



VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE
Fakulta potravinářské a biochemické technologie

Ústav chemie a analýzy potravin

Porovnání produktů ekologického a konvenčního zemědělství

Odborná studie VŠCHT

**Vypracoval: Prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.
Dr. Ing. Věra Schulzová**

Praha 2006

Poděkování

Děkujeme Ing. Kateřině Lancové za zpracování části podkladů ke studii.

Studie byly realizovány za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR – částečně v rámci Výzkumného projektu MSM 6046137305, částečně v rámci projektu COST OC 924 a za podpory Ministerstva zemědělství v rámci projektu QF 3121.

ISBN 80-7271-181-4

© VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, 2006

OBSAH

Úvod	5
Současný stav řešené problematiky	5
Studie realizované na VŠCHT Praha	8
Brambory	8
Rajčata	13
Kořenová zelenina	16
Pšenice	18
Závěr	21
Literatura	23

ÚVOD

Vzrůstající zájem konzumentů o ekologické potraviny zřetelně odráží rostoucí orientaci veřejnosti na otázky životního prostředí a osobního zdraví. K tomu, aby se však mohl konzument svobodně a informovaně rozhodnout, zda si vybere potraviny připravené konvenčním způsobem nebo vycházející z ekologického zemědělství, je nutné určit jakost těchto výrobků na základě fundovaných vědeckých poznatků. Konzument si často klade otázku: „Jsou ekologicky pěstované potraviny bezpečnější?“. Obecně lze v takto pěstovaných plodinách očekávat nižší obsahy látek pocházejících z chemizace zemědělství jako jsou rezidua pesticidů, těžké kovy a dusičnany. Předností biopotravin může být mimo jiné také zvýšený obsah některých živin v jednotce hmotnosti (sušina bývá vyšší). Je nutné však konstatovat, že riziko z ekologicky pěstovaných potravin není nulové, neboť za určitých okolností mohou vykazovat zvýšené obsahy přírodních toxických látek (např. glykoalkaloidů); předmětem intenzivních diskusí je i možný vyšší obsah toxických sekundárních metabolitů vláknitých hub – mykotoxinů. V některých případech mohou ekologické produkty vykazovat „nestandardní“ technologické parametry.

Obecně je jako jeden z hlavních argumentů zastánců ekologických potravin uváděn jejich pozitivní přínos pro zdraví konzumenta. Přestože regulační a kontrolní systémy výroby těchto potravin jsou i na mezinárodní úrovni dobře ošetřeny, informací umožňujících komplexní zhodnocení vztahů jakosti a především nutriční hodnoty ekologických potravin a případných možných zdravotních rizik je stále nedostatek. V minulosti postrádaly studie jak odpůrců, tak zastánců ekologických potravin v mnoha případech vhodně založený plán experimentů a jejich řízení a kontrola nebyly vždy dostatečné. Ačkoli současné experimenty jsou mnohem lépe vedeny a kontrolovány, jejich výsledky si často protířečí. Příčin může být celá řada, např. nedostatek vhodných vzorků, využití různých odrůd porovnávaných plodin, krátká doba experimentu a/nebo rozdílné geografické podmínky, ve kterých byly srovnávané plodiny pěstovány.

Na Ústavu chemie a analýzy potravin, VŠCHT Praha, byla v uplynulých letech realizována řada studií, v jejichž rámci byla sledována nutriční, sensorická i hygienicko-toxikologická jakost různých druhů produktů ekologického zemědělství. Získané výsledky byly porovnány s analýzami plodin produkovanými v konvenčním agrotechnickém režimu. Jednotlivé skupiny vzorků byly získány buď (i) v rámci polních experimentů (stejná lokalita pěstování, odrůda apod.) realizovaných v souladu se zásadami IFOAM (International Federation Organic Agricultural Movements) nebo šlo o (ii) produkty s deklarací „organického“ původu zakoupené v tržní síti, u nichž nebyly přesněji specifikovány podmínky pěstování a místo sklizně. Zatímco první skupina experimentů umožňuje případnou identifikaci dopadů alternativních způsobů pěstování na složení plodiny, data získaná při vyšetřování tržních produktů zase odráží případné rozdíly ve složení diety konzumentů ekologických potravin a skupiny, která konzumuje produkty konvenční. Informace generované v obou typech scénářů jsou samozřejmě podkladem pro navazující úvahy o vztahu složení diety a zdravotního stavu populace.

SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V posledních letech výrazně vzrostla poptávka po produktech ekologického zemědělství, a to nejen v Evropě ale i v dalších zemích světa. S tím úzce souvisí současný trend neustále rozšiřovat plochy ekologicky obhospodařované půdy. Vzhledem k tomu, že se konvenční zemědělství v mnoha zemích potýká v dnešní době s řadou problémů, jeví se ekologický způsob hospodaření pro mnohé zemědělce jako vhodná alternativa. Významným rozdílem od konvenčního zemědělství je celkový „zodpovědný“ pohled na problematiku životního prostředí s akcentem na trvalou udržitelnost. Konvenční zemědělství se naproti tomu snaží pomocí zvyšování vstupů do výrobního procesu, např. dávek hnojiv, rozsáhlé chemické ochrany rostlin a technické vybavenosti, dosahovat co nejvyšší produkce. To má ovšem nevyhnutelně za následek negativní dopad na ekologickou rovnováhu.

Ekologický způsob produkce s sebou přináší také nový pohled na kvalitu plodin. Jakost produktů pocházejících z ekologického zemědělství má zcela jiný rozměr, je chápána komplexněji jako výsledek kvality celého zemědělského systému, a má proto v tomto pojetí maximální prioritu. Zvýšená pozornost je věnována souvislostem mezi potravinami a zdravím, přičemž kvalita technologická či vnější vzhled se považuje za méně významné.

V současné době existuje několik studií zabývajících se posouzením kvality plodin z ekologické a konvenční zemědělské produkce s cílem objektivně zhodnotit možné rozdíly v jednotlivých jakostních parametrech. Největší

pozornost oponentů či kritiků je v souvislosti s ekologicky pěstovanými plodinami věnována otázkám zdravotní nezávadnosti. Sledovány jsou zejména hladiny mykotoxinů a jiných přírodních toxinů, obsahy dusičnanů, toxické kovy i rezidua pesticidů jako markery dodržování závazných technologických postupů. Zmíněné přírodní toxiny, reprezentující vesměs produkty sekundárního metabolismu, jsou součástí přirozeného ochranného systému rostlin. Tab. I dokumentuje jejich rozsáhlý výskyt v řadě zemědělských plodin. Ve zvýšené míře je rostlina produkuje ve stresových situacích (poranění, napadení škůdci, nevhodné podmínky pěstování či skladování), které jsou v případě ekologické produkce pravděpodobně častější. Na tyto aspekty se nesmí zapomínat při šlechtění nových odrůd pro ekologické zemědělství, kdy je preferována vyšší odolnost proti škůdcům. Rezistence je často spojena právě s vyšší hladinou přírodních toxinů.

Tab. I: Výskyt přírodních toxinů v zemědělských plodinách

Přírodní toxiny	Rostliny
Alkenyl benzeny	<i>Myristicaceae, Labiatae, Lauraceae, Piperaceae</i>
Antrachinony	<i>Polygonaceae</i>
Kapsaicinoidy	<i>Solanaceae</i>
Kumariny	<i>Leguminosae, Rubiaceae, Umbelliferae</i>
Kumestany	<i>Leguminosae</i>
Kukurbitaciny	<i>Cucurbitaceae</i>
Kyanogenní glykosidy	<i>Leguminosae, Gramineneae, Rosaceae</i>
Furokumariny	<i>Apiaceae, Rutaceae,</i>
Glukosinoláty	<i>Cruciferae</i>
Glykoalkaloidy	<i>Solanaceae</i>
Glycyrrhizinová kyselina	<i>Leguminosae, Sapindaceae</i>
Hydrazony	<i>Morchellaceae</i>
Inhibitory proteinas	<i>Leguminosae</i>
Isoflavonoidy	<i>Leguminosae, Rosaceae, Vitaceae</i>
Lektiny	<i>Leguminosae</i>
Laktony sesquiterpenů	<i>Asteraceae, Convolvulaceae, Rutaceae, Umbelliferae</i>
Nitrily	<i>Leguminosae</i>
Oligosacharidy	<i>Leguminosae</i>
Oxaláty	<i>Chenopodiaceae</i>
Phenylhydraziny	<i>Agaricaceae</i>
Pyrrolizidinové alkaloidy	<i>Asteraceae, Boraginaceae, Leguminosae, Sapindaceae</i>
Quinolizidinové alkaloidy	<i>Berberidaceae, Chenopodiaceae, Leguminosae, Solanaceae</i>
Saponiny	<i>Leguminosae</i>
Toxické aminokyseliny	<i>Leguminosae</i>
Toxické mastné kyseliny	<i>Cruciferae</i>
Toxické pyrimidiny	<i>Leguminosae</i>
Xanthinové alkaloidy	<i>Buttneriaceae, Rubiaceae, Theacea</i>

(NETTOX: EU-Air Concerted Action 1995–1997, BASIS 1999–2001)

Je nutné konstatovat, že dosud publikované studie tuto domněnku jednoznačně nepotvrdily a naopak poukazují na to, že významný vliv, pokud jde o přírodní toxiny, sehrává zejména genetická dispozice rostliny. Někteří stoupenčí ekologických směrů považují charakterizaci kvality pomocí laboratorního stanovení významných komponent za nedokonalé, nedostatečně vystihující podstatu a pozitivní vliv ekologických produktů na živý organismus a snaží se demonstrovat kvalitu biopotravin pouze pomocí biologických testů. Některé z nich s ohledem na netradiční aplikované metodiky vyvolaly značné diskuse. Snahou odborníků je neopomenout ani možnou „zvláštní“ podstatu ekologicky pěstovaných produktů.

V České republice jsou produkty vyrobené za podmínek uvedených v zákoně č. 30/2006 Sb. (úplné znění zákona č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství) označovány jako tzv. **bioprodukty a biopotraviny**. V posledních letech se začíná objem prodaných bioproduktů a biopotravín významně zvyšovat, k čemuž bezesporu přispělo i zavedení prodeje v řetězci supermarketů a hypermarketů a zahájení prodeje po Internetu. Tato skutečnost přispěla k snadnější dostupnosti produktů ekologického zemědělství pro širokou veřejnost. V kvalitě „bio“ se prodávají především výrobky cereální, včetně mouky, bylinné čaje, víno, sójové výrobky, z živočišných výrobků je kromě bio-hovězího masa možno zakoupit především mléko a mléčné výrobky. V nabídce bioproduktů z ekofaremu zatím chybí ve větší míře produkce olejnin (kromě máku), drůbežího masa a vajec. Nedostatečná je i nabídka čerstvého ovoce a zeleniny.

Jak již bylo naznačeno, důvodem zvýšeného zájmu spotřebitelů o bioprodukty je snížený obsah nežádoucích kontaminujících látek (reziduí pesticidů, umělých hnojiv, potravinových aditiv, těžkých kovů), dále pak očekávaný zvýšený obsah některých živin (vitaminů, minerálních látek), vyšší obsah vlákniny, výraznější senzorycké vlastnosti (chuť a vůně), lepší skladovatelnost a uchovatelnost. Mezi limitující aspekty biopotravín patří možná větší pravděpodobnost výskytu mykotoxinů a také možný vyšší obsah výše diskutovaných přírodních toxických látek (alkaloidy apod.), dále horší technologická jakost (např. nižší obsah lepku u chlebového obilí), horší dostupnost biopotravín pro spotřebitele a omezený sortiment. Limitující skutečností je i vyšší cena v porovnání s konvenčními potravinami, která souvisí s vyššími náklady.

