

Geneticky modifikované rostliny

Jaroslav Petr

1. Co jsou zač?

Představujeme si geneticky modifikované zemědělské plodiny

V roce 2002 dosáhla celková plocha, na které jsou pěstovány geneticky modifikované plodiny, téměř 60 milionů hektarů a zaznamenala tak oproti předchozímu roku nárůst o 12%. Plných 99% plochy všech pěstovaných geneticky modifikovaných plodin připadá na řepku, kukuřici, sóju a bavlník. Zvláště významný je podíl geneticky modifikovaných odrůd u sóji, kde Spojené státy zodpovědné za 70% světové produkce pěstují geneticky kodifikované odrůdy na 80% plochy.

Už z těchto čísel je zřejmé, že se geneticky modifikované plodiny ve světě nezadržitelně prosazují. Evropa si zakládá na pověsti „ostrova“, který geneticky modifikovaným plodinám není příznivě nakloněn. S ohledem na důraz, jaký je dnes kladen na kvalitu potravin, se odborná i laická veřejnost ocitá tváří v tvář hned několika naléhavým otázkám. Co jsou geneticky modifikované plodiny? Jak je prověřována jejich bezpečnost? Jaká rizika se pojí s jejich konzumací lidmi a zkrmováním zvířatům? Co a nebo kdo rozhoduje o tom, jestli se budou geneticky modifikované plodiny a z nich vyrobená krmiva používat?

Krátký úvod do genových modifikací rostlin

V rozporu s míněním ne nepodstatné části laické veřejnosti jsou geny a dědičná informace nedílnou součástí každého živého organismu, rostliny nevyjímaje. Dědičná informace vyšších rostlin bývá značně rozsáhlá. I když modelová rostlina huseníček *Thalūv* (*Arabidopsis thaliana*) má doslova „kapesní“ dědičnou informaci tvořenu jen 126 miliony písmen genetického kódu (tzv. bazí) a disponuje v ní 24 498 geny, jiné rostliny mají dědičnou informaci (genom) podstatně větší. Dědičná informace některých borovic se skládá z 20 miliard bazí a počet genů pšenice se odhaduje na 85 000. Pro srovnání – lidský genom obsahuje 3,2 miliardy bazí a zhruba 35 až 40 tisíc genů.

Dědičná informace zemědělských plodin prošla během jejich domestikace a následného šlechtění dramatickou proměnou. Šlechtitelé si přitom vypomáhali i mezidruhovým křížením nebo umělým navozováním mutací. Většina těchto šlechtění probíhala metodou pokusů a omylů. S prudkým rozvojem molekulární genetiky se otevřela možnost zasáhnout do dědičné informace rostlin zcela cíleně. Takový cílený zásah do dědičné informace je označován jako genetická modifikace a jeho využití pro šlechtění zemědělských plodin lze považovat za celkem logické pokračování procesu, jenž započal před více než 10 tisíciletími domestikací planě rostoucích rostlin.

Metod pro cílený zásah do dědičné informace rostlin existuje celá řada.

K nejpoužívanějším patří metody založené na přirozené schopnosti bakterie *Agrobacterium tumefaciens* vnášet část vlastní dědičné informace (tzv. T-DNA) do genomu rostlin. V T-DNA vnáší bakterie do rostlinných buněk geny pro produkci rostlinných hormonů a tím je nutí k množení. Na rostlině vzniká nádor, jehož buňky díky dalším genům bakteriálního původu produkují látky zvané opiny. Ty slouží bakterií jako zdroj energie, uhlíku i dusíku. Bakterie tak přetváří rostlinná pletiva pro svou potřebu a je vlastně jakýmsi „přírodním genovým inženýrem“.

Metodami genového inženýrství lze bakterie *Agrobacterium tumefaciens* upravit tak, že si plně uchovají schopnost přenosu genů do rostlinného genomu, ale přenášejí takto geny, které jim do dědičné informace „podstrčil“ člověk. Při vlastní genetické modifikaci jsou rostlinné buňky pěstované na agarových mediích vystaveny účinku geneticky pozměněných

bakterií *Agrobacterium tumefaciens*. Bakteriím poskytneme na toto „pašování“ genů několik dní a pak je usmrtíme přidávkem antibiotik. Genetická modifikace zdaleka neproběhne zdárně u všech buněk, a tak je zapotřebí „oddělit zrna od plev“. Pro tyto účely musí být do dědičné informace rostlinných buněk vneseny i geny, které umožňují oddělit buňky, kde došlo k zabudování genů prostřednictvím bakteriálního „trojského koně“, od buněk, kam bakterie geny nevpravila. Velmi často poslouží po selekci gen dodávající rostlinným buňkám odolnost vůči antibiotiku kanamycinu nebo jinému faktoru (gen pro odolnost k antibiotiku hygromycinu, herbicidu fosfinitricinu nebo cukru manose). Z takto získaných buněk se v laboratorních podmínkách vypěstují rostliny.

Z dalších metod přenosu genů do genomu rostlin stojí za zmínku přímé „nastřelování“ genů do rostlinných buněk pomocí zařízení označovaného jako „gene gun“ (česky cosi jako „genové dělo“). To umožní nastřelit do rostlinných buněk mikroskopické částičky zlata nebo wolframu potažené genem, jenž má být vnesen do genomu rostliny.

V současné době převažují mezi geny používanými pro genetické modifikace rostlin geny zajišťující rezistenci rostlin k herbicidům, rezistenci ke hmyzím škůdcům a rezistenci k virovým chorobám.

Geneticky modifikované rostliny rezistentní k herbicidům

Od 14. května roku 2001 je v České republice povolena ke zpracování (nikoli pro pěstování) geneticky modifikovaná sója odolná vůči herbicidu Roundup. Konkrétně se jedná o sóju linie GTS 40-3-2 a veškeré potomstvo odvozené od této linie tradičními šlechtitelskými postupy. Obchodně je dodávána jako Roundup Ready sója a jejím producentem je firma Monsanto. Tato sója je jedinou geneticky modifikovanou rostlinou, jež se legálně nachází na našem trhu, je do České republiky ve značných množstvích dovážena a je tu také zpracovávána pro potravinářské účely.

Jak jsme si řekli už v úvodu, podstatná část světové produkce sóji (zhruba polovina) pochází z ploch osetých geneticky modifikovanými odrůdami. Produkce sóji, jež je garantována jako „prostá genetické modifikace“ je prakticky zanedbatelná. Roční produkce sóji dosahuje kolem 300 milionů tun, sója garantovaná jako „prostá genetické modifikace“ představuje asi jedno promile tohoto množství. Z toho vyplývá, že u krmiv obsahujících v jakékoli formě sóju je celkem reálná pravděpodobnost výskytu různě velkých příměsí geneticky modifikovaného „materiálu“. Není to nic nedovoleného, pokud výrobce tuto skutečnost uvede tak, jak mu to ukládá zákon o krmivech. Také chovatel, který takovým krmivem krmí svá zvířata se nedopouští ničeho „nečestného“, tím méně protizákonného. Přesto je tato situace jistě důvodem k tomu, abychom se podívali na geneticky modifikovanou sóju odolnou k herbicidu Roundup poněkud blíže.

Aktivní složkou herbicidu Roundup je glyfosát, což je chemicky velmi jednoduchá molekula odvozená od aminokyselin. Účinek herbicidů založených na bázi glyfosátu je založen na jejich schopnosti blokovat rostlinný enzym 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfátsyntázu (nikoho asi nepřekvapí, že většina odborníků upřednostňuje před plným názvem jeho zkratku EPSPS). Rostlina, u které glyfosát zablokuje enzym EPSPS, nedokáže vyrábět aromatickou aminokyselinu šikimát a hyne. Glyfosát je díky této vlastnosti neselektivním herbicidem působícím na všechny zelené rostliny.

Roundup se zdaleka nepoužívá jen na geneticky modifikované plodiny, jež jsou vůči němu odolné. V současné době patří k nejrozšířenějším herbicidům a i u nás jej lze běžně koupit v maloobchodě. Používá se v dávkách 0,15 až 2,0 kg/ hektar. Člověka by ohrozilo na zdraví, kdyby vypil množství určené k postřiku půlhektarového pozemku. Ve srovnání s jinými herbicidy je tedy relativně neškodný. Není jedovatý pro půdní mikroorganismy ani živočichy (od hmyzu až po obratlovce včetně savců). V rostlinách a v půdě se rychle rozkládá.

Geneticky modifikovaná sója odolná ke glyfosátu (sója Roundup Ready – tedy „na Roundup připravená“) má dědičnou informaci obohacenu o gen EPSPS izolovaný z bakterií, podle nějž se vyrábí enzym EPSPS s nízkou schopností vazby na glyfosát. Díky tomu, že se glyfosát na tuto variantu enzymu „nechytne“, dokáže rostlina produkovat pro ni nezbytný šikimát i v přítomnosti glyfosátu a herbicidu odolává.

Stejnou odolnost ke glyfosátu lze navodit i přenosem genu zajišťujícího produkci enzymu glyfosát oxidoreduktázy (zkráceně GOX), který glyfosát v rostlinné buňce rozloží dříve, než herbicid stačí napáchat nějakou škodu. Těto strategie pro získání odolnosti ke glyfosátu bylo použito například u řepky. V některých geneticky modifikovaných odrůdách jsou použity oba tyto geny (tedy GOX i „odolný“ EPSPS), čímž je dosaženo vysoké tolerance rostliny k herbicidu.

Geneticky modifikované rostliny odolné ke glyfosátu nejsou jedinými geneticky modifikovanými rostlinami odolávajícími herbicidům. Další geny mohou geneticky modifikovaným rostlinám dodat toleranci k herbicidu fosfinotricinu, látky produkované biotechnologicky některými aktinomycetami. Fosfinotricin je účinným inhibitorem glutaminsyntetázy rostlin. Tento enzym mění amoniak na glutamát a tím se významně podílí na odstranění tohoto toxického metabolitu z organismu rostliny. Aktinomycety produkující fosfinotricin mají ve své dědičné informaci i gen pro typ glutaminsyntetázy odolné vůči inhibici fosfinotricinem. Tento gen aktinomycet byl použit pro tvorbu geneticky modifikovaných rostlin odolných vůči fosfinotricinu dodávanému do obchodní sítě pod komerčním názvem Liberty.

Rejstřík genů dodávajících rostlinám na odolnosti k herbicidům je bohatý a pokrývá různé typy herbicidů. Na druhé straně jsou ale vyráběny desítky herbicidů, u nichž zatím nejsou k dispozici geny zajišťující rostlinám odolnost proti jejich účinku. Z pěstovaných geneticky modifikovaných plodin patří plně tři čtvrtiny právě k plodinám odolným k herbicidům. Jejich pěstování je výhodné pro farmáře. Pěstitelé sóji bojující s 22 druhy nejdůležitějších plevelů mohou při pěstování Roundup Ready odrůd snížit celkový počet postřiků a zúžit jejich původně velmi široké spektrum na jediný. Zároveň se snižuje potřeba dalších zásahů do porostů namířených proti plevelům. Při pěstování sóji odolné k herbicidům proto klesá vedle spotřeby herbicidů i spotřeba pohonných hmot. Odhaduje se, že američtí farmáři ročně ušetří pěstováním Roundup Ready sóji asi miliardu dolarů. Zkrátka nepřichází ani životní prostředí díky celkové nižšímu zatížení pozemku herbicidy a redukcí eroze.

Rezistence ke škůdcům

Se vstupem do Evropské unie musíme počítat s tím, že se dnes velmi skromná „rodinka“ povolených geneticky modifikovaných plodin v České republice automaticky rozroste o plodiny povolené v zemích EU. Je mezi nimi i kukuřice odolná vůči hmyzím škůdcům, o kterou na jaře roku 2003 sváděli v naší republice urputný boj ekologičtí aktivisté s firmou Monsanto. Firma požádala Ministerstvo životního prostředí ČR o povolení k odrůdovým zkouškám pro kukuřici MON-810 na českých zkušebních stanicích. Ekologičtí aktivisté jako účastníci správního řízení byli ostře proti. Kukuřice MON-810 je již povolena v EU a naším vstupem do EU se stane aktuální i pro naše zemědělce. Je proto vhodné vysvětlit si právě na této tzv. Bt-kukuřici princip genetických modifikací zajišťujících plodinám odolnost proti hmyzím škůdcům.

