



VĚDECKÝ VÝBOR FYTOSANITÁRNÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Klasifikace:	Draft	<input type="checkbox"/>	<i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
	Oponovaný draft	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
	Finální dokument	<input type="checkbox"/>	<i>Pro oficiální použití</i>
	Deklasifikovaný dokument	<input type="checkbox"/>	<i>Pro veřejné použití</i>

Název dokumentu:

**NOVÉ POZNATKY V OBLASTI HODNOCENÍ KVALITY
PRODUKTŮ EKOLOGICKÉHO ZEMĚDĚLSTVÍ**

Poznámka:

Vypracovala : Dr. Ing. Věra Schulzová ve spolupráci s Prof. Ing. Janou Hajšlovou, CSc. a Ing. Petrem Botkem
Vysoká škola chemicko-technologická

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 PRAHA 6 - Ruzyně

Tel.: +420 233 022 324 , fax.: +420 233 311 591, URL: <http://www.phytopsanitary.org>

1	Úvod	4
2	Současný stav řešené problematiky	6
2.1	Kvalita produktů ekologického zemědělství ve vazbě na stav agrárního ekosystému ve skladech a na polích	6
2.2	Konvenční zemědělství	6
2.3	Ekologické zemědělství	7
2.3.1	Definice ekologického zemědělství	7
2.3.2	Technologie pěstování plodin v ekologickém zemědělství	8
2.3.3	Ekologické zemědělství v Evropě	9
	Plocha ekologicky obdělávané půdy a počet ekologických zemědělských podniků	9
	Rozdílný podíl členských států na ekologickém zemědělství EU	10
	Výrobní specializace ekologických podniků	12
	Zpracování ekologických produktů	12
2.3.4	Ekologické zemědělství v České republice	12
	Tabulka II Vývoj výměry zemědělské půdy v ekologickém zemědělství ČR ¹²	13
2.3.5	Bioprodukty a biopotraviny	14
2.4	Kvalita produktů v ekologickém zemědělství	15
3	Brambory	17
3.1	Biologicky aktivní látky, sledované v bramborách	18
3.1.1	Glykoalkaloidy α -solanin a α -chaconin	18
3.1.2	Fenolické sloučeniny - chlorogenová kyselina	19
3.2	Hodnocení kvality brambor z ekologické a konvenční produkce	20
3.2.1	Studie realizovaná v letech 1996 – 1999 v České republice	20
3.2.2	Studie založená v roce 2002 v České republice	20
3.2.2.1	Stanovení obsahu glykoalkaloidů	21
3.2.2.2	Stanovení obsahu kyseliny chlorogenové	22
3.2.3	Studie realizovaná ve spolupráci s NFA, Uppsala	23
3.2.3.1	Stanovení obsahu glykoalkaloidů ve vzorcích dodaných NFA	23
3.2.3.2	Stanovení obsahu chlorogenové kyseliny ve vzorcích dodaných NFA	25
4	Rajčata	27
4.1	Pěstování rajčat	27
4.2	Kvalita rajčat	28
4.3	Chemické složení rajčat	28
4.3.1	Sacharidy	29
4.3.2	Bílkoviny	29
4.3.3	Volné aminokyseliny	29
4.3.4	Organické kyseliny	30
4.3.5	Minerální látky	30
4.3.6	Vitaminy	31
4.3.7	Karotenoidy	31
4.3.7.1	Struktura a názvosloví	31
4.3.7.2	Karoteny	32
4.3.7.3	Výskyt	32
4.3.7.4	Biologická dostupnost	34
4.3.7.5	Zpracování rajčat	34
4.3.7.6	Stabilita	35
4.3.7.7	Lykopen	37
4.3.7.8	β -karoten	40
4.3.8	Glykoalkaloidy rajčat	42
4.3.8.1	Toxikologie glykoalkaloidů rajčat	45
4.4	Hodnocení kvality rajčat z ekologické a konvenční produkce	45
4.4.1	Studie realizovaná ve spolupráci s NFA	45
4.4.1.1	Analyzovaný materiál	45

4.4.1.2	Stanovení obsahu vitamínu C v rajčatech	45
4.4.1.3	Stanovení obsahu lykopenu a β -karotenu.....	48
4.4.1.4	Stanovení obsahu α -tomatinu a dehydrotomatinu v rajčatech	50
4.4.1.5	Obsah sledovaných parametrů ve výrobcích z rajčat	52
5	Závěr.....	54
6	Literatura.....	55
7	Seznam použitých symbolů a zkratk	59

1 Úvod

Vzrůstající zájem konzumentů o ekologické potraviny zřetelně odráží rostoucí orientaci veřejnosti na otázky životního prostředí a osobního zdraví. Aby se však mohl člověk svobodně a informovaně rozhodnout, zda si vybere potraviny připravené konvenčním způsobem nebo vycházející z ekologického zemědělství, je potřeba určit jakost těchto výrobků a to na základě fundovaných vědeckých poznatků. Předností biopotravin je mimo jiné snížený obsah nežádoucích kontaminujících látek a zvýšený obsah některých živin. Mezi jejich nedostatky patří na prvním místě možné zvýšení výskytu mikrobiální kontaminace (mykotoxiny) a také možný vyšší obsah přírodních toxických látek a horší technologická jakost.

Jeden z hlavních argumentů zastánců ekologických potravin je jejich pozitivní přínos pro zdraví člověka. Přestože regulační a kontrolní systém výroby těchto potravin je i na mezinárodní úrovni dobře ošetřen, stále nemáme dostatek údajů pro posouzení vztahů jakosti a nutriční hodnoty ekologických potravin a případných možných zdravotních rizik. V minulosti postrádaly studie jak odpůrců, tak propagátorů ekologické stravy v mnoha případech dostatečně vhodné naplánování, řízení a kontrolu používaných metod. Ačkoli jsou současné experimenty mnohem lépe vedeny a kontrolovány, jejich výsledky si často protiřečí. Příčinou může být nedostatek vhodných vzorků, využití různých odrůd porovnávaných plodin, krátká doba experimentu a/nebo rozdílné geografické podmínky.

Na ústavu chemie a analýzy potravin byla v uplynulých letech realizována řada studií, v jejichž rámci byly sledovány kvalitativní ukazatele nutriční, sensorické i hygienicko-toxikologické jakosti různých druhů produktů ekologického zemědělství. Získané výsledky byly porovnány s analýzami plodin produkovaných 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 organických potravin a skupiny, která nakupuje produkty konvenční. Informace generované v obou typech scénářů jsou samozřejmě podkladem pro navazující úvahy o vztahu složení diety a zdravotního stavu populace. V návaznosti na předchozí studie je pozornost zaměřena především na sledování kvality vybraných plodin z ekologického a konvenčního zemědělství.

Rostliny obsahují velké množství biologicky aktivních látek, běžně označovaných jako sekundární metabolity. Tyto látky mohou působit na zdraví konzumentů pozitivně,

mohou však také vykazovat toxické účinky. Důvodem tvorby některých sekundárních metabolitů v rostlinách je pravděpodobně vytváření obraných mechanismů rostlin, chránících je před nepříznivými vlivy prostředí. Cílem realizovaných projektů je porovnání hladin a relativního zastoupení vybraných sekundárních metabolitů - indikátorů jakosti a chemické bezpečnosti u několika druhů zeleniny pěstovaných v konvenčním a ekologickém zemědělském systému a posouzení vlivu odlišných zemědělských praktik na danou plodinu.

Brambory a rajčata představují plodiny patřící do čeledi *Solanaceae* a byly zvoleny jako indikátorové rostliny.

V rámci výzkumných projektů byl jako jeden z významných parametrů kvality sledován obsah vitamínu C v analyzovaných vzorcích. Dále byly sledován obsah následujících vybraných biologicky aktivních látek:

- Pozitivně působící karotenoidy lykopen a β -karoten v rajčatech
- Toxické glykoalkaloidy α -tomatin a dehydrotomatin v rajčatech
- Toxické glykoalkaloidy α -solanin a α -chaconin v bramborách
- Fenolické sloučeniny - kyselina chlorogenová - v bramborách

2 Současný stav řešené problematiky

2.1 Kvalita produktů ekologického zemědělství ve vazbě na stav agrárního ekosystému ve skladech a na polích

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 pohled na problematiku životního prostředí. Např. konvenčně chápaný "škůdce" není pro ekologického zemědělce ve své podstatě nepřítel, ale jen organismus, který používá ke své výživě stejné plodiny jako člověk. Cílem tedy není škodlivé organismy vyhubit, jde spíše o podporu rovnováhy v ekosystému (vyvážený poměr mezi škůdce a jeho predátorem). 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 se považuje za méně významnou.

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. Sledována je jakost nutriční, hygienicko-toxikologická, sensorická i technologická. 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, dále pak rezidua pesticidů a toxické kovy. Přírodní toxiny, jakožto součást přirozených ochranných systémů rostlin, jsou ve zvýšené míře produkovány ve stresových situacích a existuje tedy předpoklad, že by jejich hladiny mohly být vyšší právě při ekologické produkci. Publikované studie však tuto domněnku zatím jednoznačně nepotvrdily a naopak poukazují na to, že významný vliv sehrává zejména genetická dispozice rostliny. Někteří stoupenci ekologických směrů považují charakterizaci kvality pomocí analytického stanovení významných komponent za nedokonalé, nedostatečně vystihující podstatu a vliv kvality produktů na živý organismus se snaží demonstrovat 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.

2.2 Konvenční zemědělství

Konvenční zemědělství je v současné době nejrozšířenějším způsobem hospodaření ve vyspělých zemích. Pro konvenční zemědělství je typické používání prostředků

zvyšujících výnos rostlin nebo užitkovost zvířat. Preferují se technologické a ekonomické požadavky často nad úkor kvality a přirozených biologických potřeb zvířat a rostlin. Konvenční zemědělství může mít negativní dopad na ekologickou rovnováhu a také negativní vliv na půdní ekosystém (nižší tvorba humusu, zvýšené působení vodní a větrné eroze).¹

Konvenční zemědělství spotřebuje obrovská množství průmyslových hnojiv. V České republice se zvýšilo jejich aplikované množství od roku 1996, kdy dávkování bylo 63,5 kg na hektar, na 92,2 kg na hektar. V ČR je ze 3 milionů hektarů zemědělské půdy téměř 2 miliony osázeno jen obilovinami, bramborami a řepkou olejnou. Šedesát osm procent půdy je obděláváno formou velkovýroby a to živočišné, rostlinné a nebo kombinované. Používání jednostranných osevních postupů na velké zemědělské plochy vyčerpává půdu a přitahuje škůdce.² Charakteristické rysy pro konvenční zemědělství:^{1, 2}

- upřednostňování kvantity
- ekonomická rentabilita je kladena před požadavky biologické a ekologické
- velmi specializované provozy
- jednostranné osevní postupy
- používání anorganických, lehce rozpustných syntetických hnojiv
- používání chemických a ochranných prostředků (pesticidů)
- zvětšování polí a používání těžké mechanizace

2.3 Ekologické zemědělství

2.3.1 Definice ekologického zemědělství

Eurostat³ definuje ekologické zemědělství jako způsob výroby, kterému se přisuzuje větší hodnota a klade se větší důraz na ochranu životního prostředí a v živočišné výrobě se dbá na větší pohodu a šetrný chov zvířat. Syntetické chemické produkty jako průmyslová hnojiva, pesticidy, přídatné látky a léčiva se v tomto způsobu výroby vůbec nepoužívají nebo jsou proti konvenčnímu zemědělství podstatně redukovány. Jako ekologické bude zemědělství na úrovni EU označeno pouze tehdy, když budou dodržovány legislativní normy EU o ekologickém zemědělství. Ekologické zemědělství se odlišuje podle údajů statistiků EU od jiných výrobních způsobů zemědělské výroby prostřednictvím aplikace zákonem stanovených výrobních pravidel, způsobů certifikace a specifického systému označování. Standardy a předpisy o ekologickém zemědělství jsou obsaženy v Nařízení Rady EWG Nr. 2092/91 z 24. června 1991 a v pozměněném Nařízení Komise EG Nr. 1488/97 z 29. července 1997 nebo eventuálně v novějších legislativních předpisech o „ekologickém zemědělství a odpovídajícím označování zemědělských výrobků a potravin“, popřípadě odpovídajících společných nebo národních předpisech o ekologickém zemědělství. Pro ekologické zemědělství se v členských státech EU používá alternativní a rovnocenný termín organické zemědělství nebo biologické zemědělství.

Hlavním cílem ekologického zemědělství je kromě produkce kvalitních produktů a potravin také zdravé udržení koloběhu živin mezi půdou, rostlinou, zvířetem a člověkem a tím podpoření ekologické rovnováhy¹. Ekologické zemědělství klade důraz na ochranu životního prostředí, udržení přírodního rámce krajiny a úsporu energie z neobnovitelných

zdrojů. Ekologické zemědělství je proto možnou alternativou pro zlepšení problémů s nimiž se potýká konvenční zemědělství (úbytek počtu druhů půdních mikroorganismů, eroze půdy, utužení půd těžkými stroji, snížení rozmanitosti v krajině, kontaminace vody a půdy, tvorba nebezpečných odpadů, kontaminace spodních vod).^{4,5} Ekologické hospodaření nepoužívá nedovolené chemické prostředky určené k ochraně rostlin a synteticky vyráběná hnojiva.²

Ekologické zemědělství sleduje tyto cíle:^{2,4}

- ochrana životního prostředí
- nezatěžování nebo nezamořování životního prostředí
- ekologická a biologická rovnováha je kladena před kvantitu produkce
- nezvyšování rizika kontaminace potravního řetězce
- udržování a zlepšování přirozené úrodnosti půdy a její ekologické funkce (umožňování bohatého rozvoje společenstva půdních organismů)
- zajišťování maximální recirkulace živin
- využívání místních a obnovitelných zdrojů
- minimalizování používání neobnovitelných zdrojů
- produkování kvalitních produktů, potravin a krmiv
- vytvoření podmínek pro zvířata, které odpovídají jejich fyziologickým a etologickým potřebám
- udržování přírodního rámce krajiny a tradičního rázu kulturní zemědělské krajiny

2.3.2 Technologie pěstování plodin v ekologickém zemědělství

Pro ekologický způsob pěstování jsou nejvhodnější odrůdy s vyšší odolností k škůdcům, chorobám a fyziologickým poruchám, s dobrou konzumní kvalitou a s dobrou skladovatelností.⁶

Pro dosažení úspěchu v pěstování je důležité zvolit vhodné druhy a odrůdy plodin s ohledem na půdní a klimatické podmínky v dané lokalitě. Mezi další důležité faktory patří osevňovací postup, a proto je vhodné zařazovat do osevňovacích postupů meziplodiny a také dodržovat zásady střídání plodin v rámci osevňovacího postupu. Limitujícím faktorem je náročnost na termín uskutečnění jednotlivých zemědělských zásahů, protože termín je třeba volit s ohledem na vlhkost půdy tak, aby se nevytvořily hroudy, které mohou být zdrojem mechanického poškození kořenového systému rostlin.⁷

Základní živiny jsou zajišťovány z organických hnojiv, ze kterých jsou povolena statková hnojiva a kaly z vlastního zemědělství. Z minerálních hnojiv lze použít přírodní měkký fosforit jako zdroj fosforu, jako zdroj draslíku síran draselný a jako zdroj dusíku jsou vhodná zejména statková hnojiva. Dále je možné použít odpady ze zpracování rostlinných a živočišných produktů.⁶

Pro ekologický způsob pěstování je stěžejní vyřešit systém ochrany proti škůdcům a chorobám. Je možné použít biologické přípravky na bázi mědi. Dávka přípravku s obsahem mědi je omezena hektarově a sezónně. Z tohoto důvodu se využívá všech agrotechnických metod pro omezení podmínek pro infekci nebo napadení rostlin a další rozvoj škodlivých činitelů. Sklizeň a veškerá manipulace musí být šetrná. Mechanické poškození má

podstatný vliv na kvalitu zemědělských produktů. Do skladů lze ukládat pouze zdravé a osušené plodiny bez příznaků napadení jakoukoliv chorobou.⁶

Pro plodiny, nejen z ekologického způsobu pěstování, platí ustanovení o zdravotní nezávadnosti potravin, neboť ani přísné dodržování pravidel ekologického hospodaření nemusí být zárukou zdravotní nezávadnosti.⁶

Ekologicky hospodařící zemědělec musí mít stále na zřeteli základní rozdíly svého způsobu hospodaření oproti konvenčním postupům. Pěstitelský proces je více závislý na průběhu počasí a vlivu biotických faktorů.⁷

2.3.3 Ekologické zemědělství v Evropě

Plocha ekologicky obdělávané půdy a počet ekologických zemědělských podniků

K rozvoji ekologického zemědělství v Evropě dochází zejména v posledním desetiletí, kdy se výrazně zvětšila plocha ekologicky obhospodařované půdy, stejně jako podíl bioproduktů na trhu.⁸ Rozsah ekologicky obhospodařované půdy se v jednotlivých zemích Evropské unie výrazně liší (**Tab. I**).

Tabulka I Přehled počtu ekologických farem, rozloha ekologicky obhospodařované půdy a podíl ekologického zemědělství na výměře zemědělské půdy v jednotlivých zemích EU9

Stát	Rok	Počet farem	Celková výměra ekologických farem (ha)	Podíl na výměře zemědělské půdy (%)
Rakousko	2001	18 292	285 500	11,30
	2002	18 576	296 154	11,60
Belgie	2001	694	22 410	1,64
	2002	700	20 241	1,45
Dánsko	2001	3 466	165 258	6,20
	2002	3 714	178 360	6,65
Finsko	2001	4 983	147 943	6,60
	2002	5 071	156 692	7,00
Francie	2001	10 364	419 750	1,40
	2002	11 177	509 000	4,10
Německo	2001	14 703	632 165	3,70
	2002	15 628	696 978	4,10
Itálie	2001	51 120	1 040 377	7,00
	2002	49 489	1 168 212	8,00
Nizozemí	2001	1 436	29 393	1,47
	2002	1 560	42 610	2,19
Španělsko	2001	15 607	485 087	2,00
	2002	17 751	665 055	2,28
Švédsko	2000	3 329	171 682	6,25
	2002	3 530	187 000	6,95

V celé Evropské unii bylo v roce 2000 obhospodařováno podle zásad ekologického zemědělství celkem 3 823 306 ha půdy, přičemž do této výměry byly započítány také pozemky, na nichž se už plně uplatňují zásady ekologické výroby a také ty pozemky, které jsou teprve ve stádiu konverze na ekologický způsob hospodaření. Celková plocha ekozemědělství v EU byla v roce 2000 o 70 % větší než v roce 1998, ale přesto zaujímal pouze asi 3 % z celkové plochy zemědělsky využívané půdy v EU. Také počet ekologických zemědělských podniků přibývá. Za období 1998 až 2000 se zvýšil o 32,3 % na celkem 132 552. To znamená, že v roce 2000 hospodařil každý padesátý zemědělský podnik podle zásad ekologického zemědělství. Vybavení ekozemědělců půdou je přes značné regionální rozdíly v průměru lepší než konvenčních podniků. Zatímco v severní Evropě je v popředí ekopodniků produkce obilovin a krmných plodin, v jižních státech EU převládá obhospodařování luk pastvin a často také produkce ekologického vína a oliv. Podle údajů Eurostatu³ se ve sledovaném období 1998 až 2000 zdárně rozvíjel také alternativní chov zvířat; statistický úřad však nemá o vývoji ekologické živočišné výroby k dispozici dost dlouhou časovou řadu údajů ze všech patnácti států EU, aby mohl spolehlivě vyhodnotit převládající trendy.

