

Problematika geneticky upravených potravin se v poslední době stala vděčným tématem článků v denním tisku, a to zejména díky diskutovaným možným negativním dopadům na životní prostředí a lidské zdraví. Není proto náhodou, že do programu 18. Pivovarsko-sladařských dnů byla zařazena přednáška odborníka VÚPS zaměřená na některé aspekty genových manipulací při pěstování sladovnického ječmene. Na text přednášky navazuje stať Ing. Doležala, který tuto problematiku pojímá z obecnějšího pohledu.

JEČMEN PRO 21. STOLETÍ: SOUČASNÉ CÍLE GENETICKÉHO INŽENÝRSTVÍ

RNDr. IGOR KRAUS, VÚPS, a.s., Sladařský ústav, Brno

Klíčová slova: genové inženýrství, ječmen, slad, legislativa

1. STRUČNÁ HISTORIE GENETICKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Ačkoliv si to mnohdy neuvědomujeme, základní pilíř pro fascinující technologie genetického inženýrství (terminologicky přesnější, avšak všeobecně nezavedený, je výraz genové manipulace, resp. transgenóze – přenos genů mezi taxonomicky vzdálenými organismy, který by přirozenou cestou nebyl možný; transgenózi vzniklé organismy se rovněž označují jako transgenní nebo transformované organismy) byl položen před 150 lety na Moravě v tehdejší Rakousko-Uhersku. V polovině 19. století v brněnském augustiniánském klášteře zformuloval Johan Gregor Mendel na základě svých rozsáhlých a metodicky obdivuhodně vedených pokusů základní zákony nauky o dědičnosti – genetice. Pravděpodobně z důvodu výrazné nadčasovosti a nepřízní tehdejšího politického a společenského klimatu musely Mendelovy základní genetické zákony „počkat“ na rok 1900, kdy byly „znovuobjeveny“ de Vriesem, Corrensem a Tschermakem. V první polovině 20. století, zmítané světovými válkami, hospodářskou krizí a počínající politickou polarizací světa, se pozvolna soustřeďovaly poznatky pro opravdový boom technologií genetického inženýrství, jehož počátek je datován do roku 1973, kdy byla ve Spojených státech provedena první úspěšná transgenóze. Tomu zákonitě muselo předcházet prokázání funkce DNA (deoxyribonukleové kyseliny) jako genu na přelomu 40. a 50. let, navržení modelu struktury DNA v roce 1953 a rozluštění principu genetického kódu v první polovině 60. let. V roce 1982 se začaly transgenní rostliny pokusně pěstovat a od počátku 90. let se velkoplošně na amerických kontinentech – zvláště v USA a Argentíně – pěstují například transgenní odrůdy kukuřice (tzv. Bt – kukuřice s genem přeneseným z bakterie *Bacillus thuringiensis*), které samy produkují jed pro svého přírodního hmyzího škůdce zavíječe kukuřičného, brambory, které si samy hubí mandelinku bramborovou, rajčata s blokováním tvorby ethylenu a tudíž dozrávající (měknoucí) mnohem pomaleji, nebo odrůdy pšenice, které jsou rezistentní vůči určitému účinnému – údajně dokonale a rychle degradovatelnému – herbicidu; obrazně tedy, po aplikaci tohoto herbicidu „uhyne všechno, jen pšenice zůstane“. Jednou z posledních novinek jsou například transgenní prasata narozená v kanadské univerzitě v Guelphu. Tato tzv. en-

viropigs by neměla tolik zatěžovat životní prostředí, protože jejich močůvka obsahuje až o polovinu méně fosforu. A možná se také již brzy dočkáme třeba modrého bavlníku anebo sladovnického ječmene, který umožní efektivní využívání svého enzymatického potenciálu v procesu sladování a výroby piva.