Ty jsou založeny na účinku δ -endotoxinu produkovaného bakterií *Bacillus thuringiensis*. Nejde o „jed spadlý z nebe“. Bakterie, jež jej produkují, byly objeveny už v roce 1902 v jednom japonském chovu bource morušového, kde vyvolaly masový úhyn motýlů. Spóry této bakterie obsahují bílkovinu, která sama o sobě toxická není a na účinný toxin se mění teprve rozkladem v trávicím traktu hmyzu. Bílkovinná surovina musí být rozpuštěna v zásaditém prostředí a z obou konců „olámána“ enzymy ze střeva bakterie.

Vznikne tak asi poloviční molekula, která se váže na povrch střevních buněk hmyzu a vyvolá jejich zničení. Hmyz tak hyne na „děravá střeva“.

Této vlastnosti Bt-toxinů (tedy endotoxinů z *Bacillus thuringiensis*) se využívalo po dlouhá desetiletí. Bakterie se po desetiletí uplatňovaly jako bioinsekticidy k ochraně polních plodin proti více než 300 druhům hmyzu a to i u nás. Nejsou proto ani v českém zemědělství ničím novým. Byly s nimi ale vždycky potíže, protože byly drahé a nevydržely v prostředí dostatečně dlouho. Pokud se neměli škůdci z postřiku bioinsekticidem zase „vzpamatovat“, muselo být ošetření plodin opakováno.

Tyto potíže odstraňují tzv. rostlinné pesticidy, tedy rostliny, do jejich dědičné informace byl metodami genového inženýrství vnesen gen pro Bt-toxin. Škůdce, který požírá pletiva této rostliny, přijímá s potravou zároveň i Bt-toxin, který se v jeho střevě aktivuje a škůdce zahubí. Endotoxiny z různých kmenů *Bacillus thuringiensis* působí specificky na zcela určité skupiny hmyzu. Volbou typu endotoxinu lze cílit jeho účinek „rostlinného herbicidu“ např. na motýly, dvoukřídlý hmyz či brouky. Byly objeveny Bt-toxiny účinné i na háďátka.

Dnes se používají i laboratorně upravené geny pro formy toxinu, které se od přírodních forem liší vyšší produkcí toxinu v rostlině. Pěstování zemědělských plodin s genem pro endotoxin *Bacillus thuringiensis* začalo v roce 1996 a dnes se týká dlouhé řady odrůd kukuřice, bavlníku, sóji, brambor a jiných kulturních rostlin.

Farmáři opět z této nové vlastnosti zemědělských plodin výrazně těží. Nemusí používat pesticidy. Pro ilustraci dodejme, že geneticky nemodifikovanou kukuřici stříkal floridský farmář v tamějším klimatu příznivě nakloněnému škůdcům za rok i 12krát. U kukuřice s genem pro Bt-toxin klesl průměrný počet postřiků insekticidy na 2 za rok. To s sebou opět nese výrazné úspory na postřicích i pohonných hmotách. V neposlední řadě šetří pěstování plodin rezistentních k hmyzím škůdcům i životní prostředí. Klesá zátěž pesticidy a navíc jsou chráněny druhy hmyzu, na něž není účinek konkrétního Bt-toxinu cílen. Klasické insekticidy si na rozdíl od Bt-toxinu mezi hmyzem nevybírají a hubí plošně všechno – i druhy, které farmáři pomáhají jako přirození nepřátelé polních hmyzích škůdců. Pro českého zemědělce může být Bt-kukuřice do budoucna zajímavá například s ohledem na šířícího se škůdce zavíječe kukuřičného.

Přítomnost „čehosi jedovatého“ v rostlině zakládá podezření, že by se člověk nebo zvířata mohli geneticky modifikovanými rostlinami s genem pro Bt toxin snad i otrávit. Bezpečnosti geneticky modifikovaných plodin a jejich produktů bychom se chtěli věnovat v příštím článku, proto si uveďme jen pár údajů týkajících se specificky Bt-toxinu. I ty bychom mohli opominout s odůvodněním, že desetiletí trvající používání Bt-toxinů v postřicích jako bioinsekticidů nemělo žádné negativní důsledky na zdraví lidí ani zvířat.

Připomeňme si, že účinný toxin vzniká v alkalickém prostředí střeva hmyzu přispěním enzymů. V trávicím traktu obratlovců ale vládne kyselé prostředí, takže se tu Bt-toxin nerozpustí. Pro účinek Bt-toxinu je nutná vazba „olámané“ účinné molekuly na specifické části střevních buněk hmyzu. V buňkách obratlovců tato vazebná místa chybějí. V těle člověka či zvířat tedy účinná molekula nevzniká a i kdyby vznikla, není schopná projevit své „vražedné“ účinky. Jasně to lze demonstrovat na výsledcích pokusů na potkanech, při kterých zvířata přijímala s krmivem velká množství různých forem Bt-toxinů. Nebyl pozorován žádný efekt ani u dávek vyšších než 3,75 g Bt-toxinu na 1 kg živé hmotnosti potkana. Pokud by mělo dvouleté dítě konzumací popcornu vyrobeného z Bt-kukuřice přijmout odpovídající dávku, muselo by spořádat této pochoutky skoro 14 kg. Jen pro srovnání, stejná dávka obyčejné kuchyňské soli, tj. dávka 3,75 gramů na 1 kg živé hmotnosti, zabije polovinu pokusných potkanů. Naopak, zdravotní problémy se projeví u pokusných potkanů i při mnohem nižších dávkách látek, na které se nedíváme s takovým podezřením jako na Bt-toxiny z geneticky modifikovaných rostlin. U kofeinu má na pokusné potkany negativní

efekty už dávka 0,025 gramu na 1 kg živé hmotnosti, u vitamínu A stačí k narušení zdraví dávka 0,0043 g/ kg ž. hm. a u herbicidu 2,4-D vyvolá zdravotní obtíže dávka 0,001 g/kg ž.hm.

Oponenti genetiky modifikovaných rostlin jistě namítnou, že to jsou jednorázové dávky, zatímco v případě Bt-toxinu mohou být lidé i zvířata vystaveni jeho účinku dlouhodobě. Jedovaté bílkoviny ale nemají tzv. kumulativní účinek, jako je tomu například u těžkých kovů nebo polychlorovaných bifenylnů, jež se postupně hromadí v lidském či zvířecím těle. Pokud je bílkovina toxická, projeví se její účinky hned. Produkty z Bt-plodin mohou naopak přispět k výrazně nižší „jedovatosti“ potravin a krmiv pro lidi i zvířata s ohledem na fakt, že kukuřice napadená škůdci bývá často zaplísňená a to s sebou nese vysoké riziko tvorby plísňových jedů čili mykotoxinů. O škodlivém účinku mykotoxinů na lidské zdravé není pochyb (u člověka vyvolávají např. nádorová onemocnění jater) a navíc se tyto nebezpečné látky předávají v potravním řetězci z krmiva na zvíře a z živočišných produktů na člověka.

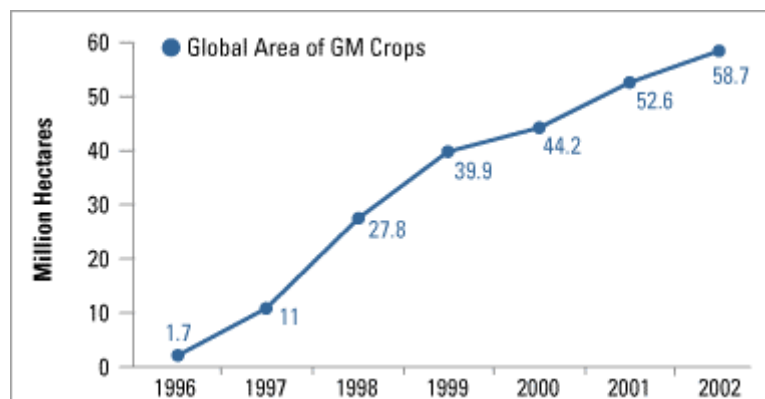
Další typy genetických modifikací rostlin

Možností ovlivnění vlastností rostlin genetickými modifikacemi je bezpočet. Z hlediska současného stavu při využívání genetiky modifikovaných plodin pro výživu zvířat jsou nejdůležitější výše uvedené dva typy modifikací. Do budoucna se zcela jistě objeví genetiky modifikované krmné plodiny odolné vůči virům. Odolnost je navozena přenosem genu pro bílkovinu z pláště viru, jež je následně vyráběna buňkami genetiky modifikované rostliny. Tento typ modifikace už našel uplatnění např. u bramboru. Dalším perspektivním typem genetických modifikací jsou zásahy do dědičné informace, které mají za následek změny ve složení olejů. Tak byly získány genetiky modifikované řepky se zvýšeným zastoupením kyseliny laurové a myristové, jejichž olej je vhodnější surovinou pro kosmetický průmysl.

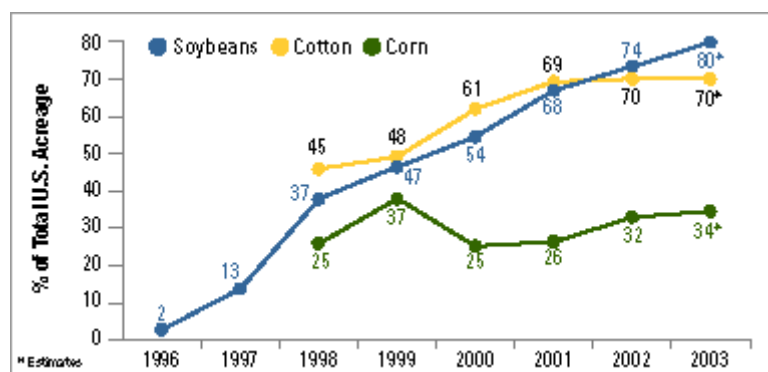
Samostatnou skupinu, jež nebude mít z hlediska výživy hospodářských zvířat žádný význam, představují rostliny přeměněné genetickou modifikací na zdroj farmaceuticky využitelných látek. V prevenci infekčních chorob ve třetím světě by mohly sehrát významnou roli tzv. jedlé vakcíny, což jsou genetiky modifikované rostliny, jež po konzumaci nabudí imunitní systém konzumenta proti vybranému choroboplodnému zárodku (např. proti virům hepatitidy či obrny, nebo bakteriím tuberkulózy). Z hlediska humánní výživy lze považovat za perspektivní plodiny, které budou mít genetickou modifikací zvýšen obsah vitamínů, minerálů, stopových prvků apod.

I z tohoto stručného a notně neúplného výčtu jasně vyplývá, že genetiky modifikované zemědělské plodiny jsou pro zemědělství obrovským příslibem do blízké i vzdálenější budoucnosti.

Plocha, na které jsou pěstovány genetiky modifikované rostliny neustále roste



Hlavními geneticky modifikovanými plodinami v „baště“ jejich rozšíření – ve Spojených státech - je sója, kukuřice a bavlník.



Zdroj grafů : Council for Biotechnology Information

2. Důvěřuj ale prověřuj.

Jak jsou prověřovány geneticky modifikované plodiny a jejich produkty?

Zodpovědné úřady v Evropě, USA, Kanadě, Japonsku a řadě dalších zemí vyžadují, aby před vlastním schvalovacím procesem byly všechny geneticky modifikované organismy (GMO) podrobeny rozsáhlému prověření jejich bezpečnosti. To platí i pro geneticky modifikované zemědělské plodiny. Zdaleka ne všechny země mají ale stejnou „filosofii“ takového hodnocení. Americká Food and Drug Administration vychází ze zásady, že GMO jsou novými produkty a proto jsou hodnoceny jako jakýkoli jiný nový produkt. Samotný způsob vzniku genetickou modifikací není pro toto hodnocení rozhodující. Evropa stojí svým přístupem ke GMO na opačném pólu a považuje za klíčový právě fakt, zda je nový organismus získán genetickou modifikací (tedy cíleným zásahem do dědičné informace). V tom případě jej měří podstatně přísnějším metrem než organismy ostatní.

