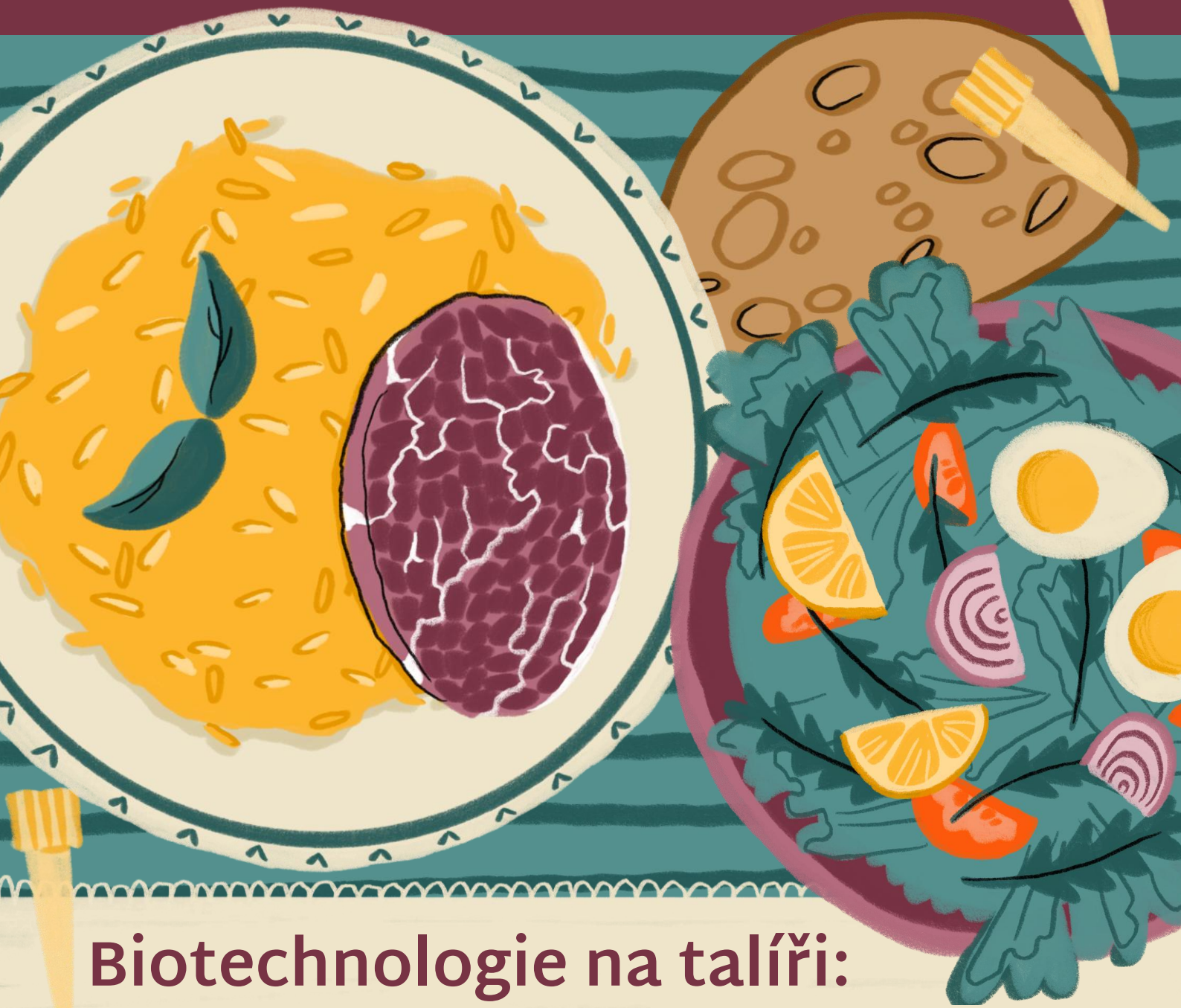
BIOTRIN

Speciální vydání Světa biotechnologií



Biotechnologie na talíři:

Budoucnost našich jídelníčků leží v laboratoři

Proč jít cestou biotechnologie | Mikroorganismy v potravinářství | Kultivované potraviny

WWW.BIOTRIN.CZ

LISTOPAD 2025

OBSAH

ÚVOD 03

PROČ JE DŮLEŽITÉ IMPLEMENTOVAT BIOTECHNOLOGICKÝ POKROK DO ZEMĚDĚLSTVÍ A POTRAVINÁŘSTVÍ? 04

MIKROORGANISMY A JEJICH VYUŽITÍ V POTRAVINÁŘSTVÍ 06

GENETICKY MODIFIKOVANÉ PLODINY 12

KULTIVOVANÉ POTRAVINY BRZY NA NAŠICH TALÍŘÍCH 18

VÝZKUM BIOTECHNOLOGIÍ V ČR A VÝZNAMNÉ ČESKÉ OBJEVY 19

ZÁVĚR 24

ZDROJE 26

BIOTRIN

EDITOŘI:

Ing. Simona Lencová, Ph.D.
VŠCHT PRAHA

RNDr. Slavomír Rakouský, CSc.
JU V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

AUTOŘI TEXTU:

Ing. Tereza Branyšová, Ph.D.
MBÚ AV ČR

Ing. Kristýna Kliková
VŠCHT PRAHA

Ing. Václav Peroutka
VŠCHT PRAHA

Ing. Kamila Zdeňková, PhD.
VŠCHT PRAHA

Ing. Hana Michova, Ph.D.
VŠCHT PRAHA

AUTORKA ILUSTRACÍ A GRAFICKÉ PODOBY:

Ing. Barbora Hošková
VŠCHT PRAHA

ÚVOD

Představte si, že vaše ranní cereálie obsahují vitamíny vyrobené mikroorganismy místo chemickou syntézou. Že krajíc chleba vydrží déle čerstvý díky speciálním enzymům a jogurt chutná po vanilce získané z recyklovaného plastu. Ještě před pár lety by to bylo těžko představitelné, dnes se však tato **řešení stávají realitou** – a pracují na nich i české výzkumné týmy a firmy.

Za těmito nápady ale nestojí jen snaha o nové chutě či trvanlivější potraviny. Hlavním motorem je potřeba reagovat na zásadní změny, které ovlivňují celý svět – s rostoucí světovou populací, **klimatickými změnami** a potřebou **udržitelného rozvoje** musíme nakrmit více lidí na stejné ploše půdy, a přitom snížit environmentální dopady zemědělství a přizpůsobit produkci měnícímu se klimatu.

Tradiční způsoby už na takové výzvy nestačí. Odpovědí jsou inovativní řešení, která mají mnoho podob. Patří mezi ně mikroorganismy, které dokáží vyrobit vitamíny, enzymy či aromata, plodiny, které přežijí sucho i extrémní teplo anebo maso vypěstované v laboratoři.

To vše ukazuje, že **biotechnologie v potravinářství** už dávno nejsou jen vizí budoucnosti, ale konkrétními řešeními, která postupně mění to, co jíme i jak jídlo vzniká. Náš bulletin vás provede nejzajímavějšími trendy i konkrétními příklady z laboratoří a firem – a ukáže, jak se vědecké poznatky mění v řešení, která mohou ovlivnit budoucnost našeho jídelníčku.

PROČ JE DŮLEŽITÉ IMPLEMENTOVAT BIOTECHNOLOGICKÝ POKROK DO ZEMĚDĚLSTVÍ A POTRAVINÁŘSTVÍ?

Zajištění dostatečného množství kvalitních potravin je jednou z největších výzev 21. století. Tradiční zemědělství, postavené na intenzivním využívání půdy, vody a chemických prostředků, jako jsou pesticidy či hnojiva, naráží na své limity. Měnící se klima, degradace půdy a klesající biodiverzita snižují schopnost současných systémů udržet **dlouhodobě stabilní** produkci. Biotechnologie proto představují klíčový nástroj, jak tuto situaci řešit a proměnit způsob, jakým jsou produkovány a zpracovávány potraviny.

Už dnes se ukazuje, že biotechnologie dokážou zvýšit výnosy a zároveň snížit environmentální dopady. Genetické modifikace (GM) umožňují vyvinout plodiny, které jsou odolnější vůči suchu, zasolení půdy či chorobám a zároveň vyžadují méně pesticidů. Například **Bt-kukuřice** nebo **Bt-bavlna** vedly ke snížení spotřeby insekticidů o stovky milionů kilogramů, a tím přispěly nejen k vyšší produktivitě, ale i k ochraně životního prostředí. Globální analýzy ukazují, že pěstování GM plodin **zvýšilo výnosy** v průměru o více než 20 % a přineslo farmářům až o dvě třetiny vyšší zisk. Tyto technologie navíc pomáhají snižovat emise skleníkových plynů – úspora paliva a lepší hospodaření s půdou odpovídají tomu, jako bychom každoročně odstranili z provozu miliony automobilů.

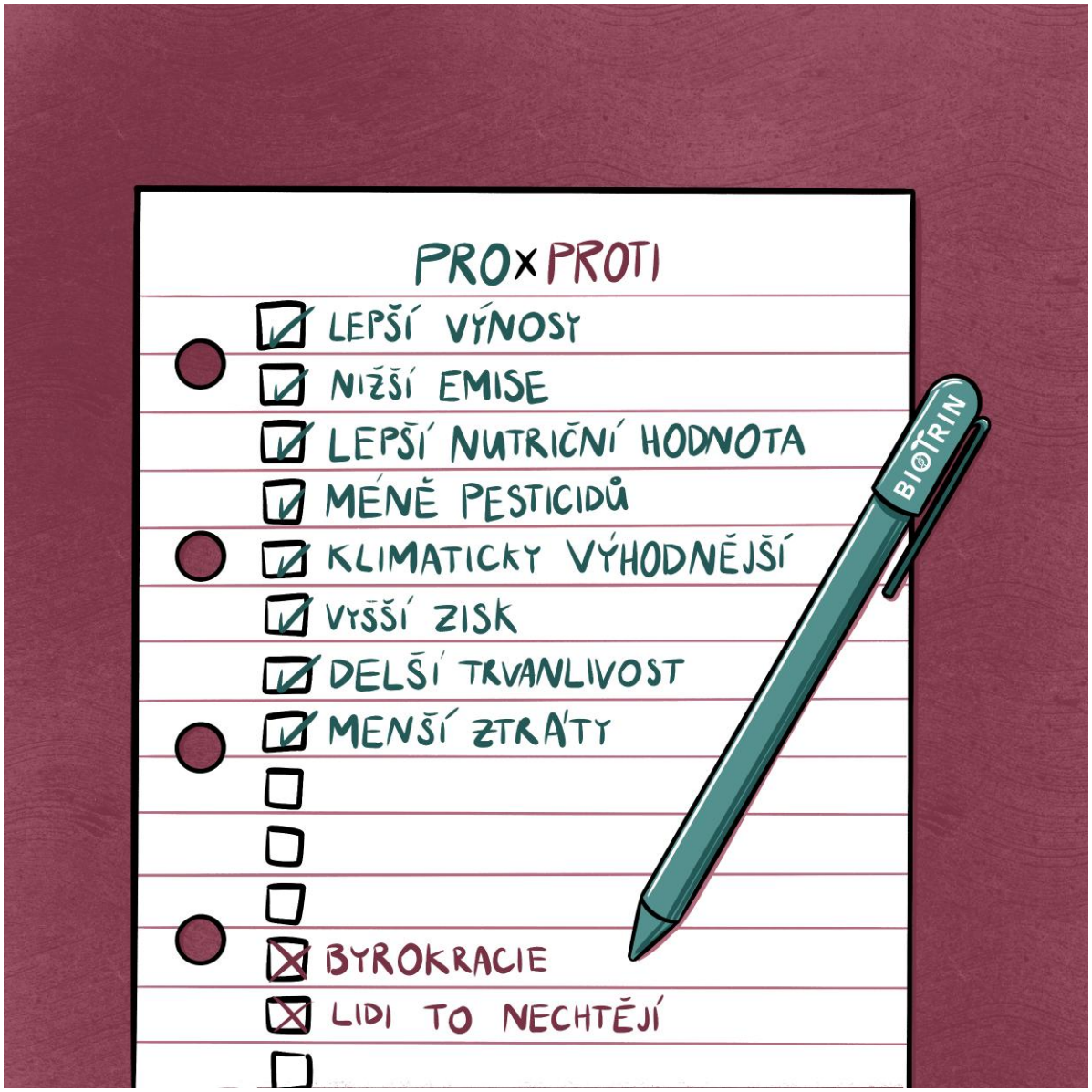
Vedle produktivity je důležitým přínosem také výživa. Biotechnologicky vylepšené plodiny mohou být cíleně obohaceny o vitamíny či bílkoviny. Známými příklady jsou **„zlatá rýže“** s vyšším obsahem beta-karotenu nebo **Protato**, odrůda brambor s větším množstvím esenciálních aminokyselin. Takové inovace mají zásadní význam zejména v regionech, kde lidé trpí podvýživou a kde základní potraviny tvoří většinu jejich jídelníčku.