2. VÝZNAM GENOVÉHO INŽENÝRSTVÍ PRO SLADOVNICKÝ JEČMEN

Proč vlastně používat genové manipulace u sladovnického ječmene a co můžeme od těchto technik očekávat? Především je zde všeobecně známá skutečnost, že ječmen je prastarou kulturní plodinou. Prošel velmi dlouhým obdobím víceméně jednostranně zaměřené selekce, která způsobuje poměrně vysoký stupeň příbuznosti výkonných sladovnických odrůd. Pro dokumentaci nám mohou posloužit odrůdy českého a slovenského původu Akcent, Amulet a Sladko. Ty jsou jen přes jednoho společného předka – odrůdu Salome – spřízněny z 50 %. Nedá se tedy očekávat, že klasickými šlechtitelskými přístupy se dospěje k nějakým zásadním změnám v genetickém založení budoucích odrůd. Genové manipulace nám nabízejí možnost vkládání nových unikátních vlastností do genetického vybavení ječmene.

U sladovnického ječmene jsou v současnosti sledovány tři základní okruhy zájmu o změnu genetické informace, která by mohla být dosažena cestou genových manipulací. Jsou to rezistence k patogenům, rychlá a dokonalá modifikace a senzorická stabilita piva.

Rezistence k patogenům

Jistě není pochyb o nutnosti boje proti konkurentům a patogenům ječmene v jeho kultuře. Způsobů je několik, ale a priori nelze říci, který z nich je nejlepší. Když pomíneme v dnešní době nemyslitelnou „nulovou variantu“ – tedy ponechání všeho na ruce přírody, a druhý extrém, patřící snad nenávratně minulosti, tedy neúměrné zatěžování životního prostředí tunami neselektivních a silně toxických pesticidů, připadají v úvahu dva způsoby, které se vzájemně prolínají. Jednak přístup klasického šlechtění, které má své nezastupitelné místo v tvorbě odrůd, jednak metody genetického inženýrství, jimiž je možné do cílového organismu (ječmene) cíleně vkládat pouze žádoucí vlastnosti, aniž by se současně přenášely vlastnosti nepotřebné, nebo dokonce nežá-

doucí. U ječmene je v současnosti známo asi 10 různých genů rezistence k padlí travnímu, asi 4 geny rezistence k houbě *Rhynchosporium secalis* a 3 geny rezistence ke rzím, které pocházejí často z divokých forem, starých krajových odrůd, ale i z ječmene *H. bulbosum*. Intenzivní výzkum na poli hledání nových genů rezistence probíhá například ve Federálním centru pro šlechtitelský výzkum kulturních rostlin v německém Grünbachu. Je zde dobrý předpoklad k tomu, aby soudobé poznatky o dědičném založení rezistence zejména k významným houbovým chorobám ječmene byly úspěšně využívány v nekonečném boji mezi hostitelem a patogenem. Tyto uvedené přístupy bude pravděpodobně možné kombinovat s případnou rezistencí k herbicidům získanou rovněž cestou genových manipulací.

Rychlá a dokonalá modifikace

Jednou z ostře sledovaných oblastí pivovarského průmyslu jsou biochemické souvislosti mezi odrůdou ječmene a technologickými úseky zpracování ječmene, sladu a piva a rovněž kvalitativními ukazateli konečných výrobků. Velká pozornost byla v posledních 10 – 15 letech věnována enzymům, které patří z pohledu sladařů a pivovarníků k nejdůležitějším a které jsou v průběhu hvozdní a odmutování tepelně inaktivovány. Jedná se především o α -amylasu, β -amylasu a β -glukanasu. Úsilí je v současné době zaměřeno na začlenění genů kódujících termostabilní enzymy do genomu (veškerá buněčná DNA) ječmene. Tyto geny jsou často hledány u mikroorganismů. Jako příklad může posloužit problematika termolability β -glukanasy ječmene. Tento enzym je rozhodujícím činitelem pro hydrolyzu β -glukanů, které tvoří až 75 % hmotnosti buněčných stěn škrobového endospermu. Hydrolyza buněčných stěn je zásadním procesem pro působení α -amylasy, endo- a exopeptidasy a jiných hydrolytických enzymů. β -glukanasa se u ječmene vyskytuje ve dvou izoformách, někdy označovaných jako EI a EII. Izoenzym EI si zachovává 50% míru své původní aktivity po patnáctiminutové expozici při 45 °C, izoenzym EII při 50 °C. Problém inaktivace β -glukanasy vysokou teplotou během hvozdní a rmutování lze řešit následujícími způsoby:

1. Přídavkem termostabilní β -glukanasy purifikované z některých hub nebo bakterií. Zde ovšem hraje svou podstatnou otázku cena takto získaného enzymu a navíc β -glu-

kanasa působí až na varně, nikoli ve sladovně.

2. Použitím kvasinek se začleněným genem pro β -glukanasu. Tím se ovšem řeší pouze obtíže při filtraci piva.

3. Použitím transformovaného ječmene, který obsahuje buď:

- mnohonásobnou kopii vlastního genu pro β -glukanasu, což může výrazně zvýšit celkové množství tohoto enzymu,

- začleněný promotor („spouštěcí gen“) pro α -amylasu ke genu pro β -glukanasu, čímž se zintenzivní syntéza β -glukanasy,

- gen pro termostabilní β -glukanasu, přenesený z mikroorganismu (houba *Trichoderma reesei*, případně složený gen z *Bacillus amyloliquefaciens* a *Bacillus macerans*).

4. Použitím ječmene, který obsahuje cílenou mutaci (změnu) v přirozeném genu pro β -glukanasu ječmene, kterou je dosažena změna v konformaci molekuly tohoto enzymu, vedoucí k její vyšší stabilitě.

Senzorická stabilita piva

V současnosti jsou známy mechanismy tvorby aldehydu *trans*-2-nonenalu, který negativně ovlivňuje senzorickou stabilitu piva. Ten je syntetizován složitou řadou reakcí z lipidů ječmene za účasti lipas a lipoxygenas. Jistou nadějí na řešení této problematiky jsou dnes známé bezlipoxygenasové mutanty sóji. Lze očekávat, že tato vlastnost bude přenesena technikami genových manipulací do genomu ječmene.

3. PROBLÉMY SPOJENÉ S GENOVÝMI MANIPULACEMI

Shromažďování vědeckých poznatků a možností nových technologií na jedné straně a nedostatečná informovanost společně s nemožností absolutně přesných prognóz na straně druhé vyvolávají často až nesmiřitelné diskuse mezi vědci (potažmo představiteli průmyslu) a odpůrci využívání genových manipulací. Určitou skepsi navozuje skutečnost, že poznatky a možnosti graduji ve své hloubce a šířce. Co se nám zdálo před sto lety nepředstavitelné, je dnes na-prosto samozřejmou skutečností, co se zdálo včera jako obtížné řešitelné, má dnes už své řešení, technologie, která je dnes uváděna jako žhavá novinka, je zároveň zastaralá. Máme už i prognózy, které nám reálně slibují, co a kdy bude pro lidstvo použitelné. Bez historické reflexe můžeme snadno podlehnout sebeklamu, že genové manipulace, stejně jako kterékoli jiné technologie, budeme vyvíjet a využívat ku prospěchu lid-

stva, aniž bychom se museli obávat jejich zneužívání. Aby byly progresivní technologie využívány pro lidi a nikoliv proti lidem, je nezbytné nastoupit na absolutně cílevědomou, neúprosnou a nikdy a nikde nekončící cestu, která – tak jak zkušenosti z historie varují – zneužíváním poznatků zabrání. A to i přes pravděpodobně stále platnou pravdu, kterou Hegel výstižně zformuloval do teze: největším ponaučením historie je, že si nikdo žádné ponaučení z historie nevzal. Genové úpravy by neměly nikdy být větším strachem než vývoj a použití jakékoli jiné technologie, která byla doposud vyvinuta a kterou už lidská společnost využívá.