Český zákon 153/2000 Sb. vyhradil pro „volné používání GMO“ termín „vedení do oběhu“, čímž se rozumí „úplatné nebo bezúplatné předání nebo nabídnutí k takovému předání geneticky modifikovaných organismů jiné osobě za účelem distribuce nebo používání“. Uvedení do oběhu je nejvolnějším způsobem nakládání s GMO. Uživatel při něm nepodléhá registraci a také GMO uvolněný do oběhu už není u uživatele registrován. Uvedením do oběhu není samozřejmě nijak omezena povinnost značení takových geneticky modifikovaných organismů a produktů. Připomeňme si, že v České republice je pro dovoz a zpracování „vedena do oběhu“ geneticky modifikovaná sója odolná k herbicidům na bázi glyfosátu.

„Bezpečnostní prověrky“ GMO nelze obvykle ukončit dříve než za 7 až 10 let. Geneticky modifikované rostliny tak patří k nejdůkladněji prověřeným rostlinám, s nimiž může prvovýrobce i konzument přijít do styku. Žádné jiné rostliny, ať už byly získány jakýmkoli jiným způsobem (např. mutagenézí, importem z geograficky i ekologicky zcela odlišných podmínek) nepodstupují srovnatelnou proceduru prověřování. Součástí prověřování bezpečnosti geneticky modifikovaných rostlin jsou i rozsáhlé studie hodnotící vliv geneticky modifikovaných rostlin na životní prostředí. Tento aspekt ale není z hlediska využití GMO pro krmení hospodářských zvířat důležitý, a proto jej vědomě opomíjíme.

Toxicita a bezpečnost GM plodin z hlediska výživy

Je třeba zdůraznit, že problém toxicity rostlin a rostlinných produktů není specifický pro geneticky modifikované rostliny, ale provází rostlinnou produkci jako takovou, neboť

toxiny se přirozeně vyskytují i v „klasických“ zemědělských plodinách (například inhibitory trypsinu v obilkách rýže či ječmene, genistein v semenech sóji, solanin v bramboru, nikotin v rajčatech apod.). Obsah těchto toxinů je sledován jen orientačně a stává se obvykle předmětem různých doporučení (např. ve Skandinávii se doporučuje aby obsah dvou hlavních alkaloidů v bramborech nepřesáhl 200 mg/kg a u nových odrůd nebyl vyšší než 100 mg/kg). Nepodléhá však regulaci závaznými normami. Obecně se vychází z představy o „historii bezpečné konzumace“ těchto plodin a jejich produktů (stručně řečeno „jíme je už dlouho a zatím se nic nestalo“). Objektivně provedené studie, které by tuto „dobrou víru“ jednoznačně prokázaly ale chybějí. U geneticky modifikovaných se spoléháme jen na důkladné testy.

V této souvislosti je třeba zřejmě zmínit aféru vyvolanou nezodpovědným prohlášením imunologa Arpáda Pusztai o tom, že samotná genetická modifikace je základem toxicity geneticky modifikovaných plodin. Pusztai založil své tvrzení na výsledcích pokusu, při němž byly zkrmovány pokusným krysám brambory s genem pro mírně toxický lektin sněženky. Pusztai tvrdil, že krysy krmené geneticky modifikovanými brambory měly narušenu sliznici střeva, zatímco kontrolní zvířata krmená geneticky nemodifikovanými brambory s přidavkem lektinu sněženky těmito zdravotními potížemi netrpěla. Výsledky pokusů A. Pusztai se ale nepotvrdily a jsou dnes jednoznačně přičítány metodické chybě.

Geneticky modifikované rostliny mají ve své dědičné informaci vneseny nové geny nebo jejich části a v důsledku toho u nich dochází k tvorbě nových látek nebo se mění míra tvorby látek, které jsou rostlině vlastní. Tyto zásahy mohou mít za následek zvýšení toxicity. Efekt může být přímý, pokud je do dědičné informace rostliny vnesen gen pro tvorbu toxinu nebo gen ovlivňující produkci vlastního toxinu rostliny. Vyloučit nelze ani nepřímý účinek, jako důsledek „vedlejšího nechtěného“ efektu vnášeného genu. Pokud jde o nepřímé efekty na toxicitu rostliny a jejích produktů, neliší se situace u geneticky modifikované rostliny dramatickým způsobem od rostlin vzniklých tradičním šlechtěním, protože i tady mohou změny v organizaci dědičné informace šlechtěné rostliny vyvolat „vedlejší a nechtěné“ efekty. Z toxikologického hlediska jsou proto u geneticky modifikovaných rostlin považovány za klíčové především případy, kdy je do genomu rostliny vnášen „cizí“ gen, podle něž vzniká v rostlinných buňkách pro modifikovaný rostlinný druh zcela nový protein.

Tím je zdůvodňován požadavek na prověření z hlediska zdravotní nezávadnosti u geneticky modifikovaných rostlin, i když klasicky šlechtěné rostliny tomuto požadavku nepodléhají. Důvodem pro tento přístup typický pro legislativu v evropském regionu je skutečnost, že produkt, který se objeví v geneticky modifikované rostlině, může být pro tento rostlinný druh zcela nový, člověk ani zvířata jej nikdy předtím s potravou nepřijímali a není tu historická zkušenost s geneticky modifikovanými organismy.

Z těchto důvodů je bezpečnost geneticky modifikovaných rostlin pro potravinářské účely hodnocena ve čtyřech následných krocích. Nejprve je provedena molekulární charakteristika dědičné informace vnášené do rostliny při genetické modifikaci. Její výsledky můžou být východiskem pro další studie například v případě, že vzniká podezření, že způsob vnášení genu může „probudit“ geny rostliny, jež jsou za normálních okolností inaktivní.

V dalším kroku jsou určeny nežádoucí přímé toxikologické účinky vyplývající přímo z povahy vnášeného genu. Stanovení přímých efektů probíhá celkem standardně toxikologickými testy běžně používanými pro jiné látky (např. herbicidy a jejich rezidua).

Následuje určení nežádoucích nepřímých toxických efektů vyplývajících z charakteru dané genetické modifikace. Jejich stanovení je podstatně složitější. V současné době se zakládá na srovnávacím přístupu, tedy na srovnání geneticky modifikované rostliny a jejího geneticky nemodifikovaného protějšku. Pokud se mezi geneticky modifikovanou a nemodifikovanou rostlinou neobjeví jiné rozdíly než ty, které jsou přímým důsledkem vlastní genetické modifikace, pak je konstatována tzv. substantial equivalence a geneticky modifikovaná rostlina je považována za stejně bezpečnou jako rostlina nemodifikovaná.

Nedílnou součástí „bezpečnostní prověrky“ je i kontrola vlastních rostlin v polních podmínkách. Při polních testech se sleduje, zda se na geneticky modifikované rostlině neprojevuje fenotyp, který je vzhledem k provedené genetické modifikaci neočekávaný. Pokud jsou takové fenotypové projevy zaznamenány, indikuje to nepřímé efekty genetické modifikace. Pokud se takové projevy nezjistí, jsou výsledky polních pokusů součástí průkaznosti „substantial equivalence“.

Pocit potřeby postihnout nepřímé efekty genetické modifikace vedl k zavedení testů, které jdou za hranice zkoumání toxicity samotného produktu tvořeného v geneticky modifikované rostlině podle vneseného genu (např. testy zkrmování čistého Bt-toxinu při prověrci plodin odolných k hmyzím škůdcům). Pro toxikologické testy jsou proto používány i celé geneticky modifikované rostliny nebo jejich části (v případě Bt-kukuřice tedy její zelené části i zrno). Tyto testy jsou zaměřeny především na toxicitu rostliny z hlediska její konzumace živočichy a člověkem.

Přímé toxikologické efekty vyplývající z genetické modifikace

Na základě povahy sekvence vnášené při genetické modifikaci do rostliny můžeme z hlediska hodnocení přímých toxikologických efektů očekávat čtyři základní situace.

Relativně neproblematická je situace, kdy byl produkt vnášeného genu konzumován zvířaty či lidmi po dostatečně dlouhou dobu v jiných rostlinách, jež nevznikly genetickou modifikací. V tomto případě (lidé i zvířata produkt genu konzumují v geneticky nemodifikovaných rostlinách) můžeme vycházet z principu „historické zkušenosti“. V potaz pak bereme především to, jak důkladná a dlouhá tato zkušenost je a zda hladiny produktu kódovaného vnášeným genem nepřesáhnou hladiny běžné v rostlinách, jichž se naše historická zkušenost týká. Obecně ale tento fakt sám o sobě stačí ke schválení geneticky modifikované rostliny za bezpečnou jen zcela výjimečně. Obvykle se velmi důkladně prověřuje právě míra exprese vnášeného genu a její variabilita za rozličných podmínek pěstování geneticky modifikované rostliny. V Evropské unii jsou navíc i v těchto případech prováděny toxikologické testy proteinů vzniklých podle vnášených genů. Příkladem takových genů je gen pro Bt-toxin, dodávající geneticky modifikovaným rostlinám rezistenci proti hmyzím škůdcům. Bt-toxin je již dlouhou dobu používán jako insekticid a jeho účinky na zdraví lidí i zvířat byly proto již prověřeny.

Složitější situace nastává, když nejsou k dispozici údaje o účincích produktu vnášeného genu při jeho konzumaci zvířaty či lidmi v jiných rostlinách, jež nevznikly genetickou modifikací. V tomto případě je hodnocena již sekvence vnášených genů a je srovnávána se sekvencemi obdobných genů, u jejich produktů je znám toxický efekt. Stejně tak je hodnocena i aminokyselinová sekvence proteinu nově vznikajícího v rostlině. Následují obvykle toxikologické testy, které mohou být v některých případech redukovány o pokusy na zvířatech. Příkladem jsou geny pro pylovou sterilitu používané pro šlechtitelské účely, k jejichž expresi dochází jen v malé části květu a navíc jejich exprese vede ke zničení buněk, takže produkt se prakticky nemůže dostat do potravního řetězce. Příkladem genů používaných pro genetické modifikace u rostlin a jejichž produkty se v potravním řetězci člověka hospodářských zvířat běžně nevyskytují, je gen pro toleranci ke glyfosátu a od něj odvozených herbicidů, jenž je bakteriálního původu.

Další méně komplikovaný případ nastává, kdy má vnášený gen za následek redukcii exprese (jakési „umlčení“) genu, jenž je geneticky modifikované rostlině (příjemci genu) vlastní. Při tzv. knockoutu genů se nepředpokládá toxikologické riziko, protože při tomto zásahu je vyblokován vlastní gen rostliny. Rostlina tedy neobsahuje nový produkt vnášeného genu, nýbrž následně postrádá jeden či více produktů, jež jsou jí vlastní. Zdravotní hlediska se zvažují pouze v případě, že produkt knockautovaného genu je sám o sobě inhibitorem toxických látek. Při snížení exprese genů, jejichž produkty mají toxické účinky, je

prověřována stabilita tohoto efektu. Případné snížení výživné hodnoty geneticky modifikované rostliny vzniklé knokautem genu není sledováno z toxikologického hlediska, ale je předmětem hodnocení rizik spojených s nakládáním s takovou geneticky modifikovanou rostlinou.

Nejkomplikovanější situace nastávají, když se vnášený gen mění metabolické pochody rostliny. Stávající genetické modifikace metabolických procesů mají většinou velmi přímočarý efekt a jejich důsledky lze hodnotit z hlediska tří předchozích situací. V možnostech genetických modifikací je ale vyvolání takových metabolických změn v rostlině, které povedou k širokému spektru efektů. Ty bude nutné prověřovat velmi důkladně celou baterií testů včetně testů prověřujících efekty konzumace rostliny zvířaty. To platí i v případech, kdy změnu metabolických procesů vyvolá zablokování genu. Jejím výsledkem může být nikoli jen snížení množství produktu v rostlině, ale i prudký nárůst některých metabolitů. Například inaktivace genu pro desaturázu sice vede k potlačení produkce enzymu, ale to vyvolá vzestup hladin kyseliny oleové. Ke změně metabolických procesů může samozřejmě docházet i vnášením nových genů pro enzymy, které se těchto metabolických procesů účastní. V tomto případě bude hodnocena bezpečnost genu a jeho produktu (enzymu) podobně jak je uvedeno výše a v rámci těchto testů bude prověřena i celá rostlina se změněným metabolismem.

Stanovení substantial equivalence

Toto stanovení by mělo postihnout nepřímé efekty genetické modifikace. Sleduje se při nich míra shody geneticky modifikované plodiny s toutéž geneticky nemodifikovanou plodinou. Přednostně se sleduje zastoupení toxických substancí, ale srovnání jsou podrobeny i živiny. Výběr vhodného „protějšku“ pro srovnání s geneticky modifikovanou rostlinou není vždycky jednoduchý a pak je zapotřebí brát na zřetel, že některé rozdíly mohou být výsledkem rozdílného postupu při klasickém šlechtění „příjemce“ genetické modifikace a jeho „protějšku“ a nelze je připsat na vrub samotné genetické modifikace. Ani na evropské úrovni není přijata závazná norma, která by jasně definovala, která kritéria u kterých plodin tvoří základ pro určení substantial equivalence. Nordic Council vydal v roce 1998 rámcová pravidla pro bavlnu, řepku, kukuřici, sóju a rajče.

Metodika stanovení jednotlivých kritérií pro substantial equivalence tak, jak ji navrhl Nordic Council předpokládá stanovení nejméně 10 kritérií reprezentujících různé skupiny látek a pro substantial equivalence je nezbytné, aby se žádné z kritérií nelišilo mezi geneticky modifikovanou a nemodifikovanou plodinou o více než 20%. Tento možná na první pohled poněkud benevolentní limit respektuje skutečnost, že poměr zastoupení jednotlivých látek v rostlině je velmi významně ovlivňován nejen jejím genotypem (genetickou modifikací), ale i vlivem vnějších podmínek, za kterých byla rostlina pěstována. Důraz je kladen na to, aby testované rostliny byly pěstovány standardním způsobem obvyklým pro tyto plodiny.

Pokud nejsou shledány větší rozdíly mezi geneticky modifikovanou a nemodifikovanou plodinou, pak je to známkou, že v důsledku genetické modifikace nedošlo k nežádoucím vedlejším efektům a že geneticky modifikovanou plodinu lze považovat za stejně bezpečnou jako plodinu geneticky nemodifikovanou.

Pokud jsou odhaleny větší rozdíly a není možné potvrdit substantial equivalence mezi geneticky modifikovanou a nemodifikovanou plodinou, pak může být na vině několik vlivů. První „na ráně“ je tzv. pleiotropní efekt vnášeného genu vyvolaný buď nečekanou interakcí produktu vnášeného genu s některou komponentou rostliny, nečekanou interakcí metabolické cesty podmíněné vnášeným genem s jinou metabolickou cestou, jež je rostlině vlastní, nebo nečekanou aktivací metabolické cesty, jež není v rostlině obvykle aktivní. Vyloučit nelze ani tzv. inzerční mutaci, která vznikne „nabouráním“ vnášeného genu do genu, jež je rostlině vlastní a jež je tímto zásahem narušen, takže nemůže zajišťovat obvyklé funkce v rostlině.

Nejzapeklitější je hledání důsledků tzv. somatoklonální variace, jež nastala buněk v důsledku chromozomální nestability při laboratorní regeneraci geneticky modifikované rostliny z geneticky modifikovaných.

V každém případě je zjištění významných rozdílů mezi geneticky modifikovanou a nemodifikovanou rostlinou (jde samozřejmě o rozdíly, jež nejsou přímým důsledkem samotné genetické modifikace) důvodem pro pátrání po příčinách a jejich případné odstranění. Pokud se nepodaří dalším postupem (například klasickým šlechtěním) navodit shodu kritérií mezi geneticky modifikovanou a nemodifikovanou plodinou, pak připadá do úvahy další toxikologické testování, jež by prověřilo, nakolik je takto zjištěný rozdíl významný z hlediska bezpečnosti rostliny jako krmiva a potraviny. Pokud tyto testy neodhalí významné riziko, může být geneticky modifikovaná plodina povolena.

Alergeny a GM plodiny

Podobně jako toxiny nejsou ani alergeny výhradou geneticky modifikovaných organismů a potrava zvířat i lidí obsahuje četné látky, jež jako alergeny působí. Alergie na potraviny postihuje 1,5 až 5% celkové populace, s tím, že v dětské populaci je jejich výskyt vyšší (8 až 10%) a v dospělé populaci se pohybuje kolem 1%. Alergie na potraviny u dětí bývá přechodným jevem a děti z ní obvykle „vyrostou“ za 5 až 9 let po nástupu klinických příznaků. To naznačuje, že vznik potravních alergií souvisí s vyzríváním imunitního systému. Některé alergie ale přetrvávají (např. alergie na burské oříšky).

Potravní alergeny patří většinou mezi glykoproteiny s molekulovou hmotností v rozmezí 10 až 70 kD a v podstatě může jako alergen působit jakýkoli glykoprotein nebo protein obsažený v potravě. Vlastnosti, které tyto látky předurčují k tomu, aby působily jako alergeny, nejsou zcela jasné. Za vlastnosti, jež zvyšují riziko alergie na daný typ molekuly se považuje její zvýšená odolnost k vyšším teplotám a nízkému pH a odolnost vůči působení trávicích enzymů. Některé molekuly mohou v trávicím traktu zvýšit svou alergenitu tím, že u nich dojde k odkrytí dosud skrytých částí nebo k přeměně jejich částí, tak že je začne imunitní systém vnímat jako cizorodé. Z alergologického hlediska nelze opomíjet ani malé molekuly, protože ty se mohou stát alergenními po spojení s větší molekulou.

Rizika výskytu alergenů se nevyhýbají ani geneticky modifikovaným rostlinám a proto jsou všechny tyto rostliny testovány na alergenitu proteinů, jež se v nich po genetické modifikaci nově objevují. Riziko vzniku alergií je ale sledováno především z hlediska lidského zdraví. Geneticky modifikované rostliny, u kterých se předpokládá riziko vyvolání alergií, při konzumaci člověkem tak mohou být zakázány pro potravinářské účely, ale mohou být i nadále pěstovány pro potřeby výroby krmiv, protože není reálný přenos alergenního proteinu z krmiva do živočišných produktů od zvířat krmených tímto krmivem. To je případ kukuřice Cry9C, která neprošla testy na alergenitu, protože protein kódovaný přeneseným genem se jen pomalu rozkládá trávením. Od roku 1998 byla ale tato kukuřice povolena pro pěstování na krmivo i pro průmyslové účely.

Konstelaci, kdy je potenciálně alergenní geneticky modifikovaná plodina pěstována jen pro krmné účely, nelze ale považovat za šťastnou. Dokládá to právě zmíněný příklad Bt-kukuřice s genem Cry9C. Ta byla před dokončením alergologických testů uvolněna pro krmné účely jako odrůda StarLink. Následně došlo ke zcela neúmyslnému smísení zrna potravinářské a krmné kukuřice a mouka pocházející z odrůdy StarLink byla použita pro výrobu půl milionů tzv. taco-shells, jež jsou specialitou mexické kuchyně a konzumují se hojně v amerických restauracích. Odhalením mouky z odrůdy StarLink v taco-shells vypukl obrovský skandál, který nezažehaly ani právě dokončené alergologické testy, které dokázaly, že StarLink je i z tohoto hlediska naprosto bezpečnou odrůdou. Tuny „kontaminovaných“ taco-shells skončily v moři.

Rizika spojená s geny dodávajícími GM plodinám rezistenci na antibiotika

Také geny pro rezistenci vůči antibiotikům nejsou specifickým jevem geneticky modifikovaných organismů. Vyskytují se zcela přirozeně v dědičné informaci mikroorganismů, kde se zřejmě vyvinuly v důsledku evolučních tlaků při vzájemných „soubojích“ mezi mikroorganismy. Tyto geny se šíří mezi mikroorganismy horizontálním přenosem (tj. „mezidruhově“). K rozmachu mikroorganismů rezistentních vůči antibiotikům přispěl významnou měrou člověk masovým používáním antibiotik v humánní i veterinární medicíně i zkrmováním antibiotik hospodářským zvířatům.

Některé z genů pro rezistenci vůči antibiotikům jsou využívány metodami genového inženýrství jako tzv. selekční markery. Pro genetické modifikace rostlin se používají hned při dvou příležitostech. První je příprava bakterií z rodu *Agrobacterium* pro přenos genů do rostlinných buněk. Tyto geny slouží pro selekci bakterií, jimž se metodami genového inženýrství podařilo „podstrčit“ geny, jež chceme vnést do rostlin. Když bakterie vpraví geny do rostlinných buněk, zanechá tam s nimi i gen pro rezistenci k antibiotiku. Ten je ale v rostlině nefunkční, protože má „řídící“ část, jež ho předurčuje k fungování jen v bakteriálních buňkách. Pro tyto účely jsou používány geny pro rezistenci k ampicilinu, amoxicilinu, spektinomycinu nebo streptomycinu. Při použití přímých metod přenosu genů, například tzv. genovým dělem, potřeba těchto selekčních genů odpadá.

Druhým krokem, při kterém se uplatňují geny pro odolnost k antibiotikům, je selekce rostlinných buněk. Rostlinné buňky, u nichž se zdařila genetická modifikace, je nutné selektovat z masy buněk, u nichž tato transformace neproběhla. Tady se dá použít nejen genů pro rezistenci k antibiotikům, ale i geny pro rezistenci k herbicidům. Z genů pro rezistenci k antibiotikům se nejčastěji používají geny pro odolnost vůči kanamycinu, neomycinu, amikacinu, hygromycinu a chloramfenikolu.

V současné době je snaha, aby bylo spektrum používaných genů pro rezistenci na antibiotika bylo výrazně zúženo. Navíc je tu velmi tvrdý požadavek, aby byly geny pro rezistenci k antibiotikům z geneticky modifikovaných rostlin na konci celého šlechtitelského procesu metodami genového inženýrství z rostliny opět odstraněny. To je technicky možné, ale v současné době to firmy neprovádějí především z časových a finančních důvodů. Nová směrnice EU o nakládání s geneticky modifikovanými organismy i připravovaná novela zákona 153/2000 Sb. již předpokládají, že v budoucnu nebudou povoleny odrůdy geneticky modifikovaných rostlin, kterých nebyly sekvence genů pro rezistenci k antibiotikům odstraněny. Potenciální problémy spojené s přítomností genů pro rezistenci k antibiotikům v geneticky modifikovaných rostlinách jsou tedy časově omezené, i když po nějakou dobu ještě budou pěstovány povolené odrůdy, které tyto geny nesou.

Obecně lze říci, že z hlediska horizontálního přenosu genů z geneticky modifikovaných rostlin musí být splněno celkem pět základních podmínek. Z rozkládajících se rostlinných buněk (degradovaných v prostředí nebo trávených v trávicím traktu zvířat) se musí uvolňovat fragmenty dědičné informace o délce, která alespoň řádově odpovídá velikosti genů pro rezistenci k antibiotikům. Tyto fragmenty DNA musí přežít v prostředí dostatečně dlouhou dobu a buňky jiného organismu (bakterie, zvířete) musí být schopny tyto fragmenty přijmout. Ani tím výčet požadavků nekončí, protože přijatá DNA se musí v buňce stabilně uchytit a vlastnost kódovaná takto získaným „zlomkem“ dědičné informace musí skýtat buňce výraznou „výhodu“ a nesmí pro ni být handicapem. Z hlediska krmiv z geneticky modifikovaných rostlin obsahujících geny pro rezistenci k antibiotikům jsou důležité zvážit možnost přenosu těchto genů do dědičné informace mikroorganismů a možnost přenosu genu do dědičné informace zvířat. Oba aspekty úzce souvisí s otázkou osudu DNA v trávicím traktu zvířete, a proto se jí budeme věnovat širěji v dalším článku.

Geneticky modifikované rostliny ve výživě zvířat III.

3) GMO ve žlabu a na talíři. Co hrozí konzumentům GMO?

Základní molekula nesoucí dědičnou informaci – deoxyribonukleová kyselina (DNA) – nijak neohrožuje na zdraví či životě ani člověka, který ji sní v potravinách, ani zvířata, která ji přijala s krmivem. To platí i v případě, že jde o DNA z geneticky modifikovaných organismů. Savci, člověka nevyjímaje, vždycky konzumovali velká množství DNA s potravou z nejrůznějších zdrojů, tj. z rostlin, živočichů i mikroorganismů, a ve vědecké literatuře nenajdeme důkaz, že by na ně měla konzumace DNA nepříznivé následky. Přesto není tento do očí bijící fakt obecně přijímán a rizika spojená s konzumací DNA jsou často předmětem bouřlivých diskuzí. Nemůžeme se jim vyhnout ani my a právě tímto tématem se dostáváme k „jádru pudla“.

Kolik „genů“ je v krmivu?

Obsah DNA v potravinách a krmivech je velice proměnlivý, ale u většiny rostlin využívaných pro krmné účely nepřesahuje 0,02% sušiny. V některých plodinách je DNA ještě méně (0,005% sušiny). Při trávení je DNA z krmiva významně degradována už v žaludcích při trávení a působením kyselého prostředí (nízkého pH). Na druhou stranu je třeba si uvědomit, že se DNA dostává do trávicího traktu i z jiných zdrojů než jen z potravy. Jde především o DNA mikroflóry trávicího traktu. Člověk má ve střevě impozantní množství bakterií – jejich počet je odhadován na 10^{14} a jejich druhové spektrum je odhadnuto na 500 druhů, kromě toho se v lidském trávicím traktu vyskytuje asi 1 200 druhů virů a blíže neurčený počet prvoků, hub a dalších mikroorganismů. Je to tedy velmi pestrá „zoologická zahrada“ a spektrum DNA uvolněné z uhynulých mikrobů je prakticky nepřehledné. DNA se ale uvolňuje i z odumřelých buněk epitelu střeva a v trávicím traktu je přítomna i DNA z bílých krvinek, které střeží stěny trávicího traktu před průnikem choroboplodných zárodků.

Geny využívané ke genetickým modifikacím tvoří jen malý zlomek celkového množství DNA, jež je přijato s potravou obsahující geneticky modifikované rostliny. „Dimenze“ podílu „cizích genů“ si můžeme přiblížit na příkladu dojnice krmené kukuřičnou siláží (40% sušiny krmné dávky) a kukuřičným šrotem (20% sušiny krmné dávky). Předpokládejme, že jak siláž, tak i šrot jsou vyrobeny výhradně z geneticky modifikované kukuřice. Gen vnesený do kukuřice při genetické modifikaci je tvořen zhruba 4 000 písmeny genetického kódu a z celkového množství DNA přijaté s potravou tvoří pouhých 0,0004%. Převáděno do absolutních hodnot to znamená, že dojnice zkonsumuje za den 2,6 μg „cizího genu“, zatímco „normální“ kukuřičné DNA zkonsumuje za den 600 mg. Už z toho příkladu je nad slunce jasnější, že vliv DNA z „cizích genů“ geneticky modifikovaných rostlin na zvířata je zcela zanedbatelný ve srovnání s vlivem DNA, jež je rostlinám „vlastní“.

O tom, za jak podružný je považován vliv DNA přijímané zvířaty s potravou, svědčí velmi výmluvně skutečnost, že o obsahu DNA v jednotlivých krmivech nenajdeme v odborné literatuře příliš mnoho údajů. Je to celkem logický důsledek faktu, že základní stavební kameny DNA (tzv. nukleotidy) jsou v potravě relativně hojně zastoupeny a za běžných okolností zvíře nikdy netrpí jejich nedostatkem.

DNA přijatá s potravou má v trávicím traktu navíc doslova jepičí život. Trávicí enzymy a kyselé prostředí trávicího traktu DNA velmi rychle rozkládají. Z enzymů se na trávení DNA podílí významně DNáza I vylučovaná slinnými žlázami, slinivkou, játry a buňkami tenkého střeva. DNáza I pracuje nejlépe v neutrálním prostředí. Další enzym štěpící DNA, DNáza II, rozkládá DNA nejlépe v kyselém prostředí (pH mezi 4,6 až 5,5). Také tento enzym je vylučován v trávicím traktu. Významně se podílí na rozkladu DNA už samotné kyselé prostředí v žaludku monogastrů nebo ve slezu přežvýkavců.

Mašinerie arzenálu rozkladných procesů má například u přežvýkavců za následek rozložení 85% DNA přijaté s potravou na jednotlivé stavební kameny (nukleotidy) nebo

dokonce na metabolity nukleotidů. Takto degradovaná DNA už v žádném případě nemůže plnit roli dědičné informace. To vše se odehraje ještě před vstupem trávené potravy do dvanáctníku.

Mohou bakterie v trávicím traktu přebírat geny z krmiva?

Není pochyb, že trávicí trakt udělá s DNA z krmiva „krátký proces“. Ale něco málo DNA tuto „procházku peklem“ přeci jen přežije. O rozsahu tohoto „přežití“ si můžeme udělat zatím jen rámcovou představu především z výsledků pokusů na myších. Ty ale probíhají většinou za extrémních podmínek – myši dostávají „koňské“ dávky DNA, jež je navíc ve formě zvýšeně odolné vůči působení trávicích enzymů. Z těchto pokusů vyplývá, že asi 4% celkové DNA přijaté s rostlinnou potravou je rozloženo na kusy tak velké, že by v nich mohl zůstat nenarušen i celý gen (např. gen pro rezistenci k antibiotikům).

Platí to ale i pro přežvýkavce? Těžko říci. Už v batoru se z buněk rostlin uvolňuje DNA, která pak volně „plave“ v batorové tekutině. Spolu s ní se tam nachází i obrovské množství bakterií a dalších zástupců batorové mikroflóry. DNA uvolněná z rostlinných buněk se proto „nabízí“ mikroflóře trávicího traktu k „osvojení“. Bakterie i prvoci se ale chovají k DNA ve svém okolí hodně macešsky. Vylučují velké množství enzymů štěpících DNA, které mění dědičnou informaci na „genetický šrot“. Nesmíme ale zapomínat na fakt, že bator je velmi různorodé prostředí. Vyskytuje se tu i obrovské množství pevných částic, na které se DNA „nalepí“ a tím se částečně stabilizuje. Tak může v batoru část volné DNA uniknout jinak všudypřítomné destrukci.

Při určité konstelaci mohou být v batoru nastoleny podmínky, za nichž nelze „osvojení“ DNA batorovou mikroflórou vyloučit. Šance na přenos DNA z potravy na mikroflóru v dalších pasážích trávicího ústrojí jsou o poznání slabší. Jakmile projde potrava slezem, kde vládne kyselé prostředí, je DNA rozložena.

Připusťme tedy, že nějaká DNA v trávicím traktu přežila a že se z ní zachovaly úseky dost dlouhé na to, aby obsahovaly nenarušený gen. To samo o sobě nestačí, aby bakterie takovou DNA jednoduše „vstřebala“ a začala v ní obsažený gen využívat. Volná DNA se musí dosti složitě „propašovat“ do bakterie a tam musí vytvořit plasmid. Ten si můžeme zjednodušeně představit jako kus DNA, který propojením konců vytvoří kruh.

Spontánní vznik takové „kruhové DNA“ v samotné rostlině je krajně nepravděpodobný. Většina „rovných“ kusů DNA k němu ani trochu netíhne. Teoreticky by mohly být k tvorbě plasmidů přeci jen náchylnější ojedinělé úseky DNA některých geneticky modifikovaných rostlin. Na seznamu „podezřelých“ figuruje například geneticky modifikovaná kukuřice Novartis 176. Vyplývá to z vnitřního uspořádání genu použitého ke genetické modifikaci. Faktorem, který tu sehrává svou roli, je přítomnost opakujících se shodných sekvencí písmen genetického kódu. Ty mohou za určitých podmínek vytvořit jakési „lepivé konce“, které se snáze spojí a vytvoří z „rovné“ DNA kruhový objekt. Na jinak „rovné“ DNA rostliny by se pak tvořily jakési „smyčky“, které by se při rozkladu DNA v trávicím traktu mohly uvolnit a fungovat jako plasmid. Když si však vzali genetici zmíněnou kukuřici „na paškál“, spontánní tvorbu plasmidů nezjistili. Teprve v laboratorních podmínkách, při působení zvláštních enzymů se přeci jen nějaký ten plasmid vytvořil. Byla to však zcela výjimečná záležitost. Mimo jedinečné podmínky laboratoře není něco podobného možné.

Ale připusťme, že náhoda je skutečně slepá a všemocná zároveň a že se v trávicím traktu člověka nebo zvířete konzumujícího geneticky modifikovanou rostlinu sešly nejneuvěřitelnější okolnosti – DNA „přežila“, zůstaly z ní dostatečně velké kusy, bakterie ji přijaly za svou, zabudovaly ji do své dědičné informace a získaly tak nové vlastnosti. Může se něco takového opravdu stát? Osvojení cizí dědičné informace mikroflórou trávicího traktu není samozřejmostí. I k tomu musí být naplněno hned několika zcela specifických podmínek.

První podmínkou je schopnost bakterie navázat na svůj povrch DNA, s níž přijde do styku, a „natáhnout“ si ji do svého nitra (tuto schopnost označujeme jako kompetenci bakterií). O tom, jak bakterie kompetenci získávají, se ví jen málo a většina poznatků pochází z kultivací bakterií v laboratorních podmínkách. V nich si vyvine kompetenci mnoho bakterií, které za přírodních podmínek tuto schopnost zcela postrádají. Také bakterie obývající trávicí trakt zvířat mají kompetenci jen nízkou, pokud se u nich dá o kompetenci vůbec hovořit.

Ale počítejme opět jen s tou nejhorší ze špatných možností a předpokládejme, že se v trávicím traktu zvířete krmeného geneticky modifikovanými rostlinami vyskytují kompetentní bakterie, které nečekají na nic jiného než na DNA, kterou by „zhlty“.

Taková bakterie má tedy na své buňce navázanu DNA a tu musí „vtáhnout dovnitř“. Ani to není samozřejmé. Některé bakterie dokážou „spolknout“ jen DNA obsahující určitou sekvenci písmen genetického kódu. Pokud tenhle „kousek“ v DNA chybí, bakterie tuto DNA „nebere“. U jiných mikroorganismů příjem DNA nezávisí na jejich sekvencích a pak je příjem konkrétního genu závislý na koncentraci tohoto genu v prostředí. Řekněme si rovnou, že koncentrace „cizích“ genů je v krmivu z geneticky modifikované rostliny velmi nízká. Například přenos genů pro rezistenci na antibiotika bude ztížen faktem, že kromě nich se v okolí bakterie vyskytuje velké množství fragmentů, jež tyto geny ve funkční formě neobsahují. Když tedy bakterie „spolkne“ nějaký zlomek DNA, bude to s vysokou pravděpodobností něco jiného než gen pro rezistenci na antibiotika. Ale všichni víme, že první výhra ve Sportce má také jen velmi malou pravděpodobnost (zhruba 1 : 15 milionům) a přesto tu a tam někdo tučný jackpot shrábne. Počítejme tedy s tím, že bakterie přijala DNA s nenarušeným genem.