Neméně podstatný je fakt, že biotechnologie mohou pomoci reagovat na klimatické změny. Podle studií lze očekávat, že už v příštích desetiletích dojde u mnoha klíčových plodin ke snížení výnosů až o desítky procent vlivem extrémních teplot a nepravidelných srážek. Biotechnologicky šlechtěné rostliny s vyšší tolerancí vůči těmto stresům proto představují zásadní nástroj, jak zachovat **stabilní produkci** potravin i v měnících se podmínkách.

Biotechnologie však nemění jen samotné zemědělství, ale i potravinářství. Geneticky upravené mikroorganismy se dnes využívají k výrobě enzymů, které zlepšují procesy ve výrobě sýrů, pečiva nebo vína. GM kvasinky mohou například snížit kyselost vína či přidat **nové aromatické tóny**. Díky těmto inovacím vznikají potraviny s delší trvanlivostí, lepší chutí a menšími ztrátami v celém dodavatelském řetězci.

Propojení biotechnologií s cíli udržitelného rozvoje OSN je zřejmé. Cíl **„zero hunger“** usiluje o odstranění hladu a zajištění potravinové bezpečnosti, ale zároveň musí brát v úvahu cíle spojené s ochranou klimatu, zdravím a životem na souši a ve vodě. Uvádí se, že ani čistě organické zemědělství, ani konvenční chemicky intenzivní praxe **nejsou dlouhodobě dostačující**. Cestu vpřed tak vidí ve spojení organických metod s GM plodinami, které nevyžadují chemické prostředky, a přitom dosahují vysokých výnosů.

Implementace biotechnologického pokroku do zemědělství a potravinářství tedy není jen možností, ale v dnešní době spíše nutností. Umožňuje produkovat více potravin na stejném množství půdy, snižuje závislost na škodlivých agrochemikáliích, přispívá k ochraně klimatu a biodiverzity a zároveň nabízí řešení pro lepší výživu miliard lidí. Pokud chceme, aby naše budoucnost na talíři byla **bezpečná, kvalitní a udržitelná**, musíme dát biotechnologiím v zemědělské a potravinářské praxi pevné místo.



MIKROORGANISMY

Mikroorganismy dnes stojí v popředí výše zmíněných inovativních směrů, jak zajistit dostatečnou a kvalitní produkci potravin a základních potravinářských surovin. Zatímco v minulosti byly mikroorganismy vnímány především jako původci nemocí či materiálních škod, dnes je dobře známo, že jsou našimi **klíčovými spojenci** v oblasti potravin, výživy a zdraví. Mikroorganismy výrazně ovlivňují podobu našeho jídelníčku, protože nám umožňují efektivněji a udržitelněji získávat různé složky potravy a zároveň tak zlepšovat chuť, výživovou hodnotu i trvanlivost potravin. Mimo jiné je lze využít k produkci žádoucích enzymů, vitamínů, aromat a nutraceutik.

Enzymy a proteiny

Význam a využití **enzymů** (proteinů s biokatalytickou funkcí) v potravinářství neustále roste. Zatímco dříve byly enzymy získávány převážně extrakcí ze živočišných a rostlinných zdrojů, v posledních desetiletích začala převažovat jejich produkce pomocí mikroorganismů, což je ekonomicky, technologicky i eticky výhodnější.

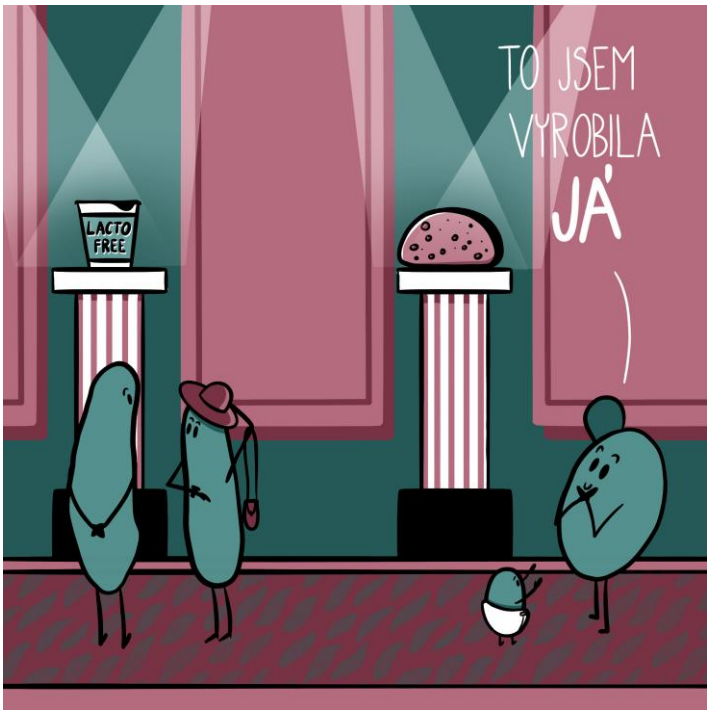
V současnosti se stále více uplatňuje využívání GM mikroorganismů, jejichž enzymové produkty umožňují cílenou a vysoce efektivní výrobu. Produkce průmyslových enzymů dnes probíhá téměř výhradně tímto způsobem a její bezpečnost je přísně posuzována například Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA) a Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv USA (FDA), které dohlížejí na to, aby finální produkty neobsahovaly živé GM organismy ani jejich genetický materiál.

Souběžně s důsledným posuzováním bezpečnosti se rozvíjejí také moderní technologické přístupy. K produkci potravinářských enzymů jsou využívány především metody, které umožňují cílené vložení požadovaných genů do mikroorganismů, čímž lze získat nové kmeny a podle potřeby modifikovat vlastnosti enzymů, aniž by docházelo k tvorbě nežádoucích vedlejších produktů. V praxi se potom používají jak rozpustné, tak imobilizované enzymy, přičemž imobilizace dovoluje jejich opakované nasazení v kontinuálních výrobních procesech, což snižuje náklady a zvyšuje stabilitu produktu. Na trh jsou enzymy uváděny v různých formách, nejčastěji tekutých, aby se minimalizovala jejich prašnost, a tím i riziko alergických reakcí.

Jako hostitelé se nejčastěji používají **bakterie** (*Escherichia coli*, druhy rodu *Bacillus*), kvasinky (*Kluyveromyces lactis*, *Saccharomyces cerevisiae*) a vláknité houby (*Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Trichoderma reesei*). Bakterie umožňují jednoduchou a levnou genetickou manipulaci, zatímco vláknité houby jsou vhodnější pro produkci složitějších proteinů, protože zajišťují jejich správné skládání i posttranslační úpravy. U geneticky upravených mikroorganismů se záměrně posiluje genová exprese (např. vložením více kopií genu), stále častěji s využitím moderních technik, jako je technologie CRISPR/Cas9, poskytujících přesné editace genomu i odstranění nežádoucích vlastností.

GM mikroorganismy umožňují produkci široké škály enzymů využívaných v potravinářství – od tradičních amylas, proteas a lipas, přes antimikrobiální enzymy (lysozym, nisin) až po proteinová sladidla (steviol glykosidy, monellin).

Největší význam v potravinářství mají enzymy **glukosidasy**. Typickým příkladem je α-amylasa izolovaná z *Bacillus licheniformis*, přičemž její GM varianty fungují efektivněji při nízkém pH, což je výhodné pro výrobu glukózových a maltózových sirupů. V tomto případě α-amylasa štěpí škrob na jednodušší cukry, které slouží jako základ pro produkci sirupů. Současně nachází uplatnění v pekařství, kde zlepšuje kynutí těsta,



chuť i trvanlivost pečiva, a v pivovarnictví, kde pomáhá rozkládat škrob ze sladu na fermentovatelné cukry využívané kvasinkami při tvorbě alkoholu. GM **xylanasy** pak zlepšují rozklad hemicelulóz, a tím přispívají ke zvýšení objemu bochníků chleba, zatímco **glukanasy** z *Bacillus* spp. díky vyšší termostabilitě nacházejí uplatnění při výrobě sladových extraktů v pivovarnictví. Významnou roli hrají i enzymy štěpící disacharidy. Příkladem je GM **invertasa** z kvasinky *S. cerevisiae*, jejíž mutanty se využívají při výrobě čokoládových náplní a cukrovinek. V mlékárenském průmyslu je zásadní zisk **β-galaktosidasy** (laktasy), která umožňuje produkci bezlaktózových mléčných výrobků.

Proteasy naopak hrají klíčovou roli při zlepšování chuti, textury a funkčních vlastností sýrů, masa i pečiva, přičemž genetické úpravy významně zvyšují jejich účinnost a rozšiřují aplikační možnosti. GM **metaloproteasy** z *Aspergillus* se uplatňují při výrobě Z-aspartamu – nízkoenergetického sladidla, které je přibližně 200krát sladší než cukr a je široce využíváno k doslazování potravin a nápojů, jako jsou dezerty, žvýkačky či nápoje se sníženým obsahem kalorií.

Lipasy patří k nejrozšířenějším biokatalyzátorům pro úpravu tuků a olejů. GM lipasa A z *Bacillus subtilis* se v pekařství používá ke zlepšení struktury, konzistence a aroma chleba. Varianta T1 lipasy, původně identifikovaná u *Geobacillus zalihae* a následně rekombinantně produkovaná v *E. coli*, byla navržena pro zlepšení chuti mléčných výrobků díky cílené tvorbě mastných kyselin s krátkým řetězcem.