Rozdílný podíl členských států na ekologickém zemědělství EU

Ze studie Eurostatu³ vyplývá, že v roce 2000 čtvrtinu celkové ekologické plochy v EU obhospodařovali zemědělci v Itálii (1 040 377 ha). Na druhém místě je Velká Británie, jejíž podíl činil 15 % (578 803 ha), na třetím místě bylo Německo se 14 % (546 023 ha). Dále následují Španělsko (380 920 ha) a Francie (369 933 ha), které obhospodařovaly asi 10 % celkové výměry ekopůdy v EU, Rakousko (272 000 ha), Švédsko (174 227 ha), Dánsko (157 676 ha), Finsko (147 268 ha), Portugalsko (48 066 ha), Nizozemsko (32 334 ha), Irsko (27 231 ha), Řecko (26 707 ha) a Lucembursko (1 074 ha). Přírůstek ekologicky obdělávané půdy za roky 1998 až 2000 byl mimořádně vysoký ve Velké Británii (+ 634,2 %), ke kterému přispělo především Skotsko, kde na ekologický typ zemědělství přešlo mnoho velkých extenzivně hospodařících podniků. V celé EU se plocha ekopůdy zvýšila za toto období o 67,1 %. Větším tempem než v průměru EU se rozšiřovala výměra v Itálii (+ 80,2 %), Belgii, Řecku, Dánsku a Francii. Menší než průměrný přírůstek byl zaznamenán v Nizozemsku, Lucembursku, Španělsku, Portugalsku, Německu, Finsku, Švédsku a Irsku. Jediným státem, kde plocha ekopůdy za sledované dva roky klesla, je Rakousko (– 5,5 %). Avšak v předchozích letech se zde plocha ekologicky obhospodařované půdy výrazně rozšiřovala. Podíl ekologicky obhospodařované půdy na celkové výměře zemědělské půdy v jednotlivých zemích je podle Eurostatu³ velmi odlišný. Na prvním místě je Itálie a Rakousko s 8 %, následují Finsko se 7 %, Dánsko a Švédsko s 6 %. V průměru EU činí podíl ekopůdy 3 %. Blízko průměru je Velká Británie se 4 % a Německo s 3 %. Ostatní země jsou pod průměrem EU.

Počet ekologických podniků, dynamika jejich růstu a význam v celkové podnikové struktuře se rovněž v jednotlivých členských státech odlišuje. Z celkového počtu 132 552 ekologických podniků v EU byl r. 2000 největší počet v Itálii (53 630, to je 40 %). Toto vysoké procento do určité míry souvisí s malovýrobní podnikovou strukturou italského

zemědělství. Ve stejném roce působilo v Rakousku 18 630 ekopodniků (14 % z celkového počtu v EU), ve Španělsku 13 394 (asi 10 %), v Německu 12 740 (9 %), ve Francii 9 576 (7 %), v Řecku 5343, ve Finsku 5225, ve Švédsku 3626, ve Velké Británii 3563, v Dánsku 3466, v Nizozemsku 1129, v Irsku 852, v Portugalsku 723, v Belgii 624 a v Lucembursku 31. Počet ekologických podniků se postupně zvyšuje, ale jejich přírůstek je pomalejší než růst výměry ekologicky obhospodařované půdy. V celé Evropské unii přešlo za období 1998 až 2000 z konvenčního na ekologické hospodaření 32 381 zemědělských podniků. Celkový počet těchto podniků se tak zvýšil o 32,3 % a současně se zvýšila průměrná výměra půdy připadající na jedno hospodářství. Větší než průměrnou dynamiku přírůstku ekopodniků ohlásily Velká Británie (+ 143,7 %), Španělsko (+ 81,2 %), Dánsko (+ 55,6 %) a Francie (+ 53,6 %). V Německu, Lucembursku, Nizozemsku a Finsku přírůstek ekopodniků mírně překročil průměr EU. V Řecku, Irsku a Lucemburskou postupovala přeměna podniků na ekologický způsob hospodaření pomaleji než v průměru EU, ve Finsku se počet ekopodniků zvýšil jen o 4 % a v Rakousku došlo k poklesu o 7,8 %.

Podíl podniků uznaných za ekologické na počtu všech zemědělských podniků ukazuje, že i v zemích s vyšším procentem zaujímají tyto podniky velmi malou menšinu. V průměru EU se ekologické podniky podílely na celkovém počtu podniků v zemědělském sektoru 1,8 %, v Belgii 0,9 %, v Dánsku 4,3 %, v Německu 2,0 %, v Řecku 0,2 %, ve Španělsku 1,3 %, ve Francii 1,0 %, v Irsku 1,1 %, v Itálii 2,1 %, v Nizozemsku 7,8 %, v Lucembursku 0,8 %, v Rakousku 9,7 %, v Portugalsku 0,2 %, ve Finsku 6,1 %, ve Švédsku 4,8 % a ve velké Británii 1,7 %.

Rozdíly mezi členskými státy ve vybavení ekologických podniků půdou

Průměrná výměra ekologických podniků v EU se od roku 1998 do 2000 zvýšila z 22,8 ha na 28,6 ha, to je o 6 ha (+ 26 %). Tento průměr skrývá značné diference mezi jednotlivými státy EU. Například v roce 2000 činila průměrná výměra ve Velké Británii 162 ha, v Rakousku 14,6 ha. Existují také rozdíly mezi ekologickými a konvenčními podniky uvnitř jednotlivých zemí, které se vysvětlují mnoha okolnostmi.

Studie Eurostatu dále zdůrazňuje, že velikost ekologického podniku závisí mimo jiné na zaměření jejich produkce. Například ekologické podniky v Portugalsku mají šestkrát větší výměru než průměrná konvenční hospodářství v zemi, protože se zabývají převážně produkcí oliv, které se pěstují na podstatně větších plochách než běžné plodiny na orné půdě. V Itálii je výměra půdy ekologických podniků trojnásobně větší než průměr všech ostatních podniků. Ve Velké Británii obhospodařují ekologické podniky v průměru 162 ha, konvenční podniky jen 65 ha půdy. V Německu je naproti tomu mezi oběma formami hospodaření ve vybavení půdou přibližná rovnováha; ekologické podniky zde hospodaří v průměru asi na 40 ha, konvenční podniky mají výměru o něco málo větší než 40 ha. Na druhé straně jsou ekologické podniky v Rakousku, Francii a Lucembursku v průměru menší než ostatní podniky, protože v těchto zemích podniky s horším vybavením půdou očekávají od přechodu na ekologickou produkci vyšší a nadějnější příjmy.

Výrobní specializace ekologických podniků

Převládajícími ekokulturami v severských členských státech Dánsku, Finsku a Švédsku jsou vedle obilovin a krmných plodin také louky a pastviny, které tvoří asi čtvrtinu ekologicky obhospodařovaných ploch. V jihoevropských zemích, kam Eurostat zařadil vedle Španělska a Portugalska také Řecko, Francii a Itálii, je struktura pěstovaných ekokultur mnohem pestřejší a mnohotvárnější než na severu EU. Dominují zde louky a pastviny na asi jedné třetině výměry, následují luštěniny na 20 % a obiloviny na 15 %. Další různé kultury tvoří asi pětinu ekoareálu, vinice zaujímají 3 %. Za tři roky do 2000 se ekologická výměra v těchto jižních zemích zvýšila o asi 70 %. Zatímco plocha obilovin se relativně snížila, podíl luštěnin, a také luk a pastvin se zvýšil.

Zpracování ekologických produktů

Počet zpracovatelů ekologických zemědělských produktů – mezi něž se počítají odběratelé, kteří bioprodukty konzervují, zpracovávají, balí a označují – se v členských státech EU podle Eurostatu v období 1998 až 2000 výrazně zvýšil. Počet podniků však neumožňuje posoudit množství zpracovaných produktů, protože statistika neposkytuje o zpracovatelské kapacitě uvedených podniků žádné informace. Zvláště výrazný růst zpracovatelských podniků byl zaznamenán v Irsku, kde se jejich počet od roku 1998 do 2000 zvýšil z 15 na 61. Ve Velké Británii se zpracováním bioproduktů zabývalo v roce 2000 celkem 1 945 registrovaných podniků, což je téměř trojnásobný počet proti roku 1998. Podobně v Řecku se zpracovatelský průmysl ekoproduktů vyvíjel velmi dynamicky (počet podniků se zvýšil ze 71 na 270). V Německu byla dynamika růstu tohoto průmyslu mírnější – počet zpracovatelských podniků se zvýšil o 23,8 % na celkem 3 850. Ve Francii se počet zaregistrovaných zpracovatelských podniků zvýšil o 42,4 % na celkem 4 937, což je největší počet v EU. V Itálii byl zaznamenán přírůstek počtu podniků o 101,7 % na celkem 3 006. Ve Finsku a Švédsku nedosáhl růst počtu těchto podniků ani 18 %. Zvýšení počtu podniků zabývajících se zpracováním ekoproduktů bylo zaregistrováno ve všech členských zemích až na Dánsko, kde se touto produkcí zabývá celkem 505 podniků a jejich počet stagnuje.

2.3.4 Ekologické zemědělství v České republice

V České republice se vznik ekologického zemědělství datuje od roku 1990, kdy byly za součinnosti Ministerstva zemědělství ČR¹⁰, Sdružení Libera a Svazu PRO-BIO (Svazy sdružující ekologické farmáře) položeny základy celého systému. V letech 1990-1992 byly ekologicky hospodařící podniky finančně podporovány, dotace byly zřejmě hlavním důvodem nárůstu ekologicky obhospodařovaných ploch. V tomto období působilo v ČR pět svazů ekologických zemědělců. Zrušení dotací v následujících letech způsobilo stagnaci obdělávání ploch, ale zároveň mělo pozitivní vliv na kvalitativní rozvoj ekologického zemědělství. Řada podniků hospodařících ekologicky jen z důvodů dotací ukončila svou činnost, počet svazů se redukoval na dva. Rok 1998 znamenal obnovu finanční podpory ekologického zemědělství.¹¹ Postupný nárůst ploch zemědělské půdy obhospodařované podle zásad ekologického zemědělství v České republice od roku 1990 do roku 2003 udává **Tab. II**. Struktura půdního fondu od roku 2001 do roku 2003 je uvedena v **Tab. III**.

Tabulka II Vývoj výměry zemědělské půdy v ekologickém zemědělství ČR¹²

2.3.4.1.1.1	Počet kontrolovaných podniků celkem	Výměra zemědělské půdy v EZ v ha	Procentický podíl ze zem. Půdního fondu
1990	3	480	-
1991	132	17 507	0,41
1992	135	15 371	0,36
1993	141	15 667	0,37
1994	187	15 818	0,37
1995	181	14 982	0,35
1996	182	17 022	0,40
1997	211	20 239	0,47
1998	348	71 621	1,67
1999	473	110 756	2,58
2000	563	165 699	3,86
2001	654	218 114	5,09
2002	717	235 136	5,50
2003	810	254 995	5,97

Tabulka III Struktura půdního fondu v ekologickém zemědělství ČR¹²

2.3.4.1.1.1.1.2 Plochy	Podíl v % r. 2001	Podíl v % r. 2002	2.3.4.1.1.1.1.2.1 odí l v % r. 20 03
Orná půda	8,8	8,3	7,7
Trvale travnaté plochy	89,6	90,1	90,9
Trvalé kultury (sady, vinice)	0,5	0,4	0,3
Ostatní plochy	1,1	1,2	1,1
Celkem	100,0	100,0	100,0

V roce 2003 hospodařilo v systému ekologického zemědělství 96 výrobců biopotravin, 189 podniků uvádějící biopotraviny do oběhu a 810 ekofarem s celkovou výměrou 254 995 ha zemědělské půdy, což představuje podíl 5,9 % na celkové výměře půdního fondu. Podíl orné půdy činí 19 637 ha, tj. 7,7 % výměry zemědělské půdy v EZ. Celkově dochází k nárůstu trvale travnaté půdy v EZ, v roce 2003 došlo k zvýšení o 9,3 % oproti roku 2002. Došlo k nárůstu celkového půdního fondu v ekologickém zemědělství v roce 2003 o 8,5 % oproti roku 2002. Rozvoj ekologického zemědělství je velkou šancí pro uplatnění českých biopotravin na trzích zemí EU, kde je po biopotravinách ze strany spotřebitelů stále větší poptávka. Významnou část rostlinné produkce zaujímá hlavně pěstování obilnin a brambor.¹²

Ekologické zemědělství v České republice je s účinností od 1. ledna 2001 upraveno zákonem č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství.¹³

Dozor nad dodržováním zákona vykonává Ministerstvo zemědělství, plní tak roli kontrolního úřadu. Inspekční činnosti a certifikací bioproduktů a biopotravin je pověřena KEZ o.p.s. (Kontrola ekologického zemědělství, obecně prospěšná společnost), která plní roli kontrolního místa, jedná se o nezávislou, nestátní a neziskovou organizaci. KEZ o.p.s. je na národní úrovni akreditována podle ČSN EN 45004 a ČSN 45011. Rozhodnutím Certifikačního výboru IOAS (International Organic Accreditation Service) je KEZ o.p.s. akreditována také podle Akreditačního programu IFOAM (International Federation Organic Agricultural Movements).

Ekologické zemědělství je v ČR podporováno podle Nařízení vlády č. 505/2000 Sb.¹³

2.3.5 Bioprodukty a biopotraviny

Produkty vyrobené za podmínek uvedených v zákoně č. 242/2000 Sb. jsou označovány jako tzv. bioprodukty a biopotraviny.

V posledních letech se začíná objem prodaných bioproduktů a biopotravin významně zvyšovat, a to především z toho důvodu, že se jejich prodejem začaly zabývat také řetězce supermarketů a hypermarketů, zahájen byl také prodej po Internetu. Zavedení prodeje biopotravin do sítí supermarketů lze hodnotit pozitivně, protože produkty ekologického zemědělství se staly snadno dostupné pro širokou veřejnost. V kvalitě "bio" se prodávají kromě biohovězího masa především výrobky z obilovin, mouka, bylinné čaje, víno, sojové výrobky, z živočišných výrobků především mléko a mléčné výrobky. V nabídce bioproduktů z ekofaremu zatím chybí produkce olejnin (kromě máku), drůbežího masa a vajec. Nedostatečná je nabídka čerstvého ovoce a zeleniny.¹³

Produkty EZ osvědčené kontrolní organizací KEZ o.p.s. lze v současné době vyvážet do zemí EU bez jakýchkoliv dalších kontrol ze strany kontrolních organizací EU pro EZ. Kontrolní organizace KEZ o.p.s. vydává ekologickému zemědělci na základě úspěšné kontroly „Osvědčení o původu bioproduktu“ (tzv. certifikát), výrobci biopotravin „Osvědčení o původu biopotraviny“, které platí 1 rok a opravňuje tohoto výrobce k označení biopotraviny grafickým logem „produkt ekologického zemědělství“.¹³

V porovnání s rokem 2001 se počet výrobců biopotravin v roce 2002 v České republice zvýšil téměř o 20 % a u osob uvádějících bioprodukty a biopotraviny do oběhu se jedná o více než trojnásobný nárůst, v roce 2003 nebyl zaznamenán tak vysoký nárůst jako v roce 2002.¹³ Významný nárůst byl zaznamenán u vývozu biopotravin. Oproti roku 2002 je to v roce 2003 o 100 % více vývozních osvědčení, je to způsobeno z velké části tím, že v roce 2003 již bylo u vývozců i zahraničních příjemců akceptováno Nařízení Komise č. 1788/2001 z roku 2001 stanovující podrobná pravidla týkající se certifikátů o inspekci dovozu ze třetích zemí. Celkové vyvezené množství produkce za rok 2003 bylo značně vyšší než v letech 2002 a 2001, v roce 2002 bylo vyvezeno cca 3 579 t bioproduktů či biopotravin a v roce 2003 vyvezeno cca 9 254 t. Největší množství bylo vyvezeno do Rakouska, celkem 63% veškeré vyvezené produkce. V roce 2003 byly dovezeny

biopotraviny pocházející z 35 zemí celého světa. Byl zaznamenán zvýšený zájem o osvědčení produkce z dovozu zejména u koření, sušené zeleniny, tuků a olejů.¹²

Důvodem zvýšeného zájmu spotřebitelů o bioprodukty je snížený obsah nežádoucích kontaminujících látek (reziduí pesticidů, umělých hnojiv, potravinářských aditiv, těžkých kovů), dále pak zvýšený obsah některých živin (vitaminů, minerálních látek), zvýšený obsah vlákniny, výraznější sensorické vlastnosti (chuť a vůně), lepší skladovatelnost a uchovatelnost.

Mezi nedostatky biopotravin patří možné zvýšení výskytu mikrobiální kontaminace (mykotoxiny) a také možný vyšší obsah přírodních toxických látek (alkaloidy, fytoalexiny, kyselina šťavelová apod.), dále horší technologická jakost (nižší obsah lepku u chlebového obilí), horší dostupnost biopotravin pro spotřebitele a taktéž omezený sortiment a vyšší cena v porovnání s konvenčními potravinami.¹⁴

Principy úpravy biopotravin:

- minimum zpracování při zachování charakteru upravené potraviny
- zakázané postupy : iontové měniče, bělení, působení syntetických hormonů, ozařování, mikrovlnný ohřev, používání barviv, aromat a sladidel syntetického původu
- snaha o vyloučení možnosti kontaminace nebo záměny s konvenční potravinou
- maximální množství uváděných informací o způsobu úpravy a složkách potravin pro zákazníky.

2.4 Kvalita produktů v ekologickém zemědělství

Kvalita vlastního produktu v EZ je chápána jako jeden z nejdůležitějších parametrů hodnocení, neboť je to 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.⁵

U ekologicky pěstovaných produktů a z nich vyrobených potravin lze očekávat s vysokou pravděpodobností vyšší hygienickou a často i nutriční hodnotu, lepší skladovatelnost a někdy též vyšší sensorickou kvalitu.⁵

Zárukou kvality ekologických produktů je kontrolovaný způsob jejich produkce (pěstování plodin, chov zvířat a způsob zpracování produktů) za přísně stanovených pravidel. Právě tento přístup zaručuje výše definovanou kvalitu a zahrnuje v sobě i etické a morální aspekty vztahu k přírodě.¹⁴

Nutriční hodnota nebo-li výživová hodnota vyjadřuje obsah látek, které se příznivě uplatňují v lidské výživě, jejich vnitřní skladbu a vzájemné poměry. Jedná se především o bílkoviny, tuky obsahující esenciální mastné kyseliny, dieteticky významné polysacharidy (vláknina), vitamíny, enzymy, nezbytné minerální prvky atd.¹⁴

Hygienicko-toxikologická jakost vyjadřuje zejména stupeň kontaminace produktů cizorodými a toxickými látkami či sloučeninami s nežádoucími biologickými účinky.

Zdravotně-hygienické hledisko je bezesporu hlavní motivací zájmu spotřebitelů o biopotraviny. K látkám, které z hlediska hygienicko-toxikologické jakosti považujeme za negativní, patří toxické kovy, rezidua pesticidů, dusičnany, mykotoxiny a jiné přírodní toxiny. V dosud publikovaných studiích nebyly shledány žádné významné rozdíly v obsahu toxických kovů u vzorků z ekologické a konvenční produkce.¹⁵ Při ekologické produkci jsou minimalizovány až zcela eliminovány chemické prostředky pro ochranu rostlin a dochází tak ke snížení rizika kontaminace bioproduktů rezidui pesticidů.¹⁶ Z tohoto důvodu lze očekávat vyšší kvalitu právě u ekologických produktů. 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.^{16, 17} Z hlediska hygienické jakosti je důležité v zemědělských produktech sledovat hladiny mykotoxinů a jiných přírodních toxinů. Přírodní toxiny jsou součástí přirozeného ochranného systému rostlin. 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. Tato odolnost je často spojena právě s vyšší hladinou přírodních toxinů, jenž mohou mít na člověka negativní účinek.