Kvalita produktů v ekologickém zemědělství

Kvalita vlastního produktu v ekologickém zemědělství je chápána jako jeden z nejdůležitějších parametrů hodnocení, neboť odráží výsledek kvality celého zemědělského systému. Hlavní důraz je kladen na kvalitativní vlastnosti produktů, jako jsou minimální hladiny cizorodých látek, čerstvost, přirozenost, vnitřní nutriční a fyziologické vlastnosti, např. biologická hodnota bílkovin, obsah vitaminů a minerálních látek, chuť atd. Zárukou kvality ekologických produktů je kontrolovaný způsob jejich produkce (pěstování plodin, chov zvířat a způsob zpracování produktů) za přísně stanovených pravidel.

Nutriční hodnota, nebo-li výživová hodnota, vyjadřuje obsah látek, které se příznivě uplatňují v lidské výživě a jejich vzájemné poměry. Jedná se především o bílkoviny, tuky obsahující esenciální mastné kyseliny, dieteticky významné polysacharidy (vláknina), vitaminy, enzymy, nezbytné minerální prvky atd.

Hygienicko-toxikologická jakost se odvíjí zejména od stupně kontaminace produktů cizorodými a toxickými látkami či sloučeninami s nežádoucími biologickými účinky. Zdravotně-hygienické hledisko je bezesporu hlavní motivací zájmu spotřebitelů o biopotraviny. Je však nutné podotknout, že dosud žádná z realizovaných studií nebyla natolik komplexní, aby byly shledány významné rozdíly v obsahu toxických kovů u vzorků z ekologické a konvenční produkce. Při ekologické produkci jsou minimalizovány až zcela eliminovány chemické prostředky pro ochranu rostlin, a dochází tak ke snížení rizika kontaminace bioproduktů rezidui pesticidů. Z dosavadních hodnocení obsahu dusičnanů je pravděpodobné, že ekologické produkty budou kvalitnější, ale v některých případech při používání výhradně statkových hnojiv tomu tak být nemusí. Z hlediska hygienické jakosti je důležité v zemědělských produktech sledovat hladiny mykotoxinů a jiných přírodních toxinů.

Technologická kvalita vystihuje vhodnost plodiny pro různé způsoby zpracování za průmyslových a kulinárních podmínek (loupatelnost, výtěžnost, barevná stálost, vhodnost k vaření, pečení), odolnost proti mechanickému poškození, skladovatelnost atd. Produkty z ekologického zemědělství vykazují většinou menší skladovací ztráty. Konvenční produkty mají díky dusíkatým hnojivům větší obsah vody a méně sušiny. Pro škrobářský průmysl je např. důležitý obsah sušiny v bramborové hlíze, ten však závisí převážně na odrůdě brambor. U ekologicky pěstovaných obilovin bývá často nižší obsah lepku (důležitý ukazatel pro pekárenské využití) a tím celkově snížená technologická jakost.

Důležitým parametrem hodnocení je **senzorická jakost**. Výrobky jsou řazeny do jednotlivých jakostních tříd podle vnějších znaků jako je velikost, tvar, hmotnost, barva a vnější vzhledová bezchybnost. Požadavky, které mají výrobky splňovat, jsou pro jednotlivé jakostní třídy definovány normou a zařazení výrobků do určité třídy je pak směrodatné pro cenovou relaci. Za určitých okolností může být vnější vzhled ekologicky pěstované zeleniny horší než u konvenční (není to však pravidlem), problémem může být nejednotnost vzhledu ekologických plodin. Brambory z ekologického zemědělství jsou zpravidla drobnější, s pevnější slupkou a kompaktnější dužinou. Tyto vlastnosti zvyšují odolnost hlíz proti mechanickému poškození. Bio-brambory vykazují většinou lepší skladovatelnost.

STUDIE REALIZOVANÉ NA VŠCHT PRAHA

Rostliny obsahují velké množství biologicky aktivních látek, které reprezentují sekundární metabolity. Schéma 1 ilustruje vzájemné souvislosti.

Schéma 1: Přírodní toxiny – produkty sekundárního metabolismu rostlin



Tyto látky mohou působit na zdraví konzumentů pozitivně, mohou však také vykazovat toxické účinky. Předpokládá se, že tvorba některých sekundárních metabolitů v rostlinách souvisí s vytvářením obraných mechanismů rostlin, chránících je před nepříznivými vlivy prostředí. I když byla publikována řada studií, které se vlivem environmentálních a dalších faktorů na intenzitu biosyntézy biologicky aktivních složek v zemědělských plodinách zabývaly, komplexní zhodnocení dopadů organického způsobu hospodaření zatím provedeno v této souvislosti nebylo. Cílem studií, realizovaných na VŠCHT, bylo porovnání hladin a relativního zastoupení vybraných sekundárních metabolitů (indikátorů jakosti a chemické bezpečnosti) různých druhů zeleniny pěstovaných v konvenčním a ekologickém zemědělském systému a posouzení vlivu odlišných zemědělských praktik na danou plodinu. Brambory a rajčata, zástupci čeledi *Solanaceae*, kořenová zelenina, reprezentující čeleď *Apiaceae*, a pšenice (*Triticum L.*), zástupce obilovin, byly zvoleny jako indikátorové plodiny pro posouzení uvedených aspektů. V rámci studií byl jako jeden z významných parametrů kvality vedle dalších látek sledován obsah vitamínu C (kyselina askorbová) a předmětem laboratorních vyšetření byly i hladiny přírodních toxinů.

BRAMBORY

Jednou z nejvýznamnějších plodin určených k výživě světové populace jsou (vedle pšenice, kukuřice a rýže) stolní brambory (*Solanum tuberosum*). Tato plodina je pěstována ve většině zemí mírného pásma a jejich světová produkce činí okolo 300 milionů tun ročně. V České republice zaujímá pěstování této plodiny nezanedbatelnou část rostlinné produkce ekologického i konvenčního zemědělství. V následujícím textu jsou uvedeny některé charakteristiky relevantní prezentované studii následované konkrétními experimentálními výstupy.

Charakteristika vybraných biologicky aktivních sloučenin

I laické veřejnosti je známo, že nadzemní část brambor obsahuje přirozené toxické sloučeniny, tzv. solanin. Jde o komplex steroidních glykoalkaloidů tvořených zhruba z 95 % α -solaninem a α -chaconinem. Steroidní glykoalkaloidy jsou součástí ochranných mechanismů rostliny proti chorobám a škůdcům a vyskytují se ve všech jejích částech, avšak ve výrazně odlišných hladinách. Nejvyšší hladiny jsou soustředěny v pletivech s vysokou metabolickou aktivitou, zvláště v květech, klíčcích, plodech, kořenech a listech. Koncentrace glykoalkaloidů v hlízách je nejvyšší v povrchových vrstvách a směrem do středu klesá (tab. II).

Tab. II: Hladiny glykoalkaloidů v jednotlivých částech rostliny bramboru *Solanum tuberosum*

Část rostliny	Obsah (mg/kg č.hm.)
Klíčky	2 000–4 000
Kořeny	180–400
Lodyha	20–30
Listy	400–1 000
Květy	3 000–5 000
Bobule	4 200
Celá hlíza	10–180
Dřeň	12–50
Svrchní část hlízy (3–5 %)	300–600
Svrchní část hlízy (10–15 %)	150–300
Slupka s očky	300–500



Množství steroidních glykoalkaloidů v bramborových hlízách je závislé především na odrůdě (genetická dispozice). Významný vliv mají také půdní a klimatické podmínky. Dále se uplatňuje vliv lokality, ročníku, fyziologické zralosti, mechanického poškození, intenzity a druhu osvětlení během skladování, teploty atd.. Světlo, mechanické poškození, extrémní teploty či klíčení během skladování mohou mít za následek výrazný nárůst hladin glykoalkaloidů v hlízách. Je známou skutečností, že působením světla dochází k zezelenání hlízy, což souvisí se syntézou chlorofylu. Tento jev je doprovázen zvyšováním hladin glykoalkaloidů, přičemž vzrůst jejich obsahu závisí na intenzitě světla a na délce expozice. Uplatňuje se také vliv teploty, kdy za vyšší teploty je syntéza intenzivnější.

Přestože jsou glykoalkaloidy značně termostabilní (nerozkládají se vařením, pečením, mikrovlnným ohřevem, odolávají i mražení a sušení), dochází v průběhu technologického a kulinárního zpracování k částečnému snižování jejich hladin — poměrně značný podíl těchto nežádoucích látek (okolo 50 %) lze odstranit loupáním.

Mechanismus toxického účinku glykoalkaloidů spočívá v inhibici enzymu acetylcholinesterázy a ve schopnosti narušovat membrány zažívacího traktu a některých dalších orgánů. Typickými příznaky otravy (akutní toxicita) jsou nevolnost, zvracení, průjem, žaludeční křeče, bolesti hlavy, závratě. Denní příjem průměrného konzumenta se v evropských zemích pohybuje okolo 1 mg glykoalkaloidů na kg tělesné hmotnosti, přičemž již příjem 2–5 mg glykoalkaloidů na kg tělesné hmotnosti vyvolává příznaky otravy a letální dávka je 3–6 mg glykoalkaloidů na kg tělesné hmotnosti. V České republice jsou hladiny glykoalkaloidů regulovány vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb., která stanovuje přípustné množství glykoalkaloidů ve výši 200 mg/kg neloupaných hlíz.

Fenolické sloučeniny patří mezi sekundární metabolity rostlin a spolu se svými deriváty (zvláště oxidačními produkty) též hrají důležitou úlohu při obranných mechanismech rostliny. V hlízách bramboru je zastoupena především **kyselina chlorogenová**, která tvoří až 90 % z celkového obsahu polyfenolů. Pokud jde o distribuci polyfenolických sloučenin v bramborových hlízách, je asi 50 % jejího celkového množství obsaženo ve slupkách a přilehlých vrstvách, směrem do středu hlízy koncentrace klesá. Hladiny celkových polyfenolů v hlízách brambor jsou závislé zvláště na odrůdě, ale i lokalitě pěstování. Na obsah polyfenolických sloučenin má významný vliv i způsob skladování.

Fenolické látky jsou prekurzory sloučenin, které způsobují typické barevné změny produktů z brambor. Hnědé či modrošedé pigmenty vznikají při dezintegraci pletiv procesem nazývaným enzymové hnědnutí. V úvodní fázi se uplatňuje enzym polyfenoloxidáza. Tyto změny jsou konzumenty vnímány negativně, a proto je snahou jim v řadě technologií předcházet. Při zpracování brambor se k inhibici těchto procesů používá oxid siřičitý, resp. siřičitany. Polyfenolické sloučeniny však také vykazují antimutagenní a antikarcinogenní účinky. Na straně druhé mají schopnost vyvazovat elektrofilu, volné radikály a toxické kovy, které mohou poškozovat DNA. Inhibují enzymy aktivující prekarcinogeny na karcinogeny a indukují karcinogen-detoxikační systémy.