Vedle těchto hlavních skupin existují i **specializované enzymy**, kde jsou významné především GM fytasy získané z *A. niger*, které zvyšují biologickou dostupnost minerálů, zejména fosforu, zinku a vápníku, a tím zlepšují nutriční hodnotu obilnin a luštěnin. Kromě toho byly navrženy enzymy pro zlepšení chuti citrusových šťáv (α-L-rhamnosidasa z *A. niger*), pro úpravu struktury škrobů či pro stabilizaci vitamínu C v nápojích a potravinových doplňcích, kde pomáhají prodloužit jejich trvanlivost a zachovat nutriční hodnotu.

Jiným příkladem je **lysozym** (E1105), antimikrobiální enzym, který se tradičně získává

z vaječného bílku. Tento postup je však značně technologicky složitý, a navíc s sebou nese riziko alergenních reakcí. Proto se v posledních letech hledají alternativní způsoby jeho výroby pomocí mikroorganismů. Úspěšně byl exprimován například v plísni *A. niger* nebo u kvasinek *K. lactis*, *Komagataella pastoris* (dříve *Pichia pastoris)* či *Saccharomyces pastorianus*. Tyto systémy tak představují reálnou alternativu k izolaci lysozymu z vajec bez alergenních reakcí.

Velmi zajímavý příklad představuje **nisin**, antimikrobiální peptid používaný jako konzervant (označovaný kódem E234). Nisin je přirozeně produkován bakterií *Lactococcus lactis* a tradičně se získává především fermentací mléčné syrovátky. Moderní genetické přístupy umožnily výrazně zlepšit produkční parametry a u geneticky upravených kmenů bylo dosaženo výrazně vyšších výnosů.

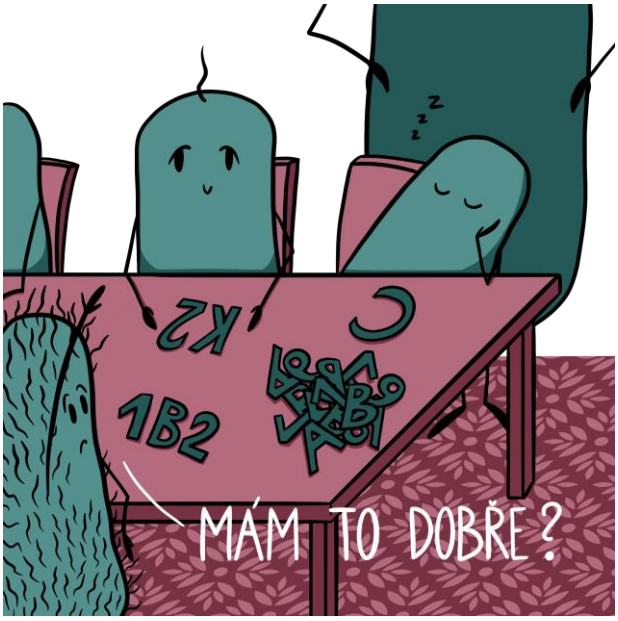
Kromě toho lze mikroorganismy využít i pro zvýšení produkce požadovaných proteinů. Jedním z dosud nejúspěšnějších řešení nedostatku bílkovin se staly **mykoproteiny**, známé jako **Quorn**, vyráběné fermentací houby *Fusarium venenatum*. Tento produkt je bohatý na bílkoviny, vlákninu a má nízký obsah tuku. Dnes se při výrobě podobných alternativ masa stále častěji využívají právě **GM mikroorganismy**, které umožňují zvýšit výtěžnost a zlepšit nutriční vlastnosti. Díky kombinaci biotechnologie a potravinářství se tak mikroorganismy stávají klíčovým nástrojem pro tvorbu udržitelných a chutných náhražek masa.

Vitamíny

Produkce vitamínů pomocí mikrobů představuje moderní a udržitelnou alternativu k tradiční chemické syntéze nebo k izolaci z rostlinných a živočišných zdrojů. Díky možnostem moderních biotechnologií a genetických modifikací lze zvyšovat výtěžky, snižovat náklady a vyrábět produkty s vysokou čistotou. Tento přístup má velký význam zejména u vitamínů, jejichž syntéza v lidském organismu není možná, a které musí být doplňovány potravou.

Typickým příkladem úspěšné mikrobiální produkce je **vitamín B12 (kobalamin)**, jehož průmyslová výroba je založena výhradně na fermentaci bakterií. Tento vitamín je nezbytný pro lidský organismus – podílí se na tvorbě červených krvinek, syntéze DNA a správném fungování nervové soustavy, přičemž člověk si jej sám nedokáže syntetizovat a musí jej přijímat potravou. Hlavními producenty jsou *Pseudomonas denitrificans* a *Propionibacterium freudenreichii* (dříve *P. shermanii*). Moderní biotechnologie, zejména genové inženýrství, umožňují tyto mikroorganismy dále upravovat, zvyšovat jejich výtěžnost a využívat levné substráty či odpadní materiály.

Dalším významným příkladem je **vitamín K2 ve formě menachinonu-7 (MK-7)**, který je přirozeně produkován zejména kmenem *B. subtilis*. Tento vitamín hraje klíčovou roli v lidském zdraví – podílí se na správném ukládání vápníku do kostí a zubů a současně přispívá k ochraně cév před kalcifikací, čímž podporuje prevenci osteoporózy i kardiovaskulárních onemocnění. Díky své vysoké



biologické dostupnosti je MK-7 velmi ceněn a poptávka po něm neustále roste. K vyšší efektivitě přispívá genetické inženýrství, které umožňuje cíleně odstraňovat geny zodpovědné za degradaci produktu a současně posilovat dráhy syntézy MK-7.

Riboflavin (B2) se dnes vyrábí téměř výhradně mikrobiální cestou, a to pomocí houby *Ashbya gossypii* a GM kmenů *B. subtilis*. Tento vitamín je nezbytný pro energetický metabolismus, protože slouží jako prekurzor koenzymů FAD a FMN, které se účastní řady oxidačně-redukčních reakcí. **Kyselina listová (B9) a biotin (B7)** jsou produkovány bakteriemi, jako jsou *L. lactis*, *E. coli* nebo *B. subtilis*, přičemž cílené genetické úpravy zvyšují jejich výtěžnost, a tím i dostupnost pro potravinářské využití. Zkoumána je rovněž mikrobiální výroba **niacinu (B3)**, důležitého pro fungování koenzymů $NAD^+/NADP^+$, i když v tomto případě zatím stále převládá chemická syntéza.

Velká pozornost je věnována také **vitamínu C (kyselině L-askorbové)**, který je důležitý pro imunitní systém, syntézu kolagenu a ochranu buněk před oxidačním stresem. Tradiční chemická výroba je dnes postupně nahrazována biotechnologickými metodami využívajícími bakterie *Gluconobacter oxydans* a *Ketogulonicigenium vulgare*. Zavedení GM kmenů navíc umožňuje zjednodušit výrobu na jednokrokové procesy, které jsou levnější, efektivnější a šetrnější k životnímu prostředí.

Zajímavá je také výroba **vitamínu A a karotenoidů** (například β-karotenu, astaxanthinu). Tyto látky působí jako antioxidanty, podporují imunitní systém a v případě β-karotenu také slouží jako provitamín A, důležitý pro zrak a správný růst. Přirozeně jsou syntetizovány mikrořasami, jako je *Dunaliella salina* a *Haematococcus pluvialis*, avšak jejich produkce byla úspěšně převedena i do GM bakterií (*E. coli*) a kvasinek (*S. cerevisiae*). Pokročilé genetické a biotechnologické úpravy umožňují získávat specifické karotenoidy ve vysoké kvalitě, která odpovídá průmyslovým požadavkům.

Aromata a chutě

Mezi nejznámější aromata patří **vanilin**, který je klíčovou složkou široce využívanou v potravinářství díky své typické sladké chuti a vůni. Ačkoli přírodní vanilka pochází z lusků orchidejí rodu *Vanilla*, tímto způsobem se získává méně než 1 % světové produkce. Většina vanilinu se vyrábí chemicky, což sice pokrývá poptávku, ale neodpovídá rostoucímu zájmu spotřebitelů o přírodní produkty. Významný pokrok přinášejí moderní biotechnologické a genetické přístupy, které umožňují zavedení nových biosyntetických drah do bakteriálních i kvasinkových hostitelů. Optimalizace metabolických cest, využití levných substrátů a vývoj mikrobiálních produkčních kmenů vedly k výraznému zvýšení výnosů.

Významným přínosem je geneticky upravená kvasinka *S. cerevisiae* využívající tzv. systém MARE (Minimal Aromatic Aldehyde Reduction). Díky odstranění enzymů redukujících vanilin a posílení syntetické dráhy se podařilo dosáhnout rekordní produkce až 365 mg/l vanilinu z glukózy, což představuje dosud nejvyšší známý výtěžek z jednoduchého sacharidu. Tento úspěch ukazuje, že běžně používané potravinářské mikroorganismy lze přetvořit na vysoce efektivní výrobce aromatických látek. Další inovativní přístup představili vědci z Edinburské univerzity, kteří využili GM bakterii *E. coli* k přeměně **kyseliny tereftalové**, vznikající při rozkladu PET plastů, právě na vanilin. Tento průlomový objev otevírá možnost spojit řešení problému plastového odpadu s produkcí vysoce ceněného aromatu a zároveň tak představuje atraktivní příklad principu cirkulární ekonomiky.

Vedle bakteriálních a kvasinkových systémů se jako perspektivní alternativa začínají zkoumat také **fotosyntetické mikrořasy**. Tyto organismy mají schopnost fixovat oxid uhličitý, a tím snižovat uhlíkovou stopu výroby, což naznačuje významný ekologický potenciál. Ačkoli jsou zatím ve srovnání s nefotosyntetickými mikroorganismy méně prozkoumány, představují slibnou cestu k budoucí udržitelné biotechnologické produkci vanilinu.

Dalším příkladem látek ovlivňujících chuť, které lze produkovat pomocí GM mikroorganismů, jsou **steviol glykosidy** – sladidla ceněná pro vysokou sladivost a nulovou energetickou hodnotu. Přestože se původně extrahovaly přímo z listů *Stevia rebaudiana*, tento způsob produkce byl nákladný, závislý na klimatických podmínkách a obtížně rozšiřitelný. Moderní přístup proto využívá GM mikroorganismy, například *E. coli*, *B. subtilis* nebo kvasinky *S. cerevisiae*, které byly vybaveny biosyntetickými drahami umožňujícími efektivní produkci steviol glykosidů. Tento biotechnologický postup poskytuje stabilní a udržitelný zdroj sladidel, která jsou vnímána více jako přírodní a splňují rostoucí poptávku po zdravějších alternativách cukru.

V neposlední řadě stojí za zmínku **nootkaton** - významná bioaktivní látka charakteristická svou intenzivní grapefruitovou vůní a chutí. V přírodě se vyskytuje jen ve stopových množstvích, zejména v grapefruitu, což dlouhou dobu činilo jeho průmyslové využití velmi drahým a omezeným. Biotechnologická produkce s využitím GM kvasinek, jako například *S. cerevisiae* či *Yarrowia lipolytica*, umožnila překonat tento limit. Zavedením a optimalizací terpenoidních biosyntetických cest dokážou tyto mikroorganismy produkovat nootkaton ve výrazně vyšších koncentracích. Díky tomu se otevírá možnost jeho širšího uplatnění především v nápojovém a cukrovinkovém průmyslu.