Ani to nestačí ke vzniku bakterie vybavené novým genem, protože pak musí být naplněna ještě třetí a zřejmě nejkritičtější podmínka – stabilizace DNA v bakterii, která ji přijala. Přijatá DNA musí být zabudována do dědičné informace bakterie. To si vyžaduje, aby se část přijaté DNA s některou částí vlastní dědičné informace bakterie shodovala. Tato podmínka bude splněna skutečně jen zcela výjimečně. Existuje i teoretická možnost, že přijatá DNA vytvoří samostatný plazmid. To je ale nesmírně komplikované a celý postup vyžaduje naplnění řady postupných kroků, jež takovou událost činí opět krajně nepravděpodobnou

Z hlediska možných rizik přenosu genů geneticky modifikované rostliny na mikroflóru je hodno zvláštního zřetele silážování geneticky modifikovaných zemědělských plodin. Na první pohled tu vznikají podmínky vhodné pro přenos genů – jsou tu bakterie i volná DNA rostliny. Za samotného principu silážování však vyplývá, že při něm dochází k poklesu pH (okyselení) na hodnoty, při kterých je rostlinná DNA ničena. Vhodné podmínky pro případný přenos genů ze silážované rostlinné hmoty na bakterie proto panují především v počáteční fázi silážování, kdy se siláž ještě příliš neokyselila. Pokusy s geneticky modifikovanou kukuřicí ale prokázaly, že ani za těchto podmínek ke „stěhování“ genů ze silážované hmoty na bakterie nedochází.

Předchozí odstavce v drtivé většině končí konstatování, že jednotlivé kroky nezbytné pro přenos genů z geneticky modifikovaných rostlin na mikroorganismy jsou „krajně nepravděpodobné“. Mnohonásobně nepravděpodobnější je proto kompletace jednotlivých kroků do úspěšného přenosu genů. Přesto nelze přenos genů z geneticky modifikovaných rostlin na bakterie žijící v těle zvířat krmených těmito rostlinami s úplnou jistotou vyloučit. Odhaduje se, že pokud k němu dochází, pak se tak děje s frekvencí 10^{-11} až 10^{-13} na každý kontakt bakterie s DNA, jež splňuje všechny podmínky pro úspěšný přenos do bakterie. Znamená to, že tuto pravděpodobnost bychom mohli vyjádřit číslem, kde by za desetinnou čárkou figurovalo deset až dvanáct nul a teprve na dalším místě bychom mohli napsat jedničku. Pro srovnání, četnost spontánních mutací u bakterií se pohybuje zhruba kolem 10^{-8} až 10^{-9} .

Přes svou nepravděpodobnost se může tento jev zdát důležitý z hlediska přenosu genů pro rezistenci k antibiotikům. Můžeme si říci, že pravděpodobnost je sice nízká, ale možné důsledky v podobě vzniku choroboplodných bakterií odolávajících lékům jsou natolik děsivé, že nad nimi nelze jen tak mávnout rukou.

Na tomto místě je však třeba zdůraznit, že zdroje vzniku a šíření bakterií odolných k antibiotikům musíme hledat jinde, např. v krmení antibiotik u zvířat nebo v léčbě antibiotiky u zvířat i lidí. Není žádným tajemstvím, že mnohé země ignorují zásadu, že se zvířatům nesmějí zkrmovat antibiotika používaná v humánní medicíně. Pokud tak vznikne k antibiotiku odolný původce závažného onemocnění, nelze zabránit jeho šíření z „nezodpovědných“ zemí na obyvatelstvo zemí, jež si v používání antibiotik počínají racionálně.

Vzniku rezistentních kmenů obecně nelze zabránit. Rezistentní kmeny bakterií vznikaly spontánně už v samých počátcích používání antibiotik. Například první kmeny stafylokoků rezistentních k penicilinu se objevily už ve čtyřicátých letech, kdy nebylo po geneticky modifikovaných organismech ještě ani vidu ani slechu. Volání po „zastavení přívalu“ rezistentních bakterií z geneticky modifikovaných rostlin se podobá nářku hospodyňky, která stojí v kuchyni po pás ve vodě z nedaleké rozvodněné řeky a přitom lamentuje nad kapajícím kohoutkem u kuchyňského dřezu. Bakterie rezistentní k antibiotikům se na nás valí úplně odjinud než z krmiv či potravin vyrobených z geneticky modifikovaných organismů a představují pro současnou medicínu bezesporu obrovský problém.

Mohou lidé a zvířata získávat geny ze zkrmovaných geneticky modifikovaných rostlin?

Ve chvíli, kdy jsme připustili možnost, že se všechna DNA z potravy v trávicím traktu živočichů úplně nerozloží, nastolili jsme otázku pravděpodobnosti přenosu této DNA do organismu zvířete. Část „přežívající“ DNA z krmiva může být zachycena buď přímo buňkami střevní sliznice nebo buňkami imunitního systému. Poškození střevní sliznice při střevních onemocněních může vyhlídky na zachycení DNA buňkami střevní sliznice ještě zvýšit, protože za těchto podmínek mohou pronikat velké molekuly včetně DNA hlouběji do stěny střeva. Lze ale předpokládat, že největší množství DNA bude zachyceno fagocytózou bílými krvinkami. Ve prospěch tohoto předpokladu hovoří výsledky experimentů, při kterých byly dojnice krmeny krmivem s přísadkou sojového šrotu vyrobené z geneticky modifikované sóji a následně byla prokázána přítomnost DNA evidentně pocházející z této sóji v bílých krvinkách pokusných zvířat. Nebyla ale prokázána přítomnost této DNA v mléce. Je zřejmé, že stejně tak zachytí bílé krvinky i části DNA pocházející z geneticky nemodifikovaných rostlin nebo DNA bakterií.

Velmi zajímavá na první pohled alarmující výsledky poskytl pokus, při kterém byla laboratorním myším podávána v krmivu DNA viru (bakteriofága). Následně byla dědičná informace viru odhalena na mnoha místech těla pokusných myší. Při pokusech s březími myšimi samicemi byla prokázána přítomnost dědičné informace bakteriofágu dokonce i v tělech plodů a novorozenech mláďat. Tyto nálezy byly interpretovány jako důkazy o přestupu molekul DNA z potravy do krve a následně přes placentu do organismu plodu. Nálezy však byly zcela ojedinělé a lze je vysvětlit migrací leukocytů přes střevní stěnu a přes placentu. To není neobvyklé zvláště u hlodavců, kde jsou bariéry tkání placenty o poznání propustnější než v případě přežvýkavců. V této souvislosti je třeba zmínit fakt, že lidská placenta se svou propustností blíží spíše placentě myši než placentě skotu.

Obecnou platnost výsledků těchto studií významně zpochybňuje povaha použité dědičné informace. Šlo o dědičnou informaci bakteriofágu namnoženou v bakteriích. Taková DNA má některé velmi specifické vlastnosti. Díky nim silně dráždí imunitní systém savců a navíc je výrazně odolnější k působení prostředí savčího trávicího traktu. Tak zřejmě došlo

k tomu, že tuto DNA zachytily fagocyty bílé krvinky a zanesly DNA bakteriofágu do různých částí těla. Navíc bylo v pokusech myším podáváno obrovské množství bakteriofágové DNA. Ta by co do váhového množství odpovídala veškeré DNA, kterou přijme dojnice s potravou za 24 hodin. Celkem reálná je i možnost, že zachycené slaboučké stopy po přítomnosti DNA bakteriofágu v těle pokusných myší byly jen důsledkem chyb v laboratorní práci.

Pokračujme avšak důsledně v naší hře na „kdyby“ a připusťme možnost, že určité množství DNA může přestupovat z potravy do organismu konzumenta. Pak se musíme velmi zodpovědně zabývat možnými následky.

V krajním případě by mohlo dojít k fungování rostlinného genu v zasažené buňce těla živočicha a k tvorbě rostlinné bílkoviny v živočišném organismu. K tomu by však muselo být splněno hned několik podmínek. Gen by se musel „vmáchnout“ do té části příjemcovy dědičné informace, kde jsou geny předurčeny k práci na plný výkon a nikoli k hlubokému spánku (v buňkách savců většina genů „nepracuje“, ale spokojeně „spí“). Gen by musel mít také to štěstí, aby se nablízku jeho nového „domova“ nacházely ty části dědičné informace živočicha, které jsou schopny rostlinný gen uvést do chodu. Ale připusťme, že i to se stane.

Pravděpodobnost, že se do dědičné informace živočišné buňky zabuduje právě gen zodpovědný za genetickou modifikaci, je vzhledem k počtu všech genů v rostlinné dědičné informaci přinejmenším 1 : 25 000. V případě obilovin bude zřejmě ještě nižší, protože počet genů pšenice či rýže se odhaduje na 80 000. K přenosu „normálních“ rostlinných genů z DNA přijaté s potravou by proto mělo docházet řádově desettisíckrát častěji než k přenosu genu zodpovědného za genetickou modifikaci rostlin. Zatím ale nebyl v dědičné informaci žádného živočicha nalezen gen, který by pocházel z rostlin. Přitom dědičná informace byla zatím kompletně „přečtena“ u mušky octomilky, hlísta *Caenorhabditis elegans*, sumky *Ciona intestinalis*, ryby čtverzubce fugu, myši a člověka. Tyto organismy se po miliony let evoluce soustavně živily hmotou jiných organismů včetně rostlin a tudíž přijímaly i jejich DNA. Proto lze přenos rostlinné DNA na živočichy konzumací potravy považovat téměř s jistotou za vyloučený.

Pokud bychom, ale tuto možnost přeci jen připustili, pak by ani tvorba rostlinného proteinu v těle živočicha nepředstavovala velké riziko. Již jsme si vysvětlili, bílkoviny tvořené podle genů použitých ke genetické modifikaci rostlin jsou podrobeny vyčerpávajícím toxikologickým testům. Bílkovina tvořená podle „cizího“ genu by nepředstavoval pro zvíře či člověka žádné zdravotní riziko. Navíc jako příjemci dědičné informace z geneticky modifikované rostliny připadají v úvahu nejspíše krajně specializované buňky, které se už dále nemnoží (např. bílé krvinky). Tvorba rostlinné bílkoviny by se tak omezila na jednotlivé buňky a to jen po dobu jejich poměrně krátkého života v těle živočicha.

Vmáchnutí rostlinného genu do dědičné informace živočišné buňky může teoreticky vyvolat tzv. inserční mutaci (tedy narušení vlastního genu živočicha, do kterého se „naboural“ přijatý gen rostliny), ale ani ta by neměla pro takto postiženou buňku fatální následky, protože savčí dědičná informace obsahuje drtivou většinu genů ve „dvojím vydání“ (savci jsou diploidní, jednu kompletní sadu dědičné informace dědí po matce a druhou od otce). Výpadek genu porušeného inserční mutací by nahradil účinek genu z druhé sady dědičné informace.

Také riziko vyvolání rakovinného bujení poté, co by nově zabudovaný rostlinný gen v živočišné buňce aktivoval geny zodpovědné za regulaci množení buňky, se zdá astronomicky malé. Můžeme přitom vycházet z odhadu rizika indukce rakovinného bujení po injekci DNA do svalů, jež se odhaduje nejvýše na 1 : 10⁶. Ovšem přenos genů po injekci DNA do svalů má o mnoho řádů vyšší účinnost, než jakou můžeme předpokládat při přenosu DNA z potravy.

Už v souvislosti s degradací DNA v siláži jsme narazili na fakt, že při přípravě mnoha potravin pro lidskou spotřebu a krmiv pro hospodářská zvířata může být DNA různou měrou

narušena. Mletí a šrotování má na DNA krmiva jen malý vliv. Lisování oleje nebo jeho extrakce ale vyvolává masivní rozklad DNA. Je zajímavé, že ohřátí za sucha na teplotu 90°C DNA krmiva výrazně nenaruší, ale zahřátí za stejných podmínek na 95°C po dobu 5 minut už DNA rozkládá. Také vystavení krmiva účinkům páry vyvolá i za nízkého tlaku masivní rozklad DNA. To je tedy další a velmi významný faktor, který činí z přenosu genů z krmiva na člověka a zvíře zcela nepravděpodobnou záležitost.

4) Neradostný stav věcí

Kdo rozhoduje o tom, zda budeme kupovat a konzumovat GMO?