Studie 1

Charakterizace

Hodnocen byl soubor dat získaný v průběhu čtyřletého sledování (1996–1999) ve dvou lokalitách (Jindřichův Hradec a Vodňany). Analyzováno bylo osm odrůd brambor ('Koruna', 'Krystala', 'Rosara', 'Christa', 'Krasa', 'Monalisa', 'Karin', 'Rosella'). Byly hodnoceny jak agronomické a vnější parametry (vzhled, velikost hlíz, poškození, výnosy) tak i ukazatele nutriční (škrob, vitamíny, minerální látky, chlorogenová kyselina) a hygienicko-toxikologické jakosti (dusičnany, glykoalkaloidy, těžké kovy, rezidua pesticidů).

Výsledky

Ekologické brambory vykazovaly nižší výnosy (50 %), jejich hlízy byly menší, obsah škrobu a sušiny byl vyšší. Rozdíly v obsahu kovů mezi ekologicky a konvenčně pěstovanými bramborami byly většinou statisticky nevýznamné (t-test, $\alpha = 0,05$) a závisely především na lokalitě a roku pěstování. Prokázány byly pouze vyšší hladiny Ni a Cu v konvenčně pěstovaných bramborách. Pro přehlednost jsou výsledky shrnuty v tab. III.

Tab. III: Vybrané agrotechnické ukazatele a obsah kovů v bramborách: srovnání organických a konvenčních hlíz (↗ lepší, ↘ horší, = stejné)

Agrotechnické ukazatele

Ukazatel	Organické hlízy
Hektarový výnos	↘↘ (2x)
Velikost hlíz	↘
Sušina	↗
Obsah škrobu	↗
Klíčivost	srovnatelné (téměř 100 %)

Rozdíly statisticky významné (t-test, $\alpha = 95$ %) pro většinu kombinací rok a lokalita.

Kovy

Mn = Zn = Fe = As = Se =

Co ↘ Cd ↘ Cu ↗ Ni ↗

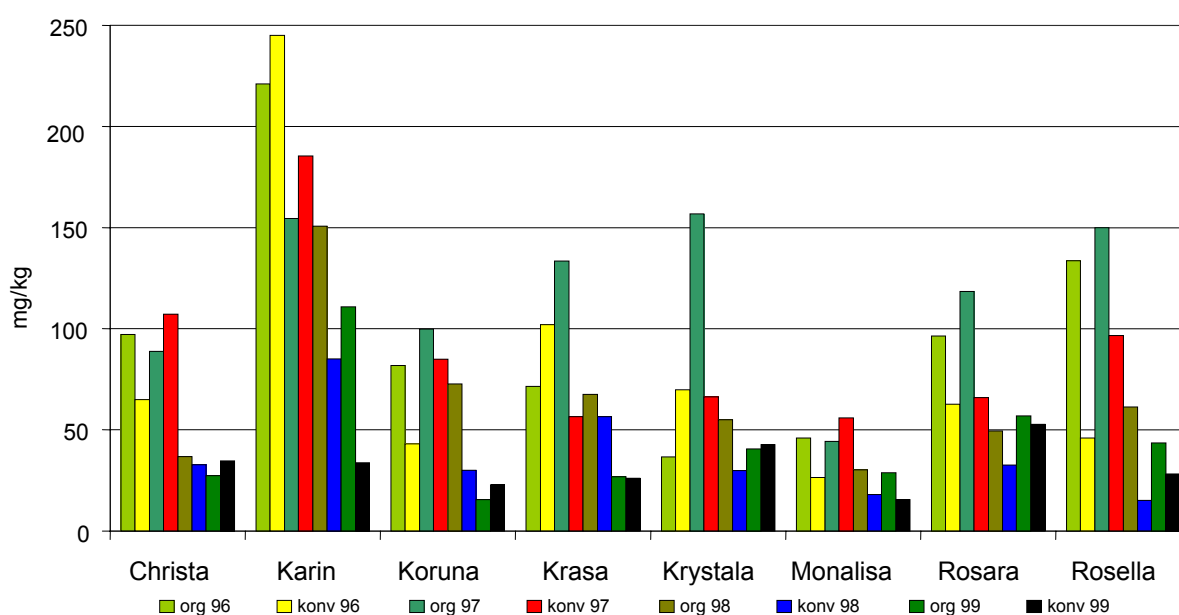
Pb, Hg < 2 µg/kg

Odlišné nálezy v jednotlivých lokalitách a letech pěstování

V konvenčně pěstovaných bramborách byly nalezeny vyšší hladiny dusičnanů (statisticky významné; t-test, $\alpha = 0,05$), jejich obsah byl proměnný a závisel na roku sklizně. V ekologicky pěstovaných bramborách byl zjištěn vyšší obsah vitamínu C (rozdíl však nebyl statisticky významný) a vyšší obsah chlorogenové kyseliny (statisticky významný pro všechny odrůdy a roky kromě odrůd 'Monalisa' a 'Krista'). Sledován byl výskyt toxických látek v bramborách a byl zjištěn mírně vyšší obsah glykoalkaloidů (α -solanin, α -chaconin) v bramborách pěstovaných ekologicky; rozdíly však většinou nebyly statisticky významné (obr. 1). V rámci studie byly identifikovány odrůdy s typicky vysokým obsahem glykoalkaloidů (např. 'Karin') a odrůdy s nízkým obsahem (např. 'Monalisa'). Z experimentů vyplývá, že obsah glykoalkaloidů v hlízách je zejména odrůdovým znakem, méně výrazný je vliv klimatických podmínek, mechanického poškození, skladování a pěstebního systému.

Publikace dat:

HAIŠLOVÁ, J., SCHULZOVÁ, V., SLANINA, P., JANNÉ, K., HELLENAS, K. E., ANDERSSON, CH. (2005): Quality of organically and conventionally grown potatoes: Four-year study of micronutrients, metals, secondary metabolites, enzymic browning and organoleptic properties. *Food Additives and Contaminants*. 22 (6), s. 514–534.



Obr. 1: Obsah steroidních glykoalkaloidů (mg/kg) v sledovaných odrůdách brambor, pěstovaných ekologickým (org) a konvenčním (konv) způsobem v lokalitě 1

Studie 2

Charakterizace

Posuzován byl soubor dat získaný v průběhu čtyřletého sledování (2002–2005) ve dvou lokalitách (Pacov a Volyně). Vzorky byly pěstovány ve spolupráci s Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích. Celkem bylo analyzováno pět odrůd brambor ('Bionta', 'Karin', 'Marabel', 'Rosara', 'Satina') a hodnoceny následující parametry: výnos, sušina, škrob, klíčivost, obsah redukujících cukrů, kyselina chlorogenová, vitamin C, volné aminokyseliny, dusičnany, glykoalkaloidy).

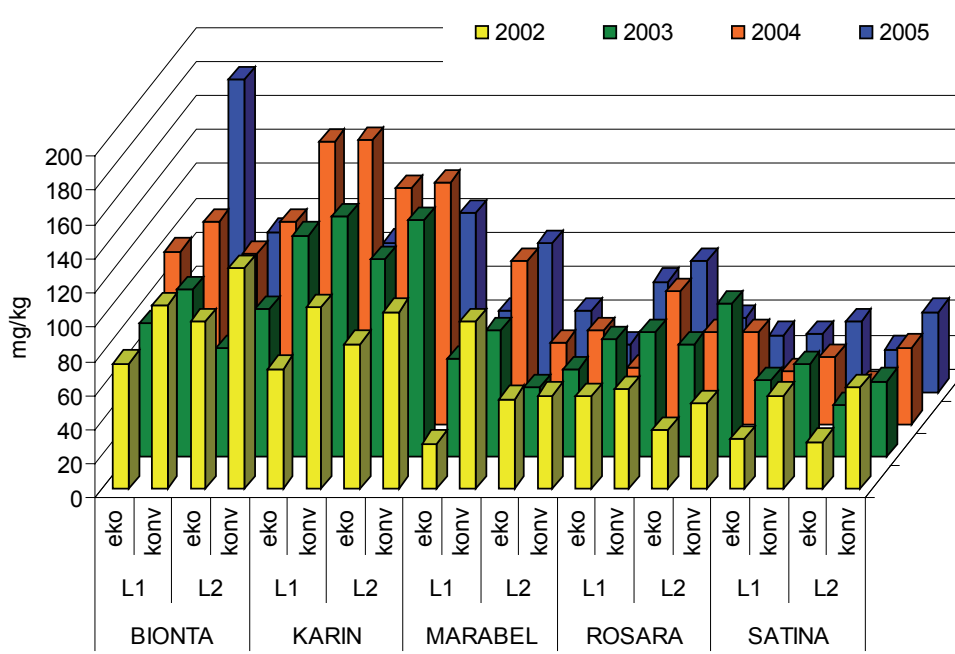
Výsledky

Výnosy ekologicky pěstovaných brambor odpovídají v průměru 55,3 % výnosů hlíz konvenčních. Obsah škrobu byl různý pro jednotlivé odrůdy a obsah redukujících cukrů závisel více na klimatických podmínkách (rok pěstování) než na způsobu pěstování. Vyšší průměrný obsah dusičnanů byl zjištěn v konvenčně pěstovaných hlízách (268 mg/kg) v porovnání s ekologickými (219 mg/kg). Vliv klimatických podmínek byl významný, zejména v případě dusičnanů, jejichž nejnižší obsah byl stanoven v roce 2003.

Byl zjištěn mírně vyšší obsah glykoalkaloidů v ekologicky pěstovaných hlízách (75 mg/kg) v porovnání s konvenčními (72 mg/kg). Rozdíly však nejsou statisticky průkazné (t-test, $\alpha = 0,05$). Hladiny glykoalkaloidů (23–182 mg/kg) závisely především na odrůdě (typicky vysoký obsah vykazovaly odrůdy 'Karin' a 'Bionta', nízký 'Satina' a 'Marabel'). Hygienický limit 200 mg/kg nebyl překročen v žádném ze sledovaných produkčních systémů (obr. 2).

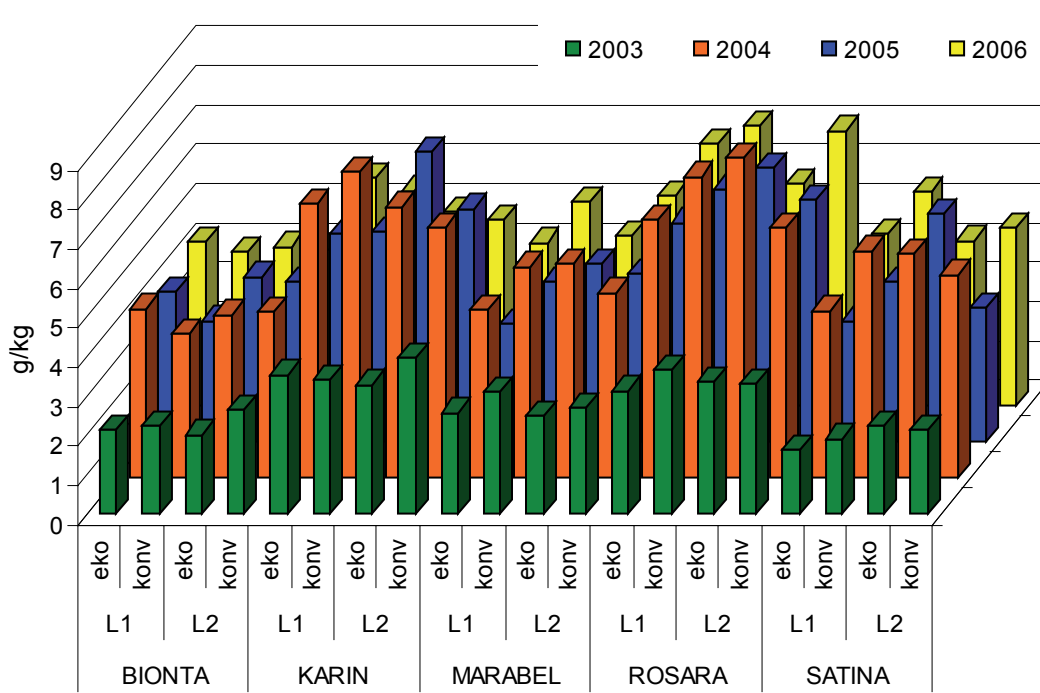
Obdobně jako v předchozí studii byly vyšší hladiny kyseliny chlorogenové nalezeny v ekologicky pěstovaných hlízách (185 mg/kg) ve srovnání s konvenčními (156 mg/kg). Je zřejmé, že obsah byl v některých letech významně ovlivněn způsobem pěstování, rozdíly byly statisticky průkazné (t-test, $\alpha = 0,05$). Hladiny chlorogenové kyseliny se lišily také v závislosti na odrůdě (typicky vysoký obsah vykazovala odrůda 'Karin', nízký 'Bionta', 'Marabel' a 'Satina').