Technologická kvalita vystihuje vhodnost pro různé způsoby zpracování za průmyslových a kulinařských podmínek (loupateľnost, výtěžnost, barevná stálost, vhodnost k vaření, pečení), odolnost proti mechanickému poškození, skladovateľnost atd. Produkty z ekologického zemědělství vykazují většinou menší skladovací ztráty. Konvenční produkty mají díky dusíkatým hnojivům větší obsah vody a tím méně sušiny, to mohou být důležité ukazatele pro zpracovatelský průmysl potravin. Pro škrobářenský průmysl je důležitý obsah sušiny v bramborové hlíze, ale to je pak také otázka odrůdy brambor. U obilovin je např. nižší obsah lepku a celkově horší technologická jakost důležitý ukazatel pro pekářenské využití.^{15, 16}

Důležitým parametrem hodnocení je **senzoričká jakost**. Výrobky jsou řazeny do jednotlivých jakostních tříd 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. V konvenčním způsobu produkce se snáze dosahuje lepších sensorických ukazatelů než v ekologických systémech (není to však pravidlem). Např. vnější vzhled ekologicky pěstované zeleniny bývá většinou horší než u konvenční.¹⁶ Brambory z ekologického zemědělství jsou zpravidla drobnější, s pevnější slupkou a kompaktnější dužinou. Tyto vlastnosti zvyšují odolnost hlíz proti mechanickému poškození. Biobrambory vykazují většinou lepší skladovateľnost.

3 Brambory

Jednou z nejvýznamnějších plodin určených k výživě lidstva jsou (vedle pšenice, kukuřice a rýže) stolní brambory (*Solanum tuberosum*). Brambory (**Obr. 1**) jsou pěstovány ve většině zemí světa a jejich světová produkce činí okolo 300 milionů tun ročně.

V České republice zaujímá pěstování brambor nezanedbatelnou část rostlinné produkce ekologického i konvenčního zemědělství.

Jednotlivé parametry sledované v rámci hodnocení kvality brambor z ekologického a konvenčního zemědělství byly popsány v předchozích studiích. V následující kapitole jsou uvedeny pouze základní vlastnosti glykoalkaloidů a fenolických látek (kyseliny chlorogenové) brambor .



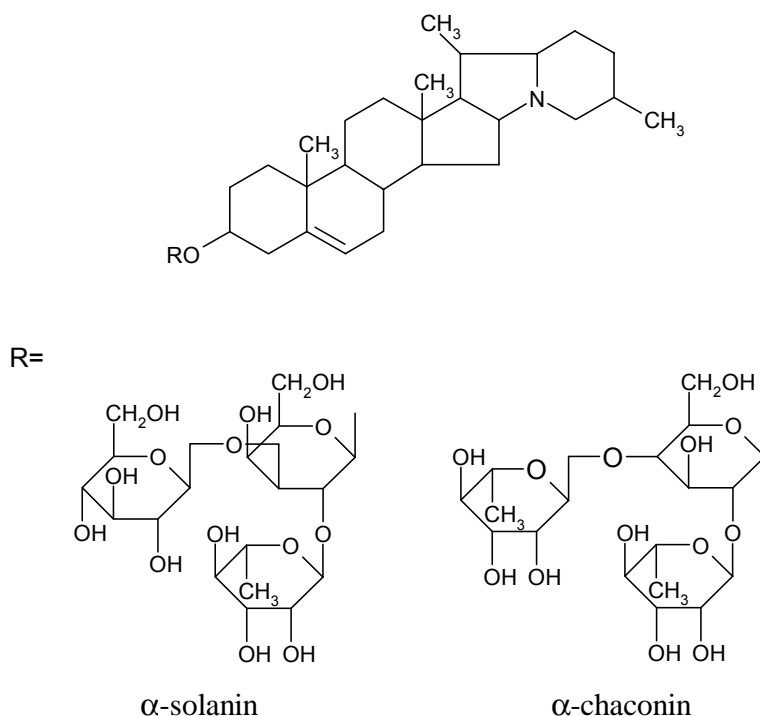
Obrázek 1 Rostlina *Solanum tuberosum*

3.1 Biologicky aktivní látky, sledované v bramborách

3.1.1 Glykoalkaloidy α -solanin a α -chaconin

Mezi přirozené toxické látky brambor patří steroidní glykoalkaloidy. Skelet glykoalkaloidů se skládá z aglykonu (nepolární, lipofilní část) a na něj navázaného cukerného zbytku – glykosidu (polární část molekuly). V případě konzumních brambor tvoří přibližně 95 % přítomných glykoalkaloidů α -solanin a α -chaconin¹⁸. Jedná se o látky se shodným aglykonem nazývaným solanidin a lišící se ve složení cukerné složky (**Obr. 2**).

Glykoalkaloidy (GA) jsou součástí ochranných mechanismů rostliny 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.



Obrázek 2 Struktura α -solaninu a α -chaconinu

Množství 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 hlízách¹⁹. Působením světla dochází k tzv. zezelenání hlízy, což souvisí se syntézou chlorofylu. Současně se zvyšuje hladina glykoalkaloidů. Vzrůst obsahu závisí na

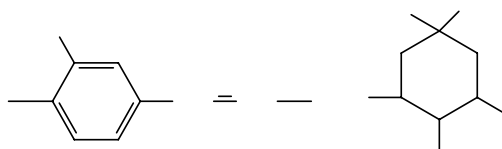
intenzitě světla a na délce expozice. Uplatňuje se také vliv teploty, kdy za vyšší teploty je syntéza intenzivnější.

Přestože jsou GA značně termostabilní (odolávají mražení i sušení, nerozkládají se vařením, pečením, mikrovlnným ohřevem) dochází v průběhu technologického a kulinárního zpracování k částečnému snižování jejich hladin.¹⁹ Poměrně značný podíl glykoalkaloidů (okolo 50 %) lze odstranit loupáním¹⁸.

Mechanismus toxického účinku glykoalkaloidů spočívá v inhibici enzymu acetylcholinesterázy centrálního nervového systému a ve schopnosti narušovat membrány zažívacího traktu a některých orgánů. Typickými příznaky otravy 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 GA/kg tělesné hmotnosti vyvolává příznaky otravy a letální dávka je 3 – 6 mg GA/kg tělesné hmotnosti.^{20,21} V České republice jsou hladiny glykoalkaloidů regulovány vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb., která stanovuje přípustné množství GA ve výši 200 mg/kg neloupaných hlíz.

3.1.2 Fenolické sloučeniny - chlorogenová kyselina

Fenolické sloučeniny patří mezi sekundární metabolity rostlin a spolu se svými deriváty hrají důležitou úlohu při obranných mechanismech rostliny. Při ochraně rostlin proti škůdcům, jako jsou např. bakterie, houby a viry, se uplatňují zejména oxidační produkty těchto sloučenin.²² V hlízách bramboru je nejvíce zastoupena kyselina chlorogenová, která tvoří až 90 % z celkového obsahu polyfenolů (**Obr. 3**). Co se týká distribuce polyfenolických sloučenin v bramborových hlízách, je asi 50 % obsaženo ve slupkách a přilehlých tkáních, směrem do středu hlízy koncentrace klesá. Hladiny celkových polyfenolů v hlízách bramboru jsou závislé zvláště na odrůdě, dále pak na lokalitě pěstování. Na obsah polyfenolických sloučenin má vliv způsob skladování.²²



Obrázek 3 Struktura kyseliny chlorogenové

Fenoly jsou prekurzory sloučenin, které způsobují typické barevné změny produktů z brambor (hnědé, modrošedé zbarvení). Tyto změny jsou konzumenty vnímány negativně, a proto je snahou jim v řadě technologií předcházet. Polyfenolické sloučeniny však také vykazují antimutagenní a antikarcinogenní účinky. Mají schopnost vyvazovat

elektrofilů, volné radikály a toxické kovy, které mohou poškozovat DNA. Inhibují enzymy aktivující prekarcinogeny na karcinogeny a indukují karcinogen-detoxikační systémy.

3.2 Hodnocení kvality brambor z ekologické a konvenční produkce

3.2.1 Studie realizovaná v letech 1996 – 1999 v České republice

Porovnáván byl soubor dat, získaných v průběhu čtyřletého sledování (1996-1999) ve 2 lokalitách (Jindřichův Hradec a Vodňany). Analyzováno bylo 8 odrůd brambor (velmi ranné: Koruna, Krystala, Rosara, Christa; ranné: Krasa, Monalisa; poloranné: Karin, Rosella). Byla hodnocena **kvalita vnější** (vzhled, velikost hlíz, poškození, výnosy) i **kvalita vnitřní** (nutriční: škrob, vitamíny, minerální látky; hygienicko-toxikologická: dusičnany, glykoalkaloidy, těžké kovy, rezidua pesticidů).

Cílem realizované studie bylo zjistit, jsou-li rozdíly v kvalitě brambor, pěstovaných ekologickým a konvenčním způsobem a jaká je celková jakost a zdravotní nezávadnost brambor. Výsledky této studie byly publikovány.²³

Ekologické brambory vykazovaly nižší výnosy (50%), jejich hlízy byly menší, obsah škrobu a sušiny byl v těchto bramborách 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. Byly prokázány pouze vyšší hladiny Ni a Cu v konvenčně pěstovaných bramborách. V konvenčně pěstovaných bramborách byly také nalezeny vyšší hladiny dusičnanů (statisticky významné; t-test, $\alpha = 0,05$), jejich obsah závisí také na roku pěstování. V ekologicky pěstovaných bramborách byl zjištěn vyšší obsah vitamínu C (statisticky nevýznamný) a vyšší obsah chlorogenové kyseliny (statisticky významný pro všechny odrůdy a roky kromě odrůd Monalisa a Krista).

Byl sledován výskyt toxických látek v bramborách, byl zjištěn mírně vyšší obsah glykoalkaloidů (α -solanin, α -chaconin) v bramborách pěstovaných ekologicky, rozdíly však většinou nejsou statisticky významné. Typické hladiny glykoalkaloidů v bramborách se pohybují v rozmezí 30 - 120 mg/kg. Vysoký obsah glykoalkaloidů je ve slupce, loupáním se odstraní asi 50% celkových glykoalkaloidů.

Průměrný obsah glykoalkaloidů je mírně vyšší v bramborách pěstovaných ekologicky, rozdíly nebyly statisticky průkazné. Byly identifikovány odrůdy s typicky vysokým obsahem glykoalkaloidů (např. Karin) a odrůdy s nízkým obsahem (např. Monalisa). Bylo prokázáno, že obsah glykoalkaloidů v hlízách je zejména odrůdovým znakem, méně výrazný je vliv klimatických podmínek (ročníku), mechanického poškození, skladování, technologického zpracování, napadením škůdci a vliv pěstebního systému.

3.2.2 Studie založená v roce 2002 v České republice

Ve spolupráci s Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích byl v roce 2002 založen pokus s cílem sledovat vliv způsobu pěstování a původu sadby na kvalitu brambor. Pro testování byly vybrány opět 2 lokality a 5 odrůd brambor (Bionta, Rosara, Satina, Marabel a Karin)

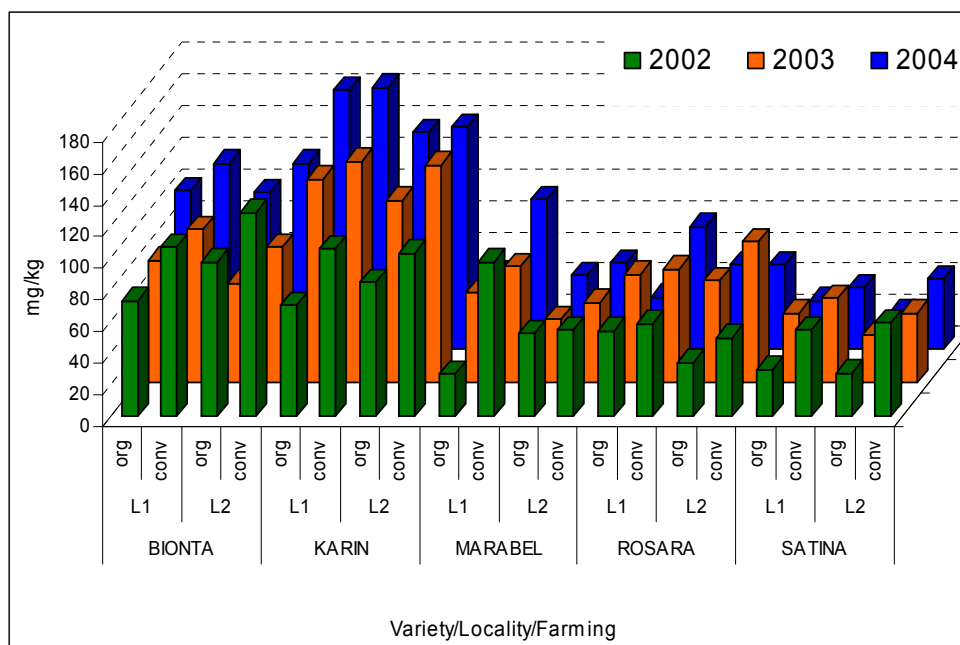
V souladu s předchozími pokusy bylo zjištěno, že obsah glykoalkaloidů je závislý především na odrůdě; vliv lokality a způsobu pěstování je méně výrazný. Sadba

z konvenčního množení vykazovala nižší hladiny glykoalkaloidů jak při ekologickém tak při konvenčním způsobu pěstování. Byl stanoven vyšší obsah kyseliny chlorogenové při ekologickém způsobu pěstování v obou lokalitách (kromě odrůdy Bionta), u odrůdy Karin v obou lokalitách byly zjištěny nižší hladiny v případě sadby z konvenčního množení.

3.2.2.1 Stanovení obsahu glykoalkaloidů

V rámci experimentů byly porovnávány hladiny glykoalkaloidů stanovené v letech 2002 – 2004. Celkový obsah glykoalkaloidů v ekologických (79 ± 34 mg/kg) a konvenčních (72 ± 40 mg/kg) bramborách pěstovaných Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích závisel především na odrůdě (některé odrůdy vykazovaly vyšší obsah v ekologickém pěstování, jiné naopak) a byl mírně vyšší v ekologicky pěstovaných bramborách (rozdíly nebyly statisticky průkazné). Pouze odrůdy Satina a Marabel vykazovaly vždy vyšší obsah glykoalkaloidů v ekologickém pěstování. Hladiny se lišily v závislosti na odrůdě (typicky nízký obsah: Satina, Marabel; typicky vysoký obsah: Karin, Bionta). Vliv lokality nebyl prokázán.

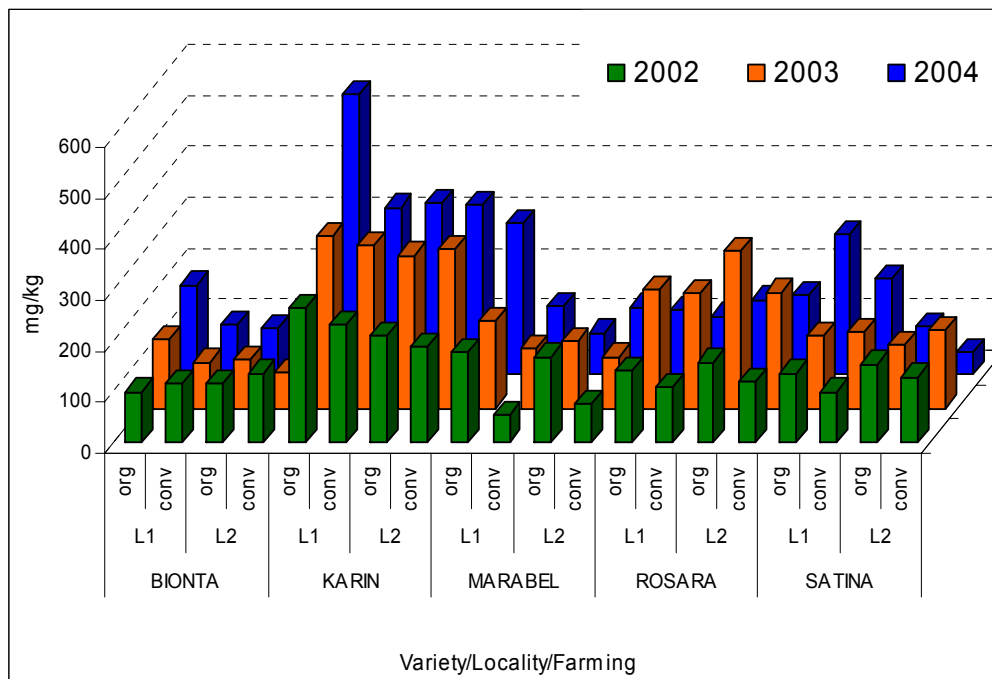
Stanovené hladiny glykoalkaloidů v bramborách se pohybovaly v rozmezí 23 - 166 mg/kg (**Obr. 4**). Obsah glykoalkaloidů v žádném ze sledovaných vzorků nepřekročil legislativní limit 200 mg/kg. Nejvyšší hladiny glykoalkaloidů byly nalezeny v bramborách pěstovaných v roce 2004 (82 mg/kg), nejnižší v roce 2002 (68 mg/kg)²⁴ a střední v roce 2003 (77 mg/kg). V současné době probíhá stanovení obsahu sledovaných parametrů ve vzorcích brambor sklizených v roce 2005. Celkové výsledky budou souborně vyhodnoceny a publikovány.



Obrázek 4 Obsah glykoalkaloidů ve sledovaných odrůdách brambor, pěstovaných ekologickým (org) a konvenčním (conv) způsobem v lokalitách L1 a L2

3.2.2.2 Stanovení obsahu kyseliny chlorogenové

V rámci experimentů byly porovnávány hladiny kyseliny chlorogenové stanovené v letech 2002 – 2004. Byl prokázán vyšší obsah kyseliny chlorogenové v ekologicky pěstovaných bramborách (192 ± 103 mg/kg) oproti konvenčně pěstovaným bramborám (154 ± 82 mg/kg). Rozdíly byly statisticky významné (t-test, $\alpha=0,05$) v některých letech a lokalitách pěstování. Je zajímavě, že hlízy sklizené v roce 2004 obsahovaly kromě nejvyšších hladin glykoalkaloidů také nejvyšší hladiny kyseliny chlorogenové. Nejvyšší hladiny byly stanoveny v roce 2004 (průměr 198 mg/kg), nižší v roce 2003 (průměr 187 mg/kg) a nejnižší v roce 2002 (144 mg/kg)²⁴. Ekologicky pěstované hlízy obsahují vyšší hladiny kyseliny chlorogenové (217 ± 116 mg/kg v lokalitě 1 a 168 ± 84 mg/kg v lokalitě 2) ve srovnání z hlízami s konvenčního pěstování (158 ± 83 mg/kg v lokalitě 1 a 150 ± 84 mg/kg v lokalitě 2). Hladiny kyseliny chlorogenové v ekologických bramborách se pohybovaly v rozmezí 81 - 550 mg/kg a v konvenčních 42 - 332 mg/kg (**Obř. 5**). Hladiny se lišily v závislosti na odrůdě (typicky nízký obsah: Bionta, Satina, Marabel; typicky vysoký obsah: Karin). V současné době probíhá stanovení obsahu sledovaných parametrů ve vzorcích sklizených v roce 2005. Celkové výsledky budou souborně vyhodnoceny a publikovány.



Obrázek 5 Obsah kyseliny chlorogenové ve sledovaných odrůdách brambor, pěstovaných ekologickým (org) a konvenčním (conv) způsobem v lokalitách L1 a L2

V souladu s předchozími pokusy bylo zjištěno, že obsah sledovaných ukazatelů je závislý především na odrůdě; vliv lokality a způsobu pěstování je méně výrazný. Ve vzorcích brambor byl v některých odrůdách pěstovaných ekologicky nalezen vyšší obsah glykoalkaloidů. Vyšší obsah chlorogenové kyseliny byl zjištěn v ekologicky pěstovaných bramborách.