Možná je ještě brzy na bilancování, zatím toho přinesla moderní biologie sice málo, avšak samé užitečné věci. Je samozřejmé, že s přístupem předem prohrané bitvy nemůžeme nahlížet na úsilí, které bylo odstartováno souběžně s první úspěšnou genovou manipulací v roce 1973. A už v téže době vyslovili někteří vědci v prestižním americkém časopise *Science* obavy, že kombinací různých zlomků DNA mohou vzniknout nové, patogenní bakterie a o rok později apelovaly špičky tehdejší molekulární biologie pod vedením Paula Berga ze Stanfordské univerzity na světovou vědeckou komunitu, aby dobrovolně upustila od pokusů s DNA, dokud nebude známo, s jakými riziky jsou spojeny. Snad je to dáno konzervativní mentalitou Evropanů a duchem nemožených možností vznášejícím se nad severoamerickým kontinentem, ale skutečností je, že Evropa se k masovému zavádění transformovaných organismů do průmyslového využívání staví výrazně rezervovaně. Mnozí Evropané dnes genově upraveným potravinám říkají Frankensteinovo jídlo a mluví o biologickém Černobyli. Přestože jde o byznys, v němž se zisky budou počítat ve stovkách miliard dolarů a „urve“ je ten, kdo přijde dřív, Evropská unie se uchýlila k vyčkávací strategii a například přestala schvalovat nové transgenní odrůdy zemědělských plodin, dokud o nich nebude k dispozici více poznatků. Stejně tak se pokouší přibrzdit již rozjetý vlak importu surovin z transformovaných organismů. EU staví na právu svobodné volby spotřebitele a potraviny vyrobené z genově modifikovaných organismů musí nést toto upozornění na svých obalech. V červnu 1999 schválili ministři životního prostředí členských států zpřísnění podmínek přístupu GMO (geneticky modifikované organismy) na trh Evropské unie,

ačkoli dřívější povolení zůstávají v platnosti a osmnáct transgenních plodin, které byly povoleny od prosince 1992 do října 1998, nebude staženo z trhu. Zároveň se zdá, že počáteční americké nadšení z transformovaných plodin, podporované rozhodnutím respektovaného Úřadu pro potraviny a léky (FDA) o nezávadnosti potravin vyrobených z GMO, je tlumeno opatrným a přísným přístupem ze strany EU. Odpůrci geneticky modifikovaných organismů staví svoje od-mítavé argumenty především na tom, že neexistuje dost důkazů o nezávadnosti potravin vyrobených z genově upravených surovin, že se neví, zda genově upravené rostliny nemohou ničit i neškodný hmyz, zda se uměle vložené geny nezačnou šířit do okolí a nezmění rovnováhu v přírodě zejména ve smyslu přenosu odolnosti proti poutníkům na plevel a hmyz, a konečně obávají se vzniku nových druhů bakterií odolných vůči antibiotikům a nových alergenních látek. Paradoxně jim málo vadí masové používání antibiotik, inzulinu, interferonů, protekčních antigenů proti chřipce či hepatitidě B, které jsou vyráběny z transformovaných mikroorganismů. A tak znovu zaznívá volání po nutnosti rozumného spojení redukcionistických a celostních přístupů v bádání. Jen tento krátký výčet v současnosti těžko vyvratitelných rizik jde ruku v ruce s všeobecně málo známou výraznou prioritou EU, která se týká ochrany genofondu (veškeré přírodní dědictví genů, tedy i zdánlivě nepotřebných, které jsou obsaženy například i v plevelných rostlinách) jako neobnovitelného zdroje.

Vraťme se ale ještě k hrozbě možného zneužití poznatků molekulární biologie. Jakkoliv výtečně jsme se po půl století trvající plundrování svobodného myšlení za pouhé jedno desetiletí nezralé české demokracie naučili na tento systém nadávat – a nemysleme si, že Němec, Angličan nebo Francouz neumí spílat své vládě – je zjevné, že prostředí svobodného, a tedy kultivovaného myšlení v demokratickém systému je nejúčinnější, i když patrně ne absolutní zábranou proti zneužívání vědeckých poznatků. Doufáme, že tokem času jsou snad již nenávratně smyty historické excesy v podobě nacistického zneužití eugeniky nebo lysenkovských myšlenkových šarád, které ve svých realizacích uvrhly do neštěstí miliony lidských osudů.

*Zpracováno podle přednášky na 18. P-S dnech, říjen 1999, Průhonice
Do redakce došlo 18. ledna 2000*