Vyšší nebo srovnatelné hladiny volných aminokyselin (asparagová ASP, glutamová GLU, asparagin ASN, glutamin GLN) byly zjištěny v konvenčně pěstovaných hlízách, rozdíly však nebyly statisticky významné (obr. 3). V rámci této studie byla pozornost zaměřena na stanovení asparaginu, aminokyseliny, který je prekurzorem toxického akrylamidu, který vzniká při některých tepelných přípravách brambor jako je smažení či pečení. Pro minimalizaci vzniku akrylamidu ve zmiňovaných výrobcích je nutné především omezení hladin cukrů volbou vhodné odrůdy a především udržováním vyšší skladovací teploty. Zastoupení jednotlivých aminokyselin a jejich celkový obsah závisel na odrůdě (nízké hladiny měly odrůdy 'Bionta' a 'Satina', relativně vysoké hladiny 'Karin' a 'Rosara'). Hlavní volnou aminokyselinou brambor je asparagin (přibližně 52 %).



Obr. 2: Obsah glykoalkaloidů (mg/kg) v sledovaných odrůdách brambor pěstovaných ekologickým (eko) a konvenčním (konv) způsobem v lokalitách 1 a 2

Pokud jde o vitamin C, mírně vyšší obsah byl na rozdíl od předchozí studie stanoven v konvenčním pěstování, významný byl vliv klimatických podmínek.



Obr. 3: Obsah volných aminokyselin (ASP, GLU, ASN, GLN, g/kg) ve sledovaných odrůdách brambor pěstovaných ekologickým (eko) a konvenčním (konv) způsobem v lokalitách 1 a 2

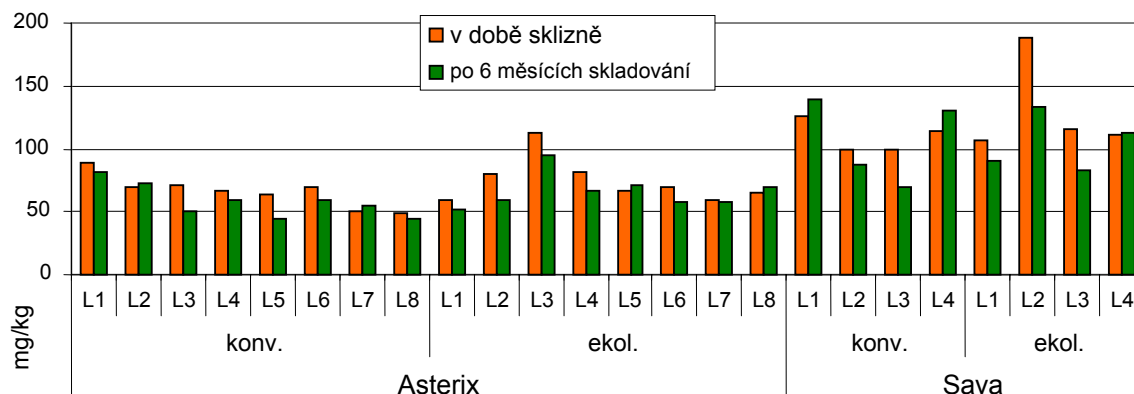
Studie 3

Charakterizace

V rámci studie byly sledovány dvě odrůdy brambor ('Sava' a 'Asterix'), které byly pěstovány ekologickým a konvenčním způsobem v různých lokalitách ve Švédsku. Vzorky zajistila Agriculture University, Uppsala. V rámci experimentů byl sledován také vliv skladování.

Výsledky

Vyšší hladiny glykoalkaloidů byly nalezeny v ekologicky pěstovaných odrůdách 'Sava' i 'Asterix' (rozdíl nebyl statisticky významný, t-test, $\alpha = 0,05$). Po šesti měsících skladování ekologicky i konvenčně pěstovaných brambor odrůdy 'Sava' a 'Asterix' došlo k mírnému poklesu obsahu toxických glykoalkaloidů (rozdíl nebyl statisticky významný, t-test, $\alpha = 0,05$). Odrůda 'Sava' obsahovala v průměru vyšší hladiny glykoalkaloidů v porovnání s odrůdou 'Asterix' (obr. 4).



Obr. 4: Změny obsahu glykoalkaloidů (mg/kg) v ekologicky a konvenčně pěstovaných odrůdách brambor 'Asterix' a 'Sava' v průběhu skladování, sklizeň 2002

Ve vzorcích brambor pěstovaných ve Švédsku, byly nalezeny výrazně vyšší hladiny kyseliny chlorogenové v ekologicky pěstovaných odrůdách 'Sava' i 'Asterix' (rozdíl byl statisticky významný, t-test, $\alpha = 0,05$). Hladiny kyseliny chlorogenové byly vyšší v ekologicky pěstovaných bramborách analyzovaných jak bezprostředně po sklizni tak i po 6 měsících skladování. Obsah této fenolické sloučeniny postupně klesal, v konvenčně pěstované odrůdě 'Sava' byl po 6 měsících srovnatelný s obsahem v neskladovaných konvenčně pěstovaných bramborách této odrůdy. Průměrný obsah kyseliny chlorogenové v čerstvých vzorcích ekologicky i konvenčně pěstovaných brambor byl pro obě sledované odrůdy srovnatelný (170 mg/kg).

Souhrnně je možné konstatovat, že byl zjištěn vyšší obsah glykoalkaloidů v některých odrůdách brambor pěstovaných ekologickým způsobem (rozdíl však nebyl statisticky významný) a statisticky významně vyšší obsah chlorogenové kyseliny v ekologicky pěstovaných bramborách. Složení brambor bylo vlivněno zejména odrůdou, výrazně se projevoval také vliv klimatických podmínek (variabilita mezi jednotlivými roky, teplota, srážky).

RAJČATA

Rajčata (*Lycopersicon esculentum*) patří mezi lilkovité rostliny. Do Evropy se rajčata dostala společně s bramborami až po objevení Ameriky, ve střední Evropě se objevila na trhu teprve začátkem 20. století. Rajče je jednoletá rostlina, určená pro sklizeň stolních plodů a pro další zpracování. Roční světová produkce rajčat činí 70 milionů tun, z toho je 25–30 mil. tun určeno ke zpracování. V potravinářském průmyslu se využívá plodů rajčat pro výrobu protlaku, kečupu, rajčatových omáček atd. Průměrná roční spotřeba rajčat v ČR činí 3,5 kg na osobu, zatímco v EU je to 14–15 kg na osobu a v Itálii a USA více než 30 kg.

Charakteristika nejvýznamnějších složek a výsledky získané v rámci studií realizovaných na VŠCHT Praha jsou shrnuty v následujících odstavcích.

Charakteristika vybraných biologicky aktivních sloučenin

Při zrání rajčat dochází k nárůstu obsahu karotenoidů a barva plodů se mění ze zelené přes oranžovou až na sytě červenou. Množství karotenoidů v plodu rajčete závisí na půdě, klimatických podmínkách, zavlažování, teplotě, odrůdě, stupni zralosti, době sklizně i posklizňovém skladování. V rajčatech tvoří 90 % všech karotenoidů **lykopen**, méně zastoupen je pak **β -karoten**. Obsah lykopenu ve zralých rajčatech se pohybuje v rozmezí 10–1000 mg/kg

čerstvé hmoty, obsah β -karotenu v rozmezí 1–10 mg/kg čerstvé hmoty. Mnohé publikované práce poukazují na příznivé antioxidační účinky lykopenu a řada epidemiologických studií zmiňuje inverzní korelaci mezi dávkou tohoto karotenoidu v dietě a výskytem nádorových onemocnění. Uvedené sloučeniny jsou poněkud nestabilní, v průběhu zpracování rajčat může docházet k degradaci a isomeraci lykopenu.

Rajčata podobně jako jiné rostliny z čeledi lilkovitých (*Solanaceae*) obsahují toxické **glykoalkaloidy**. Hlavní glykoalkaloid vyskytující se v rajčatech je α -**tomatin**, minoritní složku tvoří **dehydrotomatin**. Toxikologické studie prokázaly, že tyto látky poškozují buněčné membrány a vykazují antifungální a teratogenní účinky. Množství α -tomatinu v rajčatech je závislé na velikosti a zralosti rajčat, jeho obsah je dočasný a zráním se snižuje na minimum. Nejnížší obsah byl nalezen v červených, zralých a velkých rajčatech (do 10 mg/kg), nejvyšší v zelených rajčatech (cca 50–200 mg/kg). Hygienický limit pro obsah glykoalkaloidů (suma α -chaconinu, α -solaninu a α -tomatinu) je v ČR 200 mg/kg.