3.2.3 Studie realizovaná ve spolupráci s NFA, Uppsala

Různé odrůdy brambor (Sava a Asterix) byly pěstovány ve spolupráci s National Food Administration (NFA), Uppsala, Švédsko ekologickým a konvenčním způsobem. V rámci experimentů byl sledován také vliv skladování na obsah sledovaných parametrů. Analyzováno bylo 34 vzorků brambor odebraných přímo po sklizni, 24 vzorků bylo skladováno 6 měsíců a poté opět analyzováno.

3.2.3.1 Stanovení obsahu glykoalkaloidů ve vzorcích dodaných NFA

V **Tab. IV a V** jsou uvedeny průměrné obsahy α -chaconinu, α -solaninu stanovené ve vzorcích brambor sklizených ve Švédsku, analyzovaných bezprostředně po sklizni a po skladování 6 měsíců.

Tabulka IV Hladiny α -chaconinu, α -solaninu a celkový obsah těchto glykoalkaloidů (mg/kg) a poměr zastoupení α -chaconinu : α -solaninu v čerstvých bramborách

Parametr	α - chaconin	α -solanin	Suma GA	Poměr CH/S
Minimum	16,22	30,64	48,99	1,28
Maximum	73,29	115,03	188,32	2,81
Průměr	34,96	59,17	94,13	1,74
Median	36,96	62,66	99,79	1,69

Tabulka V Hladiny α -chaconinu, α -solaninu a celkový obsah těchto glykoalkaloidů (mg/kg) a poměr zastoupení α -chaconinu : α -solaninu v bramborách skladovaných 6 měsíců

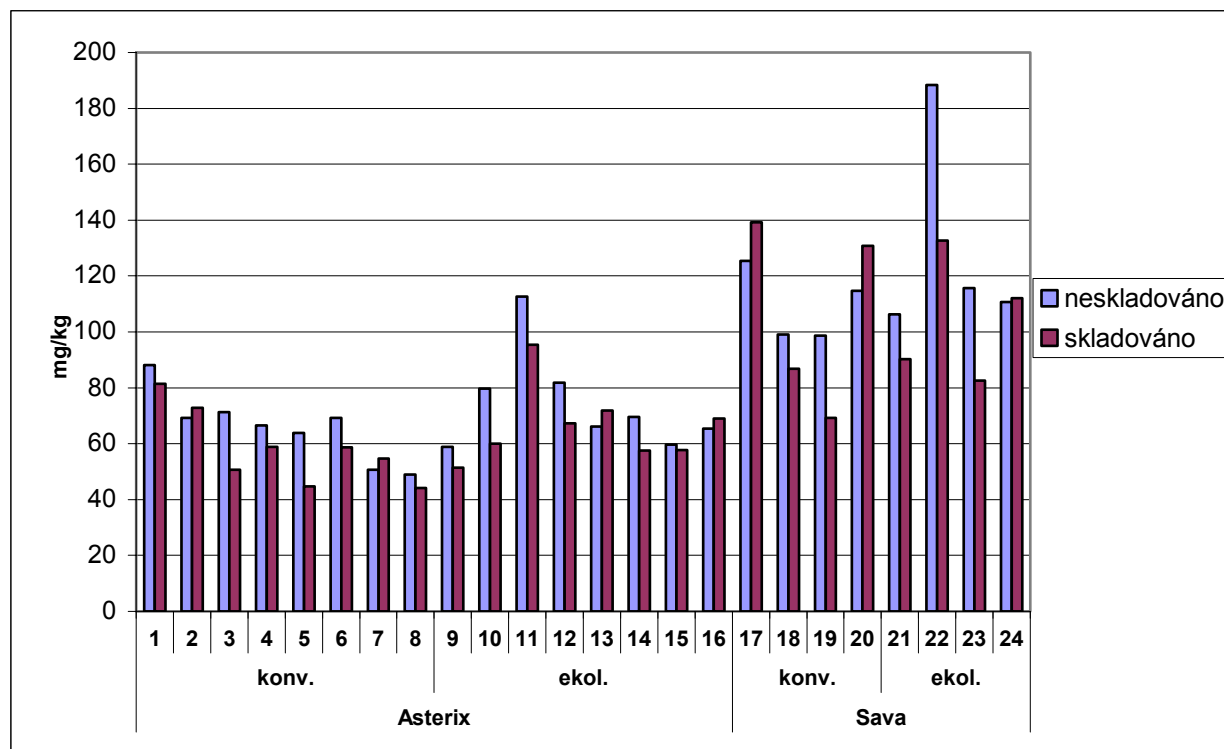
Parametr	α - chaconin	α -solanin	Suma GA	Poměr CH/S
Minimum	17,42	24,57	44,08	1,21
Maximum	59,88	88,97	139,16	1,86
Průměr	30,90	45,75	76,65	1,49
Median	28,49	41,58	69,11	1,47

Z uvedených tabulek je patrné, že obsah glykoalkaloidů je ve skladovaných bramborách nižší, Změnil se také poměr α -chaconinu : α -solaninu z 1,7 na 1,5. Tyto rozdíly však nebyly statisticky významné (t-test, $\alpha=0,05$).

Porovnání obsahu celkových glykoalkaloidů (mg/kg) v jednotlivých odrůdách brambor v závislosti na způsobu pěstování a skladování je uvedeno v následující tabulce a grafu (**Tab. VI, Obr. 6**).

Tabulka VI Celkový obsah glykoalkaloidů (mg/kg) v neskladovaných a skladovaných ekologicky a konvenčně pěstovaných odrůdách brambor Asterix a Sava.

Celkový obsah glykoalkaloidů (mg/kg)			
Odrůda	Způsob pěstování	neskladováno	skladováno
Asterix	konvenčně	66,01	58,26
	ekologicky	74,22	66,27
Sava	konvenčně	109,46	106,48
	ekologicky	130,23	104,37



Obrázek 6 Celkový obsah glykoalkaloidů (mg/kg) v neskladovaných a skladovaných ekologicky a konvenčně pěstovaných odrůdách brambor Asterix a Sava

Ve vzorcích brambor pěstovaných ve Švédsku byly nalezeny vyšší hladiny glykoalkaloidů v ekologicky pěstovaných odrůdách Sava a Asterix (rozdíl nebyl statisticky významný, t-test, $\alpha=0,05$) Vyšší hladiny glykoalkaloidů byly nalezeny v ekologicky pěstovaných bramborách odrůdy Asterix i po skladování 6 měsíců, obsah sledovaných glykoalkaloidů v ekologicky pěstované odrůdě Sava byl po 6 měsících skladování srovnatelný s obsahem ve skladovaných konvenčně pěstovaných bramborách této odrůdy. Odrůda Sava obsahovala v průměru vyšší hladiny glykoalkaloidů v porovnání s odrůdou Asterix.

3.2.3.2 Stanovení obsahu chlorogenové kyseliny ve vzorcích dodaných NFA

V **Tab. VII a VIII** jsou uvedeny průměrné kyseliny chlorogenové stanovené ve vzorcích brambor sklizených ve Švédsku, analyzovaných bezprostředně po sklizni a po skladování 6 měsíců.

Tabulka VII Hladiny kyseliny chlorogenové (mg/kg) v čerstvých bramborách

Parametr	Obsah kyseliny chlorogenové (mg/kg)
Minimum	97,7
Maximum	300,1
Průměr	170,5
Medián	153,5

Tabulka VIII Hladiny kyseliny chlorogenové (mg/kg) v bramborách skladovaných 6 měsíců

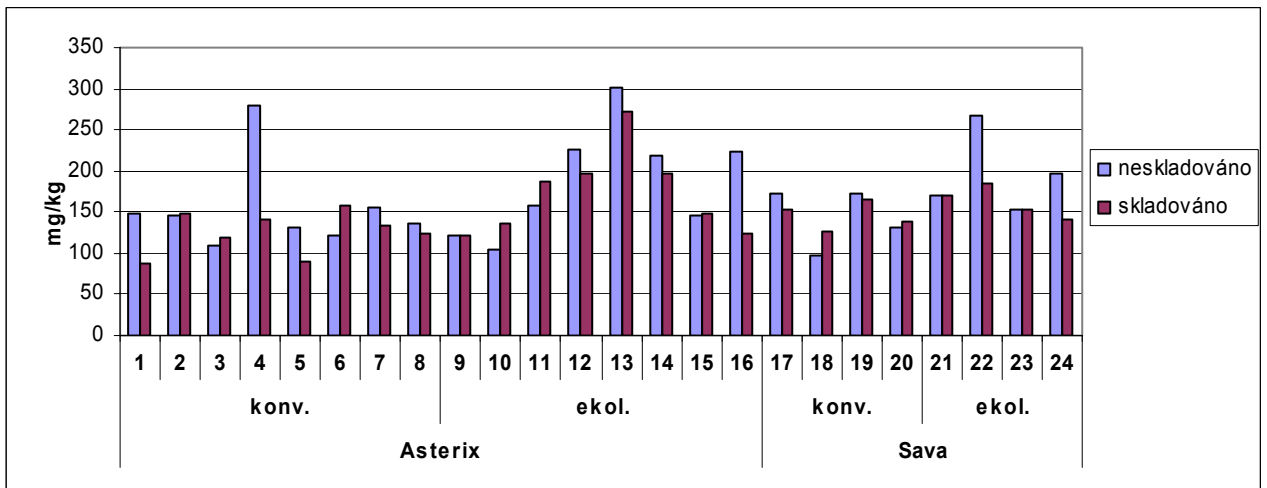
Parametr	Obsah kyseliny chlorogenové (mg/kg)
Minimum	86,9
Maximum	272,2
Průměr	150,7
Medián	144,2

Z uvedených tabulek je patrné, že průměrný obsah kyseliny chlorogenové je ve skladovaných bramborách mírně nižší.

Porovnání obsahu kyseliny chlorogenové (mg/kg) v jednotlivých odrůdách brambor v závislosti na způsobu pěstování a skladování je uvedeno v následující tabulce a grafu (**Tab. IX, Obr. 7**).

Tabulka IX Obsah kyseliny chlorogenové (mg/kg) v neskladovaných a skladovaných ekologicky a konvenčně pěstovaných odrůdách brambor Asterix a Sava.

Obsah kyseliny chlorogenové (mg/kg)			
Odrůda	Způsob pěstování	neskladováno	skladováno
Asterix	konvenčně	153,77	125,05
	ekologicky	187,40	172,78
Sava	konvenčně	144,03	146,29
	ekologicky	196,62	162,01



Obrázek 7 Obsah kyseliny chlorogenové (mg/kg) v neskladovaných a skladovaných ekologicky a konvenčně pěstovaných odrůdách brambor Asterix a Sava.

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, $\alpha=0,05$). Vyšší hladiny kyseliny chlorogenové byly nalezeny v ekologicky pěstovaných bramborách i po skladování 6 měsíců. Byl zaznamenán pokles hladin kyseliny chlorogenové ve skladovaných bramborách, pouze obsah kyseliny chlorogenové v konvenčně pěstované odrůdě Sava byl po 6 měsících skladování srovnatelný s obsahem v neskladovaných konvenčně pěstovaných bramborách této odrůdy. Průměrný obsah kyseliny chlorogenové v čerstvých vzorcích brambor byl pro obě sledované odrůdy srovnatelný (170 mg/kg).

4 Rajčata

4.1 Pěstování rajčat

Rajčata (*Lycopersicon esculentum*) jsou již řadu let světovou zeleninou číslo jedna. Roční světová produkce je přibližně 70 milionů tun. Z toho je 25-30 milionů tun ročně zpracováno na různé produkty. Průměrná roční spotřeba na osobu je 3,5 kg (v EU 14-15 kg, v Itálii a USA dokonce více než 30 kg).²⁵

Pravlastí rajčat byly horské oblasti na území dnešního Peru a Ekvádoru. Tam je jako liánovitou rostlinu s drobnými plody poznaly indiánské kmeny. Při vzájemné komunikaci mezi indiánskými civilizacemi se rajčata šířila i na sousední území. Přes Atlantik byla rajčata převezena na začátku 16. století a jako řada jiných lilkovitých rostlin byla zpočátku považována za jedovatá. Pěstovat je začali nejprve Italové a dlouhou dobu byly pěstovány jen pro okrasu. Ve střední Evropě se rajčata objevila na trhu teprve začátkem 20. století.

Rajčata patří tedy mezi lilkovité rostliny (*Lycopersicon*). Rostlina rajčete je jednoletá, silně se větvící, s výhonky rostoucími do délky až 1,5 m. Rajčata se pěstují z předpěstovaných sazenic. Rajčata jsou velmi citlivá vůči mrazu (s výjimkou odolnějších odrůd), ale na druhou stranu k růstu nevyžadují vysoké teploty. Rajčata mohou být pěstována ve skleníku, fóliovníku, ale také na venkovním záhoně. Existují dva typy odrůd, tyčkovité a keříčkovité. Tyto dvě skupiny se liší způsobem pěstování i využitím. Tyčkovité odrůdy jsou určeny spíše pro přímou konzumaci, keříčkovité především pro zpracování. Rostlina rajčete je málo odolná vůči chorobám (plísní bramborové, alternárióvé skvrnitosti, fuzárióvému vadnutí) a škůdcům (např. molicím a mšicím). Proto je velmi obtížné a ne příliš rozšířené jejich ekologické pěstování. Rajčata jsou při sklizni choulostivá na mechanické poškození. Plody by neměly být příliš vyzrálé, neboť jsou náchylné k pukání, přezrálé plody měknou a ztrácejí chuť. Optimální chuť více záleží na správném termínu sklizně než na odrůdě.²⁶

Rajče vyniká variabilitou odrůd v barvě i tvarech plodů (**Tab. X**). Nejoblíbenější jsou červenoplodé odrůdy, ale pěstují se i žluté, masité růžové, oranžové nebo bílé. Tvar plodů může být kulovitý, zploštělý, protáhlý či hruškovitý. Velikost plodů se pohybuje od 2 cm u třešňovitých typů do více než 500 g u masitých odrůd.²⁶

Tabulka X Odrůdy rajčat pěstované v ČR²⁷

Typ	Název odrůdy	Vlastnosti
Tyčkové	Start S, Uragan	Rané, vhodné pro venkovní Pěstování
	Domino, Tornádo, Toro, Tipo	Vhodné pro venkovní pěstování i do fóliovníků

	Sláva Porýní, Tipó, Orkado	Nepukavé plody
	Cristal, Fontana	Masité plody
	Perun, Romus	Žluté plody
	Oranže	Oranžové, středně veliké plody
	Třešňové, Cherrola	Červené, třešňové plody
	Anita, Hana, Diana, Klára	Pro čerstvý konzum
Keříčkovité	Odeon, Karla	Pro zpracování
	Vilma	Červené, malé plody, vhodné pro pěstování v truhlících
	Minigolf	Žluté, malé plody, vhodné pro pěstování v truhlících

4.2 Kvalita rajčat

Kvalitu rajčat lze hodnotit z několika pohledů. Pěstitelé vyžadují zejména vysoký výnos, odolnost proti chorobám a škůdcům, plasticitu vůči srážkovým a teplotním podmínkám. Zpracovatele naopak zajímá technologická kvalita, tedy vhodnost pro různé formy zpracování v průmyslu (např. co nejvyšší obsah sušiny a vitamínu C, intenzivní zbarvení, nepukavost aj.). Spotřebitel nejdříve hodnotí vnější kvalitu, ale následně také vnitřní kvalitu rajčat. Vnější kvalita je charakterizována velikostí plodů, stejnou výzrálostí, neporušeností slupky aj. Vnitřní kvalitou se rozumí souhrn sensorických vlastností a nutriční kvality.

4.3 Chemické složení rajčat

Rajčata obsahují 5-10 % sušiny. Z toho 1 % tvoří slupka a jádra, a přibližně 50 % sušiny tvoří redukující cukry (zejm. glukosa a fruktosa)²⁸. Zbývající část tvoří organické kyseliny, minerály, barviva a tuk. Obsah sušiny závisí na několika faktorech: odrůdě, charakteru půdy a zejména na zavlažování.²⁵ Průměrné chemické složení rajčat je vidět z Tab. XI. Konzumace rajčat má zvláštní význam co se týče vysokého obsahu lykopenu, který je hlavním karotenoidem rajčat. Kromě lykopenu jsou rajčata také významným zdrojem vitamínu C. V posledních několika letech se diskutuje o souvislosti mezi konzumací rajčat a jejich antikancerogenními vlastnostmi. Je samozřejmé, že celkový efekt na zdraví člověka je dán sumou interakcí mezi jednotlivými složkami. Dvě středně velká rajčata obsahují jen asi 22 kcal.²⁹

Tabulka II Chemické složení čerstvých rajčat³⁰

Chemické složení čerstvých rajčat	Obsah (g/100g č.hm.)
Voda	93,1-94,2
Bílkoviny	0,7-1,0
Sacharidy	3,1-3,5
Tuk	0,2-0,3
Obsah (mg/100g č.hm.)	
Vitamin C	16,0-24,2
Vitamin E	0,8-1,22
Lykopen	0,9-9,3
□-Karoten	0,3-0,52
Lutein	0,04-0,1
Fytoeny	0,49-2,80
□-Karoten	0,04-1,61
Obsah (□g/100g č.hm.)	
Fe	400-600
Zn	100-240
Mn	90-140
Cu	10-90
Se	n.d.-600
Foláty	17-39

4.3.1 Sacharidy

Celkový obsah sacharidů se pohybuje v rozmezí 2,19-3,55 % čerstvé hmoty. Jde zejména o cukry redukující. Sacharosa se vyskytuje pouze v nepatrném množství (0,1 % čerstvé hmoty). Redukující cukry představují 50-65 % sušiny (hlavně glukosa a fruktosa). Glukosa a fruktosa jsou přibližně v poměru 54:46. Polysacharidy představují 0,7 % (pektiny a arabinogalaktany 50 %, xylany a arabinoxylany 28 %, celulosa 25 %).²⁵

4.3.2 Bílkoviny

V průběhu zpracování rajčat dochází k denaturaci a k částečné hydrolyze proteinů a k nárůstu volných aminokyselin (hlavně Glu, Asp, Ala a Thr).²⁵

4.3.3 Volné aminokyseliny

V rajčatové šťávě je přítomno 19 volných aminokyselin. V největším množství jsou obsaženy kyselina glutamová (tvoří více než 48 %) a kyselina asparagová. Zatímco

koncentrace prolinu je nejnižší. Při zpracování rajčat dochází k odštěpení amoniaku z Asparaginu a Glutaminu za vzniku příslušných aminokyselin (tj. Asp a Glu).²⁵

4.3.4 Organické kyseliny

Hlavními organickými kyselinami, přítomnými v rajčatech, jsou kyselina citrónová a kyselina jablečná. Kyseliny citrónové bývá obvykle obsaženo více. Ostatní kyseliny (vinná, jantarová, octová a šťavelová) jsou přítomny pouze v nepatrném množství. Při výrobě rajčatového džusu dochází k nárůstu obsahu organických kyselin. Zejména v případě kyseliny octové (až o 32,1 %) a to v důsledku oxidace aldehydů a alkoholů v průběhu zpracování. Dochází také k deaminaci aminokyselin.²⁵

4.3.5 Minerální látky

Z pohledu nutriční hodnoty rajčat je nejdůležitějším prvkem železo. Sklenice rajčatové šťávy obsahuje přibližně 2 mg železa v redukované formě (stabilizace pomocí kyseliny askorbové). To představuje 10-20 % RDA pro železo (železo je absorbováno pouze v redukované formě). Z mikroprvků jsou přítomny Cu, Mn a Zn, které jsou součástí několika antioxidantních enzymů.²⁵

4.3.6 Vitaminy

Čerstvá rajčata jsou na vitamíny relativně bohatá. Vitamin C (160-240 mg/kg), provitaminy A (6-9 mg/kg), a vitamin E (5-20 mg/kg).²⁵

Kyselina askorbová je přítomna v čerstvých rajčatech převážně v redukované formě (dehydroaskorbová kyselina tvoří pouze 1-5 %). Čerstvá rajčata obsahují přibližně 25 mg/100g . Tedy malé rajče představuje přibližně 40 % RDA vitamínu C pro dospělé a sklenice džusu (cca 35 mg kyseliny askorbové) je přibližně 60 % RDA vitamínu C pro dospělé (60 mg). Při kulinárním zpracování rajčat dochází k určitým ztrátám vitamínu C a to zejména oxidací (enzymatickou nebo neenzymatickou). Rozsah oxidace závisí na několika faktorech jako jsou: přístup vzduchu, přítomnost enzymů, některé kovové ionty (např. Cu), teplota aj.²⁵

Rajčata jsou rovněž dobrým zdrojem vitamínu A. Čerstvá rajčata a rajčatová šťáva obsahují 1000 IU vitamínu A/100g. Tedy malé rajče či sklenice šťávy představuje 20 % (i více) RDA vitamínu A pro dospělé (RDA=5000 IU).²⁵

V rajčatech jsou přítomny také vitaminy skupiny B. Thiamin (16-120mg/100g), riboflavin (20-50 mg/100g) a niacin (< 1mg/100g). Malé rajče obsahuje přibližně 1/10 RDA pro thiamin.

