikrobiologie, botaniky, medicíny a dalších. Posuzuje každé oznámení nebo žádost o použití GMO. MŽP vyžaduje vyjádření Ministerstva zdravotnictví (MZ) a Ministerstva zemědělství o posouzení vlivů na zdraví člověka. Na základě jejich vyjádření MŽP (Česká komise pro GMO) vydává rozhodnutí o povolení k nakládání s GMO.

Lhůta pro vydání rozhodnutí je 90 dní v případě, že ministerstvo nepožaduje doplnit žádost. Pak se lhůta může i prodloužit. Rozhodnutí včetně odůvodnění a podmínek nakládání s GMO je zveřejněno na internetových stránkách ministerstva.

- **Označování potravin z GMO a produkty obsahujících GMO, zajištění sledovatelnost při uvádění do oběhu**

Značení potravin připravených z GMO je dáno zákonem č.110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích (novelizace č. 306/2000 Sb. a je platný od roku 2002) a vyhlášky 24/2001 Sb.. Podle zákona se povinně označují všechny potraviny obsahující GMO, pokud u nich lze vysledovat obsah materiálu pocházejícího z GMO vyšší než 0,9 %. Současně platí i pravidla o dohledatelnosti původu zboží. Povinnost označování se týká i výrobků jako je olej, kde není přítomna DNA, a tudíž nelze prokázat genetickou modifikaci. Na obalu výrobku musí být uvedeno označení: „geneticky modifikováno“ nebo „obsahuje geneticky modifikovaný organismus“.

Tato informace musí být uvedena i u nebalených výrobků např. u chleba a pečiva. Živočišné produkty pocházející od zvířat krmených GM krmivem (maso, mléko, vejce) být označeny nemusí.

V ČR zajišťují kontrolu nakládání s GMO smluvní laboratoře Ministerstva životního prostředí. Laboratoře v ČR jsou podporovány ze státního rozpočtu a některým z nich je umožněno zaměřit se také na výzkum, zejména na metody stanovení, odhad případných interakcí nově uvolňovaných GMO s životním prostředím a mnoho dalších. Hlavním kontrolním orgánem je Česká inspekce životního prostředí. V případě porušování zákona nebo zacházení v rozporu s vydanými rozhodnutími může inspekce pozastavit nebo zakázat nakládání s GMO a genetickými produkty. Pokuty lze ukládat v rozmezí 50 000 Kč až 5 000 000 Kč. Pokuty jsou příjmem Státního fondu životního prostředí České republiky.

II. Závěr teoretické části

Teoretická část mé práce měla představit možnosti využití GMO v praxi, jejich výhody a možná rizika. Výhody GMO umožňují vyšší výnosy spojené se zemědělskou produkcí, přináší možnost zlepšení kvality života v některých regionech a nové možnosti pro medicínský výzkum.

Na druhé straně s nimi bývají spojována možná rizika pro lidské zdraví a životní prostředí. Výhody ani škodlivost GMO přitom nelze předem přesně odhadnout. Vědci dodnes nedokázali rizika GMO potvrdit, neznamená to však, že by tyto upravené produkty byly neškodlivé. Rovněž nelze s určitostí říct, jaké dopady budou mít za několika desítek let. S ohledem na vědecké nejasnosti byl pro regulaci GMO zvolen princip předběžné opatrnosti. Tento princip je spojen s analýzou rizika provedenou z vědeckého pohledu a učiněním rozhodnutí na základě této vědecké analýzy spočívajícím na politickém zvážení, jaké riziko společnost přijme s ohledem na výhody, které jsou s činností spojeny.

Princip předběžné opatrnosti je vtělen do množství dokumentů mezinárodního práva, avšak vzhledem k nejednotnosti jednotlivých formulací a přílišné obecnosti bývá s jeho aplikací spojena řada interpretačních obtíží. Co se týká právní úpravy nakládání s GMO, je česká právní úprava plně harmonizována s právem EU. Cartagenský protokol o biodiverzitě i nařízení 1946/2003 o přeshraničních pohybech GMO upravují tuto problematiku komplexně.

III. Hypotéza a cíl práce

Hlavním cílem mé práce je představit lidem výhody GMO stejně jako jejich možná zdravotní rizika, která jsou spojena s vědeckými nejasnostmi, a legislativu spojenou s GMO. Práce si dále klade za cíl zajistit informovanost o problematice GMO u obyvatel Mongolska.

V rámci praktické části své bakalářské práce jsem si stanovila níže uvedené hypotézy:

- Míra informovanosti o GMO je v Mongolsku nízká.
- U veřejnosti převažuje názor o škodlivosti GMO na lidské zdraví.
- Většina lidí dodnes neví, že kupují geneticky upravené potraviny.
- Mezi respondenty převažuje názor o nutnosti regulace GMO.

IV. Metodika

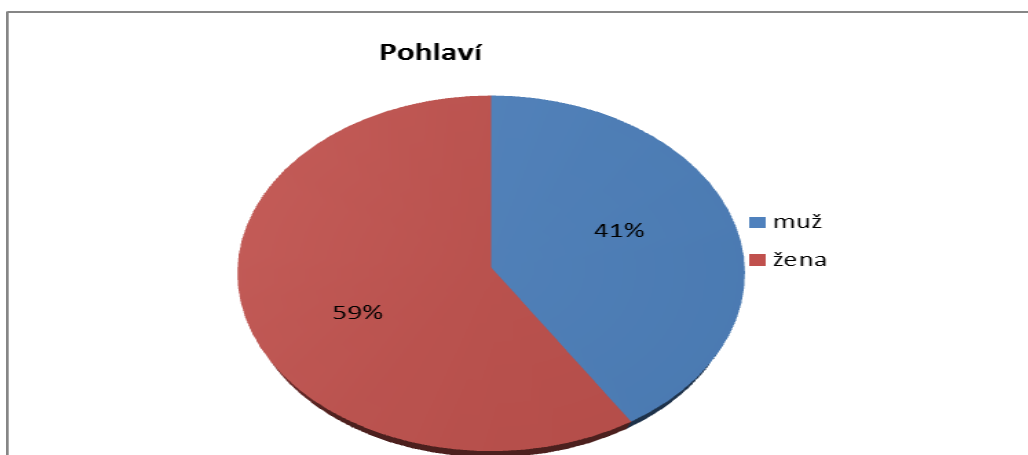
Praktická část je založena na sběru dat prostřednictvím anonymního dotazníku, který se skládá z 8 otázek týkajících se problematiky GMO.