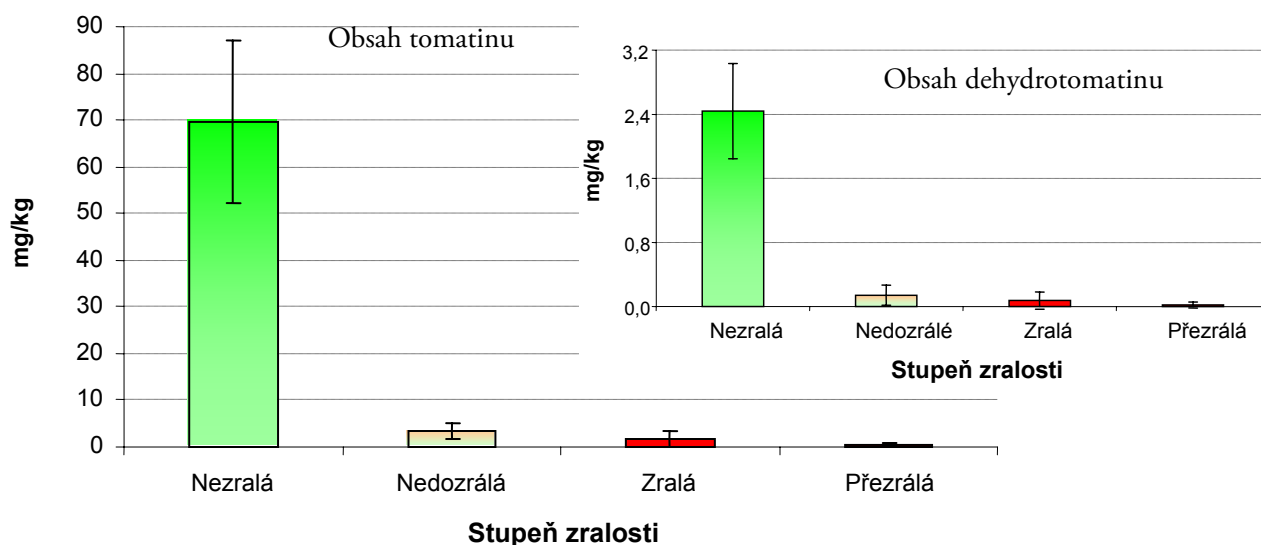
Studie 1

Charakterizace

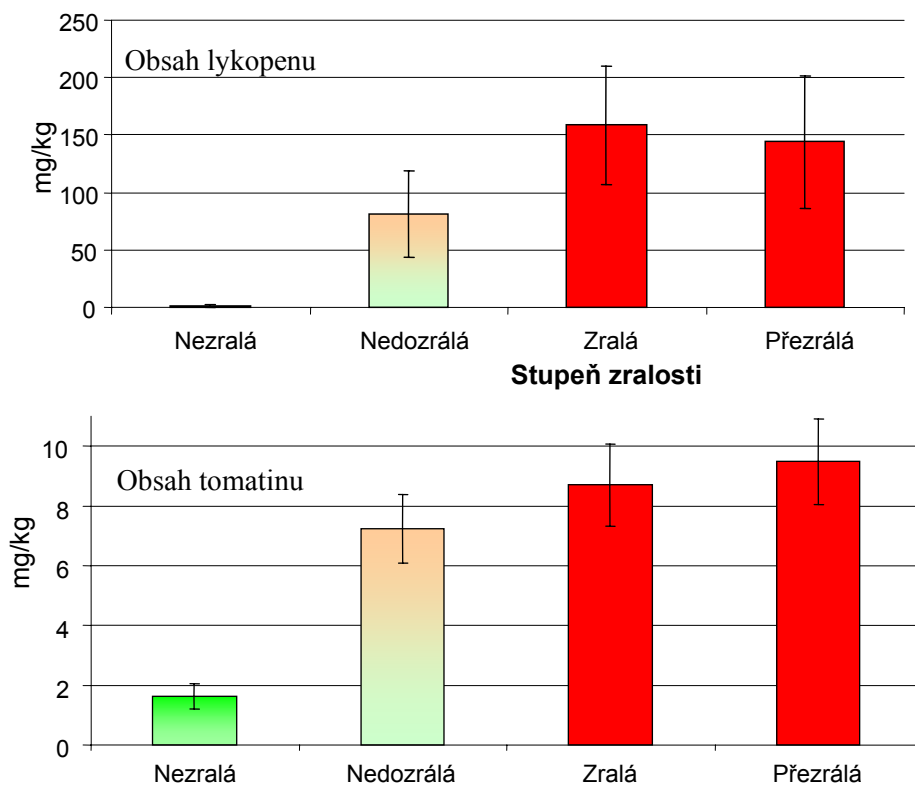
Ve spolupráci s National Food Administration (Uppsala, Švédsko) byl sledován vliv vyzrállosti a způsobu pěstování rajčat na obsah glykoalkaloidů, karotenoidů a také na obsah vitamínu C. Analyzována byla rajčata nezralá, mírně zralá a zralá. Způsoby pěstování rajčat byly následující: organicky, organicky s přidavkem síry, anorganicky s použitím dusičnanových hnojiv a anorganicky s použitím amonných solí. Sledován byl také vliv celkového obsahu dusíku v půdě – porovnáván byl nízký a vysoký obsah.

Výsledky

V průběhu zrání rajčat byl prokázán výrazný pokles obsahu α -tomatinu a dehydrotomatinu (obr. 5) a zároveň významný nárůst obsahu lykopenu a β -karotenu (obr. 6). Obsah vitamínu C v průběhu zrání rajčat nejprve roste (nejnižší je v zelených rajčatech) a poté se již výrazně nemění. Ve zralých rajčatech byl nalezen průměrný obsah vitamínu C 175 mg/kg. Ve zralých červených rajčatech byl nalezen vyšší obsah lykopenu v rostlinách pěstovaných v půdě s vysokým obsahem dusíku. Vyšší obsah vitamínu C byl nalezen při pěstování v půdě s vyšším obsahem dusíku (organické pěstování a pěstování s použitím amonných solí). Mezi vzorky rajčat, pěstovanými konvenčně a ekologicky, nebyl prokázán statisticky významný rozdíl (t-test, $\alpha = 0,05$) v obsahu lykopenu a β -karotenu. V zelených nezralých rajčatech byl nalezen vyšší obsah glykoalkaloidů při pěstování v půdě s nízkým obsahem dusíku, nejvyšší obsah těchto látek byl stanoven v rajčatech pěstovaných organicky. To může být způsobeno vyšší zátěží a stresem rostlin v případě této zemědělské praxe, které vedou ke zvýšené tvorbě přírodních toxických látek sloužících k ochraně rostliny.



Obr. 5: Ilustrace poklesu obsahu glykoalkaloidů v plodech rajčat v průběhu zrání (mg/kg)



Obr. 6: Obsah lykopenu a β -karotenu ve vzorcích rajčat v různém stadiu zralosti (mg/kg)

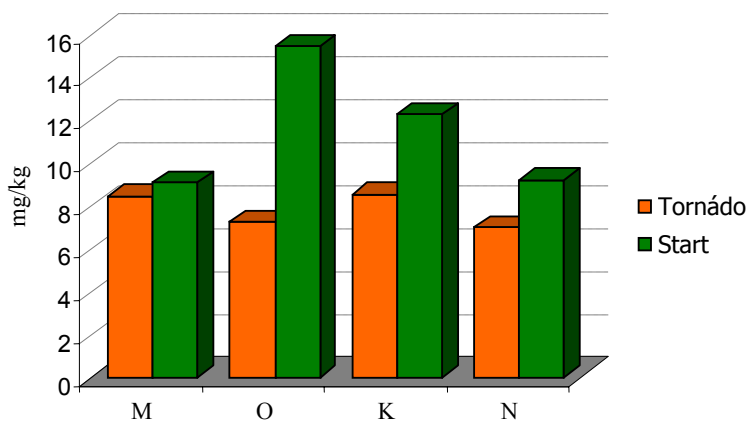
Studie 2

Charakterizace

Ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze byl proveden pokus zabývající se stanovením obsahu karotenoidů β -karotenu a lykopenu, glykoalkaloidů α -tomatinu a dehydrotomatinu a vitamínu C ve dvou odrůdách rajčat ('Tornado', 'Start'), které byly pěstovány v následujícím režimu: minerální hnojení, organické hnojení, kombinované hnojení, nehnojení.

Výsledky

V analyzovaných vzorcích byly stanoveny hladiny β -karotenu v rozmezí 7,0–15,4 mg/kg a hladiny lykopenu v rozmezí 149,0–209,0 mg/kg. Nejvyšší obsah β -karotenu byl nalezen v odrůdě 'Start' při aplikaci organického



Obr. 7: Vliv způsobu pěstování (M minerální hnojení, O organické hnojení, K kombinované hnojení, N nehnojení) na obsah β -karotenu v rajčatech (mg/kg)

hnojiva a hnojiva kombinovaného (polovina organické, polovina minerální). Experimenty neprokázaly významný vliv způsobu pěstování rajčat na obsah lykopenu ani na obsah β -karotenu v případě odrůdy 'Tornádo' (obr. 7). Ve vzorcích rajčat byl stanoven obsah α -tomatinu a dehydrotomatinu; nižší hladiny α -tomatinu obsahovala rajčata odrůdy 'Start' pěstovaná organicky, naopak vyšší obsah tomatinu byl nalezen ve vzorcích rajčat odrůdy 'Tornádo' při použití minerálního hnojení. Způsob pěstování rajčat odrůdy 'Tornádo' a 'Start' neměl výrazný vliv na obsah vitamínu C. Nižší obsah vitamínu C byl nalezen u vzorků rajčat pěstovaných organicky, naopak nejvyšší hladina vitamínu C byla zjištěna v rajčatech nehnojených.

KOŘENOVÁ ZELENINA

Kromě brambor byla v rámci experimentů založených na hodnocení kvality produktů z ekologického a konvenčního zemědělství pozornost zaměřena i na kořenovou zeleninu, konkrétně mrkev, celer a pastinák. Důvodem byl především zájem o zmapování vlivu zemědělských praktik na hladiny přirozených toxických látek ze skupiny furanokumarinů, které uvedená zelenina obsahuje.

V následujícím textu jsou shrnuty základní informace o sledovaných toxinech a dále jsou uvedeny výstupy studií, realizovaných na VŠCHT Praha.

Charakteristika přírodních toxinů ze skupiny furanokumarinů

Furanokumariny jsou toxické sekundární metabolity vyskytující se v rostlinách čeledi miříkovitých (*Apiaceae*), kam patří sledované plodiny, ale i routovitých (*Rutaceae*) a morušovníkovitých (*Moraceae*). Pro své biologické účinky se řadí mezi přírodní toxiny (fytoalexiny). Podle chemické struktury se furanokumariny rozdělují na lineární (psoralen, bergapten, xanthotoxin, trioxsalen, isopimpinellin) a angulární (angelicin, sfondin, pimpinellin, isobergapten).

Furanokumariny jsou fototoxické látky, které mohou při vyšším obsahu vyvolávat dermatitidy a při extrémních expozicích i rakovinu kůže. U zvířat byla prokázána mutagenita a karcinogenita. Mezi nejvíce toxické patří lineární furanokumariny psoralen, bergapten a xanthotoxin. Furanokumariny jsou termostabilní, v průběhu kulinárních úprav se jejich obsah nemění. Ke zvýšení obsahu furanokumarinů v rostlinách může docházet vlivem stresu (napadení mikroorganismy, hmyzem, mechanické poškození, nevhodné klimatické podmínky, skladování za nízkých teplot).

Pro minimalizaci dietárního příjmu furanokumarinů z kořenové zeleniny lze shrnout následující doporučení:

- skladovat zeleninu vhodným způsobem,
- vyloučit poškozenou zeleninu (i její zdánlivě zdravé části) z konzumace,
- před kulinární úpravou kořenovou zeleninu oloupat (odstraněním povrchových částí je možno snížit obsah furanokumarinů o 20–50 %),
- vyloučit z konzumace zeleninu s vysokým obsahem furanokumarinů před opalováním,
- konzumovat pestrou stravu a zařadit rostliny bohaté na furanokumariny jako vyváženou část diety.

V předchozích letech byl pracovištěm VŠCHT Praha také sledován vliv skladování na obsah furanokumarinů v zelenině. Bylo zjištěno, že během skladování celeru dochází k nárůstu obsahu furanokumarinů a to jak v bulvě, tak i v natí. Tato zjištění byla již dříve publikována nebo jsou v současné době pro prezentaci v odborné literatuře připravována. V následujících odstavcích jsou shrnuty některé experimenty realizované na VŠCHT Praha.