4.3.7 Karotenoidy

Dnes je známo téměř 700 přirozeně se vyskytujících karotenoidních pigmentů. Z toho asi 50 sloučenin vykazuje aktivitu vitamínu A, proto se označují jako retinoidy.³¹

Karotenoidy jsou značně rozšířené žluté a oranžové, výjimečně také žluto-zelené a červené, převážně lipofilní pigmenty rostlin, hub, řas, mikroorganismů a také živočichů (korýšů, ryb, ptáků, savců). Jejich roční produkce v přírodě se odhaduje na $1 \cdot 10^8$ tun.⁶ V rostlinách jsou karotenoidy principiálně asociovány s chlorofyly v chromoplastech, resp. v chloroplastech.

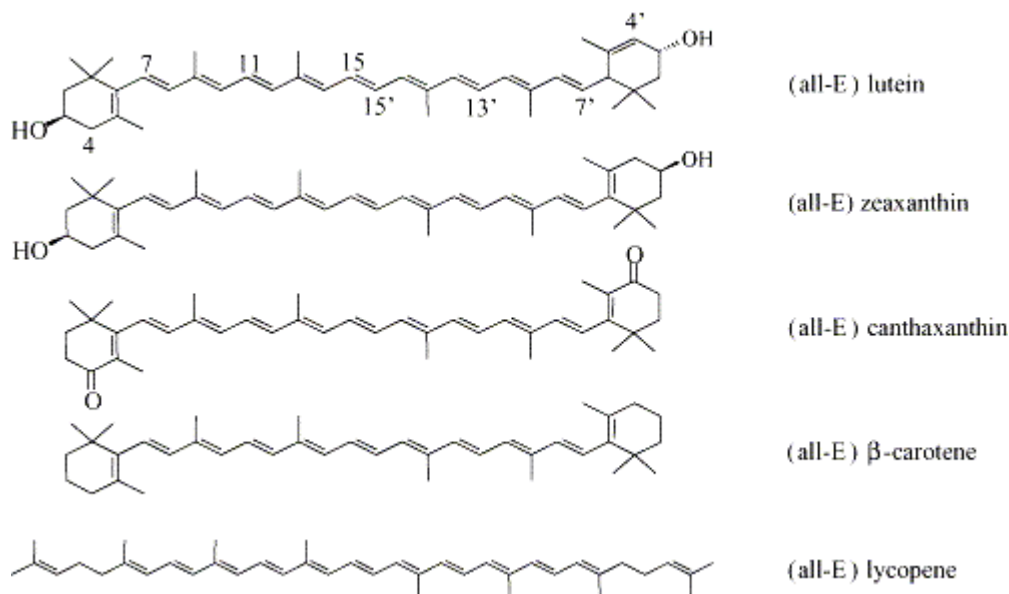
Jejich charakteristická absorpce viditelného záření je způsobena systémem konjugovaných dvojných vazeb. Tvar absorpčního spektra karotenoidů a pozice absorpčního maxima je závislá na druhu rozpouštědla a množství obsažených tuků, ve kterých je rozpuštěn. Rozpouštědla s velmi nízkou polaritou nemají na posun absorpčního maxima téměř žádný efekt, zatímco velmi polární rozpouštědla mohou způsobit posun absorpčního maxima o 10-25 nm.³²

4.3.7.1 Struktura a názvosloví

Většina karotenoidních látek se řadí mezi tetraterpeny (**Obr. 8**), tedy mezi terpenoidy formálně obsahující osm isoprenových jednotek. Za svoji barevnost vděčí řetězci konjugovaných dvojných vazeb, který se vyskytuje v několika základních strukturách a jejich kombinacích.

Karotenoidy se dělí na dvě hlavní skupiny:

- uhlovodíky nazývané karoteny
- kyslíkaté sloučeniny (alkoholy, ketony aj.) odvozené od karotenů, které se nazývají xanthofyly.

Obrázek 8 Chemická struktura vybraných karotenoidů

4.3.7.2 Karoteny

Nejjednodušším prototypem karotenů je acyklický polynenasycený uhlovodík lykopen. Běžně rozšířené jsou i hydroxyderiváty lykopenu jako je 3,4-dehydrolykopen a další sloučeniny (neurosporen, α -karoten, fytofluen, fytoen).

Další karoteny vznikají enzymově katalyzovanou cyklizací z acyklických α -karotenů, kdy se tvoří α - nebo β -jononové struktury. Struktura s α -jononovým cyklem se nazývá α -karoten, struktura s β -jononovým cyklem je β -karoten. Příkladem uhlovodíků s α -jononovým cyklem pouze na jednom konci molekuly je α -karoten neboli α , α -karoten. Cyklizací na obou koncích molekuly vznikají struktury přítomné například v α -karotenu nebo v β -karotenu. Sloučenina α -karoten se tedy nazývá α , α -karoten, β -karoten je potom β , β -karoten.

Karoteny, které obsahují α -jononový cyklus (α -karoten, β -karoten aj.) jsou prekurzory retinolu. Řadí se proto mezi retinoidy.

4.3.7.3 Výskyt

Karotenoidy jsou významnými a nejrozšířenějšími lipofilními barvivy mnoha druhů ovoce a zeleniny. Vyskytují se ve všech fotosyntetizujících rostlinných pletivech, kde jsou přítomny jako fotochemicky aktivní složky plastidů (rostlinných organel) nazývaných chromoplasty. Jejich přítomnost v zelených částech rostlin je často maskována chlorofylem.

V potravinách se, kromě karotenoidů, vyskytuje také velké množství produktů jejich katabolismu (degradovaných karotenoidů). Štěpení molekuly karotenoidů in vivo při zrání a také během některých způsobů zpracování rostlinných materiálů probíhá za katalýzy regioselektivních dioxygenasových enzymů. Některé primární i další produkty degradace

karotenoidů jsou důležitými vonnými látkami (složkami aróma rajčat jsou např. b-cyklocitral, dihydroaktindiolid nebo a-iron).³¹

Ovoce

V ovoci jednoho druhu se běžně nalézá větší počet karotenoidů. Vzácněji (např. v meruňkách (*Prunus armeniaca*) a mangu (*Mangifera indica*)) je hlavním karotenoidem β -karoten. Dalšími pigmenty meruňek jsou další karoteny, xanthofyly jsou přítomny ve velmi malém množství. V broskvích (*Prunus persica*) je ve srovnání s meruňkami obsaženo větší množství xantofylů. Část z nich se vyskytuje ve formě monoesterů a diesterů mastných kyselin (převážně myristové a palmitové). V pomerančích jsou přítomna značně proměnná množství kryptoxanthinu, luteinu, antheraxanthinu a violaxanthinu. Dále pak řada jiných xantofylů, ale poměrně malé množství karotenů.

Zelenina

V mrkvi (*Daucus carota*) je převládajícím pigmentem β -karoten. Jeho obsah je běžně 60 až 120 mg/kg, ale v některých odrůdách bývá přítomno až 300 mg/kg. Část pigmentů je asociována s bílkovinami.³¹

Listová zelenina

V listových zeleninách tvoří zpravidla 10-20 % přítomných karotenoidů β -karoten, stejně jako v mrkvi, zbytek jsou různé xanthofyly.³⁶ Ve velkém množství bývají přítomny lutein, violaxanthin a neoxanthin, v menším množství kryptoxanthin, zeaxanthin, antheraxanthin aj. Přítomnost karotenoidů je maskována chlorofylovými barvivy.

Paprika

Některé karotenoidy se vyskytují jen v omezeném počtu rostlinných druhů. Příkladem je kapsanthin a další cyklopentylketony v červených paprikách a zvláště v rajčicových paprikách a kapiích rodu *Capsicum annum*. V zelených paprikách jsou, kromě chlorofylů, přítomny karotenoidní pigmenty lutein (8-14 mg/kg), violaxanthin (8-10 mg/kg), neoxanthin (8-9 mg/kg) a β -karoten (6-8 mg/kg).³¹

Další rostlinné materiály

Dalšími rostlinnými materiály obsahujícími karotenoidy jsou např. šafrán setý (*Crocus sativus*) (sušené blizny), keř orelánik barvířský (*Bixa orellana*)(semena) aj. Lykopen spolu s 3-hydroxy- β -karotenem je také hlavním pigmentem šípku (*Rosa canina*).³¹

Rostlinné oleje obsahují 0,03-0,25 % karotenoidů. Zejména palmový olej má světle oranžovou barvu, neboť obsahuje 0,05-0,2 % karotenoidů, přičemž hlavními složkami jsou β - a α -karoten.³¹

Potravinny živočišného původu

Sekundárně se karotenoidy vyskytují také v potravinách živočišného původu. Živočiškové nejsou schopni syntetizovat karotenoidy *de novo*, pouze přeměňují potravou získané rostlinné pigmenty na látky odlišné struktury nebo je skladují jako takové.

Karotenoidy rajčat

V průběhu zrání rajčat se barva plodů mění ze zelené přes oranžovou až na sytě červenou. Toto je způsobeno syntézou karotenoidů. Množství karotenoidů v plodu rajčete závisí na mnoha faktorech, kterými jsou zejména: půda, klimatické podmínky, zavlažování, teplota, odrůda, stupeň zralosti, doba sklizně a posklizňové skladování. V rajčatech je hlavním karotenoidem lykopen (běžně 90 % všech karotenoidů)²⁵, β -karotenu je poměrně málo (do 6 mg/kg) a asi 1 mg/kg představuje α -karoten. Málo lykopenu a více β -karotenu (až 80 mg/kg) a α -karotenu (asi 7 mg/kg) obsahují některé hybridy oranžové barvy.³¹

4.3.7.4 Biologická dostupnost

Biologická dostupnost karotenoidů závisí na dietetických faktorech, především na obsahu tuku. K absorpci karotenoidů je vyžadován alespoň nízký obsah tuku. Karotenoidy jsou absorbovány efektivněji z kulinárně zpracovaných surovin než v případě konzumace čerstvých surovin. V průběhu vaření dochází k uvolnění karotenoidů z jejich přirozené molekulové struktury, čímž se stávají lépe dostupnými. Karotenoidy v (Z)-konformaci jsou lépe vstřebatelné než all-(E)-forma, protože mají menší tendenci k tvorbě mikrokrytalických agregátů a jsou lépe rozpustné. Dietární vláknina absorpci karotenoidů a dalších sloučenin rozpustných v tucích snižuje (o 40-74 %).^{32,34}

Dále bylo zjištěno, že α -karoten významně zlepšuje absorpci lykopenu (ideální je poměr 1:1), zatímco lykopen nemá na vstřebávání β -karotenu žádný vliv. Vstřebávání karotenoidů dále inhibují polyestery sacharosy jako je olestra (až o 30-50 %).³⁴

4.3.7.5 Zpracování rajčat

Rajčata mohou být zpracována do mnoha různých produktů. Jsou to zejména:

- konzervovaná rajčata (loupaná rajčata celá či krájená, džus, pyré, dužnina, protlak aj.)
- sušená rajčata (ve formě plátků, prášku nebo loupaná celá či půlená rajčata)
- jiné produkty obsahující rajčata (rajčatová polévka, omáčky, kečup aj.)

Mnoho z těchto produktů vyžaduje další domácí kulinární úpravy.²⁵ Obsah lykopenu je pro některé výrobky uveden v **Tab. XII**.

Tabulka III Obsah lykopenu ve vybraných výrobcích z rajčat²⁹

Výrobek	Obsah lykopenu (□g/100g) č.hm.)
Čerstvá rajčata	8,8-42,0
Vařená rajčata	37,0
Rajčatová omáčka	62,0
Rajčatový protlak	54,0-1500,0
Rajská polévka (zahuštěná)	79,9
Sušená (prášek)	1126,3-1264,9
Rajčatová šťáva	50,0-116,0
Omáčka na pizzu	127,1
Kečup	99,0-134,4

4.3.7.6 Stabilita

Polyenový uhlovodíkový řetězec činí karotenoidy velmi citlivými vůči oxidaci a isomeraci. K chemickým změnám dochází např. vlivem záhřevu, světla, působením kyslíku a působením kyselin nebo zásad.³²

V průběhu zpracování potravinářských surovin na produkty je obvykle zahrnuto mechanické a tepelné opracování. To samozřejmě ovlivní i kvalitu výrobků z rajčat. Sytější červená rajčata, která obsahují vysokou koncentraci lykopenu, mají po tepelném zpracování obvykle tmavě červenou až červenohnědou barvu. Při zpracování rajčat může docházet k určitým ztrátám lykopenu. Předpokládá se, že změny v obsahu lykopenu a poměr cis a trans isomerů vede ke změnám biologických vlastností. Degradace lykopenu a ztráta sytější červené barvy v produktech z rajčat je způsobena řadou faktorů, kterými jsou např.: teplota při zpracování, délka záhřevu, čas potřebný ke zpracování, přístup světla a vzduchu, přítomnost kyselin a některých kovových iontů aj. Přičemž bylo zjištěno, že rychlost degradace □-karotenu je vyšší než v případě lykopenu.³⁶

Přeměna all-trans isomerů lykopenu na cis isomery vyžaduje dodání energie a cis isomery jsou tedy méně stabilní a lehce oxidovatelnou formou lykopenu. Tyto nežádoucí reakce ovlivní nejen sensorickou kvalitu, ale také potenciální přínos pro zdraví člověka.³⁵

Mechanické opracování

Slupka a perikarp obsahuje vyšší koncentraci lykopenu, vitamínu C, fenolických látek a flavonoidů a mají také vyšší antioxidační aktivitu, než jakou vykazují jádra a dužnina. Lze

tedy tvrdit, že při loupání rajčat dochází k podstatnému snížení obsahu těchto významných látek.³⁷

Skladování

V průběhu skladovacího pokusu bylo zjištěno, že lykopen je při skladování výrobků z rajčat relativně stabilní (více než 12 měsíců při 37°C). Sterilované výrobky tedy vykazují dobrou stabilitu lykopenu při skladování za běžných podmínek.^{33,38}

V průběhu skladování rajčat (12 měsíců při teplotách -20°C a -30°C), bylo zjištěno, že za těchto podmínek nedochází ke změnám sušiny ani pH. Stabilita α -karotenu a lykopenu byla prokázána pouze v průběhu prvních tří měsíců a přičemž nezáleželo, jestli byly vzorky skladovány při teplotě -20°C nebo -30°C. V případě α -karotenu došlo po 12-ti dnech při -20°C ke snížení obsahu na 50 % a při -30°C na 70 % původního obsahu. Obsah lykopenu klesl při -20°C na 56 %, ale při -30°C na 81% původního obsahu. Je tedy vidět, že s vyšší teplotou skladování roste rychlost degradace lykopenu i α -karotenu. Sensorická kvalita byla méně ovlivněna při nižší teplotě skladování.³⁹

Stabilita při skladování je samozřejmě nižší v případě poškození plodů. Narušení buněčných stěn naruší ochranný efekt.²⁵

Tepelné úpravy

Lykopen se v čerstvých rajčatech vyskytuje pouze v all-trans konfiguraci. Bylo zjištěno, že vyšší teplota indukuje isomeraci na cis formy lykopenu. Obsah cis isomerů roste s teplotou a dobou záhřevu.⁴⁰ Lykopen je citlivý vůči záhřevu zejména při vysoké koncentraci kyslíku, nízké vodní aktivitě a při vysoké teplotě záhřevu.²⁵

Uvádí se, že lykopen je stabilní při podmínkách požívaných v průběhu průmyslového zpracování rajčat. A to i při sušení rajčat. Jiná je situace v přítomnosti oleje/tuku. Lykopen se stává reaktivnějším a rychleji degraduje. Při záhřevu rajčatové šťávy s kukuřičným olejem došlo pouze k izomeraci na cis isomery. Avšak při produkci rajčatového džusu nebo protlaku nebyly zaznamenány významné ztráty obsahu lykopenu.³³

Byla sledována stabilita standardu lykopenu v průběhu záhřevu. Standard byl vystaven teplotám: 50°C, 100°C a 150°C. Bylo zjištěno, že při 50°C dochází prvních 9h k isomeraci a poté již převažují rozkladné reakce. Při 100°C a 150°C probíhá rychleji degradace než isomerace. Při působení teploty 50°C po dobu 18-ti hodin došlo ke snížení obsahu na 67% původního obsahu all-trans isomeru. Při teplotě 100°C po dobu 120-ti minut bylo po uplynutí této doby přítomno pouze 22% původního obsahu a při teplotě 150°C došlo po 10-ti minutách ke snížení obsahu lykopenu až pod hranici LOQ. Rychlost degradace tedy roste s teplotou záhřevu a zároveň je zřejmé, že při vysokých teplotách stačí k úplné degradaci lykopenu relativně krátká doba. Nicméně při záhřevu rajčatové dužniny (100°C) je degradace lykopenu pomalejší než v případě standardu. Je to způsobeno tím, že některé makromolekuly, jako např. pektin, mohou lykopenu poskytnout jakousi ochranu před degradací. Na druhou stranu je lykopen vázaný na tyto makromolekuly hůře využitelný.³⁶

Bohužel nejsou dostupná žádná data o stabilitě lykopenu a α -karotenu při netradičních způsobech zahřevu (mikrovlny, ohmický ohřev, pasterizace technologií působení vysokého tlaku).²⁵

Sušení

Karotenoidy sušeného ovoce a zeleniny se snadno oxidují (rozsah oxidace závisí na aktivitě vody, teplotě, obsahu kyslíku v atmosféře aj.). V sušené mrkvi např. dochází při skladování na vzduchu až k 50 % ztrátám karotenoidů.³¹

V dehydratovaných rajčatech (prášek) byla zjištěna velmi nízká stabilita lykopenu i α -karotenu a to zvláště za přístupu vzduchu.⁴⁰

Dále bylo zjištěno, že při lyofilizaci isomerace lykopenu na cis isomery neprobíhá. V průběhu sušení rajčat však k isomeraci lykopenu dochází.³⁶