Nutraceutika

Mikroorganismy představují zároveň stále významnější zdroj nutraceutik, která nacházejí uplatnění především v prevenci a podpoře zdraví.

Typickým příkladem jsou **omega-3 mastné kyseliny (DHA/EPA)**, které lze získávat z mořských mikrořas, například z rodu *Schizochytrium*. Tyto řasy přirozeně syntetizují vysoký podíl polynenasycených mastných kyselin, a proto jejich produkce často nevyžaduje genetické modifikace. V posledních letech se však úspěšně využívají i GM kvasinky a bakterie, které dokážou produkovat omega-3 mastné kyseliny efektivněji a z levnějších substrátů. Oleje z mikrořas jsou považovány za ekologickou a bezpečnou alternativu rybího oleje – srovnatelnou z hlediska biologické dostupnosti, ale s menším rizikem kontaminace a vyšší udržitelností. EFSA navíc schválila jejich použití v kojeneckých a dětských výživách, což potvrzuje jejich zdravotní nezávadnost.

Do této skupiny patří také **ergothionein (EGT)**, nízkomolekulární antioxidant, o jehož průmyslovou výrobu je v posledních letech rostoucí zájem. GM houby a bakterie, jako jsou *B. licheniformis* či *E. coli*, umožňují dosahovat podstatně vyšších výtěžků a produkovat EGT v koncentracích odpovídajících průmyslovým požadavkům. Podobně **beta-glukany**, známé především z kvasinek, hub a obilovin, jsou ceněny pro své imunomodulační účinky a schopnost působit jako funkční vláknina. Nové klinické studie navíc potvrzují jejich přínos pro snížení únavy, zlepšení nálady a podporu střevního zdraví. Vedle tradičních zdrojů se proto zkoumá i jejich produkce pomocí mikrobiálních kmenů cílených na vyšší obsah specifických typů (např. 1,3- či 1,6-β-glukanů).

Mezi neobvyklé, avšak neméně zajímavé přístupy patří i využití **kyseliny γ-aminomáselné (GABA)**, kterou přirozeně syntetizují laktobacily a kefírové kultury během jejich fermentace. GABA hraje důležitou roli v lidském těle především v komunikaci mezi střevem a mozkem a její produkce probiotickými mikroby je spojována se zlepšením psychického zdraví a snížením stresu či úzkosti. K jejímu získávání lze využít jak přirozené producenty, tak i GM kmeny se zvýšenou schopností biosyntézy, které umožňují výrobu funkčních potravin obohacených o tuto látku.

GM mikroorganismy se v potravinářství již osvědčily jako cenný nástroj, který umožňuje **výrobu kvalitnějších a dostupnějších potravin**. Současně však nacházejí široké uplatnění také v produkci průmyslově i medicínsky významných látek – od průmyslově využívaných enzymů, bioplastů až po léčiva a bioaktivní sloučeniny. Jejich využití se stalo standardem v mnoha biotechnologických odvětvích a významně přispívá k udržitelné a efektivní výrobě. Do budoucna lze předpokládat, že se uplatnění GM mikroorganismů bude dále rozšiřovat nejen v průmyslu, ale také v **ochraně životního prostředí** (bioremediace, recyklace odpadů), v **zemědělství** (biohnojiva, ochrana rostlin), či ve **zdravotnictví** (cílené terapie, nové vakcíny). Velký potenciál má i propojení genetického inženýrství s nástroji umělé inteligence, což v blízké budoucnosti může umožnit rychlejší a přesnější vývoj mikroorganismů navržených na míru konkrétním potřebám.

GENETICKY MODIFIKOVANÉ PLODINY

Moderní biotechnologické přístupy se zaměřují nejen na mikroorganismy, ale i vyšší organismy, především rostliny. GM plodiny představují významný pokrok v moderním zemědělství a během posledních desítek let se staly běžnou součástí světového zemědělství, a tedy i krmiv hospodářských zvířat a potravin. Hlavním cílem genetických úprav zemědělských plodin je zpravidla **zvýšení odolnosti rostlin** vůči chorobám, škůdcům a stresovým podmínkám prostředí, dále **zlepšení výnosu**, **prodloužení trvanlivosti** po sklizni a **obohacení nutričních vlastností** užitkových částí, např. plodů. K dosažení těchto vlastností se nejčastěji využívají již zavedené techniky genových úprav založených na procesu transgenoze, ale i pokročilé metody genové editace, jako jsou CRISPR/Cas9 a TALEN, které umožňují přesné a cílené zásahy do rostlinného genomu bez nutnosti vnášení cizí DNA. Tyto metody otevírají nové možnosti pro šlechtění plodin, které lépe odpovídají požadavkům udržitelného zemědělství i spotřebitelským preferencím. Následující odstavce jsou zaměřeny na hlavní zemědělské plodiny, s nimiž se běžně setkáváme, a jejich genetické úpravy **(Tabulka 1)**, které jsou z hlediska českého zemědělství nejzajímavější a nejnadějnější z hlediska uplatnění v budoucí praxi.

Brambory

Brambory jsou celosvětově **čtvrtou nejpěstovanější plodinou**. Jejich obliba spočívá nejen ve vysokých výnosech, ale také v nenáročnosti na pěstební podmínky. Na rozdíl od jiných plodin, jako je pšenice či rýže, poskytují brambory vyšší produkci sacharidů, bílkovin, minerálů a vitamínů na hektar. Díky tomu mají zásadní význam zejména v oblastech s nedostatkem potravin. Navíc mají brambory širokou genetickou základnu díky existenci četných planých příbuzných druhů, které přirozeně nesou geny odolnosti vůči chorobám a stresům prostředí.

Pěstování brambor je však spojeno s řadou problémů. Rostliny jsou velmi náchylné k chorobám, škůdcům a abiotickým stresům. Největší hrozbou je plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*), proti níž se běžně používají fungicidy, což není v souladu s principy udržitelného zemědělství. Kromě toho napadají brambory i další druhy plísní způsobující např. alternáriovou skvrnitost a strupovitost hlíz, ale také viry, jako Y virus bramboru (Potato virus Y, PVY). I v boji proti těmto nepříznivým vlivům se uplatňují moderní biotechnologické přístupy, které nám dodávají naději na udržení produkce i v příštích desetiletích. Prostřednictvím editace genomu se již podařilo zvýšit odolnost brambor jak vůči výše zmíněným biologickým činitelům, tak i vůči suchu a zasolení. Výnos, resp. ekonomický přínos, se povedlo zvýšit **vyřazením genu polyfenoloxidasy**, která je zodpovědná za výskyt tmavých skvrn na hlízách. Z pohledu průmyslu je zajímavá modifikace měnící složení škrobu v hlízách. Za normálních okolností obsahují hlízy kromě průmyslově využitelného amylopektinu také nevyužitelnou amylosu. Editací syntasy škrobu vznikla odrůda brambor produkující pouze amylopektin umožňující 100% využití hlíz. Z pohledu spotřebitele je pak významná mutace genu *Vlnv*, vedoucí ke **snížení produkce rakovinotvorného akrylamidu** při potravinářském zpracování hlíz.

Kukuřice

Kukuřice je jednou z nejvýznamnějších zemědělských plodin na světě. Slouží nejen jako **základní potravina**, ale také jako krmivo pro hospodářská zvířata a surovina pro průmyslové využití. Její výnosnost, adaptabilita na různé klimatické podmínky a **široké využití** ji činí klíčovou plodinou pro celosvětové zajištění potravinových zdrojů. Kukuřičné zrno je bohaté na sacharidy, ale má nízký obsah některých esenciálních aminokyselin, což snižuje jeho nutriční hodnotu.

Podobně jako brambory je kukuřice náchylná na různé patogeny. Mezi nejzávažnější choroby patří severní skvrnitost listů způsobená houbou *Exserohilum turcicum*, která může snížit výnos až o 50 %. Výměnou citlivé alely genu *nlb18* za alelu rezistentní vznikla odrůda kukuřice, která je vůči této houbě odolná. Dalším velkým problémem je sucho, které v důsledku klimatických změn stále častěji ohrožuje úrodu. Zde pomáhá editace genu *argos8* zapojeného do citlivosti vůči ethylenu. Z nutričních vlastností byl v zrnech např. úspěšně zvýšen obsah lysinu a snížen obsah fytátu. Co se týče průmyslového využití, mutacemi *wx* genu se podařilo zvýšit výnos **odrůdy waxy**, jejíž zrna obsahují výhradně průmyslově využitelný amylopektin.

Pšenice

Pšenice je jednou z nejrozšířenějších a nejdůležitějších zemědělských plodin na světě. Slouží jako **základní potravina** pro více než třetinu světové populace a podobně jako kukuřice má její pěstování zásadní význam pro globální zabezpečení výživy. Pšenice je ceněna pro svou výživovou hodnotu, univerzální využití v potravinářství a schopnost růstu v různých klimatických podmínkách. Klíčovými faktory efektivity pěstování je podobně jako u dalších plodin odolnost vůči chorobám, výnosnost a kvalita zrna.

Nejvýznamnějším problémem, jemuž současná produkce čelí, je houbová choroba pšenice zvaná padlí, která způsobuje žloutnutí listů, zpomalení růstu a výrazné ztráty úrody. Odolnost pšenice se povedlo zvýšit vyřazením negativního regulátoru obranyschopnosti proti padlí (MLO). Dalším problémem je předčasné klíčení zrna na poli, zejména v oblastech s monzunovým klimatem, které vede ke zhoršení kvality sklizeného zrna. Tomu pomáhá zabránit editace regulátoru dormance, která prodlužuje klidovou fázi zrn. Zvýšení výnosu pomohla také modifikace genu regulujícího morfologii a velikost klasů a výšku rostlin, která snižuje poléhavost pšenice.

Řepka

Řepka olejka je druhou nejvýznamnější olejninou na světě a klíčovou plodinou pro **produkci rostlinného oleje, krmiv i biopaliv**. Její pěstování má zásadní ekonomický význam, zejména v Evropě, kde tvoří důležitou součást osevních postupů. Řepka je ceněna pro vysoký výnos olejnatých semen, ale její pěstování je spojeno s řadou agronomických výzev, které ovlivňují efektivitu sklizně, výnosy i náklady na ochranu rostlin.

Mezi hlavní problémy patří náchylnost k houbovým chorobám, jako je hniloba stonku způsobená houbou *Sclerotinia sclerotiorum*, která může vést až ke 100% ztrátám výnosu. Tuto náchylnost se povedlo snížit úpravou genu *bnwrky70*. Dalším častým problémem je praskání šešulí před sklizní, což způsobuje ztrátu semen a tím i snížení výnosu až o 25 %. Míru praskání se povedlo snížit vyřazením transkripčního faktoru ALCATRAZ, který hraje roli ve vývoji okraje chlopní šešulek. Pěstitelé se také potýkají s nutností regulace plevelů, což vyžaduje použití herbicidů, na které běžné odrůdy řepky nejsou dostatečně tolerantní. Cílenými mutacemi v oblasti kódující acetolaktát syntasu vznikly odrůdy řepky odolné vůči imidazolinům a herbicidům na bázi sulfonylmočoviny.