Anonymní dotazník byl zpracován v mém rodném jazyce mongolštině a je přeložen do češtiny (viz příloha č. 1). První tři otázky se věnují základním informacím o respondentech (pohlaví, věk a vzdělání).

V rámci mého výzkumu bylo rozdáno celkem 100 dotazníků, které jsem distribuovala podle mých možností. O prázdninách v roce 2010 jsem vybrala studenty lékařské fakulty v Ulanbaataru jako cílovou skupinu. Zde bylo vyplněno celkem 36 dotazníků. Zbýlých 64 dotazníků jsem distribuovala na fakultní nemocnici, autobusových nádražích i na ulici. Jejich návratnost činila 100 %, jelikož dotazníky byly vyplňovány na počkání. Respondenti byli vybíráni nahodile dle mých možností. Celkem bylo osloveno 128 respondentů, z čehož vyplývá, že 28 oslovených odmítlo se účastnit na mém výzkumu s odůvodnění, že je daná problematika nezajímá. Získaná data byla zpracována pomocí počítačového programu Microsoft Excel.

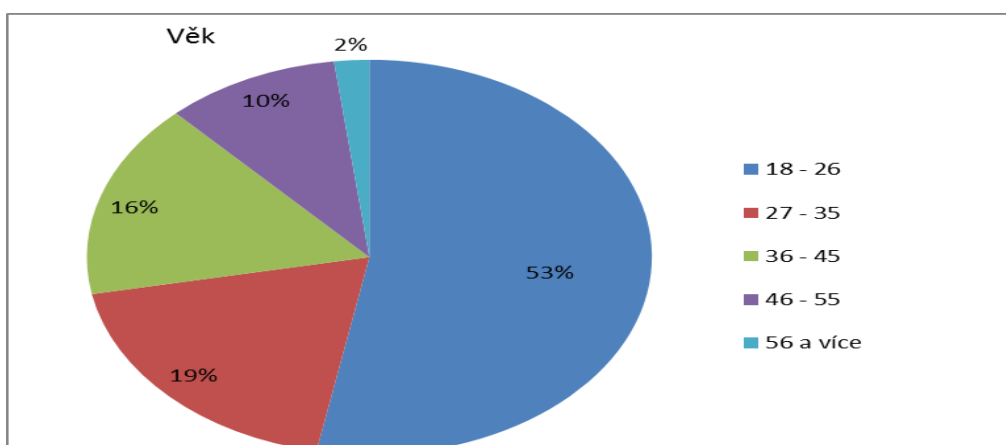
V. Výsledky

Graf č. 1 – Pohlaví respondentů



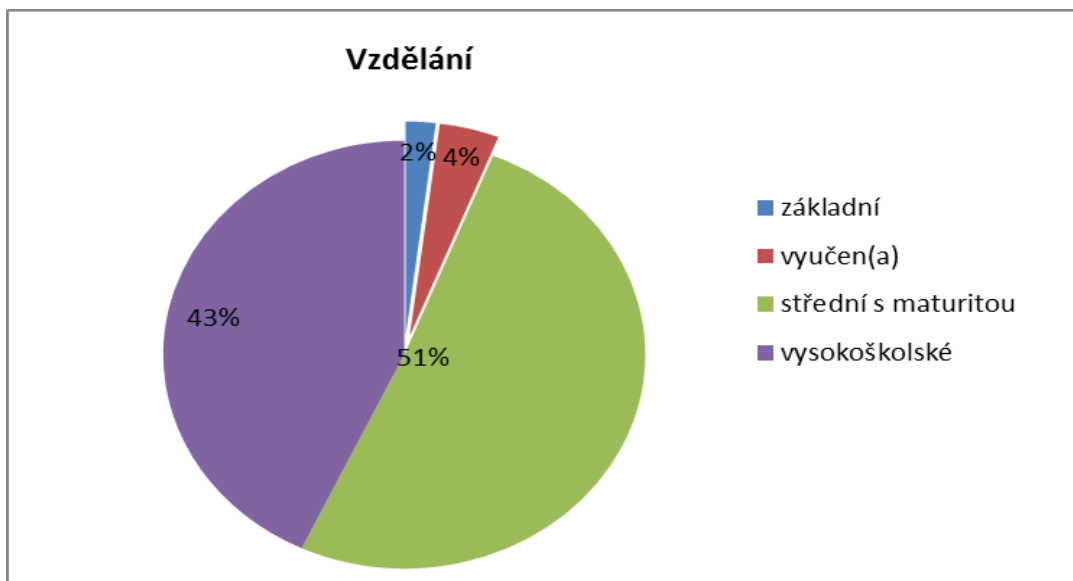
Graf č. 1 zobrazuje pohlaví respondentů. Vyplnění dotazníku se účastnilo celkem 100 lidí, z toho 59 % žen a 41 % mužů.