Vliv světla

Byla sledována stabilita standardu lykopenu v průběhu ozařování. Standard lykopenu byl při 25°C ozařován (UV) po různě dlouhou dobu. Z tohoto pokusu vyplynul závěr, že při ozařování je hlavní cestou přeměny lykopenu isomerace na cis formu. Koncentrace all-trans lykopenu klesá spolu s rostoucí délkou ozařování. Po 144 hodinách byly zaznamenány ztráty 94 % původního obsahu all-trans formy.³⁶

Vliv obalu

Za přístupu vzduchu dochází ke ztrátám lykopenu a α -karotenu ve větší míře (okolo 24 %) než při např. vakuovému balení. Vakuové balení a balení v ochranné atmosféře (s vysokým obsahem dusíku) způsobuje ztráty přibližně pouhé 2 % původního obsahu lykopenu.²⁵

Další faktory

Rozsah degradačních reakcí karotenoidních látek v konzervovaném ovoci a zelenině (po předchozím blanšírování a deareaci) je zpravidla malý. Retence v konzervovaných meruňkách a broskvích se např. po roce skladování pohybují v rozmezí 85-100 %.³¹ K rozsáhlým ztrátám karotenoidů dochází také při výrobě ovocných destilátů a vín.³¹

4.3.7.7 Lykopen

Vlastnosti

Lykopen tvoří přibližně 85 % karotenoidů rajčat (s výjimkou oranžových hybridů). Jeho obsah narůstá v průběhu zrání rajčat a konečný obsah bývá v rozmezí 30-200 mg/kg čerstvé hmotnosti (430-2950 mg/kg na sušinu). Výsledný obsah závisí na mnoha faktorech (viz. dále).⁴¹ Uvádí se, že teplotní rozmezí 16-21°C je pro jeho syntézu optimální, ale teplota vyšší než 30°C jeho syntézu inhibuje.²⁵

Lykopen, jako všechny karotenoidy, je nepolární, fotosenzitivní sloučenina. Je to látka lipofilní povahy se strukturou uhlovodíkového řetězce obsahujícího 11 konjugovaných a 2 nekonjugované dvojné vazby. Tato polyenová struktura je odpovědná ze jeho dobré antioxidační vlastnosti, ale také ze jeho rychlou degradaci vlivem oxidace a isomerace.³² Neobsahuje cyklickou β -jononovou strukturu a proto se nejedná o provitamin A.³⁴ Lykopen může teoreticky tvořit 2048 isomerů, ale ze sterických důvodů reálně jich existuje pouze 72. V rajčatech i jiných rostlinách je převážně v all-trans (cca 95 %) konformaci,²⁵ což je termodynamicky stabilní forma. Avšak vlivem světla, tepelné energie nebo chemickými reakcemi dochází k isomeraci na cis isomery, které jsou méně stabilní a je dobré chránit je před oxidací. Rovněž tkáňové isomerasy vytváří in vivo cis-formy. Proto se ve výrobcích z rajčat a v lidském séru lykopen vyskytuje ve formě all-trans a mono-cis isomerů (zejm. 5-, 9-, 13-, 15-cis isomery).³⁶

Ve vodných suspenzích je lykopen odolný vůči záhřevu i oxidaci, ale v roztocích organických rozpouštědel svoji stabilitu ztrácí.²⁵

Výskyt v potravě

Lykopen je hlavním karotenoidem rajčat (*Lycopersicon esculentum*). Je také přítomen v červené zelenině a ovoci (např. vodním melounu (*Citrullus lanatus*), červených grepech (*Citrus paradisi*) a meruňkách (*Prunus armeniaca*), ale také v šípčích (*Rosa canina*) (12,9-35,2 mg/100g).⁴² Jeho obsah v rajčatech je velmi variabilní a závisí na mnoha faktorech jako jsou: stupeň zralosti, odrůda, pěstitelské podmínky, klima aj. Např. u různých červených odrůd rajčat se lišil obsah lykopenu až o 75 % (viz. **Tab. XIII**). V čerstvých rajčatech a šťávě je přítomen převážně v all-trans formě (viz. výše).³⁸ Zpracovaná rajčata, např. šťáva z rajčat, kečup, pasta, omáčka nebo rajská polévka, obsahují větší množství cis konformace lykopenu. Při zpracování se totiž mění all-trans forma na cis formy lykopenu, která jsou lépe vstřebatelné díky své vyšší rozpustnosti.⁴³

Tabulka IV Obsahy vybraných karotenoidů v různých odrůdách rajčat⁴⁴

	Trans-lykopen	Total lykopen	Trans- β -karoten
Červené odrůdy:	µg/100g	µg/100g	µg/100g
Cherry	2686	3780	473
'Large'	1915	2270	349
'Salad'	2158	2547	509
Flavourtop	4958	5653	428
Tigerella	1223	1582	1702
Moneymaker	3475	4255	427

Žluté odrůdy:			
Sungold	390	528	2232
Gold sunrise	21	21	93

Lycopen a jeho výskyt v organismu

Jak esenciální látky, tak i lycopen není syntetizován v lidském těle a jsme odkázáni na jeho příjem z potravy. Na rozdíl od esenciálních nutrietů však nevypadá, že by měl lycopen v těle unikátní nezastupitelnou funkci. Z historických pramenů víme, že miliony lidí v Evropě a Asii žily bez příjmu lycopenu téměř do 20. století.⁴⁵

Kyselé prostředí v žaludku, přítomnost tuku a žlučových kyselin podporuje rozrušení vazby lycopenu na matrici, isomeraci lycopenu na cis-formy (v tenkém střevě se lépe vstřebávají) a tvorbu micel. Micely jsou pasivně transportovány do buněk tenkého střeva a inkorporovány do chilomikronů. Ty pak putují do lymfatického systému a do různých orgánů.³⁴ Nejvyšší obsah lycopenu, co se týče orgánů, je v nadledvinkách a varlatech. Dále je přítomen i v jiných orgánech: játrech, prostatě, plicích a ledvinách i v pokožce a mateřském mléce.³⁴ Ve tkáních je lycopen převážně v cis formě.³⁸ Nejvíce lycopenu je však obsaženo v krevní plazmě, kde je přítomen jako směs isomerů (cis forma tvoří asi 50 % podíl) a je vždy vázaný na lipoproteiny zejm. LDL (low density lipoprotein) a VLDL (very low density lipoprotein) frakci séra.³² Koncentrace lycopenu se v plazmě pohybuje v rozmezí 0,22-1,06 mmol/ml. Nebyly zaznamenány žádné rozdíly mezi pohlavími. U starších osob byly zjištěny nižší koncentrace lycopenu ve srovnání s mladšími jedinci. Již po 2-3 týdnech konzumace potravy s nízkým obsahem lycopenu klesá jeho hladina v séru na polovinu. Zdá se, že kouření a konzumace alkoholu (30g/den po dobu 3 měsíců) jeho hladinu v plazmě neovlivňují.³⁴

Terapeutické účinky lycopenu

Má nejvyšší antioxidační potenciál ze všech karotenoidů (2 dvojně vazby navíc) a dokáže také nejlépe zhaset singletový kyslík (2 x účinněji než α -karoten a dokonce 10x účinněji než vitamin E).³⁴ Lycopen chrání savčí buňky proti poškození membrán vlivem oxidace tím, že chrání kritické buněčné biomolekuly, jako jsou lipidy, proteiny, lipoproteiny a DNA^{30,32}.

Lycopen má ovšem i další účinky, které nesouvisejí s jeho antioxidační aktivitou. Reguluje i komunikaci mezi buňkami, což v principu působí kanceropreventivně. Potlačuje také fosforylaci regulačních bílkovin, způsobenou působením různými karcinogeny, a brání dělení nádorových buněk. Snížení rizika karcinomu prostaty, ale i určitý terapeutický efekt, je při zvýšeném příjmu lycopenu (1-4 porce rajčat týdně) zcela zřejmý, zatímco po příjmu jiných karotenoidů není pozorován.³⁴ Při stravě bohaté na lycopen (nejméně 10 porcí výrobků z rajčat za týden) je podle některých prací až o 35 % menší riziko karcinomu prostaty a karcinomů trávicího traktu. Příznivý účinek stravy bohaté na lycopen se projevuje i u hypertrofie prostaty. Lycopen působí chemopreventivně proti karcinomu plic u mužů,

příznivě účinkuje i u karcinomu žaludku. Snížení rizika nastává také v případě karcinomu prsu (mj. snižuje hladinu prolaktinu, který podporuje buněčné dělení). Z výše uvedeného plyne, že lykopen působí příznivě na vznik a průběh nejčastějších karcinomů ve vyspělých zemích.^{45,46}

Lykopen působí preventivně vůči oxidaci LDL cholesterolu (maximální účinnost při koncentraci lykopenu v séru v rozmezí 2,3-1,6 mmol/l). Tedy k maximální ochraně stačí relativně nízká koncentrace karotenoidů, které lze bez problémů dosáhnout několika dávkami ovoce a zeleniny denně. Každodenní konzumace výrobků z rajčat zajišťuje příjem přinejmenším 40 mg lykopenu a to je dostatečné množství k redukci oxidace LDL. Tohoto množství lze dosáhnout např. vypitím 2-3 sklenic rajčatové šťávy denně.⁴³ Dále při zvýšeném dietárním příjmu inhibuje aktivitu 3-hydroxy-3-metylglutaryl-koenzym A reduktasy, čímž blokuje syntézu cholesterolu. Je zřejmé, že lykopen může být účinným ochráncem před vznikem a progresí aterosklerózy i všech projevů souvisejících s tímto onemocněním (hypertenze, angina pectoris, infarkt myokardu, atd.).⁴⁵

Celková účinnost lykopenu je ovšem závislá na jeho množství v organismu, na přítomnosti jiných kooxidantů (hlavně vitamínu C) a na mnoha dalších faktorech.

4.3.7.8 β -karoten

Vlastnosti

Skupina karotenoidů nazývaná retinoidy jsou prekurzory vitamínu A neboli provitaminy A. Nejvýznamnějším provitaminem A je β -karoten. All-trans- β -karoten má nejvyšší provitamin A aktivitu (enzymatickým štěpením jedné molekuly vznikají 2 molekuly vitamínu A). Nicméně v těle je pouze 1/2 β -karotenu využita k přeměně na retinol a pouze 1/3 karotenoidů je absorbována intestinálním systémem. Z toho vyplývá, pouze 1/6 β -karotenu z diety je metabolicky dostupná jako vitamin A. V této souvislosti se zavádí pojem retinolový ekvivalent.³² Celkový obsah vitamínu karotenu se dnes vyjadřuje v mezinárodních jednotkách IU (1IU~0,3 μ g retinolu nebo 0,6 μ g β -) a ekvivalentech retinou RE (1RE~1 μ g retinou a 6 μ g β -karotenu). Doporučená denní dávka retinou je pro dospělé 0,8-1,0 mg. Absorpce jednotlivých provitaminů však není vždy kvantitativní. Velmi závisí na složení potravy a způsobu přípravy pokrmů, zejména na přítomnosti tuků. Situace je podobná jako v případě lykopenu. Nejlépe využitelný je β -karoten z potravin živočišného původu (mléko, máslo aj.) a rostlinných olejů, hůře pak např. z vařené listové zeleniny. Provitamin ze syrové karotky je téměř nevyužitelný.³¹ Dietární vláknina snižuje vstřebávání karotenoidů.⁴⁵

β -karoten se přirozeně vyskytuje převážně jako all-trans isomer. Jako minoritní přirozené pigmenty v ovoci a zelenině se vyskytují 9-cis a 13-cis isomery β -karotenu. Velmi snadno isomeruje (směs cis isomerů) během skladování potravin a především jsou-li vystaveny účinkům světla a vyšších teplot (při vaření, pečení a dalších termických operacích). Za vyšších teplot a na světle mohou vznikat také tzv. neokaroteny, které vykazují aktivitu vitamínu A, pokud mají zachovaný aspoň jeden β -jononový cyklus, ale jsou méně intenzivně zbarvené. β -karoten je také citlivý vůči oxidaci (např. působením kyslíku). Reaguje však s volnými radikály a tím inhibuje nežádoucí radikálové oxidační reakce. Kombinovanými účinky různých faktorů vzniká z β -karotenu množství různých produktů.

Výskyt v potravě

Živočiškové nejsou schopni syntetizovat karotenoidy *de novo*, pouze přeměňují rostlinné pigmenty na látky odlišné struktury nebo je skladují jako takové. α -karoten je světle oranžový pigment přítomný v mnoha druzích ovoce a zeleniny. Listové zeleniny jako je špenát a zelí jsou velmi dobrým zdrojem α -karotenu. Retinoidy zde tvoří asi 25 % z celkového množství karotenoidních pigmentů. Klasickým zdrojem α -karotenu je mrkev. Vysoký obsah α -karotenu je v oranžových odrůdách rajčat. Dalším dobrým zdrojem jsou meruňky nebo mango. Nalezl použití také jako lipofilní barvivo.³¹ Jeho obsah v některých odrůdách rajčat uvádí **Tab. XIII.**⁴⁵

Terapeutické účinky β -karotenu

Jelikož se jedná o provitamin A, souvisí jeho příjem s aktivitou vitamínu A. Avitaminosa se projevuje poruchami vidění a také inhibicí růstu a deformacemi kostí a reprodukčních orgánů. Nadměrný příjem provitaminů A se příznaky hypervitaminosy (např. strumigenicita) neprojevuje, může se však projevit přechodným žlutým zbarvením kůže (hyperkarotenosou).³¹

Vyšší konzumace ovoce a zeleniny bohatých na α -karoten je spojována s nižším rizikem výskytu rakoviny a srdečně-cévních onemocnění. V této souvislosti bylo provedeno mnoho epidemiologických studií. Bylo zjištěno, že provitaminy A vykazují antikarcinogenní účinky, neboť jsou součástí kontrolních mechanismů likvidujících volné radikály (toxické formy kyslíku).³¹ α -karoten snižuje oxidaci lipoproteinů (LDL) a oxidaci DNA a tím snižuje výskyt karcinomů a degenerativních onemocnění. Má významný vliv i na imunitní systém, protože zvyšuje resistenci lymfocytů vůči oxidačnímu stresu. Vykazuje tedy výrazné antioxidační účinky a působí také příznivě na mezibuněčnou komunikaci (α -karoten dokonce účinněji než lykopen), jejíž poruchy souvisí se vznikem nádorů. Dále inhibuje syntézu cholesterolu stejně jako lykopen. Lykopen, α -karoten, ale i lutein chrání kůži, resp. kožní fibroblasty před UVA světlem.⁴⁵

Nicméně se diskutuje i o možných negativních dopadech nadměrného příjmu α -karotenu. Byly provedeny epidemiologické studie s čistým α -karotenem (10x průměrná denní dávka a vyšší), týkající se vlivu na výskyt rakoviny. Jejich výsledek byl zklamáním. Některé studie vykazovaly pozitivní dopad, některé žádný efekt a jiné dokonce negativní efekt ve srovnání s referenční skupinou jedinců. Ovšem v případě lidí s nedostatečně pestrou stravou je přiměřená suplementace vhodná. Nedoporučují se však vysoké dávky α -karotenu v čisté formě. V případě silných kuřáků a lidí pracujících s azbestem byl prokázán vyšší výskyt rakoviny při vysokých dávkách čistého α -karotenu (více než 20 mg/den) než v případě kontrolní skupiny. Nicméně klinické studie nutričních, jako jsou α -karoten a lykopen, jsou velice problematické. Jejich výsledek může být platný pro jednu skupinu jedinců, zatímco pro jinou už platit nemusí.⁴⁵

Referenční denní dávka je 16 mg.³¹ Podle epidemiologických studií byla pro primární prevenci rakoviny a srdečně-cévních onemocnění stanovena pro zdravé dospělé hodnota α -karotenu v plazmě ~0,4 μ mol/l. Toho lze dosáhnout příjmem 2-6 mg, jak je uváděno

v průzkumech různých institucí. K dosažení tohoto množství stačí pět porcí ovoce a zeleniny denně. Denní dávky by neměly překročit 2 mg β -karotenu v izolované formě.⁴⁷

Toxikologie karotenoidů rajčat

Byla sledována akutní a chronická toxicita syntetického lykopenu (reprodukční, genotoxické a metabolické studie). Bylo zjištěno, že lykopen má nízký stupeň akutní toxicity. Žádný toxický efekt nebyl zjištěn při dávce více než 500 mg/kg bw/den (krysy) po 14 týdnů a 1000 mg/kg bw/den po 4 týdny.⁴⁸

Nebyl zaznamenán žádný teratogenní efekt při dvougenerační studii na krysách (1000 mg/kg) ani při teratologické studii na krysách při dávkách 1000 mg/kg bw/den (prášek rozpustný ve vodě). Bylo zjištěno, že dochází k akumulaci lykopenu v hepatocytech a v menší míře ve slezině. Také krátkodobé studie se syntetickým lykopenem a s přírodním lykopenem (rajčatový koncentrát) prokázaly akumulaci v játrech a hromadění pigmentu v hepatocytech, ale nedošlo k žádným histopatologickým změnám. Hromadění lykopenu v hepatocytech je reverzibilní (po cca 13 týdnech byl odbourán).⁴⁸

Avšak v průběhu skladování za nevhodných skladovacích podmínek (tj. za přístupu světla a vzduchu) může docházet u čistého krystalického lykopenu k degradaci na mutagenní produkty. Lykopen je však komerčně dostupný pouze ve zpracované formě (s obsahem antioxidantů, které brání degradaci).⁴⁸

Příjem přírodního lykopenu je v USA průměrně 10,9 mg/den na osobu. Nejvyšší příjem mají dívky ve věku 13-19 tj. 17 mg/den a muži (20-39) 15,9 mg/den.⁴⁸

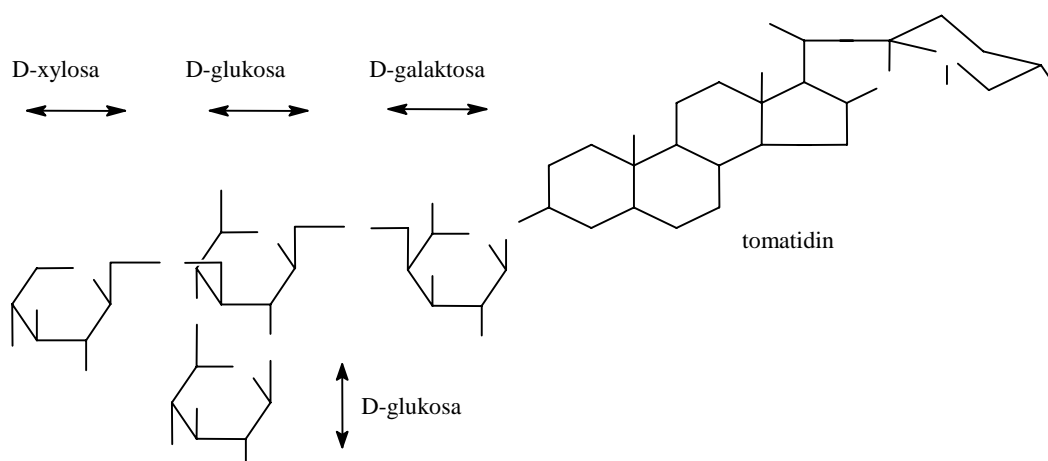


Obrázek 9 Rostlina *Lycopersicon*

4.3.8 Glykoalkaloidy rajčat

Glykoalkaloidy vyskytující se v rajčatech jsou odvozené od aglykonu spiroolanu. Hlavní glykoalkaloid vyskytující se v rajčatech je tomatin a minoritní složku tvoří dehydrotomatin. Tomatin (**Obr. 10**) je tvořen aglykonem tomatidinem, nepolární lipofilní část molekuly, s navázanou cukernou polární složkou lykotetraosou, která se skládá ze 4 monosacharidů.¹⁸

Čisté glykoalkaloidy mají vzhled bílé krystalické látky. α -tomatin je rozpustný v alkoholu, methanolu a nerozpustný v etheru. Tomatidin je rozpustný v ethylacetátu.²¹



Obrázek 10 Struktura α -tomatinu

Množství α -tomatinu v rajčatech (**Tab. XIV**) je závislé na velikosti a zralosti rajčat, neboť jeho obsah je dočasný a zráním se snižuje na minimum. Nejnižší obsah byl nalezen v červených, zralých a velkých rajčatech. Srovnatelné množství bylo nalezeno v malých červených předčasně uzrálých rajčatech a ve velkých žlutých plodech. Snížení obsahu α -tomatinu v rajčatech se docílí vhodným skladováním (**Tab. XV**). Rozhodující pro snížení obsahu glykoalkaloidu je teplota, vlhkost a také délka uskladnění.⁴⁹

Při zrání rajčat dochází k snížení obsahu GA a k nárůstu lipofilního pigmentu lykopenu. Lykopen je nejjednodušší acyklický polynenasycený karoten. V rajčatech tvoří 85 % pigmentu lykopen a zbytek jsou karotenoidy. Obsah lykopenu v rajčatech se pohybuje v rozmezí 30 – 200 mg/kg čerstvé hmoty.⁵⁰ Některé studie poukazují na příznivé antioxidační účinky lykopenu a epidemiologické studie uvádějí inverzní korelaci mezi dávkou lykopenu v dietě a výskytem karcinomu.⁵¹

Tabulka XIV Obsah α -tomatinu v rajčatech^{18,21}

Zralost plodů	Obsah (mg/kg č.hm.)
Malá zelená (27 mm)	69
Velká zelená (50 mm)	45
Růžová	2,5
Světle červená	3,9
Velmi červená	1,6

Tabulka XV Důsledek uskladnění zelených rajčat v různých podmínkách skladování na obsah glykoalkaloidů⁴⁹

Uskladnění (týdny)	Glykoalkaloidy v mg/kg uskladněno ve tmě	
	chladno, vlhko 4-8 °C	teplo, sucho 12-15 °C
1	79,3	75
2	56,3	79,6
3	113	35,2
4	137,5	57,8
5	110,9	40,1
6	154,2	87,2
Průměr	108,6	62,6

Glykoalkaloidy a to hlavně α -tomatin se nachází ve všech částech rostliny (**Tab. XVI**), nejvíce je obsažen v listech a květech. Pro zemědělství a potravinářství je nejdůležitější obsah α -tomatinu v plodech, což představuje v porovnání s celou rostlinou minimální množství. Také oproti obsahu GA v bramborách je ve zralých rajčatech nižší obsah GA.