Rajčata

Rajče jedlé je pěstováno prakticky ve všech zemích světa. Jeho obliba spočívá nejen v chutných plodech, ale i v širokém využití v kuchyni, vysoké výživové hodnotě a relativní nenáročnosti na pěstování. Rajčata jsou **bohatá na vitamíny, antioxidanty** a další zdraví prospěšné látky, což z nich činí důležitou součást zdravé výživy. Díky dobře prozkoumanému genomu se rajče stalo modelovou rostlinou pro výzkum genetických modifikací a šlechtění.

Mezi pěstitelské výzvy patří například ztížená sklizeň kvůli zachování stopky a kalichu. Takto sklizená rajčata trpí častěji otlaky a mechanickým poškozením zvyšujícím riziko plesnivění. Nejedlé části navíc znemožňují zpracování sklizených plodů na pyré. Řešením může být vyřazení genu *j-2*, který ovlivňuje zrání oddělovacího pletiva. Při sběru takto modifikovaných rajčat dochází k odloučení stopky. Další užitečné modifikace z pohledu pěstitele zahrnují urychlený opad květů, zvýšení aktivity pylu, zvýšení klíčivosti a nasazování plodů, což vede k vyšším výnosům. Z pohledu spotřebitele je pak zajímavá modifikace zlepšující výživové vlastnosti, jako je zvýšení množství GABA v plodech, či změna barvy plodů. Podobné genetické úpravy tak zefektivňují pěstování a zvyšují kvalitu plodů.

Další významné plodiny

Kromě výše zmíněných hospodářsky nejvýznamnějších plodin probíhá snaha o zlepšení vlastností i u dalších druhů rostlin, které jsou z pohledu potenciálního pěstování v ČR zajímavé. Výzkum je často zaměřen na zvýšení odolnosti rostlin vůči chorobám a škůdcům. Vznikla tak například odrůda ječmene odolná vůči viru zakrslosti pšenice (virus navzdory jménu napadá všechny obilniny), jabloň odolná vůči bakteriální spále růžovitých, či vinná réva odolná vůči plísni šedé. Obdobně byla úspěšně připravena také odrůda okurky seté odolná vůči chladu, což potenciálně umožňuje geografické rozšíření pěstování této oblíbené zeleniny. U okurky se navíc podařilo editací genomu zvýšit frekvenci samičích květů a tím zvýšit počet plodů jednotlivých rostlin. Za zmínku stojí také pečárka dvouvýtrusá (známá jako žampion), u které se povedlo zmírnit hnědnutí plodnic snížením aktivity enzymu polyfenoloxidasy, a to prostřednictvím posunu čtecího rámce příslušného genu. Na odlišném principu je pak založeno snížení hnědnutí listů hlávkového salátu – pomocí editace genomu se podařilo zvýšit v salátu tvorbu vitamínu C. Takto upravená odrůda je kromě delší trvanlivosti významná i z hlediska výživy.

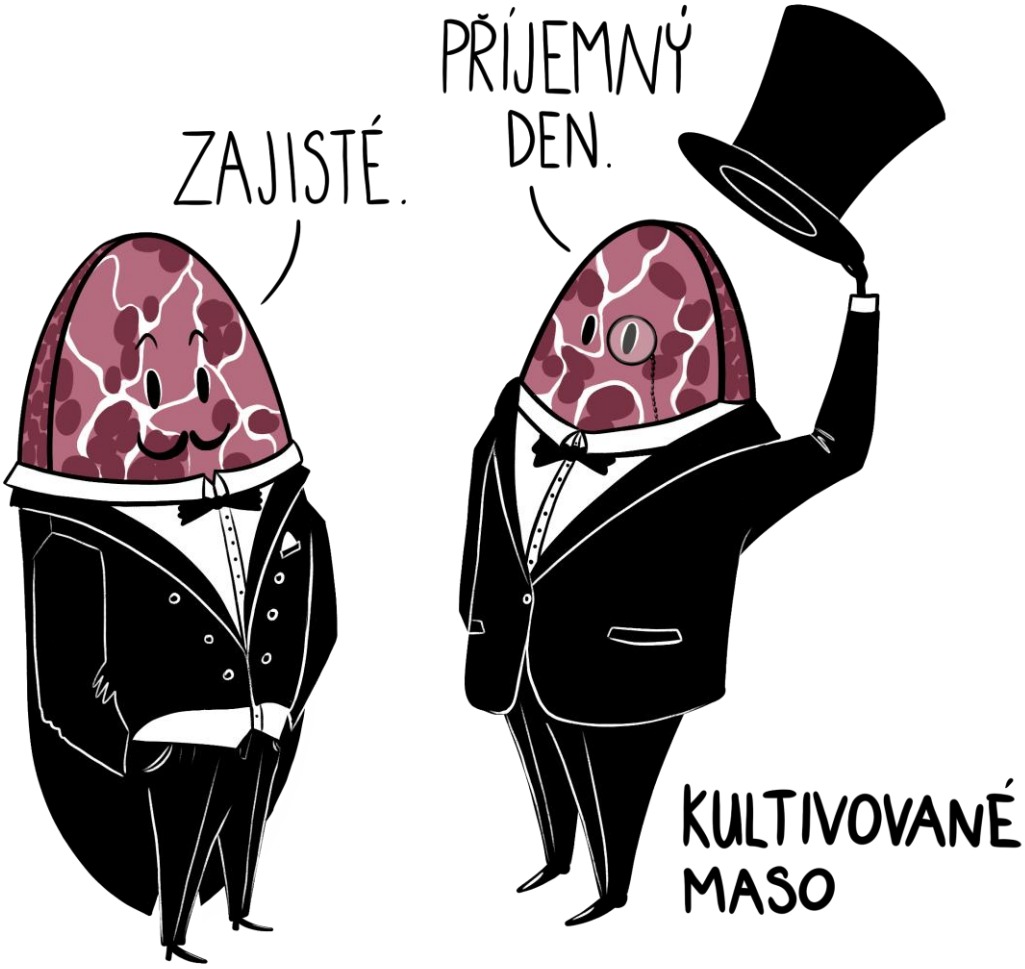
ORGANISMUS	NOVÁ VLASTNOST	ZACÍLENO NA	TECHNIKA VZNIKU	CÍL EDITACE
BRAMBORY	odolnost vůči biologickým činitelům	pěstitele	CRISPR/Cas9	gen náchylnosti DMR6
	rezistence vůči viru PVY, tolerance k zasolení	pěstitele	CRISPR/Cas9	coilin v buněčných jádrech
	odolnost proti otlakům a hnědnutí	spotřebitele, zpracovatele, prodejce	TALEN	gen polyfenoloxidasy (PPO)
	snížená tvorba akrylamidu v hlízách	spotřebitele, zpracovatele, prodejce	TALEN	gen pro vakuolární invertasu *vInv*
	snížený výskyt tmavých skvrn	spotřebitele, zpracovatele, prodejce	TALEN	gen polyfenoloxidasy PPO5
	zvýšený obsah amylopektinu	zpracovatele, prodejce	CRISPR/Cas9	gen enzymu GBSS (syntasa škrobu vázaná na škrobové granule)
KUKUŘICE	odolnost vůči skvrnitosti listů kukuřice	šlechtitele, chovatele	CRISPR/Cas9	gen citlivosti ke spále kukuřice (*nlb18*)
	vyšší výnos zrna, odolnost vůči suchu	pěstitele	CRISPR/Cas9	gen citlivosti k ethylenu *argos8*
	zvýšený obsah lysinu	pěstitele	CRISPR/Cas9	gen alfa-zeinu
	vyšší výnos	pěstitele	meganukleasy	regulátor růstu a vývoje *zmm28*
	vyšší výnos	pěstitele	CRISPR/Cas9	gen biosyntézy amylosy *wx*
	nižší obsah fytátu	šlechtitele, chovatele	zinkové prsty	enzym fytasa
PŠENICE	odolnost proti houbové chorobě	pěstitele	TALEN	negativní regulátor obranyschopnosti proti padlí MLO
	delší klidové období semen	pěstitele	CRISPR/Cas9	regulátor dormance *Qsd1*
	menší poléhavost, vyšší výnos	pěstitele	CRISPR/Cas9	gen auxinového reakčního faktoru TaARF12

ORGANISMUS	NOVÁ VLASTNOST	ZACÍLENO NA	TECHNIKA VZNIKU	CÍL EDITACE
RAJČE	změněná barva plodu	spotřebitele	CRISPR/Cas9	gen *simyb12* odpovědný za červenou barvu dužniny
	urychlený opad květů	pěstitele	CRISPR/Cas9	transkripční faktor SlHB15A
	zvýšený obsah zdraví prospěšné GABA	spotřebitele	CRISPR/Cas9	gen glutamát dekarboxylasy
	usnadnění sklizně	pěstitele	CRISPR/Cas9	gen *j-2* ovlivňující zrání dělivého pletiva
	vyšší aktivita pylu, zvýšený výnos plodů	pěstitele	CRISPR/Cas9	transkripční faktor SlHB8
ŘEPKA	tolerance k herbicidům	pěstitele	mutageneze pomocí oligonukleotidů	gen acetolaktát syntasy (ALS)
	zvýšená pevnost šešulí	pěstitele	CRISPR/Cas9	transkripční faktor ALCATRAZ
	zvýšená odolnost proti hnilobě stonku	pěstitele	CRISPR/Cas9	transkripční faktor BnWRKY70

Tabulka 1: Příklady nejčastěji geneticky editovaných zemědělských plodin

KULTIVOVANÉ POTRAVINY BRZY NA NAŠICH TALÍŘÍCH:
Jak biotechnologie mění maso, mléko a další živočišné produkty?

Představte si vepřové koleno, které nikdy nebylo součástí prasete, jemnou mozzarellu, která krávu lidově řečeno "neviděla ani z vlaku" nebo kojeneckou výživu obohacenou o unikátní nutriční látky, které bylo dříve možné získat pouze z mateřského mléka. Tyto a mnohé další nápady by ještě v nedávné době byly brány spíše jako námět pro sci-fi. Cesty moderních biotechnologií jsou však nevyzpytatelné a nápady, které byly nedávno fikcí již dnes opouštějí laboratorní stoly a vstupují do pilotních produkcí. Obzvláště mnoho pozornosti na sebe upínají technologie výroby buněčného (kultivovaného) masa, precizní fermentace (mikroby upravené tak, aby produkovaly specifické živočišné bílkoviny a tuky) a pokročilé fermentace a šlechtění rostlin a hub, které nám poskytují nové funkční přísady. Společně tvoří praktický nástroj pro udržitelné, na míru šité potraviny – v tomto odvětví má již i česká výzkumná a průmyslová scéna několik zajímavých zářezů na své pažbě.



Co jsou vlastně „kultivované potraviny“?

„Kultivované potraviny“ je souhrnný termín zahrnující vše od **buněčně kultivovaného (pěstovaného) masa**, kde se živočišné tkáňové (především svalové nebo tukové) buňky pěstují a zrají v kontrolovaných bioreaktorech. Na druhém konci je **precizní fermentace**, při které jsou kvasinky, bakterie nebo houby geneticky upraveny tak, aby produkovaly jednotlivé čisté bílkoviny (kaseiny, syrovátku atd.), které lze zpracovat do mléka, sýru apod. Výhodou této technologie je to, že ji lze použít i k výrobě velmi komplexních a v běžné potravě velmi limitních složek, mimo jiné například směsí prebiotických sacharidů obsažených v mateřském mléce. Dále mezi kultivované potraviny můžeme zahrnovat tradiční a vylepšené **fermentované rostlinné produkty** (například tempeh nebo mykoprotein z hub) a **biotechnologicky upravené plodiny**, které produkují neobvyklé živiny ve zvýšeném měřítku, nebo jimi mohou být jiné potraviny, které jsou obohacovány pro zlepšení jejich vlastností či nutriční hodnoty. Mnoho firem a startupů v současnosti usiluje o komercializaci těchto technologií a úzce spolupracuje s orgány pro bezpečnost potravin jako je americká FDA, či evropská EFSA.