Graf č.2 – Věkové rozložení respondentů



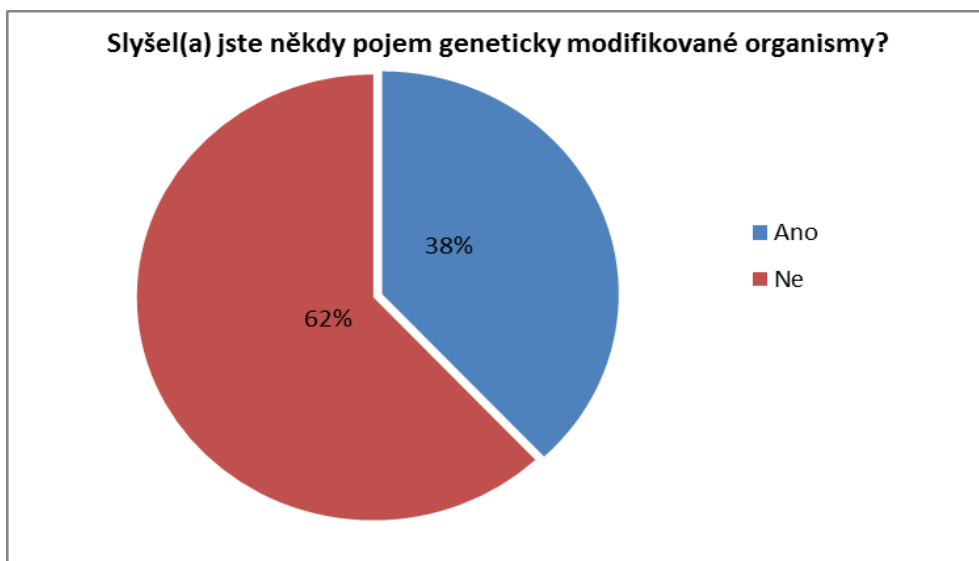
Graf č. 2 nás informuje o věkové kategorii respondentů. Nejvíce respondentů bylo z kategorie 18 – 26 let, a to celkem 53 %. 19 % dotázaných spadalo do kategorie 27 – 35 let. 16 % dotázaných bylo mezi 36 – 45 lety a 10 % respondentů vyplnilo věkovou kategorii 46 – 55 let. Nejméně respondentů se nachází ve věkové kategorii 56 a více let.

Graf č. 3 – Vzdělání



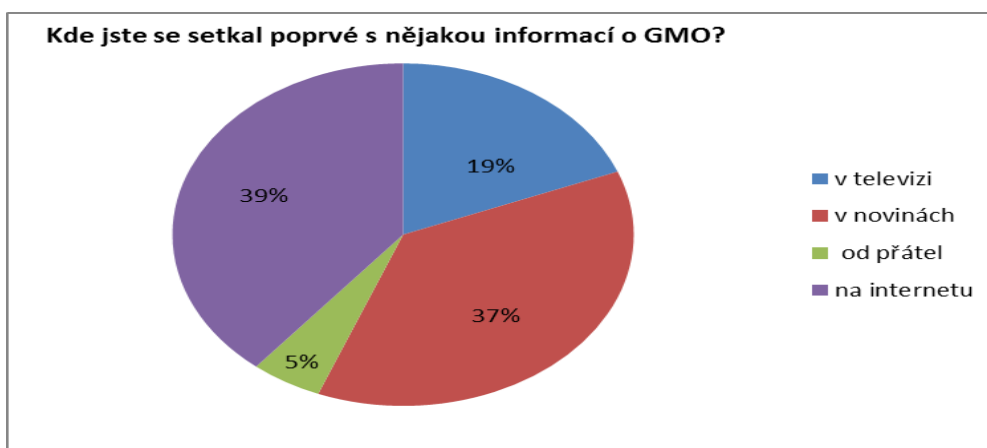
Graf č. 3 se zabývá vzděláním respondentů. V rámci vyplnění dotazníku se pouze k základnímu vzdělání hlásí 2 % dotázaných. Vyučených jsou 4 % respondentů a středoškolské vzdělání s maturitou uvedlo 51 % dotázaných. Vysokoškolské vzdělání má 43 % dotázaných.

Graf č. 4 - Slyšel(a) jste někdy pojem geneticky modifikované organismy (GMO)?



Graf č. 4 zobrazuje, zda respondenti někdy slyšeli o pojmu „geneticky modifikované organismy“. Celých 62 % respondentů o pojmu GMO ještě neslyšelo. Zbýlých 38 % respondentů potvrdilo, že se už s pojmem GMO setkali.

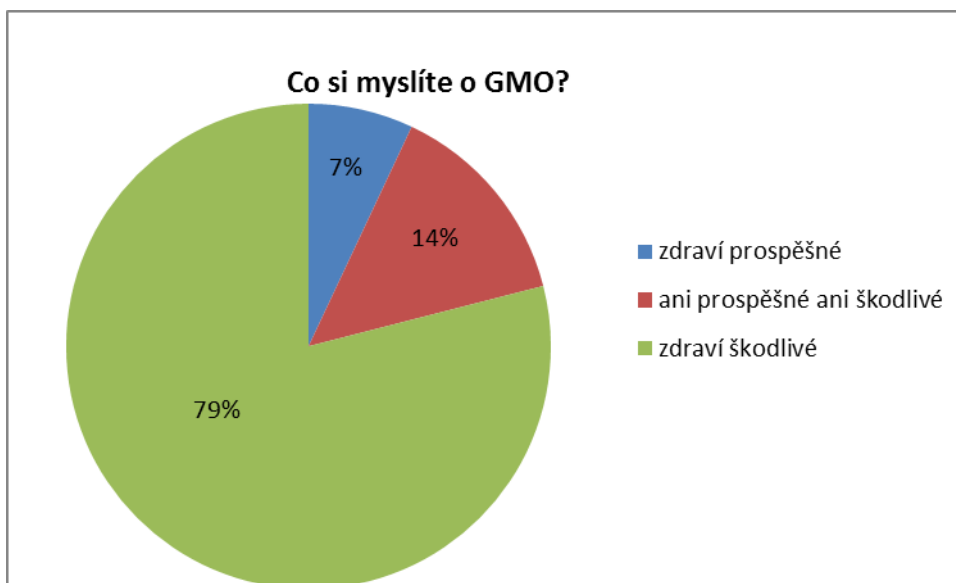
Graf č. 5 - Kde jste se setkal(a) poprvé s nějakou informací o GMO?