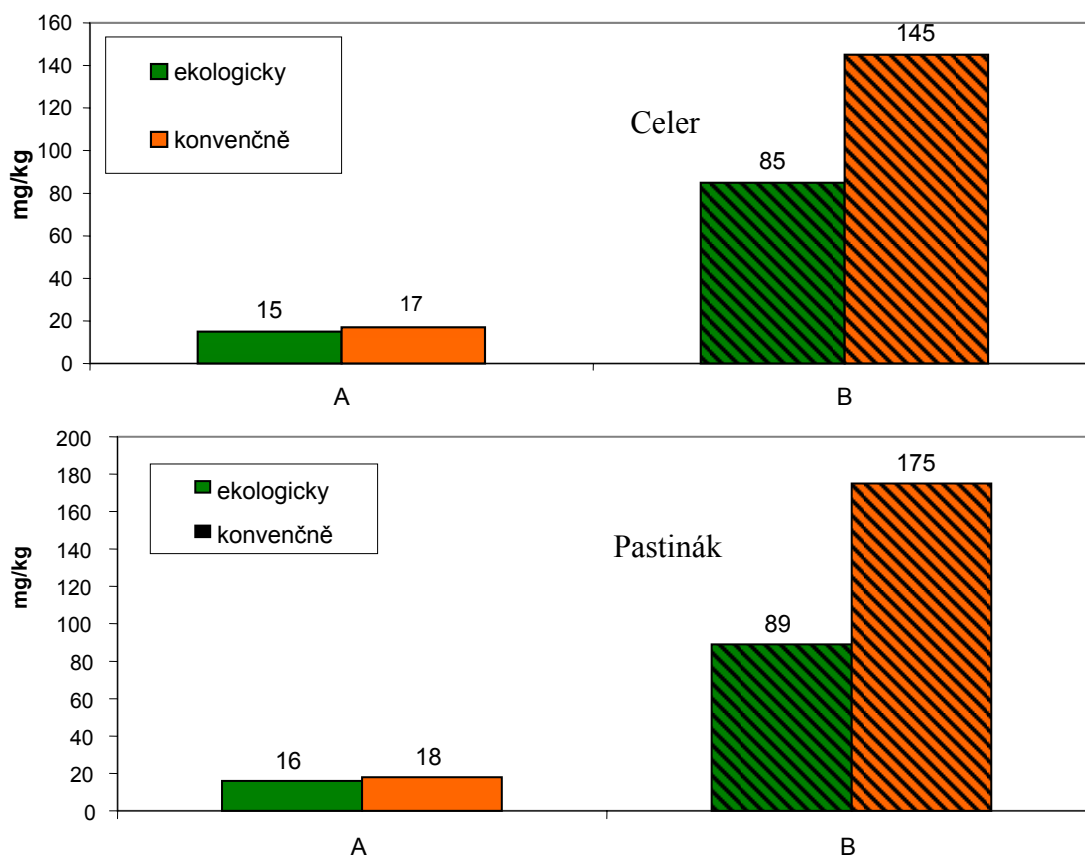
Studie 1

Charakterizace

Studie byla zaměřena na sledování přítomnosti fototoxických furanokumarinů v **celeru, pastináku a mrkvi** (*Apiaceae*), pěstovaných v konvenčním a v alternativním produkčním systému. Zelenina ze sklizně roku 2001 a 2002 byla získána na švédském trhu, experimenty byly realizovány ve spolupráci s National Food Administration (Uppsala, Švédsko). Hodnocen byl vliv různých stresových faktorů (např. mechanické poškození, napadení hmyzem a plísněmi, nevhodné klimatické/skladovací podmínky) na hladiny přírodních toxických látek v kořenové zelenině.

Výsledky

V mrkvi byly zaznamenány jen nízké hladiny (<0,004–1,71 mg/kg) naopak relativně vysoký obsah těchto toxinů byl nalezen v pastináku (5,9–394,5 mg/kg) a celeru (3,6–268 mg/kg). Mírně vyšší obsah sledovaných furanokumarinů byl nalezen v konvenčně pěstovaných produktech (rozdíly nejsou statisticky významné; t-test, $\alpha = 0,05$) analyzovaných ihned po sklizni (celer 4–40 mg/kg, pastinák 3–60 mg/kg). Výrazně vyšší hladiny byly nalezeny ve skladovaných, částečně mechanicky poškozených vzorcích (obr. 8: celer 22–270 mg/kg, pastinák 30–400 mg/kg). Nárůst hladiny toxických furanokumarinů vlivem stresových podmínek byl vyšší v konvenčně pěstovaných plodinách.



Obr. 8: Celkový obsah furanokumarinů v celeru a pastináku (mg/kg), sklizeň 2001
(A = nepoškozené vzorky, B = mechanicky poškozené vzorky – nepoškozená část)

Pokus byl opakován také se vzorky sklizenými v roce 2002. Zjištěny byly statisticky významné rozdíly (t-test, $\alpha = 0,05$) v obsahu furanokumarinů mezi ekologicky a konvenčně pěstovanými vzorky (ekologicky 10–70 mg/kg, konvenčně 16–902 mg/kg). Průměrný obsah furanokumarinů byl vyšší v konvenčně pěstovaných pastinácích (přibližně 2x). Po skladování vzrostl výrazně obsah furanokumarinů (až 9x) v konvenčně pěstovaném pastináku (skladovaný 20–902 mg/kg, neskladovaný 10–89 mg/kg). Porovnání získaná v rámci experimentů lze shrnout v konstatování, že ekologicky pěstovaná kořenová zelenina je lépe odolná vůči stresovým faktorům.

Publikace dat:

SCHULZOVÁ, V., PEROUTKA, R., HAJŠLOVÁ, J. (2002): Levels of furanocoumarins in vegetables from organic and conventional farming. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, Vol. 11/52, SI 1, 25–27.

Studie 2

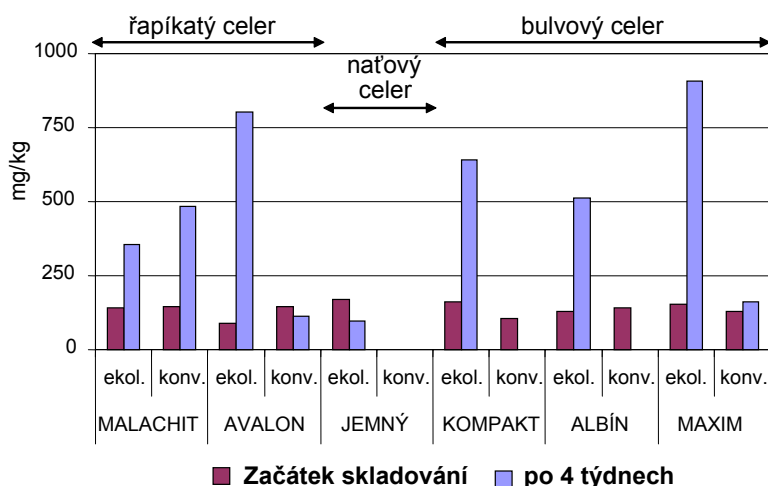
Charakterizace

Sledován byl vliv pěstování na hladiny furanokumarinů v **celeru** sklizeném v České republice (sklizeň 2003). V rámci experimentů byly analyzovány odrůdy celeru bulvového 'Albin', 'Kompakt' a 'Maxim', celeru řapíkatého 'Malachit' a 'Avalon' a celeru naťového 'Jemný', pěstované ekologickým a konvenčním způsobem.

Výsledky

Hladiny furanokumarinů byly na počátku skladování vyšší v konvenčně pěstovaných variantách (1,3–2,9x) než v ekologických variantách. Vliv způsobu pěstování na obsah furanokumarinů v natích se neprojevil, obsah furanokumarinů se mezi jednotlivými variantami výrazně nelišil.

Sledován byl také vliv skladování na hladiny furanokumarinů v ekologicky a konvenčně pěstovaném celeru. Bulvy tří odrůd konvenčně a ekologicky pěstovaného celeru byly skladovány při 4 °C po dobu 16 týdnů. Obsah furanokumarinů při skladování vzrůstal u všech sledovaných odrůd a to až 4x. Natě šesti konvenčně a ekologicky pěstovaných odrůd celeru byly skladovány při 4 °C po dobu 4 týdnů. Při skladování došlo u většiny odrůd k nárůstu obsahu furanokumarinů a to až 9x (obr. 9).



Obr. 9: Skladování konvenčně a ekologicky pěstovaných natí celeru při 4 °C (výsledky v mg/kg sušiny)

Studie 3

Charakterizace

Posuzován byl vliv pěstování na hladiny furanokumarinů v **pastináku**. Analyzovaný materiál byl získán od dvou skupin švédských pěstitelů – ekologických a konvenčních.

Výsledky

Průměrný obsah vitamínu C v analyzovaných vzorcích se pohyboval v rozmezí 78–311 mg/kg. Výrazně nižší obsah vitamínu C byl nalezen v konvenčně pěstovaném vzorku pastináku (78 mg/kg).

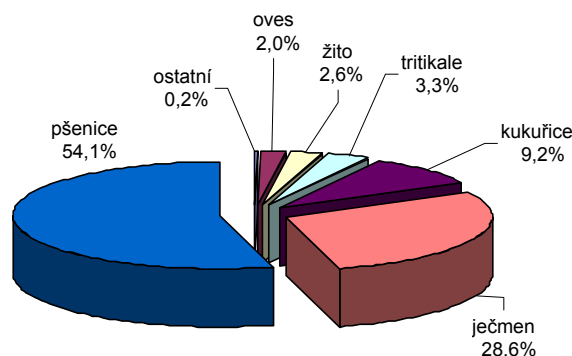
Průměrný celkový obsah furanokumarinů ve vzorcích pastináku se pohyboval v rozmezí 3,8–109,9 mg/kg. Nejvyšší obsah furanokumarinů byl nalezen v konvenčně pěstovaném vzorku. Jednotlivé pastináky byly rozděleny do skupin podle stupně poškození (na první pohled nepoškozené pastináky, mírně nahnílé pastináky, výrazně nahnílé pastináky). Obsah furanokumarinů s mírou poškození pastináků vzrůstal, relativně vysoký byl však i v pastinácích, u kterých nebylo poškození patrné (40 mg/kg). Tento pokus stejně jako předchozí experimenty potvrzuje, že v poškozených, případně nevhodně skladovaných vzorcích kořenové zeleniny čeledi *Apiaceae*, může docházet k nárůstu obsahu furanokumarinů.

Polní experimenty, zaměřené na sledování obsahu furanokumarinů v kořenové zelenině budou probíhat i v následujících letech a výsledky těchto pokusů budou publikovány.

PŠENICE

Obiloviny patří od pradávna k hlavním energetickým a z nezanedbatelné části i bílkovinným zdrojům lidské potravy. V současné době patří pšenice (*Triticum* L.) podle statistických údajů Mezinárodní zemědělské organizace (FAO) k obilovinám s největším objemem produkce na světě. Největšími tradičními producenty jsou USA, Ruská

federace, Kanada, Austrálie, Argentina a Čína. Zastoupení osevních ploch obilovin v roce 2005 v ČR je znázorněn na obr. 10. Z údajů Českého statistického úřadu o sklizni základních obilovin k 30. 9. 2005 je odhadována sklizeň cca 1 266 tis. tun potravinářské pšenice, tj. o 434 tis. tun (25,5%) méně oproti šetření k 30. 9. 2004, kdy byla odhadována sklizeň 1 700 tis. tun.