Produkty vytvořené fermentačními procesy nejsou z technologického hlediska ničím zvláště novým, produkce proteinů a peptidů, vitamínů či léčiv známe již desítky let. Každá jednotlivá buňka v těchto technologiích pracuje jako pomyslná továrna. Maso však není pouze shluk jednotlivých buněk, ale mnohobuněčná tkáň s vícerozměrnou strukturou. Z logiky věci je tedy zřejmé, že jeho kultivace (obzvlášť v průmyslovém měřítku) bude násobně složitější. Kultivované maso je v podstatě maso vypěstované mimo tělo zvířete tak, že se zvířecí buňky přimějí k množení, diferenciaci a sestavení do tkáně bohaté na svaly a tuk: výrobci obvykle začínají s malou biopsií nebo izolovanými kmenovými/myoblastovými buňkami. Tyto buňky se kultivují v médiu bohatém na živiny a různými metodami se v nich indukuje diferenciace v buňky svalové a tukové. To vše je potřeba provádět v rámci trojrozměrné kostry či lešení proto, aby diferenciované buňky byly v mase správně rozprostřeny a výsledný produkt tedy měl žádoucí texturu odpovídající živočišné tkáni, kterou spotřebitelé očekávají. Zdokonalení a průmyslové zavedení této technologie by bylo výhodné nejen z etických důvodů, ale značně by také přispělo ke zmírnění ekologických dopadů spojených s tradiční produkcí masa.

Celá problematika je samozřejmě mnohem složitější. Je také nutné brát v potaz ekonomickou stránku celého procesu, přijetí produktu spotřebitelem a další aspekty, které už se samotnou technologickou ideou mají pramálo společného.

Jaká je současná situace u nás? Česká republika patří v oblasti technologie kultivovaného masa k jedné z nejpokročilejších zemí na světě, a to především kvůli dvěma úspěšným startupům. Prvním je **Bene Meat Technologies**, český startup vlastněný z většiny zdravotnickým kolosem BTL s jasným cílem – zdokonalit kultivační proces natolik, aby jeho výsledkem bylo kvalitní, výživné a pokud možno i cenově dostupné maso nezávisle na živočišné produkci a s důrazem na udržitelnost. Zatímco drtivá většina podobných firem a startupů se zatím nachází ve fázi výzkumu a vývoje produktu, Bene Meat Technologies již dostal svůj produkt do Evropského registru krmných surovin, a má tak v rámci EU **otevřenou cestu** k jeho komerčnímu prodeji formou krmiva. Zároveň v současné době vyvíjí produkty určené pro lidskou spotřebu, jež jsou založeny na cisgenních liniích – ty však vzhledem ke striktním evropským regulacím GM a NGT produktů plánuje uvést na trh mimo EU. Jedním z úspěchů startupu je také jeho ocenění v rámci projektu **Česká hlava v kategorii Industrie (2024)** za nejvýznamnější výrobkovou či technologickou inovaci vzniklou na území Česka.

Výrazný příspěvek pro technologie kultivovaného masa představil brněnský startup **Mewery**. Jeho hlavním cílem je doplnit technologii kultivace vepřového masa o jednu z nejdůležitějších adaptací v tomto odvětví: nahrazení drahého kultivačního média s obsahem fetálního bovinního séra (FBS) médiem na bázi mikrořas (zejména druhu *Chlorella*) jako zdroje aminokyselin, vitamínů a dalších živin zásadních pro růst. Eliminace obsahu živočišných produktů v médiu, respektive jejich plné nahrazení surovinami získanými z fotosyntetické biomasy, povede nejen ke značnému **snížení nákladů**, ale přispěje k dalšímu **snižování ekologické zátěže** celého procesu. Náklady na média se startupu již podařilo snížit na jednocifernou částku v eurech za litr, což je milník, který umožní rozšířit kultivační a senzorické experimenty a přiláká veřejné a soukromé financování. Přístup Mewery založený na společném pěstování mikrořas je kreativní odpovědí na dva nejobtížnější problémy spojené s kultivovanými potravinami - náklady na kultivační média a nutriční hodnota produktu. Rané prototypy, granty a pilotní ambice společnosti ukazují, že i menší regionální startup může významně posouvat technologické hranice.

Biotechnologie nám obecně poskytuje nepřeberné možnosti modulovat náš jídelníček, přičemž nejde jen o způsob, jak napodobit stávající živočišné produkty, ale také o zlepšení jejich nutriční a senzorické hodnoty, snížení environmentálních dopadů či suplementace některých jejich žádoucích složek. Cesta z laboratoře na talíř však není pouze otázkou technologie, nýbrž i otázkou sociální, etickou i politickou — řídí se regulací, důvěrou spotřebitelů a mnoha dalšími faktory. Pro společnost, která je ochotná využívat technologie ku svému prospěchu přináší tyto pokroky značnou příležitost k obecnému zvýšení kvality života.

VÝZKUM BIOTECHNOLOGIÍ V ČESKÉ REPUBLICE

Potravinářský sektor patří dnes k nejdynamičtěji se rozvíjejícím oborům a zásadní roli v jeho proměně hrají biotechnologie spolu s nově nastupující umělou inteligencí. Současně se v rozvinutých zemích očekává **rozmach personalizované výživy**, kdy jídelníčky budou sestavovány na míru například podle genetické analýzy jednotlivce. Naopak v méně rozvinutých regionech zůstává klíčovou výzvou **podvýživa a nedostatek vitamínů**, což podtrhuje význam šlechtění plodin odolných vůči klimatickému stresu i vývoje biofortifikovaných potravin, jako je známá **Zlatá rýže**.

Biotechnologie nacházejí široké uplatnění nejen v oblasti šlechtitelství, ale také při cílených úpravách mikroorganismů s biotechnologickým významem, ať už za účelem ekologicky šetrnější výroby potravinářských enzymů a dalších aditiv, nebo v rámci inovací ve vinařství a pivovarnictví. Významnou roli hrají i v udržitelném přístupu a cirkulární bioekonomice, kde umožňují zpracování odpadních surovin (např. syrovátky, slámy či vedlejších produktů pivovarnictví) na potravinářské přísady, bioplasty nebo krmiva. Biotechnologie se uplatňují rovněž při vývoji biopolymerů a ekologických obalů z přírodních materiálů, které představují šetrnou alternativu k tradičním plastům.

Česko má v biotechnologiích opravdu co nabídnout, a to jak v základním výzkumu, tak v aplikovaném vývoji. V roce 2023 vznikl biotechnologický klastr **Prague.bio**, jehož účelem je podpora výzkumu, vývoje, vzdělávání, inovací a podnikání v oblasti biotechnologií. Jeho vizí je sjednotit klíčové aktéry v biologických vědách a propojit výzkum, vývoj a inovace v medicíně, přírodních vědách i potravinářství s cílem urychlit zavádění nových technologií do praxe.

Zakládajícími členy spolku jsou přední instituce, mezi nimiž nechybí Ústav organické chemie a biochemie AV ČR (ÚOCHB), jeho dceřiná společnost i&i Prague, dále Biotechnologický ústav AV ČR, Mikrobiologický ústav AV ČR, Ústav molekulární genetiky AV ČR a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze (VŠCHT). Dnes má Prague.bio již 34 členů, od velkých farmaceutických společností přes startupy až po výzkumné instituce a státní organizace, a vyhlíží další rozšiřování o akademické partnery, firmy a investory.

Podle údajů zveřejněných na stránkách Prague.bio působí v České republice 393 biotechnologických subjektů (firmy, výzkumné a vzdělávací instituce), v nichž pracuje přibližně 22 tisíc zaměstnanců. Vysoké školy navíc připravují další generace odborníků, obory biologie, biochemie a chemie zde aktuálně studuje více než 12 tisíc studentů. Česká republika tak disponuje obzvlášť významným vědeckým potenciálem a biotechnologické vědy představují **jeden z nejperspektivnějších oborů**, jehož význam bude v budoucnu dále narůstat.

Co se týče cílených genových úprav, v České republice působí přibližně deset subjektů s povolením k uvádění GMO do životního prostředí. Patří mezi ně například Ústav experimentální botaniky AV ČR (ÚEB), Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu (CARC) nebo fakultní nemocnice v Brně a Hradci Králové.

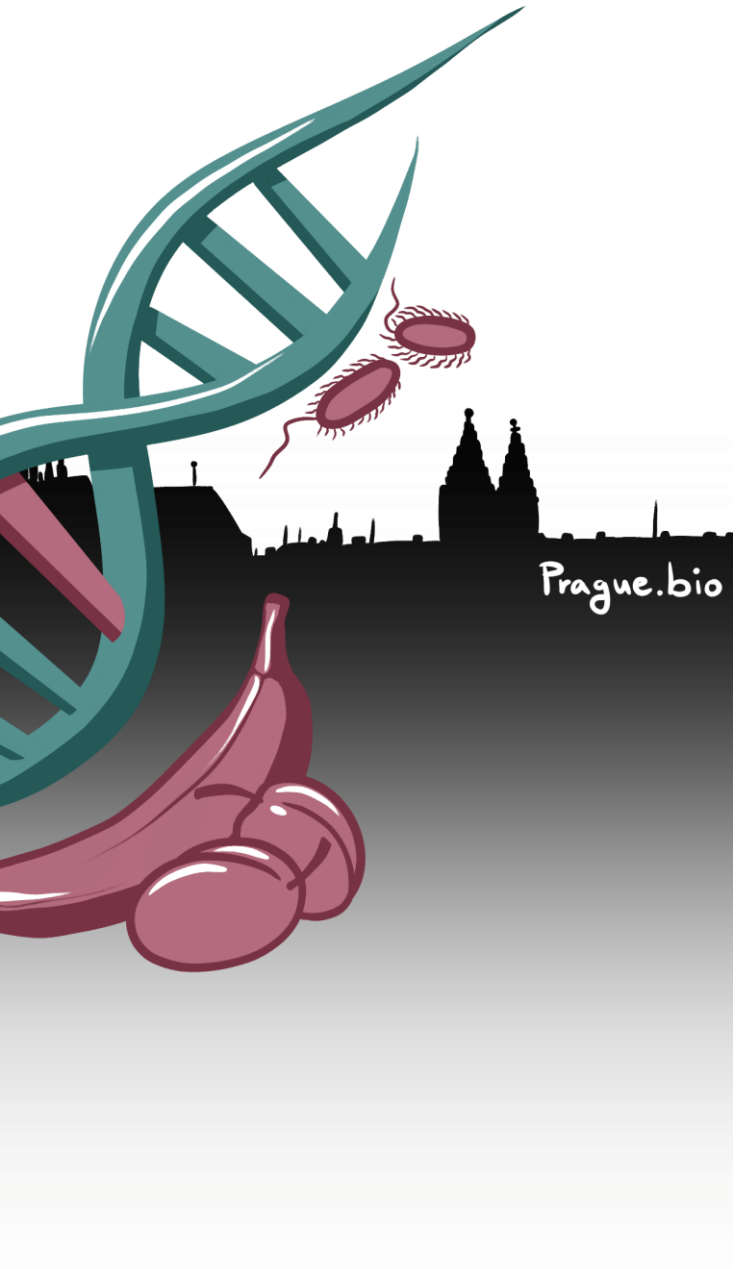
Významných výsledků dosahuje Centrum strukturní a funkční genomiky rostlin (ÚEB CSFGR) v Olomouci, kde tým **prof. Jaroslava Doležela** analyzuje DNA banánovníků s cílem vyšlechtit odrůdy odolné vůči chorobám. Banány představují základní potravinu pro miliony lidí v tropických oblastech, pěstované odrůdy jsou však geneticky jednotné a velmi náchylné k patogenům i škůdcům. Možným řešením je přenos genů odolnosti z divokých druhů do komerčně pěstovaných banánovníků, čímž lze snížit riziko ztráty celých sklizní. Na projektu olomoučtí vědci spolupracují

s mezinárodními partnery a finančně jej podporuje také zakladatel Microsoftu Bill Gates.