Už jsme si vysvětlili, co jsou geneticky modifikované rostliny, jak vznikají, jaké vlastnosti genetickou modifikací získávají a jak je prověřována jejich bezpečnost. Z těchto údajů jasně vyplývá, že geneticky modifikované rostliny jsou velmi dobře definované organismy, které jsou navíc velmi důkladně prověřeny s ohledem na možnou újmu na zdraví, již by mohla vyvolat konzumace samotných geneticky modifikovaných rostlin nebo produktů z nich vyrobených. Přenos genů konzumací geneticky modifikovaných rostlin na mikroflóru trávicího traktu člověka či zvířat nebo přímo na člověka či zvířata je za současné úrovně poznání možné zodpovědně označit za ryze hypotetický. Přímou konzumaci geneticky modifikovaných rostlin a produktů z nich získaných lze proto považovat za průkazně bezpečnou jak pro zvířata, tak i pro člověka. Za stejně bezpečnou lze pak logicky považovat i konzumaci živočišných produktů zvířat, jež byla krmena krmivem vyrobenými z geneticky modifikovaných organismů. V současné době jsme přesto svědky tlaku odběratelů na zemědělce, aby garantovali, že svá zvířata nekrmí krmivem obsahujícími geneticky modifikované organismy. Jaký to má smysl?

„Samozákazy“ obchodních řetězců

Důvěru veřejnosti v biotechnologie obecně a geneticky modifikované organismy (GMO) zvláště nahlodaly „samozákazy“ obchodních řetězců, které se „samy a dobrovolně“ zavazují, že ve svých obchodních sítích nebudou prodávat potraviny obsahující GMO nebo potraviny získané z produktů zvířat krměných krmivem s GMO. „Samozákazy“ odůvodňují obchodní firmy tím, že jen vycházejí vstříc existující silné poptávce spotřebitelů odmítajících GMO. Jak si ale ukážeme, nejsou spotřebitelé jediným „hráčem“ na scéně obchodu s GMO a už vůbec na něm nesehrávají klíčovou roli.

V Evropě vyhlásil jako první „zákaz GMO v potravinách“ celkem malý obchodní řetězec Iceland vlastní síť potravinářských obchodů v britském hrabství Flintshire, když oznámil, že ručí za absenci GMO v potravinách prodávaných pod jeho firemní značkou. Jako malý kamínek spouštějící velkou lavinu vyvolal „dobrovolný zákaz“ Icelandu řetězovou reakci ze strany mnohem větších obchodních řetězců, které Iceland následovaly. Nejvýznamnější bylo vyhlášení ze strany sedmi velkých evropských obchodních potravinářských řetězců, že označené potraviny v jejich obchodních sítích neobsahují přísady z GMO. Tuto „mocnou sedmu“ tvoří londýnský Sainsbury, další londýnské konsorcium, jež má ve své síti i obchody Marks & Spenser, dále pak belgický Delhaize, francouzský Carrefour, švýcarský Migros, italská EffeLunga a irský Superquin. Tyto firmy prodávají ročně potraviny za 100 miliard dolarů, z toho plných 40% pod značkami garantujícími kvalitu.

Většina evropských obchodních řetězců si nedovolila krok této „mocné sedmy“ ignorovat. Na podzim roku 1999 už většina evropských velkých společností obchodujících s potravinami vyhlásila, že zbavily své značené potraviny přísad pocházejících z GMO nebo alespoň deklarovaly, že jsou toho v případě potřeby velmi rychle schopny. Evropa se tak ocitla v absurdní situaci. Platné předpisy zavazovaly výrobce potravin, aby značili potraviny

obsahující GMO, ale situace na trhu k tomu nedávala příležitost, protože dodavatelé garantovali, že potraviny jsou „GMO-free“. Na regálech evropských supermarketů se značka oznamující příměs GMO v potravinářském výrobku prostě nenajde.

Ještě pořádně neopadla první vlna „anti-GMO“ tažení a obchodní řetězce zahájily druhou ofenzívu. Vyhlásily, že ve svých obchodech nebudou prodávat potraviny získávané z produktů zvířat krmených krmivem s obsahem GMO. Tento zákaz šel daleko za hranice oficiální regulace platné pro státy Evropské unie a měl podstatně větší dopad než první „samozákaz“, protože geneticky modifikované rostliny jsou pěstovány především pro krmné účely.

Lavina „samozákazů“, jež na sebe dobrovolně uvalili samotní výrobci ale především obchodníci, měla několik společných jmenovatelů. Spouštěly ji velké firmy, které hrají na evropském trhu s potravinami klíčovou roli. Ty jako první začaly na svých výrobcích uvádět, že jejich produkty jsou „prosté GMO“ („GMO-free“) a že při jejich výrobě nebyla použita ani GMO-krmiva pro zvířata. Načasování těchto kroků bylo mírně řečeno „pečlivé“. Například obchodní řetězec Sainsbury ohlásil svou iniciativu 17. března 1999, jen den před tím, než britský parlament přistoupil k implementaci směrnice Evropské unie o značení potravin obsahujících GMO. Takové kroky byly náležitě „prodány“ na veřejnosti. Tvrdá konkurence mezi obchodními řetězci vedla k rozšíření „samozákazů“ potravin s podílem GMO v Evropě.

Velcí výrobci potravin nemohli zůstat pozadu, i když postupovali o poznání pomaleji. Například londýnský Unilever nebo švýcarské Nestlé sice oznámily záměr vyloučit ze svých výrobků složky obsahující GMO, ale realizovaly jej teprve ve chvíli, kdy většina obchodních řetězců v oblasti jejich odbytu přijala „samozákazy“ prodeje potravin s obsahem GMO a kdy jim hrozil propad v odbytu. Mimo Evropu se tento trend ve větším měřítku neprosadil. Většina světového potravinářského průmyslu používá jak suroviny z GMO tak i klasické suroviny a neměří svým výrobkům tvrdším metrem, než jaký jim předepisují závazné zákony a normy.

Nabízí se proto otázka, proč právě v Evropě mohla relativně malá skupinka obchodních organizací nastolit situaci, kdy jsou platné právní normy odstraněny stranou jako „zbytečné“ a místo nich na trhu vládnou standardy diktované těmito firmami.

Za vším hledej „private label“

Abychom pochopili motivy evropských obchodníků s potravinami, musíme vnímat jejich akce v kontextu základních trendů v tomto obchodním odvětví. Zajistit růst firmy na trhu s potravinami není v evropských podmínkách jednoduché. Donedávna byly hlavní taktikou fúze jednotlivých obchodních organizací. Díky tomu se na trhu objevila poměrně úzká skupina národních i nadnárodních obchodních řetězců.

Další úspěšnou strategií pro rozvoj firmy je nabídka řady potravinářských výrobků nesoucích určitou značku a prodávaných výhradně v obchodech daného obchodního řetězce (tzv. „private labels“ nebo také PL). Například obchodní řetězec Carrefour nabízí ve svých obchodech zákazníkům potraviny řady Produit Carrefour, Reflets de France, Carrefour Bio nebo Filière Qualité Carrefour. V těch najdeme více než 2 000 potravinářských výrobků. Výrobky z těchto řad vstupují v obchodní síti daného prodejce do konkurence s celou řadou potravinářských výrobků jiných výrobců. Mohou si to dovolit skutečně jen ekonomicky nejsilnější obchodní řetězce, které unesou dodatečné náklady spojené s vývojem a prodejem výrobků „značkové řady“. Vznik velkých národních či nadnárodních obchodních řetězců tak typický pro předchozí období vývoje evropského trhu s potravinami vytvořil pro rozmach strategie založené na „private label“ velmi dobré podmínky.

Většina velkých obchodních řetězců vtrhla na trh s bohatou nabídkou potravin, jejichž „private label“ garantuje vysokou kvalitu. Jejich motivem zdaleka nebyla „služba

zákazníkovi“. Na potravinách s „private label“ se dobře vydělává. Obchodní řetězce jejich uvedením na trh posilují svou pozici vůči výrobcům potravin, rozšiřují sortiment potravin a zvyšují zisky. Pomocí „private label“ si velké obchodní řetězce zároveň „dělají jméno“. Pokud se zákazník „chytí“ na zboží řady s určitou „private label“, pak je u něj vybudován základ určité loajality k této značce i obchodnímu řetězci.

A dostáváme se k jádru pudla. Ochota velkých obchodních řetězců přijímat vlastní „pravidla“ pro vyloučení GMO ze sortimentu jejich zboží je přímo úměrná podílu, jaký má v jejich sortimentu zboží s „private label“. Například již několikrát zmíněný britský Sainsbury utržil v roce 1999 za potraviny s „private label“ více než 11 miliard dolarů, což je více než polovina jeho celkových tržeb. Švýcarský Migros vydělal na potravinách se svými „private label“ v témže roce 9,5 miliard dolarů a to představovalo 95% jeho příjmu za potraviny. Tento faktor je pro hnutí obchodních řetězců proti GMO podstatně důležitější než „nálad“ zákazníků. V roce 1999, kdy spatřilo světlo světa nejvíce firemních „samozákazů“ GMO, byl vztah spotřebitelů vůči GMO v Británii, Belgii, Francii, Německu, Itálii a dokonce i v Japonsku zhruba stejný. Reakce obchodních řetězců v těchto zemích byly ale diametrálně odlišné. V Británii a Švýcarsku, kde potravinám s „private label“ jednotlivých obchodních řetězců skutečně „kvete pšenka“, přišly nejprve „samozákazy“ GMO v potravinách a záhy i „samozákazy“ potravin z živočišných produktů od zvířat krmených GMO. Japonci „milovali“ GMO stejně jako Švýcaři nebo Britové, ale jejich velké obchodní řetězce nemají želízko potravin s „private label“ v ohni a k „samozáказu“ GMO nepřistoupily.

Důvodů, proč jsou obchodní řetězce s vysokým podílem potravin s „private label“ tak náchylné k „samozáказu“ GMO, může být hned několik. Odbyt potravin s „private label“ funguje jako „celek“. Právě na tom je založena jeho výhodnost pro prodejce – kdo si koupí jeden výrobek „značkové řady“, začne kupovat i ostatní výrobky této řady. Zároveň je ale tento moment Achillovou patou celého systému – pokud zákazník odmítne jeden z výrobků řady (třeba proto, že by mohl obsahovat GMO), pak přestane brzy kupovat i ostatní výrobky. Obchodní řetězce se snaží, aby řady výrobků s „private label“ byly „neprůstřelné“ a to je vede i tomu, aby sáhly k „samozáказu“ GMO.

Dalším faktorem je fakt, že potraviny s „private label“ získávají obchodním řetězcům „image“ firem, které udávají tón ve zvyšování kvality a bezpečnosti potravin. Řetězce tak získávají oproti ostatním obchodním řetězcům i výrobcům potravin významnou výhodu. O tom, že obchodním řetězcům není pověst „leaders“ lhostejná, svědčí žaloba britských obchodních řetězců Iceland, Waitrose a Marks & Spenser na řetězec Sainsbury za jeho tvrzení, že je prvním velkým obchodním řetězcem, jehož potraviny s „private label“ neobsahují GMO. Reklama řetězce Sainsbury byla v žalobě označena za „do nebe volající lži“. Obchodní řetězec se tedy snaží být „v něčem první“ a „samozáказ“ GMO je k tomu dobře hodí.

„Samozákazy“ GMO také napomáhají obchodním řetězcům „inovovat“ jejich potraviny nesoucí „private label“. V polovině devadesátých let zaváděly obchodní řetězce do potravin s „private label“ produkty získávané organickým zemědělstvím nebo „etické potraviny“ získávané od zvířat chovaných v „lidštějších“ podmínkách. Založily na tom dokonce i své reklamní kampaně. Vyplatilo se jim to, protože sklízely uznání v podobě cen za přínos k inovacím. Teď jim kyne naděje, že se podobných cen a s nimi související publicity dočkají i s produkty, které jsou deklarovány jako „GMO-free“.

V neposlední řadě tu sehrává důležitou roli fakt, že pro dlouhodobou obchodní strategii založenou na produktech s „private label“ je výhodné zavést kontrolu původu surovin až na farmy zemědělců, protože jen tak lze vyloučit záměnu surovin. Prosadit tento systém není jednoduché a „samozáказ“ GMO je k tomu velmi dobrou příležitostí, zvláště když jej lze odůvodnit „přáním zákazníků“.