Graf č. 5 se zabývá tím, kde se respondenti poprvé setkali s informací o GMO. Do tohoto grafu jsou zahrnuti pouze respondenti, kteří se již s pojmem „geneticky modifikované organismy“ setkali a v předchozí otázce odpověděli „Ano“. 39 %, tj. 15 respondentů, se s informací GMO setkalo na internetu. V novinách se o informace

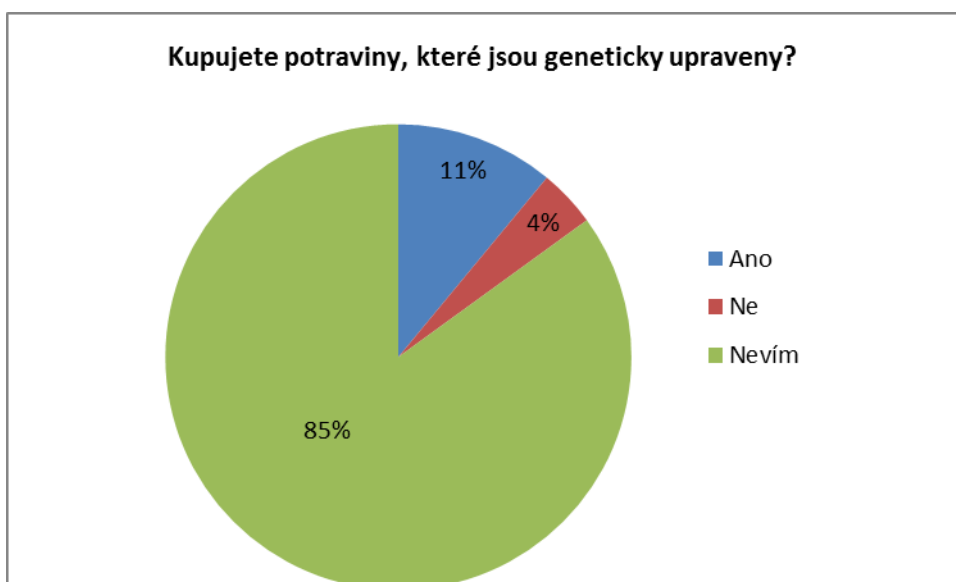
GMO poprvé setkala 37 % dotázaných. Variantu „v televizi” uvedlo 19 % respondentů a 5 % respondentů se dozvědělo o této problematice od přátel.

Graf č. 6 - Co si myslíte o GMO?



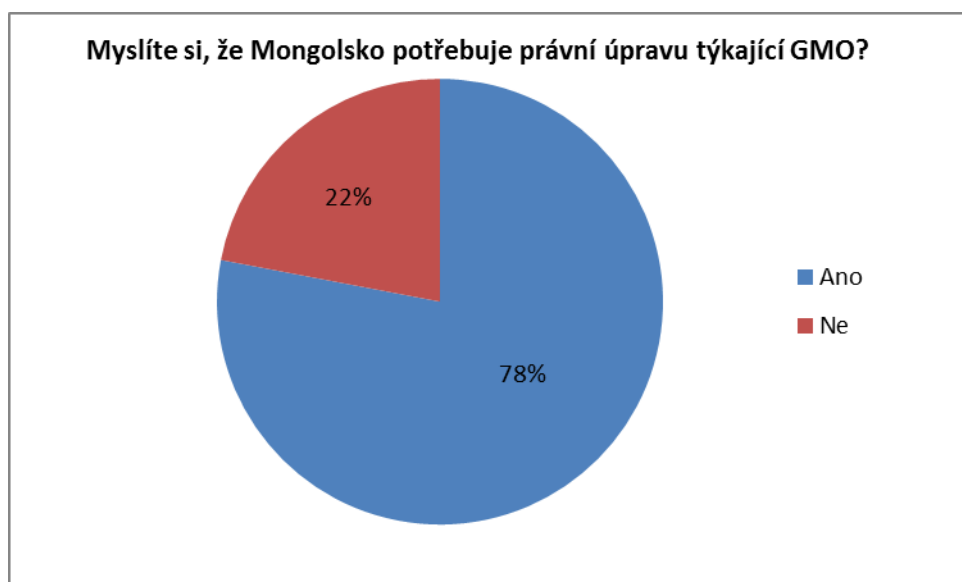
Graf č. 6 zobrazuje, co si myslí respondenti o GMO. U celých 79 % respondentů převažuje názor o škodlivosti GMO. 14 % dotázaných si myslí, že GMO nejsou ani prospěšné a škodlivé. Zbýlých 7 % respondentů se domnívá, že GMO jsou zdraví prospěšné.

Graf č. 7 - Kupujete potraviny, které jsou geneticky upraveny?



Graf č. 7 zobrazuje, zda respondenti kupují geneticky upravené potraviny. Celkem 85 % respondentů nevědělo, zda kupují geneticky upravené produkty či nikoliv. 11 % dotázaných potvrdilo, že kupují GM potraviny a zbylá 4 % respondentů uvedla, že GM potraviny nekupují.

Graf č. 8 - Myslíte si, že Mongolsko potřebuje právní úpravu týkající GMO?



Graf č. 8 znázorňuje, co si respondenti myslí o regulaci GMO. U 78 % respondentů převažuje názor, že je nutné vytvořit legislativu regulující GMO. 22 % dotázaných se domnívá, že právní úprava této problematiky není nutná.