Obr. 10: Struktura osevu obilovin na území ČR v roce 2005

Charakteristika mykotoxinů

Vedle řady nutričně významných sloučenin je nutné sledovat i hygienicko-toxikologickou jakost obilovin a to nejen obsah těžkých kovů, ale především mykotoxinů. Obiloviny a řada dalších zemědělských plodin jsou vhodným substrátem k růstu vláknitých hub na poli, v průběhu sklizně či skladování. Mikromycety mohou sekundárním metabolismem produkovat toxické látky souhrnně nazývané mykotoxiny, přičemž k nejvýznamnějším skupinám patří fusariové mykotoxiny produkované především rodem *Fusarium*. Jejich výskyt se může rok od roku lišit v závislosti na mnoha faktorech (počasí, technologie zemědělství, podmínky skladování atd.). V celosvětovém měřítku je dle Mezinárodní zemědělské organizace (FAO, 1999) významně kontaminováno mykotoxiny více než 25 % zemědělských plodin, což představuje mimo jiné obrovské ekonomické ztráty. Několik mykotoxinů bylo klasifikováno Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny (IARC, 1993) do skupiny karcinogenů či potenciálních karcinogenů. Na základě intenzivních výzkumů v oblasti toxikologie, epidemiologie a lidské expozice byla v roce 2005 vydána nová nařízení Evropské komise související s mykotoxiny, direktiva 2005/38/EC o vzorkování a analytických metodách pro účely oficiální kontroly úrovně fusariových mykotoxinů v potravinách a směrnice 856/2005 doplňující směrnici 466/2001. Pro deoxynivalenol (DON), nejzávažnější fusariový mykotoxin, byly stanoveny maximální limity 1 250 µg/kg pro nezpracované obilí, 750 µg/kg pro mouku a 250 µg/kg pro dětskou výživu.

Studie 1

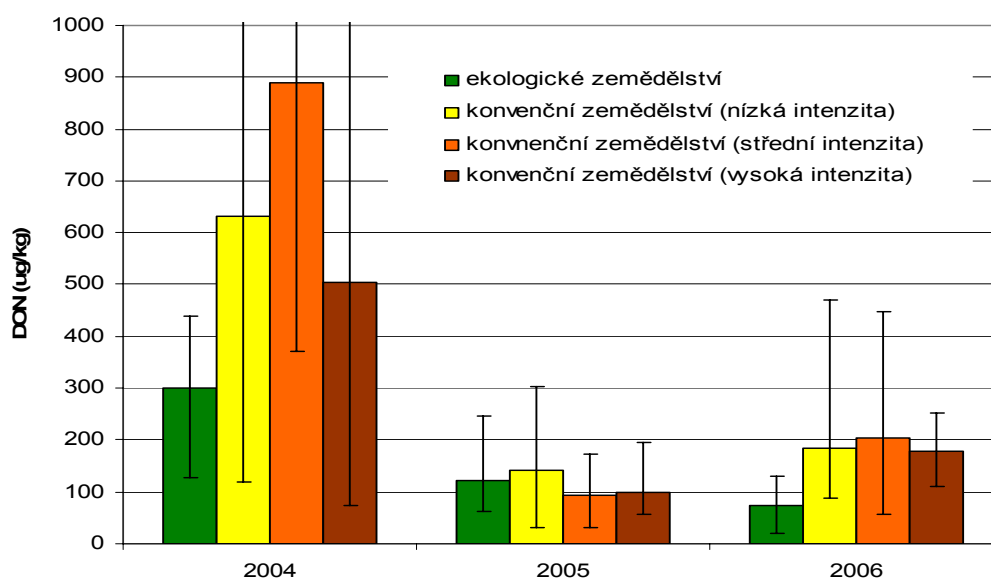
Charakterizace

V rámci projektu MZe ČR č. QF 3121 řešeného v letech 2003–2007 na Ústavu chemie a analýzy potravin (VŠCHT, Praha) ve spolupráci s Výzkumným ústavem pícninářským (VÚPT, Troubsko) a Zemědělským výzkumným ústavem (ZVÚ, Kroměříž) – „*Kontaminace pšenice mykotoxiny a rezidui pesticidů v různých pěstitelských systémech a možnosti jejich eliminace*“, bylo jednou z dílčích aktivit sledovat obsah látek zhoršujících hygienicko-toxikologickou jakost zrna (mykotoxinů) na modelových pokusech s potravinářskou pšenicí při různých způsobech hospodaření. Devět odrůd potravinářské pšenice ('Ebi', 'Bill', 'Sulamit', 'Batis', 'Compleť', 'Drifter', 'Estika', 'Ludwig' a 'Contra') bylo každoročně pěstováno dvěma různými agrotechnickými postupy – konvenčním a ekologickým. Při ekologickém osevním postupu byla pšenice seta po předplodině jeteli (viz směrnice IFOAM: osmileté střídání plodin bez kukuřice s maximálně 50% účastí obilovin). U konvenčního osevního postupu byla použita předplodina řepka (čtyřleté střídání plodin bez kukuřice s maximálně 50% účastí obilovin). V rámci konvenční technologie byly intenzity pěstitelské technologie odstupňovány ve třech úrovních – nízká, střední, vysoká. Hlavní rozdíly byly v úrovni dusíkaté výživy, přičemž u vysoké intenzity bylo navíc provedeno pozdní přihnojení a několik zásahů listové výživy. Dalším zásadním rozdílem byla fungicidní ochrana, která byla u nízké intenzity prováděna pouze jednou, u střední intenzity dvakrát a v případě vysoké intenzity čtyřikrát. U vysoké intenzity byly navíc aplikovány morforegulátory k omezení poléhání porostu.

Výsledky

Z celkového vyšetřené souboru 108 vzorků pšenice sklizených v letech 2004–2006, byl hygienický limit stanovený nařízením EC No 856/2005 ($1250 \mu\text{g.kg}^{-1}$) pro deoxynivalenol (DON), nejvýznamnější fusariový mykotoxin, překročen pouze u dvou vzorků pěstovaných konvenčním způsobem sklizených v roce 2004. Průměrné hladiny DON v ekologicky pěstované pšenici byly poměrně nízké ($299,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ v roce 2004; $120,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ v roce 2005 a $73,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ v roce 2006). V pšenici pěstované konvenčním způsobem byly v roce 2004 hladiny DON při nízké intenzitě pěstování $632,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$, při střední $890,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a při vysoké $505,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$. V roce 2005 byly průměrné hladiny DON $141,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ při nízké intenzitě, $92,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ při střední a $98,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ při vysoké intenzitě a v roce 2006 byly hladiny DON $183,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ při nízké, $203,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ při střední a $178,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ při vysoké intenzitě pěstování.

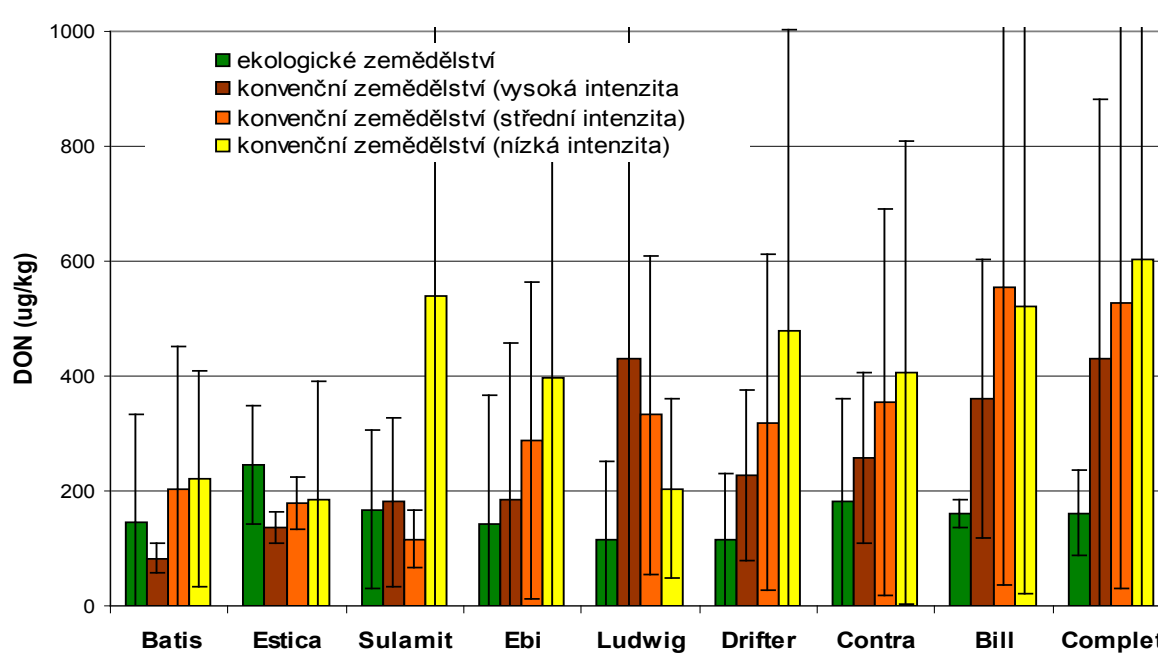
V letech 2004 a 2006 byly hladiny DON v pšenici při všech sledovaných intenzitách konvenčního pěstování vyšší než hladiny DON v pšenici pěstované ekologicky. V roce 2005 byly průměrné hladiny DON při střední a vysoké intenzitě pěstování nižší než hladiny DON v ekologické pšenici, avšak v tomto roce byly obsahy DON velmi nízké při všech způsobech pěstování (obr. 11). Rezistence odrůd potravinářské pšenice, pěstované konvenčním a ekologickým způsobem hospodaření ve vztahu ke kontaminaci DON je graficky znázorněna na obr. 12, kde je patrný rozdíl odolnosti jednotlivých odrůd pěstovaných konvenčním a ekologickým způsobem.



Obr. 11: Srovnání ekologického a konvenčního způsobu pěstování pšenice ozimé z hlediska kontaminace DON (agregovaná data pro průměrný obsah ve všech odrůdách)

Zhodnocení přítomnosti mikroskopických vláknitých hub rodu *Fusarium* v klasech pšenice ukázalo, že četnost jejich výskytu byla zpravidla vyšší při konvenčním způsobu pěstování než při pěstování ekologickém. Výsledky předkládané studie prokázaly nižší nálezy nejvýznamnějšího fusariového mykotoxinu deoxynivalenolu v ekologicky pěstované pšenici ve srovnání s konvenčními vzorky.

Výnosy zemědělské produkce byly díky efektivnímu systému střídání plodin poměrně vysoké jak při konvenčním, tak při organickém způsobu pěstování (průměrně $8,5 \text{ t.h}^{-1}$). Přesto nejvyšší výnosy měla pšenice pěstovaná konvenční technologií s vysokou intenzitou aplikace dusíkatých hnojiv, nejnižší výnosy byly zaznamenány při ekologickém způsobu pěstování (rozdíl činil průměrně $1,5\text{--}3 \text{ t.h}^{-1}$).



Obr. 12: Rezistence různých odrůd pšenice pěstovaných ekologicky a konvenčně, charakterizovaná vzhledem k rozsahu kontaminace DON (agregovaná data ze tří let studie, 2004–2006)

ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že konzumace organických potravin či produktů systémů s nízkými vstupy syntetických agrochemikálií („low input“) je stále více vnímána jako součást zdravého životního stylu. I když v jednotlivých zemích může být percepce tohoto aspektu poněkud odlišná průměrný evropský konzument uvádí, pokud jde o jakost a bezpečnost potravin, následující priority požadavků:

- méně potravinových aditiv,
- přírodní původ (absence pesticidů),
- celkově „zdravá“ skladba diety.