Olomoučtí odborníci se však nezaměřují jen na banány, ale i na řadu dalších plodin, jež jsou relevantní pro naše klimatické pásmo. Významně se podíleli například na přečtení genomu pšenice, ječmene, žita, hrachu a dalších plodin. Velký úspěch zaznamenali také s ječmenem, společně s Univerzitou Palackého získali jako první v Evropské unii povolení k polnímu testování ječmene upraveného metodou CRISPR/Cas9. Úpravou genu *pil1*, který reguluje růst rostlin podle světelných podmínek, vznikly rostliny asi o 10 cm nižší než původní odrůda. Důležité je, že v jejich DNA nezůstala žádná cizorodá genetická informace. GM rostlina se liší pouze jednou přesně cílenou změnou. Projekt navazuje na předchozí výzkumy GM ječmene, jejichž cílem bylo zlepšit nutriční hodnotu plodiny.

Od roku 2001 probíhá ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze-Ruzyni (nyní součást CARC) výzkum **GM švestky** odolné vůči viru šarky (HoneySweet). V roce 2003 byla v Ruzyni založena polní pokusná výsadba, která je dlouhodobě sledována. Testy potvrdily vysokou rezistenci odrůdy vůči viru, přičemž nedochází ani k rekombinacím či přenosu transgenu na jiné druhy rodu *Prunus*. Virus šarky se navíc na tuto odrůdu nepřenáší mšicemi. V USA byla tato GM odrůda v roce 2011 povolena k neomezenému pěstování i konzumaci plodů a výsledky ukazují, že může mít zásadní přínos i pro evropské ovocnářství.

Dalším významným pracovištěm je Agritec Plant Research (APR) v Šumperku, zaměřené na aplikovaný zemědělský výzkum vlákenných rostlin, luskovin a olejnin. APR se věnuje šlechtění nových odrůd hrachu, lnu, řepky a kmínu, ale i biotechnologickému výzkumu. Vyvinulo například transgenní linie hrachu se zvýšenou odolností vůči virům výrůstkové mozaiky hrachu (PEMV) a svinování listů hrachu (PSbMV), jejichž účinnost byla ověřena jak molekulárními metodami, tak



biologickými testy ve skleníku. Dále byly připraveny linie hrachu s transgenem *gmSPI2* (proteasový inhibitor z *Galleria mellonella*), které vykazují očekávanou odolnost vůči hmyzu (*Bruchus pisorum*) i některým houbovým patogenům. U lnu se výzkum zaměřuje na změnu složení mastných kyselin: pomocí chemické mutageneze byly vytvořeny odrůdy s nízkým obsahem α-linolenové kyseliny (~3 %), vyšším obsahem kyseliny olejové a přibližně 70 % kyseliny linolové. Úspěšně byly provedeny i transformace lnu metodou RNAi cílené na utlumení genu *fad2* za účelem další úpravy složení oleje. Výzkum probíhá v rámci projektů (nikoli komerčně) a fenotypová hodnocení pokračují ve skleníkových i polních podmínkách.

Na zlepšování rostlin se však nepodílejí jen výzkumníci z prestižních pracovišť, ale také začínající vědci. Na Masarykově univerzitě v Brně se do mezinárodní soutěže iGEM 2025 přihlásil tým studentů vedený **Pavlem Dvořákem** s projektem zaměřeným na genetickou modifikaci okřehku pomocí transpozonů, tedy DNA sekvencí schopných měnit svou pozici v genomu. Okřehek je drobná, rychle rostoucí vodní rostlina, která dobře snáší vysoké koncentrace dusíku a fosforu. Cílem projektu je vyšlechtit geneticky upravený okřehek jako krmnou biomasu s vysokým obsahem bílkovin. Aby tato rostlina prospívala, studenti současně vyvíjejí i plně autonomní kultivační systém.

Do iGEM 2025 se zapojuje také pražský tým **BohemiaBio**, tvořený studenty a vědci z Univerzity Karlovy, ÚOCHB a VŠCHT. Pod vedením **Kláry Hlouchové, Tomáše Pluskala a Kamily Zdeňkové** vyvíjejí GM mikroorganismy schopné produkovat klíčové aromatické a hořké látky používané při výrobě piva jako ekologickou alternativu k tradičnímu chmelu. Tento biotechnologický přístup umožní vyrábět látky ve fermentačních nádobách za kontrolovaných podmínek, což může významně snížit spotřebu zemědělské půdy a vody a zároveň zajistit stabilní a konzistentní chuť piva.

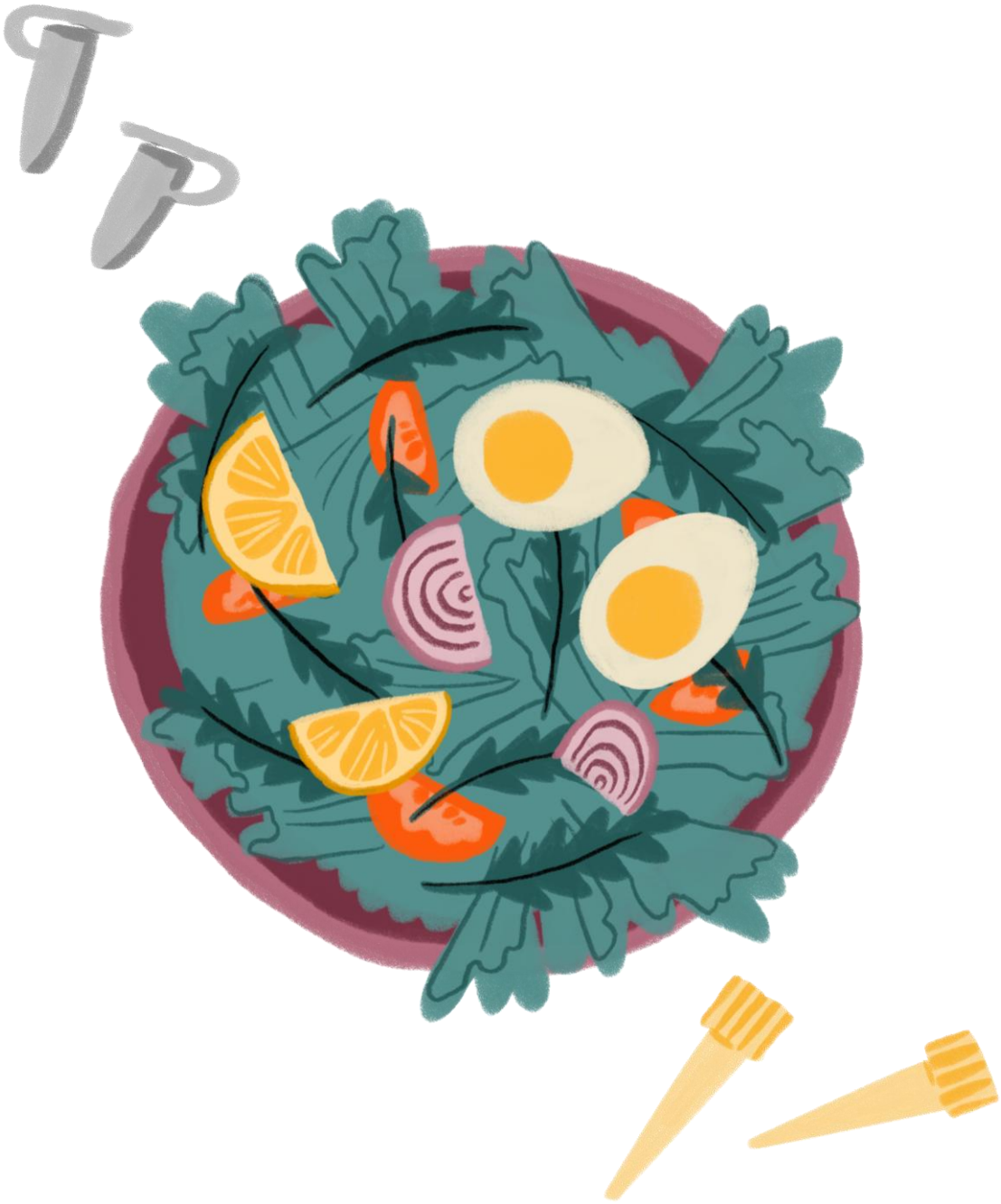
ZÁVĚR

Předchozí kapitoly představily široké spektrum nástrojů, které moderní biotechnologie nabízejí, a ukázaly, že i **česká věda má v tomto směru co nabídnout**. Od cílených úprav jediného genu v ječmeni až po kompletní pěstování svalové tkáně v bioreaktoru – vědecký pokrok otevírá bezprecedentní možnosti. Aby se však tyto inovace mohly plně uplatnit, je zapotřebí nejen kvalitního výzkumu, ale také **funkčního legislativního rámce a důvěry veřejnosti**.

Legislativa je v současnosti jednou z největších výzev. Evropská unie se jednoznačně řadí mezi světovou špičku v biotechnologických inovacích, avšak zaostává za USA i asijskými zeměmi v rychlosti schvalování nových biotechnologických produktů. **Právní nejistota brzdí investice** i komercializaci produktů, které by mohly přinést významné environmentální i ekonomické benefity. Potřebujeme legislativu, která bude důsledně vycházet z vědeckých poznatků, odlišovat mezi různými stupni rizika a zároveň zajistí důkladné testování a sledování.

Stejně zásadní je transparentní komunikace. Výzkumníci musí být ochotni vysvětlovat nejen úspěchy, ale i limity a potenciální rizika svých objevů. Politici by měli čerpat z nezávislých vědeckých zdrojů a nezneužívat biotechnologie k populistickým kampaním. A veřejnost potřebuje mít přístup k ověřitelným informacím, nikoliv pouze k reklamním sloganům či poplašným zprávám. Důvěra se buduje pomalu – a právě proto je nutné, aby všichni aktéři jednali **odpovědně a otevřeně**.