VI. Diskuze

Cílem mé bakalářské práce bylo zjistit míru informovanosti o GMO mezi občany Mongolska. Za tímto účelem jsem si stanovila čtyři následující hypotézy.

- Hypotéza 1: Míra informovanosti o GMO je v Mongolsku nízká.
- Hypotéza 2: U veřejnosti převažuje názor o škodlivosti GMO na lidské zdraví.
- Hypotéza 3: Většina lidí dodnes neví, že kupují geneticky upravené potraviny.
- Hypotéza 4: Mezi respondenty převažuje názor o nutnosti regulace GMO.

Ke sběru dat jsem použila anonymní dotazník, který byl rozdán nahodilému vzorku respondentů. Distribuce dotazníku probíhala v průběhu července a srpna roku 2010. Dotazník se skládá z 8 otázek týkajících o problematiku GMO. Jejich vyplnění proběhlo na počkání, což vysvětluje poměrně neobvyklou 100 % návratnost dotazníků. Hlavním problémem mého výzkumu byly odmítavé reakce lidí s odůvodněním, že je daná problematika nezajímá. Celkově nejmenší ochotu k vyplňování dotazníku vyslovovali respondenti nad 46 let.

Vyhodnocení jednotlivých otázek v dotazníku mělo potvrdit či vyvrátit stanovené hypotézy a výsledky by měly být statisticky vyhodnoceny. Protože však statistické vyhodnocení nebylo z časových důvodů provedeno, hypotézy nemohly být ze statistického hlediska potvrzeny či vyvráceny. Získaná data a procentuální porovnání tak slouží zejména pro získání základního obrazu o informovanosti obyvatel Mongolska o problematice GMO. V úvahu je rovněž nutné vzít fakt, že část dotázaných tvořili vysokoškolští studenti, jejichž míra informovanosti o této problematice může být vyšší.

VII. Závěr praktické části

Účelem praktické části mé bakalářské práce bylo zjistit informovanost o GMO u obyvatel Mongolska. Stanovila jsem si čtyři hypotézy a sestavila příslušný dotazník. V rámci první hypotézy jsem předpokládala, že informovanost o GMO je u veřejnosti nízká. Výsledky ukazují, že 62% respondentů o pojmu GMO ještě nikdy neslyšelo. Tímto byla tato hypotéza pravděpodobně potvrzena.

Druhá hypotéza byla postavena na předpokladu, že u veřejnosti převažuje názor o škodlivosti GMO na lidské zdraví. Tato hypotéza byla pravděpodobně potvrzena v rámci otázky č. 6. Výsledky totiž ukazují, že u 79 % respondentů považuje GMO za zdraví škodlivé.

Třetí hypotéza předpokládá, že většina lidí dodnes neví, zda kupují geneticky upravené potraviny. Z výsledků otázky č. 7 vyplývá, že celkem 85 % respondentů nevědělo, zda kupují geneticky upravené produkty či nikoliv. Tím byla třetí hypotéza pravděpodobně potvrzena.

Čtvrtá a zároveň poslední hypotéza byla postavena na předpokladu, že mezi respondenty převažuje názor o nutnosti regulace GMO. U 78 % respondentů převažuje názor o vytvoření legislativy regulující GMO v rámci otázky č. 8 a tím byla čtvrtá hypotéza také pravděpodobně potvrzena.

Z výsledků provedeného průzkumu je patrné, že informovanost obyvatel Mongolska o problematice GMO není dobrá. Mnoho lidí o pojmu GMO dokonce nikdy vůbec neslyšelo, což je alarmující. Lidé jsou rovněž velmi špatně informováni o tom, zda kupují potraviny obsahující GMO či nikoliv. Z výsledků je dále zřejmé, že většina lidí se domnívá, že Mongolsko potřebuje právní úpravu regulující GMO. Je tedy nutné zajistit větší informovanost obyvatel Mongolska o této problematice, zejména na internetu nebo v novinových článcích, které dle průzkumu tvoří hlavní zdroje informací o této problematice. Mongolská vláda by rovněž měla zajistit přijetí příslušné legislativy a stanovit jasná pravidla pro označování produktů obsahujících GMO.

Na tomto místě je velice důležité připomenout, že otevření takovéto diskuze je v našem prostředí opravdu velice užitečné.

VIII. Souhrn

Téma své bakalářské práce „Geneticky modifikované organismy – výhody, zdravotní rizika, legislativa“ jsem si vybrala na základě svého zájmu o tuto problematiku. Teoretická část mé práce měla představit možnosti využití GMO v praxi, jejich výhody a možná rizika. Škodlivost ani výhody GMO přitom nelze předem přesně odhadnout. Výhody GMO umožňují vyšší výnosy spojené se zemědělskou produkcí, přináší možnost zlepšení kvality života v některých regionech a nové možnosti pro medicínský výzkum. Na druhé straně s GMO bývají rovněž spojována možná rizika pro lidské zdraví a životní prostředí.

V současné době je toto téma je velice aktuální a stále více kontroverzní ve světě i v mé zemi – v Mongolsku, kde je dle mého názoru mnoho lidí o problematice GMO špatně informováno.

Hlavním cílem této práce bylo seznámit čtenáře v teoretické části s definicemi a hlavními pojmy týkajícími se problematiky GMO, současným stavem platné právní úpravy regulující nakládání s GMO na mezinárodní a národní úrovni a základními výhodami a riziky GMO. V praktické části bylo mým cílem zjistit a analyzovat míru informovanosti o problematice GMO u občanů Mongolska. Prostřednictvím anonymního dotazníkového šetření jsem se snažila zjistit, nakolik jsou lidé o problematice GMO informováni a jaký zastávají ke GMO obecný názor. Celkem bylo distribuováno 100 dotazníků, z čehož 36 dotazníků bylo rozdáno studentům lékařské fakulty a zbylé dotazníky byly rozdány na různých místech dle mých možností, např. na ulici. Jejich návratnost činila 100 %. Respondenti byli vybíráni nahodile.