Vzrůstající poptávka po bio potravinách se promítá i do potřeby realizace seriózního výzkumu, zaměřeného na posouzení nutriční a hygienicko toxikologické jakosti produktů ekologického zemědělství. Studie, které porovnávají kvalitu produktů z ekologického a konvenčního zemědělství existují jen v relativně omezeném rozsahu a v mnoha případech se jejich závěry někdy i podstatně liší. Proto není jednoduché jakost bioproduktů a produktů z konvenčního zemědělství zcela posoudit. Je třeba, aby výzkum v této oblasti objasnil ještě celou řadu otázek. Jeho výsledky a závěry by potom mohly pomoci zdokonalit metody, užívané v ekologickém i konvenčním zemědělství pro dosažení vyšší kvality zemědělských produktů. Úskalí v porovnávání kvality produktů z ekologického a konvenčního hospodaření představují ostatní vlivy a faktory, které jakost produktů ovlivňují a to často i výrazněji než způsob produkce. Kvalita plodin je v první řadě ovlivněna odrůdou. Výrazně se projevuje také vliv klimatických podmínek a další vlivy, mimo jiné mechanické poškození a poranění, napadení hmyzem, stres a nedostatek živin.

V závěru tohoto pojednání uvádíme tabulku, která byla prezentována participanty projektu EU „QualityLowInputFood“ (tab. IV). Je samozřejmě otázkou dalších výzkumných aktivit, zda budou uvedené názory potvrzovány či korigovány.

Tab. IV: Přehled vlivu složek potravin, o kterých je známo, že jsou ovlivněny systémem produkce. Výsledky výzkumu EU projektu QualityLowInputFood (<http://www qlif.org/>)

Složka potravin	Relativní obsah v potravinách z ekologického/nízkovstupového systému	Vliv nejvyššího obsahu na zdraví	Vliv na zdraví v rozvinutých zemích	Vliv na zdraví v rozvojových zemích	Nepřímý vlivy na zdraví, vysvětlující poznámky	Upřednostnění ekologických či konvenčních potravin
Vitamín C a E v rostlinách	Vyšší o 10–50 %	Pozitivní při nedostatku, jinak žádný	Četné studie nedokázaly žádný vliv	Značný přínos pro nejchudší populaci	Přitahuje konzumenty k zdravým potravinám	Ekologické, za předpokladu ještě přijatelné ceny
Dusičnany v zelenině	Nižší o 10–50 %	Pravděpodobně prospěšné, odborníci se neshodují	Jednoznačný důkaz není k dispozici	Jednoznačný důkaz není k dispozici	–	Konvenční, pokud existuje nějaký rozdíl
Pesticidy v zelenině a obilninách	Nižší více než o 90 %	Většina známých efektů je negativní	Pravděpodobně nepříliš významný, odborníci se neshodují	Předpokládá se významný	Konzumenty vnímané riziko odráží od konzumace zdravých potravin Nebezpečí expozice pro pracovníky	Ekologické, závisí na legislativním omezení pro konvenční potraviny
Fenolické antioxidanty	Více o 20–50 %	Pravděpodobně prospěšné, odborníci se neshodují	Jednoznačný důkaz není k dispozici	Jednoznačný důkaz není k dispozici	Přitahuje konzumenty ke konzumaci zdravých potravin	Ekologické, pokud existuje nějaký rozdíl
Karoteny v rostlinách	Ve většině případů nižší o 10–50 %	Pozitivní při nedostatku, jinak žádný vliv	Četné studie neprokázaly významný efekt	Značný přínos pro nejchudší populaci	Pozn.: Vyšší obsah v ekologických rostlinách než v rostlinách z nutričně vyčerpaných půd	Konvenční > ekologické > vypěstované na vlastní zahrádce
Sekundární metabolity bez výživové hodnoty v rostlinách, převážně zelenině	Průměrné hodnoty jsou méně proměnné a vyšší o 10–50 %	Pravděpodobně prospěšné při středních hladinách, poškozující při velmi vysokých, odborníci se neshodují	Mnoho civilizačních chorob, takže i jen malý vliv je důležitý	Velmi obrátěné odhadnout zda přínos převáží nad případným antinutričním efektem	Konzumenty vnímané riziko odráží od konzumace zdravých potravin Velmi důležité pro bezpečnost potravin (např. maniok)	Ekologické v rozvinutých zemích, nedostatečná data v případě rozvojových zemí
Minerální látky v rostlinách	Často vyšší, příčiny velmi různorodé	Přínosný při nedostatku, jinak žádný	Četné studie ukázaly nepatrný nebo žádný efekt	Značný přínos pro nejchudší populaci; částečně díky střídání plodin	Pozn.: Lepší poměr zinek/fytát v cereáliích v tropických půdách	Ekologické v rozvojových zemích, nedostatečná data o rozvinutých zemích
Mykotoxiny v potravinách	Hodnoty méně proměnné, často nižší	Negativní při překročení prahové úrovně	Považován za blízký nule nebo nulový, odborníci se neshodují	Odhadován jako významný	Konzumenty vnímané riziko odráží od konzumace zdravých potravin	Ekologické, pokud existuje nějaký rozdíl
Patogeny v živočišných produktech	Pravděpodobně existují rozdíly, ale objemy nejsou známy, až na nižší u BSE	Negativní při překročení prahové úrovně	Častý problém, takže i malý rozdíl bude významný	Velmi mnoho případů i fatálních, takže i malý rozdíl může být významný	Patogeny pocházející z ekologicky chovaných zvířat jsou méně odolné k antibiotikům, léčba má větší efekt	Ekologické pro těch několik patogenů, pro které jsou dostupná data, nová data mohou přinést nové poznatky
Antibiotika v živočišných produktech	Nižší o 90 %	Většina známých vlivů je negativní	Odhadován jako velmi malý, odborníci se neshodují	Považován za významný	Nebezpečí expozice pro pracovníky	Ekologické, závisí na legislativním omezení pro konvenční potraviny
Vitaminy atd. v živočišných produktech	Často velmi různorodé hodnoty	Přínosné při nedostatku, jinak žádný vliv	Poskytuje jen malou část doporučené denní dávky	Data nejsou k dispozici	–	Rozdíly nejsou významné
Aditiva ve zpracovaných potravinách	Nižší o přibližně 90 %	Negativní, pokud jsou překročeny hygienické limity, mohou zakrývat nízkou kvalitu	Považován za velmi malý, odborníci se neshodují	Vyšší riziko přítomnosti nepovolených látek	Konzumenty vnímané riziko odráží od konzumace nezdravých potravin	Ekologické, závisí na legislativním omezení pro konvenční potraviny

LITERATURA

- BRANDT K., LEIFERT C.: Which aspects of health are likely to be affected by our choice of food quality, such as organic food, and how can we investigate this question? Organic Farming Conference, Uppsala, Sweden, 22–23 November 2005, 240–243 (2005). http://orgprints.org/8427/01/brandt240_243.pdf
- BURRI B. J.: Lycopene and human health; Phytochemicals in Nutrition and Health, CRC Press (2002).
- D'MELLO J. P. F., MACDONALD A. M. C., POSTEL D., DIJKSMA W. T. P., DUJARDIN A., PLACINTA C. M.: Pesticide use and mycotoxin production in *Fusarium* and *Aspergillus* phytopathogens, *European Journal of Plant Pathology*, 104, 741–751 (1998).
- DAVÍDEK J.: Natural Toxic Compounds of Foods, CRS Press (1995).
- FINAMORE A., BRITTI M. S., ROSELLI M., BELLOVINO D., GAETANI S., MENGHERI E.: Novel approach for food safety evaluation. Results of a pilot experiment to evaluate organic and conventional foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(24), 7425–743 (2004).
- FRIEDMAN M.: Analysis of biologically active compounds in potatoes (*Solanum tuberosum*), tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), and jimson weed (*Datura stramonium*) seeds. *Journal of Chromatography A*, 1054 (1–2), 143–155 (2004).
- FRIEDMAN M.: Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols – a review, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (5), 1523–1540 (1997).
- FRIEDMAN M.: Potato Glycoalkaloids and Metabolites: Roles in the Plant and in the Diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23) 8655–8681 (2006).
- HAJŠLOVÁ J., SCHULZOVÁ V., SLANINA P., JANNÉ K., HELLENÄS K. E., ANDERSON CH.: Quality of organically and conventionally grown potatoes: Four-year study of micronutrients, metals, secondary metabolites, enzymic browning and organoleptic properties. *Food Additives and Contaminants*, 22(6), 514–534 (2005).
- CHAMPEIL A., DORÉ T., FOURBET J. F.: *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Science* 166, 1389–1415 (2004).
- IVIE G. W., HOLT D. L. AND IVEY M. C.: Natural toxicants in human foods: Psoralens in raw and cooked parsnip root. *Science* 213, 909–910(1981).
- KRIS-ETHERTON P. M., HECKER K. D., BONANOME A., COVAL S. M., BINKOSKI A. E., HILPERT K. F., GRIEL A. E. AND ETHERTON T. D.: Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, 113(9) Supp. 2, 71–88 (2002).
- LEONI C.: Improving the nutritional quality of processed fruits and vegetables: the case of tomatoes, Fruit and vegetable processing: Improving quality, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press (2002).
- MZe ČR: Akční plán České republiky pro rozvoj ekologického zemědělství do roku 2010 (2004).
- Nordic Council of Ministers: Furanocoumarins in Plant Food. TemaNord 600 (1996).
- Nordic Council of Ministers: Glycoalkaloids in tomatoes, eggplants, pepper and two *Solanum* species growing wild in the Nordic countries, TemaNord 599 (1999).
- PERCIVAL G. C., DIXON G. R.: Glycoalkaloids: Handbook of plant and fungal toxicants (D'Mello J. P. F.), 19–35 (1997).
- PETR J., DLOUHÝ J.: Ekologické zemědělství, Zemědělské nakladatelství Brázda Praha (1992).
- RODRIGUEZ-AMAYA D. B., KIMURA M.: HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis, HarvestPlus Technical Monograph 2 (2004).
- SETBOLY C., FRÖHLICH K., Changes in contents of carotenoids and vitamin E during Tomato processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7005–7010 (2004).
- SCHULZOVÁ V., PEROUTKA R., HAJŠLOVÁ J.: Levels of furanocoumarins in vegetables from organic and conventional farming. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 11(52), SI 1, 25–27 (2002).
- SMITH D. B., RODDICK J. G., JONES J. L.: Potato glycoalkaloids: Some unanswered questions, *Trends in Food Science & Technology*, 7, 126–131 (1996).
- ŠARAPATKA, B., URBAN, J. a kol.: Ekologické zemědělství – učebnice pro školy i praxi, II. díl. PRO-BIO Šumperk (2005).
- URBAN, J., ŠARAPATKA, B. a kol.: Ekologické zemědělství – učebnice pro školy i praxi, I. díl. MŽP Praha (2003).
- VELÍŠEK J.: Chemie potravin, OSSIS Tábor (1999).
- WEIDENBÖRNER M.: Encyclopedia of Food Mycotoxins, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2001).

Autoři: **Prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.**
Dr. Ing. Věra Schulzová
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6-Dejvice
e-mail: jana.hajslova@vscht.cz, vera.schulzova@vscht.cz

Název: **Porovnání produktů ekologického a konvenčního zemědělství**

Vydal: Ústav zemědělských a potravinářských informací
Slezská 7, 120 56 Praha 2

Redakce, sazba: Ústav zemědělských a potravinářských informací

Tisk: Reprotisk s.r.o.
M. R. Štefánika 318/1, 787 01 Šumperk

Náklad: 4 000 ks

Vyšlo v roce 2006

ISBN 80-7271-181-4

© Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006