Biotechnologie nejsou všelékem na všechny problémy současného zemědělství a potravinářství. Jsou však důležitou součástí řešení. A v době, kdy čelíme klimatickým změnám, rostoucí populaci a potřebě snižovat environmentální zátěž, si nemůžeme dovolit ignorovat nástroje, které věda nabízí. Otázkou proto zůstává, které z těchto inovací dokážeme skutečně přijmout do našich každodenních jídelníčků.



ZDROJE

1. U.S. Food and drug administration. Human hood made with cultured animal cells. https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/human-food-made-cultured-animal-cells.
2. Archer, D. B.; Jeenes, D. J.; MacKenzie, D. A.; Brightwell, G.; Lambert, N.; Lowe, G.; Radford, S. E.; Dobson, C. M., Hen egg white lysozyme expressed in, and secreted from, Aspergillus niger is correctly processed and folded. Bio/Technology **1990**, 8 (8), 741-745.
3. Bašanda, O. Nově schválená sója otevírá cestu k lepším náhradám masa. https://www.biotrin.cz/nove-schvalena-soja-otevira-cestu-k-lepsim-nahradam-masa/.
4. Berenjian, A.; Yazdanpanah, N., Unveiling the latest breakthroughs in menaquinone-7 research through fermentation-based production. Processes **2023**, 11 (9), 2593.
5. Branyšová, T. Geneticky upravené bakterie přeměňují plastový odpad na vanilkové aroma. https://www.biotrin.cz/geneticky-upravene-bakterie-premenuji-plastovy-odpad-na-vanilkove-aroma/.
6. Branyšová, T. Tempeh z cizrny a hrachu jako nová alternativa masa. https://www.biotrin.cz/tempeh-z-cizrny-a-hrachu-jako-nova-alternativa-masa/.
7. Casertano, M.; Fryganas, C.; Valentino, V.; Troise, A. D.; Vitaglione, P.; Fogliano, V.; Ercolini, D., Gut production of GABA by a probiotic formula: an in vitro study. Beneficial microbes **2024**, 15 (1), 67-81.
8. The Better Meat Co. https://www.bettermeat.co/.
9. Technologická inkubace / CzechInvest. Biotechnologický deep-tech startup s ambicí uvést na světový trh kultivované vepřové maso z buněk bez nutnosti porážky zvířete. https://technologickainkubace.org/startupy/mewery/.
10. de Arauz, L. J.; Jozala, A. F.; Pinheiro, G. S.; Mazzola, P. G.; Júnior, A. P.; Vessoni Penna, T. C., Nisin expression production from Lactococcus lactis in milk whey medium. Journal of Chemical Technology & Biotechnology **2008**, 83 (3), 325-328.
11. Deckers, M.; Deforce, D.; Fraiture, M.-A.; Roosens, N. H. C., Genetically modified micro-organisms for industrial food enzyme production: An Overview. Foods **2020**, 9 (3), 326.
12. EFSA Panel on nutrition, N. F.; Allergens, F.; Turck, D.; Bohn, T.; Castenmiller, J.; De Henauw, S.; Hirsch-Ernst, K. I.; Maciuk, A.; Mangelsdorf, I.; McArdle, H. J.; Naska, A.; Pelaez, C.; Pentieva, K.; Siani, A.; Thies, F.; Tsabouri, S.; Vinceti, M.; Aguilera-Gómez, M.; Cubadda, F.; Frenzel, T.; Heinonen, M.; Prieto Maradona, M.; Marchelli, R.; Neuhäuser-Berthold, M.; Poulsen, M.; Schlatter, J. R.; Siskos, A.; van Loveren, H.; Turla, E.; Knutsen, H. K., Safety of oil from Schizochytrium sp. (strain CABIO-A-2) for use in infant and follow-on formula as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal **2023**, 21 (12), e8415.
13. Forbes Česko, R. První vepřový burger ze zkumavky. Český startup Mewery míří za oceán. https://forbes.cz/prvni-veprovy-burger-ze-zkumavky-cesky-startup-mewery-miri-za-ocean/.
14. Horáček, F. Možnost ochutnat maso z laboratoře se blíží. Ministerstvo zvažuje legalizaci. https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-byznys-trendy-analyzy-moznost-ochutnat-maso-z-laboratore-se-blizi-ministerstvo-zvazuje-legalizaci-277862.
15. Horáček, F. Místo gramů kila. Český startup získal 64 milionů na maso z řas. https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-firmy-misto-gramu-kila-cesky-startup-ziskal-70-milionu-na-maso-z-ras-282918.

16. Husaini, A. M.; Sohail, M., Agrochemical-free genetically modified and genome-edited crops: Towards achieving the United Nations sustainable development goals and a 'greener' green revolution. Journal of biotechnology **2024**, 389, 68-77.
17. Kamide, T.; Takusagawa, S.; Tanaka, N.; Ogasawara, Y.; Kawano, Y.; Ohtsu, I.; Satoh, Y.; Dairi, T., High Production of ergothioneine in Escherichia coli using the sulfoxide synthase from Methylobacterium strains. Journal of Agricultural and Food Chemistry **2020**, 68 (23), 6390-6394.
18. Kang, M.-J.; Baek, K.-R.; Lee, Y.-R.; Kim, G.-H.; Seo, S.-O., Production of vitamin K by wild-type and engineered microorganisms. Microorganisms **2022**, 10 (3), 554.
19. Kato, T.; Park, E. Y., Riboflavin production by Ashbya gossypii. Biotechnology letters **2012**, 34 (4), 611-8.
20. Libik-Konieczny, M.; Capecka, E.; Tuleja, M.; Konieczny, R., Synthesis and production of steviol glycosides: recent research trends and perspectives. Applied microbiology and biotechnology **2021**, 105 (10), 3883-3900.
21. Lu, Q.; Bu, Y. F.; Liu, J. Z., Metabolic engineering of Escherichia coli for producing astaxanthin as the predominant carotenoid. Marine drugs **2017**, 15 (10).
22. Meng, X.; Liu, H.; Xu, W.; Zhang, W.; Wang, Z.; Liu, W., Metabolic engineering Saccharomyces cerevisiae for de novo production of the sesquiterpenoid (+)-nootkatone. Microbial cell factories **2020**, 19 (1), 21.
23. Mirsalami, S. M.; Mirsalami, M., Advances in genetically engineered microorganisms: Transforming food production through precision fermentation and synthetic biology. Future Foods **2025**, 11, 100601.
24. Mo, Q.; Yuan, J., Minimal aromatic aldehyde reduction (MARE) yeast platform for engineering vanillin production. Biotechnology for Biofuels and Bioproducts **2024**, 17 (1), 4.
25. Muroya, M.; Nakada, K.; Maruo, K.; Hashimoto, K., Effects of β-glucans on fatigue: a systematic review and meta-analysis. European journal of clinical nutrition **2025**, 79 (8), 705-714.
26. EFSA Panel on Genetically Modified Organisms, Guidance on the risk assessment of genetically modified microorganisms and their products intended for food and feed use. EFSA Journal **2011**, 9 (6), 2193.
27. Ranjha, M.; Shafique, B.; Khalid, W.; Nadeem, H. R.; Mueen-Ud-Din, G.; Khalid, M. Z., Applications of biotechnology in food and agriculture: a mini-review. Proceedings of the National Academy of Sciences, India. Section B **2022**, 92 (1), 11-15.
28. Revuelta, J. L.; Ledesma-Amaro, R.; Lozano-Martinez, P.; Díaz-Fernández, D.; Buey, R. M.; Jiménez, A., Bioproduction of riboflavin: a bright yellow history. Journal of industrial microbiology & biotechnology **2017**, 44 (4-5), 659-665.
29. Mewery s.r.o. https://www.mewery.io/.
30. Santos, L. D. F.; Lautru, S.; Pernodet, J. L., Genetic engineering approaches for the microbial production of vanillin. Biomolecules **2024**, 14 (11).
31. Šnábl, J. Globální bezpečnost potravin a cíle OSN pro udržitelný rozvoj. https://www.biotrin.cz/globalni-bezpecnost-potravin-a-cile-osn-pro-udrzitelny-rozvoj/.
32. Šnábl, J. Mohou geneticky modifikované rostliny pomoci vytvořit náhradu mateřského mléka? https://www.biotrin.cz/mohou-geneticky-modifikovane-rostliny-pomoci-vytvorit-nahradu-materskeho-mleka/.

33. Šnábl, J. Budoucnost na talíři: Laboratorní vepřové s čirokem jako revoluce v potravinářství? https://www.biotrin.cz/budoucnost-na-taliri-laboratorni-veprove-s-cirokem-jako-revoluce-v-potravinarstvi/.
34. Sybesma, W.; Starrenburg, M.; Kleerebezem, M.; Mierau, I.; de Vos, W. M.; Hugenholtz, J., Increased production of folate by metabolic engineering of Lactococcus lactis. Applied and environmental microbiology **2003**, 69 (6), 3069-76.
35. Tazon, A. W.; Awwad, F.; Meddeb-Mouelhi, F.; Desgagné-Penix, I., Biotechnological advances in vanillin production: from natural vanilla to metabolic engineering platforms. BioChem **2024**, 4 (4), 323-349.
36. Tomanka, M. Chceme být nejlepší i za padesát let. Startup Bene Meat získal vědeckou cenu. https://forbes.cz/chceme-byt-nejlepsi-i-za-padesat-let-startup-bene-meat-ziskal-vedeckou-cenu/ (accessed 17/10).
37. Tripathi, A.; Pandey, V. K.; Panesar, P. S.; Taufeeq, A.; Mishra, H.; Rustagi, S.; Malik, S.; Kovács, B.; Suthar, T.; Shaikh, A. M., Fermentative production of vitamin B(12) by Propionibacterium shermanii and Pseudomonas denitrificans and its promising health benefits: A review. Food science & nutrition **2024**, 12 (11), 8675-8691.
38. Wood, P.; Tavan, M., A review of the alternative protein industry. Current Opinion in Food Science **2022**, 47, 100869.
39. Xia, W.; Chen, W.; Peng, W. F.; Li, K. T., Industrial vitamin B12 production by Pseudomonas denitrificans using maltose syrup and corn steep liquor as the cost-effective fermentation substrates. Bioprocess and biosystems engineering **2015**, 38 (6), 1065-73.
40. Xie, D.; Jackson, E. N.; Zhu, Q., Sustainable source of omega-3 eicosapentaenoic acid from metabolically engineered Yarrowia lipolytica: from fundamental research to commercial production. Applied microbiology and biotechnology **2015**, 99 (4), 1599-610.
41. Zhang, Q.; Lyu, S., Microbial interactions in a vitamin C industrial fermentation system: Novel insights and perspectives. Applied and environmental microbiology **2022**, 88 (18), e0121222.
42. Zhang, Y.; Geary, T.; Simpson, B. K., Genetically modified food enzymes: a review. Current Opinion in Food Science **2019**, 25, 14-18.

Zdroje fotografií – databáze Unsplash, Freepik a OPENAI

DALŠÍ INFORMACE O BIOTECHNOLOGIÍCH NAJDETE NA

www.biotrin.cz

A SOCIÁLNÍCH SÍTÍCH FACEBOOK, INSTAGRAM A X:

ZASÍLÁNÍ PRAVIDELNÝCH NOVINEK Z OBLASTI
BIOTECHNOLOGIÍ JE MOŽNÉ PŘIHLÁSIT NA

info@biotrin.cz

BIOTRIN