Tabulka XVI Rozložení α -tomatinu v rostlině rajčat^{18, 21}

Část rostliny	Obsah (mg/kg č.hm.)
Květy	1148
Kořeny	402
Lodyha	351
Listy	1225
Plod	5 - 20

V potravinářském průmyslu se využívá plodů rajčat pro výrobu protlaku, kečupu, rajčatových omáček atd. V těchto produktech se též nachází α -tomatinu a jeho obsah ve výrobcích je různý (**Tab. XVII**).

Tabulka XVII Obsah α -tomatinu ve výrobcích z rajčat²¹

Výrobek z rajčat	Obsah α -tomatinu (mg/kg v č. hm.)
Rajčatový džus	2,5 - 3,7
Kondenzovaná rajčata	1,5 - 3,7
Dušená rajčata	1,1
Kečup	5,5 - 9
Rajčatová omáčka	6

4.3.8.1 Toxikologie glykoalkalodů rajčat

Byl pozorován mechanismus toxického působení α -tomatinu v rajčatech stejný jako u α -solaninu a α -chaconinu v bramborách.¹⁸ Účinky byly popsány v pasáži (2.4.2.3.11). Studie na teratogenu α -tomatinu a tomatidinu byly negativní.²¹

Průměrná spotřeba rajčat a výrobků z rajčat se pohybuje mezi 13 - 27 g/osobu a den. Při konzumaci zralých rajčat se obsah α -tomatinu pohybuje do 10 mg/kg čerstvé hmoty. V zelených nezralých rajčatech se obsah α -tomatinu může vyskytovat v rozmezí 50 - 200 mg/kg čerstvé hmoty. Denní příjem α -tomatinu se odhaduje na 0,04 mg/kg tělesné hmotnosti. Z důvodu absence údajů o chronické toxicitě nebyla dosud stanovena hodnota NOAEL (No Observed Adverse Effect Level), a tedy ani hodnota přípustného denního příjmu ADI (Acceptable Daily Intake).¹⁸ V České republice je na glykoalkaloidy (vyjádřeno jako suma α -tomatinu, α -solaninu a α -chaconinu) pamatováno ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb., která stanovuje přípustné množství GA (5/1) ve výši 200 mg/kg rajčat. Nad tuto hranici se potravina pokládá za jinou než zdravotně nezávadnou. Uvedený zlomek (5/1) znamená, že z pěti posuzovaných vzorků je u jednoho možno tolerovat hodnotu vyšší, ale pouze o 50 % hodnoty přípustného množství.¹⁸

4.4 Hodnocení kvality rajčat z ekologické a konvenční produkce

4.4.1 Studie realizovaná ve spolupráci s NFA

4.4.1.1 Analyzovaný materiál

Materiál byl získán od pěstitelů (ekologických i konvenčních zemědělců) ve středním Švédsku a z pokusu realizovaného ve skleníku v Uppsale (Zemědělská univerzita). Experimenty byly prováděny s použitím případně vyloučením organických hnojiv a s různým množstvím dusíku, přidaným do půdy.

Byly analyzovány vzorky rajčat (97 vzorků stejné odrůdy, čerstvé) ze Švédska ošetřené různými způsoby a sklizené v různých stupních zralosti: zelená nezralá rajčata, oranžová nedozralá rajčata, červená zralá rajčata. Testované způsoby pěstování rajčat byly následující: ekologicky, ekologicky s přidavkem síry, anorganicky s použitím dusičnanových hnojiv, anorganicky s použitím amonných solí (sledován byl také vliv celkového obsahu dusíku v půdě – porovnáván byl nízký a vysoký obsah).

Byly také analyzovány vzorky rajčat různých odrůd pěstované ve Švédsku (celkem 21 vzorků, 7 odrůd) a výrobky z rajčat zakoupené v české tržní síti.

4.4.1.2 Stanovení obsahu vitamínu C v rajčatech

Vliv odrůdy

V rámci experimentů byl sledován obsah vitamínu C v různých odrůdách zralých rajčat, analyzovaných v plném stupni zralosti. U některých vzorků bylo zjištěno mechanické poškození jednotlivých rajčat (**Obr 11**). Výsledky stanovení obsahu vitamínu C jsou uvedeny v **Tab. XVIII**.



Obrázek 11 Mechanické poškození vzorků rajčat

Tabulka XVIII Obsah vitamínu C ve vzorcích odrůd rajčat v plném stupni zralosti

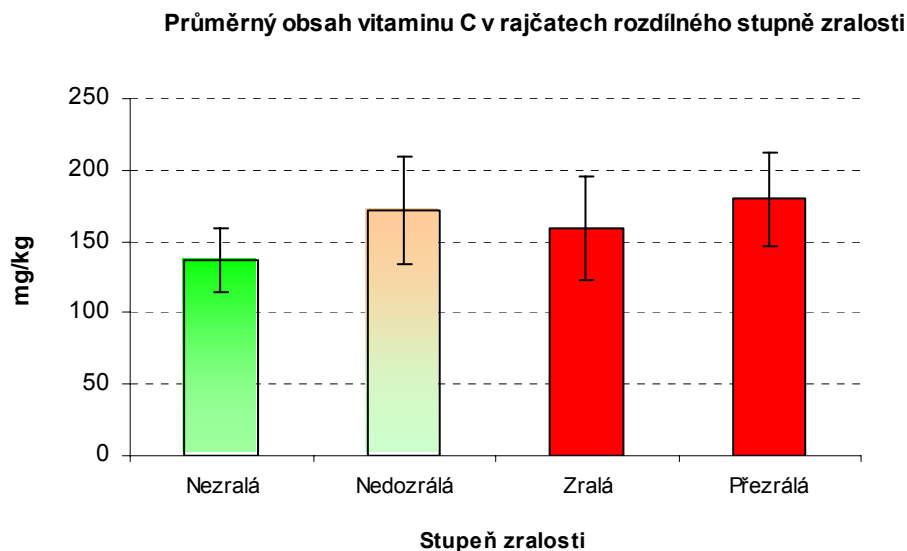
Název vzorku (odrůda)	Počet kusů	Obsah vitamínu C (mg/kg)	Průměrný obsah vitamínu C (mg/kg)
HO1	4	166.3	172
HO2	4	176.9	
HO3	4	173.4	
KARIN1	4	134.1	138
KARIN2	4	138.8*	
KARIN3	4	140.9*	
NOR1	4	105.9	124
NOR2	4	127.5	
NOR3	4	139.9	
SAND1	4	149.0*	146
SAND2	4	151.4	
SAND3	4	138.6	
SK1	3	160.3	174
SK2	3	122.1	
SK3	3	147.9	
T1	4	83.2	89
T2	4	90.9	
T3	4	93.3	
VÄ1	4	192.0	174
VÄ2	4	165.0	
VÄ3	4	165.5	

* mechanické poškození (Obr. 11.)

Byly zjištěny výrazné rozdíly v obsahu vitamínu C v jednotlivých odrůdách rajčat. Nejvyšší obsah vitamínu C byl stanoven v odrůdách HO, SK a VÄ. Naopak výrazně nižší obsah vitamínu C v porovnání s ostatními odrůdami byl nalezen v odrůdě T. Vliv poškození plodů rajčat na obsah vitamínu C nebylo prokázáno.

Vliv zralosti rajčat

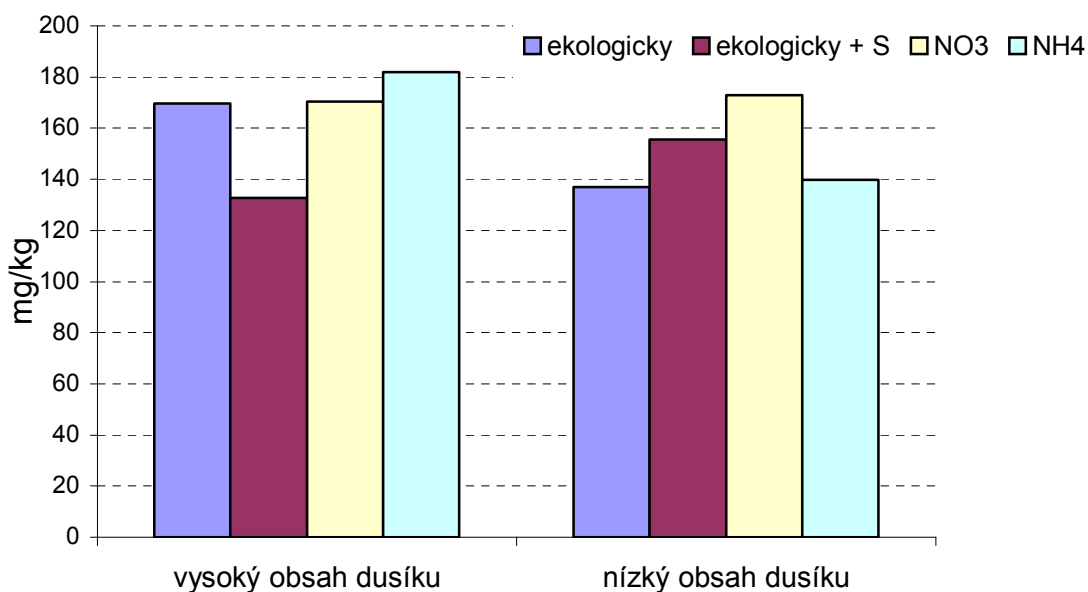
Při sledování obsahu vitamínu C v závislosti na vyzrállosti rajčat bylo zjištěno, že obsah vitamínu C v průběhu zrání rajčat nejprve roste (nejnižší je v zelených rajčatech) a poté se již výrazně nemění (**Obr. 12**). Ve zralých rajčatech byl nalezen průměrný obsah vitamínu C 175 mg/kg.



Obrázek 12 Obsah vitamínu C ve vzorcích rajčat v různém stadiu zralosti (mg/kg)

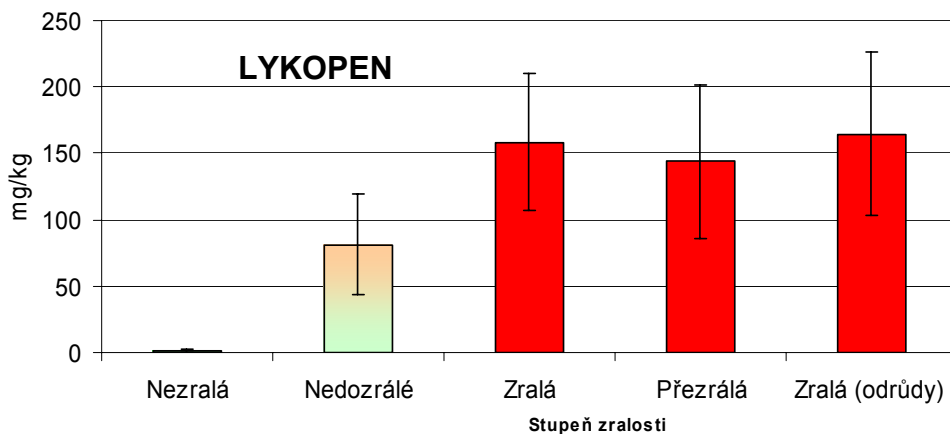
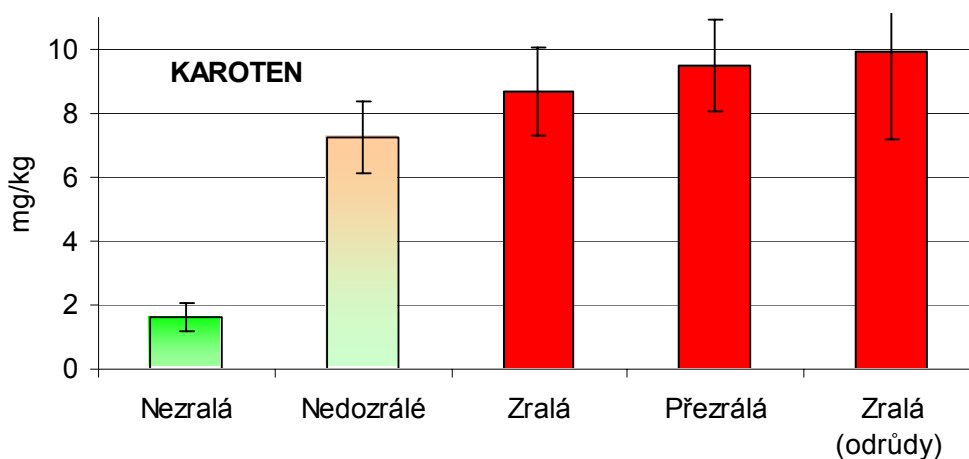
Vliv způsobu pěstování rajčat

Ve zralých červených rajčatech byl nalezen vyšší obsah vitamínu C při pěstování v půdě s vyšším obsahem dusíku při ekologickém pěstování a při použití amonných solí a nižší při ekologickém pěstování s přidavkem síry. Vliv dusičnanových hnojiv na obsah vitamínu C nebyl při rozdílném obsahu dusíku v půdě prokázán (**Obr. 13**).



Obrázek 13 Obsah vitamínu C ve vzorcích rajčat pěstovaných různým způsobem (mg/kg)**4.4.1.3 Stanovení obsahu lykopenu a β -karotenu****Vliv zralosti rajčat**

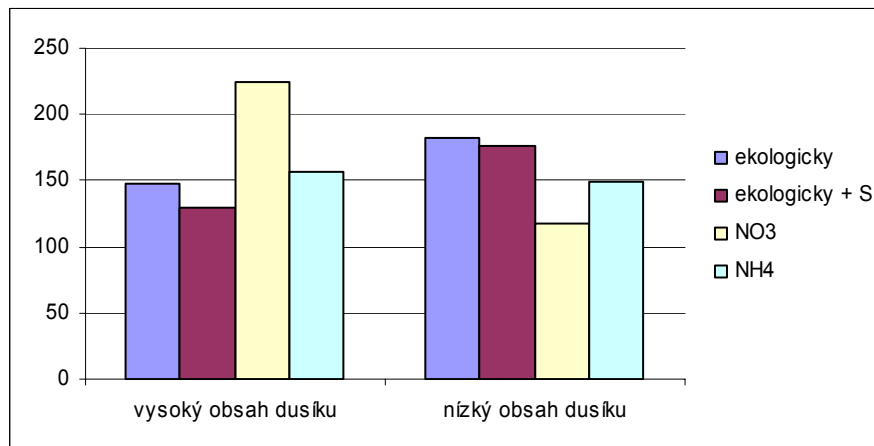
Byl sledován vliv vyzrállosti rajčat na obsah karotenoidů lykopenu a β -karotenu (**Obr. 14 a 15**). Obsah lykopenu a β -karotenu narůstá v průběhu zrání rajčat při všech sledovaných způsobech pěstování. Po dosažení plného stupně zralosti začne obsah lykopenu mírně klesat, zatímco obsah β -karotenu dále roste.

**Obrázek 14** Obsah lykopenu ve vzorcích rajčat v různém stadiu zralosti (mg/kg)**Obrázek 15** Obsah β -karotenu ve vzorcích rajčat v různém stadiu zralosti (mg/kg)

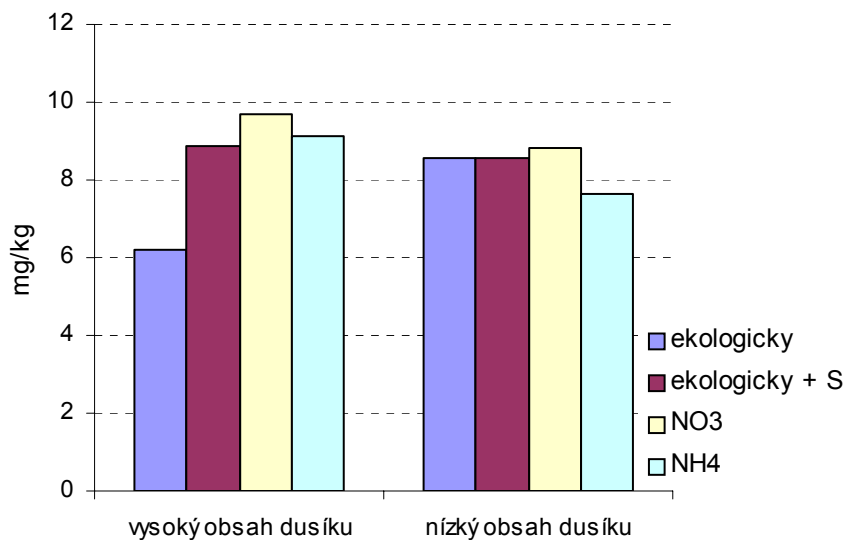
Vliv způsobu pěstování rajčat

Ve zralých červených rajčatech byl nalezen vyšší obsah lykopenu při ekologickém pěstování a ekologickém pěstování s přidavkem síry v rajčatech pěstovaných v půdě s nízkým obsahem dusíku (**Obr. 16**). Při aplikaci dusičnanových hnojiv byl vyšší obsah lykopenu nalezen v rajčatech pěstovaných v půdě s vysokým obsahem dusíku. Vliv amonných solí na obsah lykopenu nebyl při rozdílném obsahu dusíku v půdě prokázán.

Vyšší obsah β -karotenu byl nalezen v rajčatech pěstovaných v půdě s vyšším obsahem dusíku (s výjimkou ekologického pěstování – **Obr. 17**).