Obchodníci přenášejí tíhu „GMO-free“ produktů na výrobce

Vysvětlili jsme si motivy, které vedou velké potravinářské obchodní řetězce k zavádění „samozákazů“ GMO v potravinách i k „samozákazům“ živočišných produktů od zvířat krmených krmivem s obsahem GMO. Proč je ale v této iniciativě nepředběhnu výrobců potravin? Motivů obchodních řetězců by jim na první pohled neměly být proti srsti. Faktem ale zůstává, že velké potravinářské firmy přistoupily k „samozákazu“ GMO teprve poté, co se jejich výrobky utkaly na regálech supermarketů s výrobky s „private label“ garantovanými jako „GMO-free“. Mimo Evropu pokračují velké potravinářské společnosti až na několik výjimek v používání GMO.

Je to dáno tím, že potravinářské firmy mají přeci jen poněkud jiné postavení než obchodní řetězce. Jejich výrobky končí na velmi různorodých trzích (nejsou určeny pro jedinou obchodní síť jako potraviny s „private label“ obchodních řetězců) a sbíhají se k nim suroviny od nejrůznějších dodavatelů. Pokud by měli výrobci potravin držet dvě linie výrobků – výrobky obsahující GMO a výrobky prosté GMO – bylo by to pro ně velmi komplikované a drahé. Mají tedy na výběr – buď budou vyrábět jedno nebo druhé. Pokud by si vybrali cestu „samozákazu“ GMO, udrželi by si trh, který vyžaduje produkty „GMO-free“, ale zároveň by svou výrobu prodražili o náklady nezbytné na sledování původu surovin. Ještě větší potíž by před nimi vyvstala vzhledem k jejich velké spotřebě surovin. Čas od času by se zákonitě dostávali do situací, kdy by buď neměli dost surovin s garancí „GMO-free“ nebo by museli „přehodit“ výrobu na produkty obsahující GMO. Výrobci potravin by si na sebe „samozákazem“ GMO ušili bič, a proto se do něj dvakrát nehrnou.

Obchodní řetězce mají jen minimální výrobní kapacitu, ale zato disponují velkým kapitálem. Mohou většinu rizik spojených se „samozákazem“ GMO přenést na své dodavatele a výrobce potravin. Jednoduše řečeno – oni „GMO-free“ potraviny samy neprodukují, ale tvrdě je vyžadují od svých dodavatelů. To vedlo alespoň zpočátku k rozdílnému vztahu obchodních řetězců a výrobců potravin k „samozákazu“ GMO. Teprve tlak ze strany obchodních řetězců, které vrhly do své obchodní sítě potraviny s „private label“ a s garancí „GMO-free“, donutil výrobce potravin přijmout pro ně krajně nevýhodná pravidla hry na „GMO-free“ potraviny.

Mimo Evropu nebyly velké potravinářské firmy tomuto tlaku vystaveny a proto je tam jejich dobrovolný „samozákaz“ GMO výjimkou. K těmto výjimkám můžeme počítat například velké japonské pivovary Kirin, Suntory, Asahi a Sapporo a americké výrobce dětské výživy Frito-Lay, Gerber a Heinz. Je zajímavé, že si tyto firmy „samozákazem“ příliš nezúžily manévrovací prostor. Například japonské pivovary používají k výrobě piva rýži, která nepatří mezi zemědělské plodiny, u kterých by se genetické modifikace nějak zvlášť rozmohly. Stejně tak američtí výrobci dětské výživy mají zavedenou síť dodavatelů surovin a mohou snadno zajistit, že farmáři pro ně budou pěstovat geneticky nemodifikovanou kukuřici.

Není jisté bez zajímavosti, že mnohé z těchto firem mají velmi silné biotechnologické divize, které využívají geneticky modifikovaných organismů například pro výrobu farmaceutických surovin. Je možné, že se tyto firmy obávají, aby konkurence této skutečnosti nezneužila a v rámci konkurenčního boje nezačala tvrdit, že biotechnologický program firem „prolíná“ i do jejich potravinářských aktivit. „Samozákaz“ GMO by mohl tyto snahy předem neutralizovat.

Přesto vyvolává „samozákaz“ GMO ze strany několika dominantních obchodních potravinářských řetězců především na evropském potravinářském trhu „dominový efekt“, v jehož důsledku se „samozákazy“ GMO šíří nejen mezi obchodními organizacemi ale nakonec i mezi výrobci potravin. Konkurence v tomto oboru je příliš veliká, než aby si někdo z „hráčů“ na tomto „hřišti“ dovolil vlnu „samozákazů“ GMO ignorovat. Je to zřejmé i z průběhu šíření „samozákazů“. Britský Marks & Spenser oznámil 28. ledna 2001, že všechny suroviny živočišného původu používané k výrobě potravin dodávaných do jeho obchodní sítě

s příslušnými „private label“ pocházejí ze zvířat, jež nebyla krmena krmivem s obsahem GMO. Jeho tři hlavní britští konkurenti, konkrétně Asda, Sainsbury a Tesco, přijaly tentýž „samozákaz“ hned následujícího dne. To je jev typický především pro trhy, kterým dominuje několik málo velkých společností, jež staví svou obchodní politiku především na potravinách s „private label“ a nemá nic společného s „náladou“ spotřebitelů.

Argument, že tyto „triky“ obchodních řetězců by se mýjely účinkem, kdyby spotřebitel potraviny deklarované jako „GMO-free“ nekupoval, jsou poněkud liché. Platily by v situaci, kdy by spotřebitelé jasně upřednostňovali „GMO-free“ potraviny před potravinami, jež mohou GMO obsahovat. Jenže tuto volbu má zákazník ve stále menší míře, protože na evropském trhu se stále více prodávají jen potraviny deklarované jako „GMO-free“. Obchodní společnosti mohou navíc ovlivnit rozhodování svých zákazníků způsobem, který jim velmi ztěžuje rozhodování na základě racionální úvahy. Britská Advertising Standards Authority dohlížející na reklamní kampaně například konstatovala, že obchodní řetězce Tesco a Iceland „vydělávají na strachu veřejnosti z geneticky modifikovaných potravin svými přehnanými a zavádějícími prohlášeními“.

Ponechme stranou vliv nejrůznějších ekologických aktivistů, kteří se na poli zákazu GMO silně angažují a kteří se v poslední době zdaleka nesoustředí jen na veřejnost, ale cílí svůj tlak i na výrobce potravin. Ve Spojených státech se staly terčem takového tlaku ze strany ekologických organizací například výrobce cereálií Kellogg, potravinářský koncern Kraft nebo hlavní dodavatel kávy Starbuck.

„GMO-free“ krmiva – hra na slepou bábu

Požadavky na zákazy GMO v potravinách a tím méně na zákaz krmení hospodářských zvířat krmivem obsahujícím GMO jdou nad rámec platné legislativy EU i České republiky. Vyplynávají ryze z ekonomických zájmů obchodních organizací a nemají racionální zdůvodnění z hlediska potravinářské kvality nebo zdravotní nezávadnosti živočišných produktů. Na současné úrovni poznání nelze ani odlišit produkty zvířat krměných krmivem z GMO od zvířat, jež tato krmiva nepřijímala. Dědičná informace rostlin i proteiny, které podle této informace v rostlinách vznikají, jsou při průchodu trávicím traktem živočicha rozkládány natolik, že jejich přítomnost nelze v těle zvířete prokázat, natož pak „ukázat prstem“ a říci: Toto získal živočich z geneticky modifikovaného krmiva!. Stejně tak není možné detekovat dědičnou informaci rostlin či jejich proteiny v živočišných produktech jako jsou vejce nebo mléko. Přitom dědičná informace a proteiny zodpovědné za genetické modifikace představují jen zlomek celkového množství rostlinné dědičné informace a proteinů, jež zvíře s potravou přijímá. Požadavky na značení živočišných produktů garantujících, že k jejich výrobě nebylo použito krmiv z GMO, jsou prakticky jen těžko vynutitelné a jejich případné porušení prakticky nedokazatelné.

Zemědělec se dostává do velmi svízelné situace i tím, že nemá možnost ovlivnit „čistotu“ některých krmiv a údajné garance „GMO-free“ krmiv jsou někdy velmi pochybné. Můžeme si to doložit na situaci trhu se sojovými boby. Dnes představuje sklizeň geneticky modifikované sóji zhruba polovinu celosvětové roční produkce této plodiny. Podíl geneticky modifikované sóji na celkové produkci se liší v jednotlivých regionech (např. v USA činí 54%, v Argentině 80-90%). „GMO-free“ sója je na světových trzích velmi vzácné zboží. Většina sóji na evropském trhu obsahuje větší či menší příměs geneticky modifikované sóji a totéž platí pochopitelně i o sojových šrotech. Ten, kdo za této situace prohlašuje, že jeho produkty s obsahem sóji neobsahují geneticky modifikovanou sóju, se většinou mýlí nebo úmyslně nemluví pravdu. Zemědělec nakupující krmiva tak často hraje s ohledem na obsah GMO v těchto krmivech jakousi „hru na slepou bábu“. Loví v notně kalných vodách a neví, co z nich vytáhne. Na to, aby si prováděl svou vlastní kontrolu, nemá a asi ani nikdy nebude mít prostředky.

Nová legislativa EU závazná i pro Českou republiku určuje, že všechny produkty (ať jsou určeny pro potravinářské nebo krmivářské účely) s příměsí GMO nad 0,9% budou muset být označeny a že identifikační kód bude muset „cestovat“ se surovinou ke zpracovateli a s výrobkem až k prodejci a spotřebiteli. Tím by mělo být jasno, které produkty obsahují GMO a které nikoli.

To ale nezajistí dostatek „GMO-free“ sóji na světovém trhu. Naopak, tím, že producenti sóji „odkryjí karty“ (lépe řečeno . budou k tomu donuceni), se stane více než zjevnou skutečností, že GM-free sója je velmi vzácné zboží vyžadující zvláštní zacházení., např. zajištění, že se nesmí s geneticky modifikovanou sójou ani při skladování či dopravě, což není vzhledem k podílu sil, kam geneticky modifikovaná sója „nesmí“, nijak jednoduché. Produkce takové skutečně „GMO-free“ sóji s veškerými garancemi sice stále roste, ale zdaleka nedosáhne podílu, který by bylo možné z hlediska celkové produkce označit za významný. Rostoucí poptávka s sebou zároveň nese zcela zákonitý vzestup cen, i když na něm se nezanedbatelnou měrou podílí i zvýšení nákladů spojených s produkcí, distribucí a garancí „GMO-free“ sóji.

Statut „GMO-free“ by měly prokázat spolehlivé analýzy. Přitom je důležité, s jakou přesností má být analýza provedena. Garantovat „nulový“ obsah GMO je z ryze technických důvodů nesmysl. Ale čím vyšší je citlivost použitých detekčních metod, tím vyšší jsou i náklady na takovou analýzu. A nejde o částky zanedbatelné. Pohybují se zhruba v rozmezí 200-450 USD za jeden rozbor. Tyto skutečnosti, kromě jiných faktorů, jasně limitují objem „GMO-free“ sóji, který může být produkován.

Někteří odborníci proto zastávají názor, že poptávka po „GMO-free“ produktech vyvolaná obchodní politikou obchodních řetězců a kampaněmi nejrůznějších aktivistů záhy přesáhne reálnou možnost produkce těchto produktů. Ceny skutečně garantovaných „GMO-free“ produktů proto prudce porostou, zatímco „převis“ na trhu s GMO produkty povede naopak k prudkému poklesu jejich cen. To může v konečném důsledku vyvolat rozštěpení trhu s potravinami i krmivými. Na jedné straně tu bude běžný trh s produkty, jež budou obsahovat určité množství GMO nebo nebudou moci stoprocentně garantovat výskyt GMO pod povolenou hranicí. Na druhé straně vznikne elitní trh s „GMO-free“ produkty. Další vývoj bude záležet na tom, nakolik podlehne spotřebitel kampaním proti GMO a kolik bude ochoten za „GMO-free“ potraviny zaplatit. Jak jsme si už ale řekli, současný vývoj na evropském trhu s potravinami naznačuje, že spotřebitel a s ním ani zemědělec možná ani moc na výběr mít nebudou.

Podrobnější informace o genetických modifikacích u rostlin najde zájemce v publikaci Miloše Ondřeje a Jaroslava Drobníka: Transgenozé rostlin, Academia, Praha, 2002.