V rámci mé výzkumné práce jsem si stanovila 4 základní hypotézy, které byly všechny pravděpodobně potvrzeny.

Výsledky této práce mohou být dále využity pro osvětu obyvatel o problematice GMO v rámci celospolečenské diskuze.

IX. Summary

The theme of this thesis, "Genetically modified organisms – benefits, health risks, legislation" I chose based on my interest in this issue. The theoretical part of my thesis was to introduce the possibility of using GMOs in practice, its benefits and possible risks. Benefits or harm caused by GMOs yet can not be accurately estimated. Benefits of GMOs allow higher revenues associated with agricultural production, the opportunity to improve the quality of life in some regions and new possibilities for medical research. On the other hand, with GMOs are also associated risks to human health and the environment.

Currently, this topic is very actual and increasingly controversial in the world and my country – in Mongolia, where, in my opinion, many people are poorly informed on the issue of GMOs.

The main objective of this thesis was to familiarize the reader in the theoretical part on the main definitions and concepts related to the issue of GMOs, the current state of the legislation regulating GMOs in mezinárodní and national level and the basic benefits and risks of GMOs. In the practical part of my thesis, the degree of awareness about the issue of GMOs among the citizens of Mongolia is identified and analyzed. Through an anonymous survey, I tried to find out how people are informed on the issue of GMOs. In total, 100 questionnaires were distributed, of which 36 questionnaires were distributed among medical students and the remaining questionnaires were distributed in different places according to my possibilities, such as on the street. Their return was 100%. Respondents were selected randomly.

In my research I have established four basic hypotheses, which were all likely to be confirmed.

The results of this work may be further used as an open discussion for raising awareness in population of Mongolia about the issue of GMOs.

X. Seznam použitých zdrojů

1. Zákon č.78/2004 Sb. o nakládání s GMO a genetickými produkty. .
2. **Demnerová, K. a Pazlarová, J.** Demnerová, K. a Pazlarová, J. *Geneticky modifikované mikroorganismy –GMM a biologická bezpečnost. In Biologická bezpečnost a geneticky modifikované organismy v České republice po vstupu do Evropské unie.* Praha : autor neznámý, 2004.
3. **Zuzana, Doubková.** *České zkušenosti s GM rostlinami.* Praha : autor neznámý, 2007. In Geneticky modifikované organismy v agroekosystému a jeho okolí.
4. **Finer JJ.** Plant Nuclear Transformation. [autor knihy] Jung Kempkem. *Genetic Modification of Plants.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg : autor neznámý, 2010, stránky 3-21.
5. *Geneticky modifikované organismy.* **Petr, Jaroslav.** Praha : Vesmir, 2010.
6. **wikipedia.** *GMO.*
7. **Bioethics, Irish Council for.** *Genetically modified crops and food: threat or opportunity for Ireland?* 2005.
8. **Nováková, Petra.** *GMO - Geneticky modifikované organismy.* Brno : autor neznámý, 2010.
http://info.muni.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=1843&Itemid=92.
9. **Companz, BASF - The chemical.** Dostupné z /www.basf.cz/. 2010.
10. **Křístková, Marie.** *Dosavadní zkušenosti Bt kukuřice v ČR 2005-2009.* 2009 : Ministerstvo zemědělství, Praha.
11. **TG Kim, MS. Yang.** *Current trends in edible vaccine development using transgenic plants. Biotechnology and Bioprocess Engineering.* 2010.
12. **Albabili; X. Ye; J. Zhang S.** *Engineering the Provitamin A (β -carotene) Biosynthetic Pathway into (Carotenoid-Free) Rice Endosperm.*
13. **Roudná, Milena.** Genetické modifikace - možnosti jejich využití a rizika.
14. **Van den Eede G, H. Aarts, G. Corthier, HJ. Flint,.** The relevance of gene transfer to the safety of food and feed derived from genetically modified (GM) plants. 2004.
15. Viz: U.S. Food and Drug Administration, Report on Consumer Focus Groups on Biotechnology. [Online]
<http://www.cfsan.fda.gov/comm/biorpt.html>.
16. Viz Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology, 51 Fed. Reg. 23301 (June 26, 1986). [Online]
17. Science Based and Consumer Accessible From Plow to Plate. *Plant Biotechnology Regulation.* [Online]
<http://www.croplifeamerica.org/public/issues/biotech/finalreg1.pdf>.
18. Regulation of Biotechnology for Use in Pest Management. *Environmental Protection Agency.* [Online] 2003.
http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/reg_of_biotech/eparegofbiotech.htm.
19. **Šturma, Damohorský a kol.** viz *Mezinárodní právo životního prostředí.* Beroun : autor neznámý, 2004.
20. http://ec.europa.eu/environment/funding/ngo/call_en.htm.

21. http://www.law.georgetown.edu/iel/current/gmos/gmos_ec.html.
22. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1946/2003 o přeshraničních pohybech GMO.
23. <http://eurolex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=DD:13:32:32003R1830:CS:PDF>
24. Amflora. <http://www.basf.com/group/corporate/en/products-and-industries/biotechnology/plant-biotechnology/amflora>.
25. **Bonfim K.** *RNAi-mediated resistance to Bean golden mosaic virus in genetically engineered common bean.* 2007.
26. **Norbert Mehlmer†, Bernhard Wurzinger†, Simon Stael, Daniela Hofmann-Rodrigues, Edina Csaszar, Barbara Pfister, Roman Bayer, Markus Teige.** *The Ca²⁺-dependent protein kinase CPK3 is required for MAPK-independent salt-stress acclimation in Arabidopsis.* 2010.

XI. Seznam příloh

Příloha č. 1: Dotazník

Dobrý den,

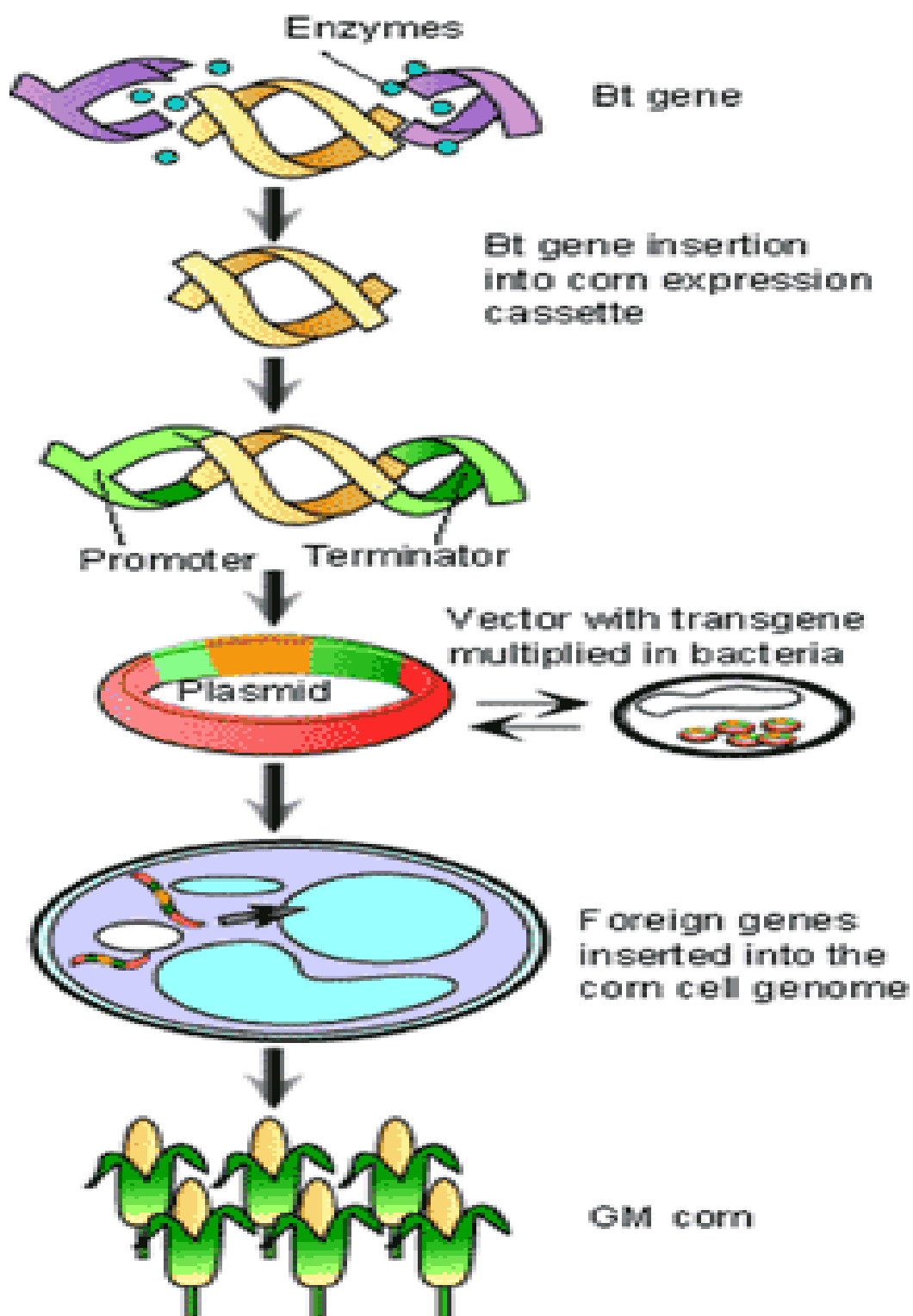
jmenuji se Purevsuren Enkhbayar. Studuji 3.ročník oboru Veřejné zdravotnictví na 3. lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Touto cestou bych vás chtěla poprosit o vyplnění dotazníku k mojí bakalářské práci na téma Geneticky modifikované organismy – výhody, zdravotní rizika, legislativa. Výsledky dotazníku budou uveřejněny jen v mém výzkumu.

Předem děkuji za Váš čas, který jste strávili nad tímto dotazníkem.

1. Pohlaví
 - a) muž
 - b) žena
2. Věk
 - a) 18 – 26
 - b) 27 – 35
 - c) 36 – 45
 - d) 46 – 55
 - e) 56 a více
3. Vzdělání
 - a) základní
 - b) vyučen(a)
 - c) střední s maturitou
 - d) vysokoškolské
4. Slyšel(a) jste někdy pojem geneticky modifikované organismy (GMO)?
 - a) ano
 - b) ne
5. Kde jste se setkal poprvé s nějakou informací o GMO?
 - a) v televizi
 - b) v novinách
 - c) od přátel

- d) na internetu
6. Co si myslíte o GMO?
- a) zdraví prospěšné
 - b) ani prospěšné ani škodlivé
 - c) zdraví škodlivé
 - d) nevím
7. Kupujete potraviny, které jsou geneticky upraveny?
- a) ano
 - b) ne
 - c) nevím
8. Myslíte si, že Mongolsko potřebuje právní úpravu týkající GMO?
- a) ano
 - b) ne

Příloha č. 2:
Schéma produkce Bt genu



Příloha č. 3:

Přehled zemí, v nichž se komerčně pěstují GMO

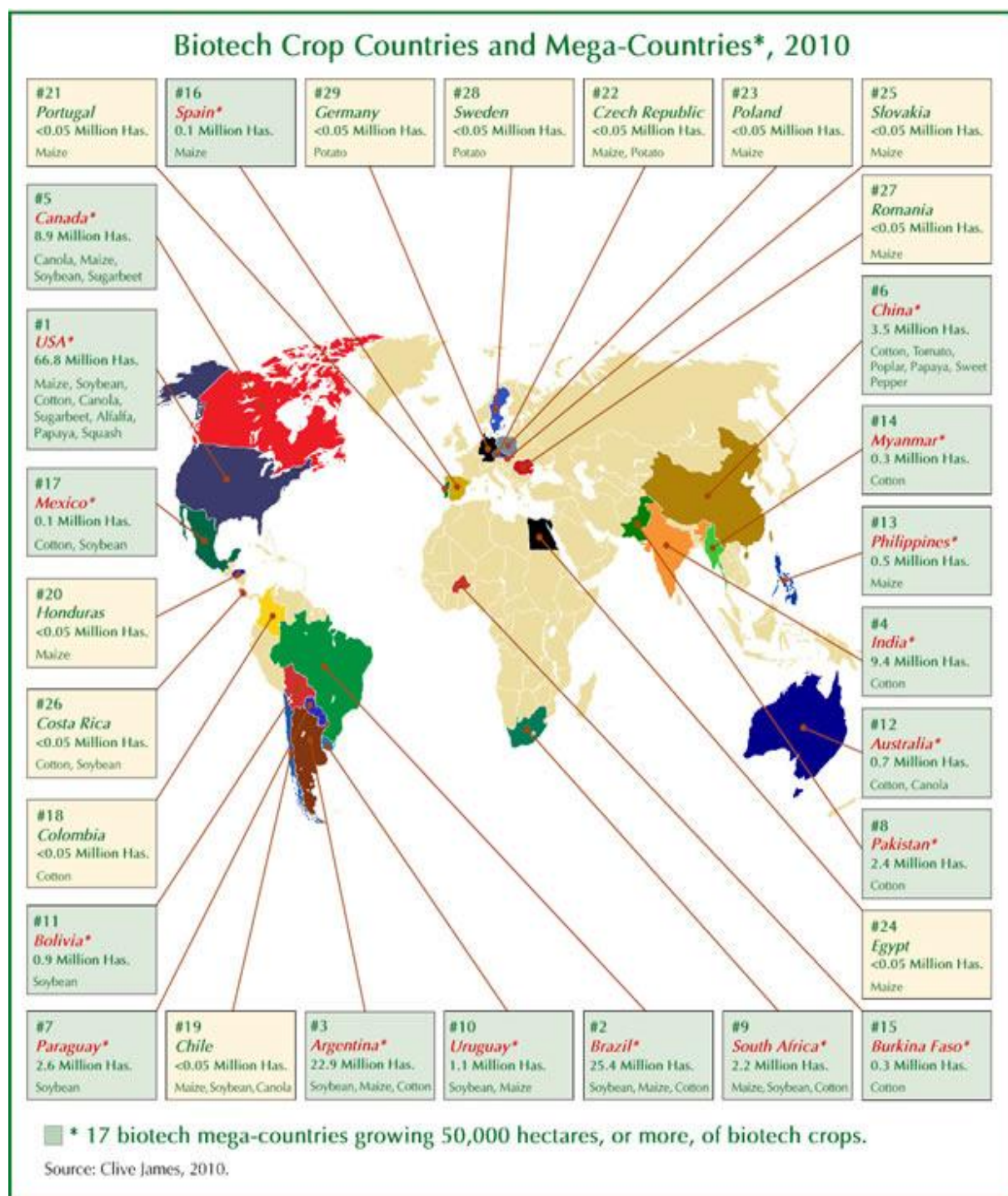


Figure 1. Global Map of Biotech Crop Countries and Mega-Countries in 2010

Příloha č. 4:

Přehled hlavních světových GM plodin pěstovaných v roce 2010 (v milionech hektarů)

Table 1. Global Area of Biotech Crops in 2010: by Country (Million Hectares)

Rank	Country	Area (million hectares)	Biotech Crops
1	USA*	66.8	Maize, soybean, cotton, canola, sugarbeet, alfalfa, papaya, squash
2	Brazil*	25.4	Soybean, maize, cotton
3	Argentina*	22.9	Soybean, maize, cotton
4	India*	9.4	Cotton
5	Canada*	8.8	Canola, maize, soybean, sugarbeet
6	China*	3.5	Cotton, papaya, poplar, tomato, sweet pepper
7	Paraguay*	2.6	Soybean
8	Pakistan *	2.4	Cotton
9	South Africa*	2.2	Maize, soybean, cotton
10	Uruguay*	1.1	Soybean, maize
11	Bolivia*	0.9	Soybean
12	Australia*	0.7	Cotton, canola
13	Philippines*	0.5	Maize
14	Myanmar*	0.3	Cotton
15	Burkina Faso*	0.3	Cotton
16	Spain*	0.1	Maize
17	Mexico*	0.1	Cotton, soybean
18	Colombia	<0.1	Cotton
19	Chile	<0.1	Maize, soybean, canola
20	Honduras	<0.1	Maize
21	Portugal	<0.1	Maize
22	Czech Republic	<0.1	Maize, potato
23	Poland	<0.1	Maize
24	Egypt	<0.1	Maize
25	Slovakia	<0.1	Maize
26	Costa Rica	<0.1	Cotton, soybean
27	Romania	<0.1	Maize
28	Sweden	<0.1	Potato
29	Germany	<0.1	Potato
Total		148.0	

* 17 biotech mega-countries growing 50,000 hectares, or more, of biotech crops

Source: Clive James, 2010.

Příloha č. 5:

Názor na geneticky modifikované potraviny v ČR v roce 2005