Obrázek 16 Vliv způsobu pěstování rajčat na obsah lykopenu (mg/kg)

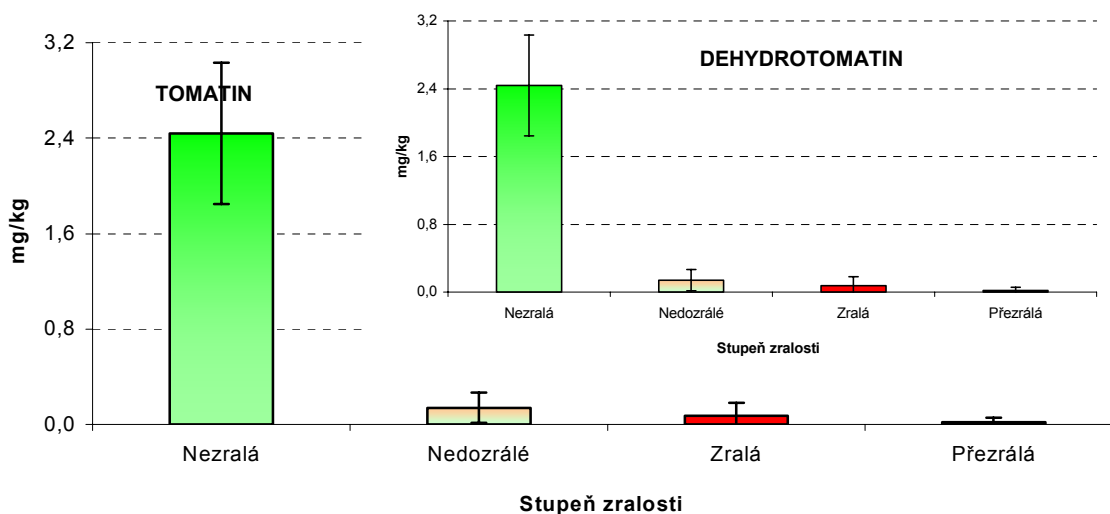


Obrázek 17 Vliv způsobu pěstování rajčat na obsah β -karotenu (mg/kg)

4.4.1.4 Stanovení obsahu α -tomatinu a dehydrotomatinu v rajčatech

Vliv zralosti rajčat

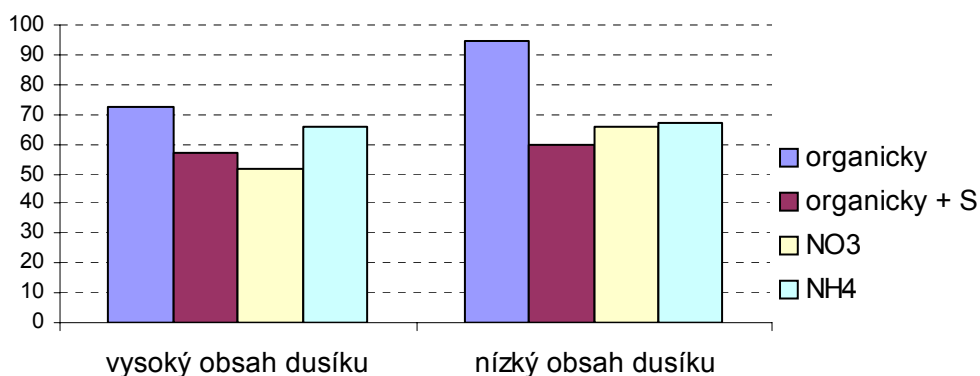
Obsah glykoalkaloidů α -tomatinu a dehydrotomatinu prudce klesá v průběhu zrání rajčat (**Obr. 18**) a ve zralých rajčatech je velmi nízký. Obsah α -tomatinu se pohyboval v rozmezí <LOD – 129,7mg/kg a obsah dehydrotomatinu v rozmezí <LOD – 4,1 mg/kg. Poměr mezi α -tomatinem a dehydrotomatinem se v průběhu zrání mění z 30 : 1 na 15 : 1. Obsah glykoalkaloidů v žádném ze sledovaných vzorků nepřekročil legislativní limit.



Obrázek 18 Obsah α -tomatinu a dehydrotomatinu v rajčatech o různém stupni zralosti

Vliv způsobu pěstování rajčat (pouze zelená rajčata)

V zelených nezralých rajčatech byl nalezen vyšší obsah glykoalkaloidů při pěstování v půdě s nízkým obsahem dusíku, nejvyšší obsah byl stanoven v rajčatech pěstovaných ekologicky (**Obr. 19**). Tyto nálezy mohou korespondovat s vyšší zátěží a stresem rostlin v případě pěstování na půdě s nízkým obsahem živin.



Obrázek 19 Vliv způsobu pěstování rajčat na obsah glykoalkaloidů (mg/kg)

Vliv odrůdy

V rámci experimentů byl sledován obsah biologicky aktivních látek v různých odrůdách zralých rajčat, analyzovaných v plném stupni zralosti. Výsledky stanovení obsahu těchto látek jsou uvedeny v **Tab. XIX**.

Tabulka XIX Obsah sledovaných látek v rajčatech v plném stupni zralosti

Vzorek	lykopen (mg/kg)	β -karoten (mg/kg)	vitamin C (mg/kg)	α -tomatin (mg/kg)
HO	184	13,7	172	0,71
T	153	7,7	89	0,78
SK	198	10,0	174	1,68
VÄ	198	9,8	174	0,86
NOR	172	10,5	124	1,20
KARIN	124	7,2	138	0,91
SAND	136	7,8	146	0,39

Byly zjištěny rozdíly v obsahu lykopenu, β -karoten, α -tomatin a vitamínu C v jednotlivých odrůdách rajčat. Nejvyšší obsah lykopenu a také β -karoten (stejně jako vitamínu C) byl stanoven v odrůdách SK, VÄ a HO. Naopak výrazně nižší obsah karotenoidů

byl nalezen v odrůdě Karin. Nejvyšší obsah α -tomatinu byl nalezen v odrůdách SK a NOR, nejnižší obsah byl nalezen v odrůdě SAND.

4.4.1.5 Obsah sledovaných parametrů ve výrobcích z rajčat

Byl také sledován obsah glykoalkaloidů a karotenoidů ve vzorcích rajčat a výrobcích z rajčat zakoupených v tržní síti (Tab. XX). Obsah jednotlivých ukazatelů se lišil v závislosti na použité surovině a způsobu zpracování.

Tabulka XX Obsah sledovaných parametrů ve výrobcích z rajčat v mg/kg sušiny

Výrobek	sušina (%)	karoten	lykopen	tomatin	dehydrotomatin
Protlak Giana	22,0	114	1113	87,5	9,6
Protlak Rio Bravo	7,1	124	2458	47,9	4,9
Protlak Seliko	23,8	71	1219	5,1	1,0
Kečup Otma jemný	27,5	47	2770	13,3	1,0
Kečup Neli jemný	26,9	35	2019	0,7	<LOD
Džus Happy Day	4,7	121	4110	56,4	4,5
Džus Szobi	5,5	110	3585	18,5	2,0
Džus Hello	5,0	136	3807	21,2	2,0
Krájená rajčata	6,2	113	3860	27,9	2,9
Loupaná rajčata	5,8	133	4004	44,5	4,3
Krájená rajčata	6,4	90	2752	36,6	3,9
Cherry rajčata	6,2	591	3894	7,6	0,7

Cílem realizované studie bylo sledování vlivu vyzrálosti a způsobu pěstování rajčat na obsah glykoalkaloidů, karotenoidů a také na obsah vitamínu C.

V průběhu zrání rajčat byl prokázán výrazný pokles obsahu α -tomatinu a dehydrotomatinu a zároveň významný nárůst obsahu lykopenu a β -karotenu. 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.

Byl sledován vliv způsobu pěstování rajčat na obsah glykoalkaloidů, karotenoidů a také na obsah vitamínu C. Ve zralých červených rajčatech byl nalezen vyšší obsah lykopenu v rajčatech pěstovaných v půdě s vysokým obsahem dusíku a vyšší obsah vitamínu C při pěstování v půdě s vyšším obsahem dusíku pro ekologické pěstování a při použití amonných solí. V zelených nezralých rajčatech byl nalezen vyšší obsah glykoalkaloidů při

pěstování v půdě s nízkým obsahem dusíku, nejvyšší obsah byl stanoven v rajčatech pěstovaných ekologicky. To může být způsobeno vyšší zátěží a stresem rostlin v případě ekologického pěstování, které vedou ke zvýšené tvorbě těchto přírodních toxických látek, sloužících k ochraně rostliny.

5 Závěr

Plocha ekologicky obhospodařované půdy je v současné době neustále rozšiřována. Ekologický způsob produkce s sebou přináší také nový pohled na kvalitu plodin. Jakost produktů pocházejících z ekologického zemědělství je chápána jako výsledek kvality celého zemědělského systému, zvýšená pozornost je věnována souvislostem mezi vyprodukovanými potravinami a jejich nutriční, hygienicko-toxikologickou, sensorickou i technologickou jakostí.

Konzument si často klade otázku: „Jsou ekologicky pěstované potraviny bezpečnější?“ V ekologicky pěstovaných plodinách je možno očekávat nižší obsahy látek pocházejících z chemizace zemědělství jako jsou rezidua pesticidů, těžké kovy a dusičnany. Riziko z ekologicky pěstovaných potravin však není nulové, ekologické plodiny mohou vykazovat zvýšené obsahy přírodních toxických látek (např. glykoalkaloidů), které působí jako ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům.

Cílem realizovaných studií je posouzení kvality brambor a rajčat z alternativních zemědělských systémů a hodnocení celkové jakosti a zdravotní nezávadnosti brambor a rajčat. Byly porovnávány rozdíly v obsahu vybraných biologicky aktivních látek - ukazatelů kvality - brambor a rajčat. Podrobně byl sledován zejména obsah majoritních glykoalkaloidů (α -chaconinu a α -solaninu) solaninového komplexu (přírodně toxické složky brambor) a obsah kyseliny chlorogenové (podílející se na barevných změnách bramborových produktů, vstupující do reakcí enzymového hnědnutí). Byl také sledován vliv zralosti a způsobu pěstování rajčat na obsah glykoalkaloidů (α -tomatinu a dehydrotomatinu), karotenoidů (lykopenu a β -karotenu) a také na obsah vitamínu C.

6 Literatura

- 1 Moudrý J. a kol.: *České biopotraviny*, Nadace pro ekologické zemědělství FAO, (1995)
- 2 Václavík T., Pospíšil M., Koč B.: v brožuře, *Průmyslové zemědělství*, PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, (2003)
- 3 Agra Europe, 2003, č. 11, s. MM/1-3; Eurostat, Thema 5-2/2003, s. 5
- 4 Zidek T.: Aktuální situace v oblasti ekologického zemědělství, Mezinárodní seminář Flair Flow 4 - Food quality and organic farming (7.2.2003)
- 5 Petr J., Dlouhý J.: v knize: *Ekologické zemědělství*, Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha (1992)
- 6 Vokál B., Čepl J., Hausvater E., Rassocho E.: Pěstujeme brambory, *Grada Publishing*, 41, (2003)
- 7 Moudrý J.: Pěstování hlavních plodin v ekologickém zemědělství, v knize: *10 let ekologického zemědělství v České republice*, Česká zemědělská univerzita v Praze, 24-27 (1999)
- 8 Dlouhý J.: Ekologické zemědělství v Evropě a ve světě, v knize: *10 let ekologického zemědělství v České republice*, Česká zemědělská univerzita v Praze, 5-7 (1999)
- 9 EU výměry, *Ministerstvo zemědělství ČR*, www.mze.cz/attachments/udaje_o_EZ_v_EU.htm
www.organic-europe-net (2004)
- 10 Zpráva o stavu zemědělství České republiky za rok 2002, Zelená zpráva, *Ministerstvo zemědělství ČR* (2003)
- 11 Vývoj ekologického zemědělství v ČR od roku 1990, *Ministerstvo zemědělství ČR* (2002)
- 12 Výsledky inspekci a osvědčení v roce 2003, *Ministerstvo zemědělství ČR*, www.mze.cz/attachments/statistika_ez_2003.doc
- 13 *Zemědělství 2002*, *Ministerstvo zemědělství ČR* (2003)
- 14 Petr J., Škeřík J.: Jakost produktů v ekologickém zemědělství, v knize: *10 let ekologického zemědělství v České republice*, Česká zemědělská univerzita v Praze, 30-36 (1999)
- 15 Prugar J., Zrůst J.: Ekologické a konvenční hospodaření a ukazatele vnitřní kvality hlíz bramboru, *Úroda: příloha Brambory*, 48 (11), 23-25 (2000)
- 16 Prugar J.: Kvalita rostlinných produktů ekologického zemědělství, *Rostlinná výroba*, 5, 68-79 (1999)
- 17 Prugar J.: Kvalitativní charakteristiky brambor z ekologického a konvenčního systému pěstování, *Bramborářství*, 8 (1), 8-10 (2000)

- 18 Velíšek J.: v knize: *Chemie potravin*, OSSIS Tábor, (3), 84-89 (1999)
- 19 Zrůst J., Horáčková V., Přichystalová V., Rejklová M.: The content of glycoalkaloids in potato food products, *Czech J. Food Sci.* 145-155 (2003)
- 20 Smith D. B., Roddick J. G., Jones J. L.: Potato glycoalkaloids: Some unanswered questions, *Trends in Food Science & Technology*, 7, 126-131 (1996)
- 21 Nordic Council of Ministers, Glycoalkaloids in tomatoes, eggplants, pepper and two Solanum species growing wild in the Nordic countries, TemaNord 599, (1999)
- 22 Friedman M.: Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols – a review, *J. Agric. Food Chem.*, 45 (5), 1523-1540 (1997)
- 23 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 Addit. Contam.* 22(6), 514-534 (2005)
- 24 Cimlová J.: Posouzení kvality plodin z alternativních způsobů zemědělství, *Diplomová práce* (2003)
- 25 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)
- 26 Moudrý J. a kol.: *České biopotraviny*, Nadace pro ekologické zemědělství FAO, (1995)
- 27 Pekárková E.: *Pěstujeme rajčata, papriky, a další plodové zeleniny*, Grada Publishing, 27, 46-50 (2001)
- 28 Riso P., Porrini M.: *Tomatoes and Health Promotion*, 4, Tomatoes and Health Promotion (2001)
- 29 Riso P., Porrini M.: *Tomatoes and Health Promotion, Vegetables, Fruits, and Herbs in Health Promotion*, CRC Press (2001)
- 30 Velíšek J.: v knize: *Chemie potravin*, OSSIS Tábor, (2), 29-33 (1999)
- 31 Mínguez-Mosquera M. I., Hornero-Méndez D., Pérez-Gálvez A.: Carotenoid and Provitamin A in Functional Food, *Method of Analysis for Functional Food and Nutraceuticals*, CRC Press (2002)
- 32 Agarwal A., Shen H., Agarwal S., Rao A. V.: Lycopene Content of Tomato Products: Its Stability, Bioavailability and In Vivo Antioxidant Properties, *Journal of Medicinal Food*, 4, 1, 9-15 (2001)
- 33 Bruno R. S., Wildman R. E. C.: Lycopene: Source, Properties and Nutraceutical Potential, *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*, CRC Press (2001)
- 34 Shi J.: Stability and Bioavailability through Food Processing, and Extraction of Lycopene Concentrate as Food Ingredient, *Food Research Center, Agriculture and Agri-Food Canada* (2004)

- 35 Lee T. M., Chen H. B.: Stability of lycopene during heating and illumination in a model system, *Food Chemistry*, 78, 425-432 (2002)
- 36 Toor K.R., Sabate P. G.: Antioxidant activity in different fractions of tomatoes, *Food Research International* (2004)
- 37 Rao V. A., Agarwal S.: Effect of processing and storage of tomato juice on the isomeric form, bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene, Department of Nutritional Sciences, Faculty of Medicine, University of Toronto (2004)
- 38 Lisiewska Z., Kmiecik W.: Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic duality of frozen tomato cubes, *Food Chemistry*, 70, 167-173 (2000)
- 39 Shi J., Le Maguer M.: Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing, *Crit Rev Biotechnol.*, 20, 4, 293-334 (2000)
- 40 Cadoni E., De Giorgi R. M., Medda E., Poma G.: Supercritical CO₂ extraction of lycopene and b-carotene from ripe tomatoes, *Dyes and Pigments*, 44, 27-32 (2000)
- 41 Böhm V., Fröhlich K., Bitsch R.: Rosehip a „new“ source of lycopene, *Molecular Aspects of Medicine*, 24, 385-389(2003)
- 42 Agarwal S., Rao A. V.: Tomato lycopene and low-density lipoprotein oxidation: a human dietary intervention study, *Lipids*, 33, 981-984 (1998)
- 43 Hart D. J., Scott K. J.: Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in food, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry* 54, 101-111 (1995)
- 44 Burri B. J.: Lycopene and human health, *Phytochemicals in Nutrition and Health*, CRC Press (2002)
- 45 MUDr. Václav Holeček, CSc., výživová doporučení, (2004)
- 46 Ernährungs-Umschau, 48, 2, 71-74 (2001), *Lebensm. Ztg.*, 6, 17 (2001), *Potravinářské aktuality*, 4, 5-6 (2001)
- 47 McClain R. M., Bausch J.: Summary of safety studies conducted with synthetic lycopene, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 37, 274-285 (2003)
- 48 Role of chemopreventive agents in cancer therapy, Thambi Dorai and Bharat B. Aggarwal, *Cancer letters*, 215, pages 129-140, (2004)
- 49 Davídek J., v knize, *Natural Toxic Compounds of Foods*, CRC Press, 22-39 (1995)
- 50 G. Vasapollo G., Longo L, Rescio L, Ciurlia L.: Innovative supercritical CO₂ extraction of lycopene from tomato in the presence of vegetable oil as co-solvent, *J. of Supercritical Fluids*, 29, 87-96 (2004)
- 51 Ollanketo H M., Hartonen K, Riekkola M.-L, Holm Y., Hiltunen R.: Supercritical carbon dioxide extraction of lycopene in tomato skins, *Eur Food Res Technol*, 212, 561-565 (2001)

- 52 Percival G. C., Dixon G. R.: Glycoalkaloids, v knize: Handbook of plant and fungal toxicants (D'Mello J.P.F.), 19-35 (1997)

7 Seznam použitých symbolů a zkratk

ADI	přípustný denní příjem, acceptable daily intake
Ala	alanin
Asp	kyselina asparagová
DNA	deoxyribonukleová kyselina, deoxyribonucleic acid
EZ	ekologické zemědělství
GA	glykoalkaloidy
Glu	kyselina glutamová
IARC	International Agency for Research on Cancer
IFOAM	International Federation Organic Agricultural Movements
IOAS	International Organic Accreditation Service
IU	mezinárodní jednotka, international unit
KEZ, o.p.s.	Kontrola ekologického zemědělství, obecně prospěšná společnost
LDL	lipoproteidy o nízké hustotě, low density lipoprotein
LOD	mez detekce, limit of detection
LOQ	mez kvantifikace, limit of quantification
MLR	nejvyšší přípustná hladina, maximum residue limit
MZe	Ministerstvo zemědělství
NFA	National Food Administration, Uppsala, Švédsko
NOAEL	nejvyšší dávka bez pozorovatelného nepříznivého účinku, no observed averse effect level
PRO-BIO	Svazy sdružující ekologické farmáře
RE	retinol ekvivalent
RSD	relativní směrodatná odchylka
Thr	thyrosin
UV	ultrafialová oblast
UVA	ultrafialové záření v oblasti 320 nm
VLDL	lipoproteiny o velmi nízké hustotě, very low density lipoprotein
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická