



VĚDECKÝ VÝBOR FYTOSANITÁRNÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

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

Název dokumentu:

Glykoalkaloidy u brambor a ostatních komodit

Poznámka:

VVF-19-03
Zpracovatel: Ing. Jaromír Zrůst, CSc. (VÚBHB)

Obsah

1. Úvod	3
2. SGA v čeledích liliovité a lilkovité	4
3. SGA u baklažánu a rajčat (čeleď <i>Solanaceae</i>)	4
4. SGA u bramboru	6
4.1. Metody stanovení SGA bramboru	7
4.2. Toxikologie SGA	12
4.3. GA u planých a kulturních druhů bramboru (rozdíly obsahu SGA v nati a hlízách) ..	15
4.4. Faktory ovlivňující obsah SGA v hlízách	21
4.5. Problematika GA z hlediska šlechtitelské práce	31
4.6. Distribuce alkaloidů v rostlině bramboru	34
4.7. Vliv GA na senzorickou jakost hlíz bramboru	36
4.8. Vliv kulinárního zpracování na obsah GA	37
5. Závěry pro šlechtitele, pěstitele, obchodníky a konzumenty	43
6. Souhrn	45
7. Literatura	46

1. Úvod

Kvalitativní parametry vypěstovaných produktů pro přímou spotřebu, rovněž surovin a z nich vyrobených výrobků jsou a trvale budou v popředí zájmů výrobců a zpracovatelů, neboť významně spolurozhodují o prodejnosti rostlinného produktu a možnostech jeho dalšího zpracování. Zdá se, podle P r u g a r a (1999) (upraveno) „... že trvale aktuální zůstanou otázky ani ne tak kvality, jako spíše „nekvality“ potravin z pohledu hygienického, tedy přítomnosti škodlivých nebo alespoň nežádoucích látek v míře, která už může přinést pro člověka, ale i pro zvířata, zdravotní rizika. Dnes se již nejedná ani tolik o rezidua pesticidů, těžké kovy a toxická aditiva – tam už zpřísněná legislativa učinila své jak v technologii agrochemikálií, tak i ve způsobu jejich aplikace. Pozornost se obrací na některé přírodní, hlavně rostlinné látky, které na žebříčku negativních účinků na živočišný organismus figurují velmi vysoko. Patří sem např. v různých rostlinných druzích se vyskytující, kromě některých alkaloidů, saponiny, třísloviny, glukosinuláty, fytoestrogeny, toxické bílkoviny a jejich štěpné produkty, hydraziny (v houbách), kyanogenní glukosidy (v peckovinách), furanokumariny (v některých zeleninách) atd. a samozřejmě i rozsáhlá skupina mikotoxinů v cereáliích, semenech olejnin, ořechách, zelené kávě, koření a někdy i v zelenině a ovoci (např. patulin v jablečných výrobcích).“

Na rozdíl od antropogenních toxikantů, podle téhož autora (P r u g a r, 1997), byly toxické látky vyskytující se převážně v rostlinách dříve opomíjeny pro neodůvodněný předpoklad, že „co je přírodní, nemůže být škodivé“. Mezi tyto látky patří, jak bylo výše uvedeno, glyko-alkaloidy (GA), přesněji steroidní glykoalkaloidy (SGA), v angl. psané literatuře SGA_s – steroidal glycoalkaloids.

Od objevu jedovaté dusíkaté báze v bobulích lilku černého (*Solanum nigrum* L.) v roce 1820 bylo popsáno více než 80 steroidních aglykonů odvozených od cholestanu, které se volně nebo vázané s různými sacharidy nacházejí asi v 350 druzích rostlin čeledi lilkovité (*Solanaceae*) a liliovité (*Liliaceae*).

2. SGA v čeledích liliovitě a lilkovitě

Vzhledem k objemu spotřeby potenciálních zdrojů a k počtu popsanych případů postižení konzumentů byla věnována v posledních 30 letech značná pozornost alkaloidům právě u rostlin těchto dvou čeledí, z nich mnohem méně u čeledi liliovitých. V posledně jmenované čeledi je několik rodů s významným obsahem GA, např. rod kýchavice (*Veratrum* L.). K naší květeně patří kýchavice bílá (*Veratrum album* L.), statná bylina, až 150 cm vysoká, která obsahuje několik silně jedovatých alkaloidů, působících na nervovou soustavu živočichů. Z rodu ocún (*Colchicum* L.) je známý ocún jesenní (*Colchicum autumnale* L.) obsahující alkaloid kolchicin, jed, který způsobuje silné poruchy krevního oběhu, poškozuje ledviny, sliznice zažívacího traktu i centrální nervovou soustavu. Z rodu řebčík (*Fritillaria* L.) se u nás v zahradách pěstuje řebčík královský (*Fritillaria imperialis* L.), který obsahuje prudce jedovatý alkaloid imperialin. Do rodu ladoňka (*Scilla* L.) náleží mořská cibule (*Urginea maritima* L.), jež obsahuje glykosidy a saponiny. Z rodu konvalinka (*Convallaria* L.) u nás jediný rostoucí zástupce konvalinka vonná (*Convallaria majalis* L.) je jedovatá obsahem glykosidů a saponinů, které působí jako srdeční jedy. Černé bobule vranního oka čtyřlístého (*Paris quadrifolia* L.) z rodu vraní oko (*Paris* L.) obsahují glykosidy (peridin a pristifinin), které působí jako digitalin. K otravám zvířat nedochází, protože bobule odporně páchnou a odpuzují. To bylo několik příkladů rostlin z čeledi liliovitých, tak jak jsou uvedeny v systematice rostlin zpracované V a n ě u r o v o u, K ü h n e m (1966).

Z čeledi lilkovitých jsou alkaloidy obsaženy např. v rodu rulík (*Atropa* L.), který je v naší květeně zastoupen rulíkem zlomocným (*Atropa bella – donna* L.). Celá rostlina je jedovatá obsahem alkaloidů atropinu, skopolaminu, daturinu a hyoscyaminu. Rulík je prudce jedovatý a může dojít k otravě i při sbírání listů. Blín černý (*Hyoscyamus niger* L.) z rodu blín (*Hyoscyamus* L.) obsahuje alkaloidy hyoscyamin, atropin a skopolamin. Používá se v lékařství. Celá rostlina durmanu obecného (*Datura stramonium* L.) z rodu durman (*Datura* L.), hlavně listy a semena obsahují alkaloidy obdobné jako předcházející dva druhy; toxické účinky jsou podobné jako u rulíku. Celá rostlina tabáku virginského (*Nicotiana tabacum* L.) z rodu tabák (*Nicotiana* L.) obsahuje větší počet alkaloidů; základní jedovaté účinky má nikotin, atd.

Všechny dosud vyjmenované rostliny z obou čeledí jsou byliny, které se nekonzumují.

3. SGA u baklažánu a rajčat (čeleď Solanaceae)

V našich podmínkách ve výživě obyvatel by mohl být zdrojem GA baklažán – lilek vejcoplodý (*Solanum melongena* L.), původem z Východní Indie. Plody se používají jako zelenina. Konzumují se v mladém stavu před vyvinutím semen. V této konzumní zralosti obsahuje v závislosti na odrůdě a podmínkách kultivace 3 až 15 mg SGA v 1 kg (A u b e r t et al., 1998a). Rozdíly v obsahu byly zjištěny v závislosti na stupni zralosti, zralejší plody obsahovaly více GA než plody méně zralé (A u b e r t et al., 1989b). Podobně jako u ostatních plodů je možné předpokládat zvýšení obsahu vlivem mechanického poškození i působení dalších faktorů s podobnými důsledky jako v případě bramborových hlíz a rajčat. Kromě dusíkatého solasoninu, který je běžný i v ostatních lilkovitých, jsou v baklažánech zastoupeny nedusíkaté steroidní saponiny melongosidy; aglykon mají diosgenin (K i n t i a, S h r e t s, 1985).

SGA jsou obsaženy také v nezralých rajčatech (*Lycopersicon esculentum* L.); převládajícími glykosidy jsou α -tomatin a α -solanin (R o d i c k, 1974; B a j a j et al., 1988). Zelená rajčata nejsou ve světě běžnou konzervářskou surovinou, proto nebylo problematice alkaloidů rajčat dosud věnováno tolik výzkumných prací jako v případě bramboru.

Zelené plody rajčat, ale i další části rostliny, obsahují tomatin a solanin (pro používané ne-selektivní metody stanovení není v citovaných pracích blíže specifikován) (M o r r i s, L e e, 1984; K i b l e r et al., 1985). Š i m e k o v á, H o r č i n (1980) zjišťovali obsah solaninu a jeho změny během dozrávání sklizených rajčat. Podle výsledků spektrometrického stanovení se obsah solaninu v rajských jablkách pohyboval od 30 do 150 mg.kg⁻¹ v zelených a až po podlimitní koncentrace v červených plodech. Podobné výsledky uvádějí také K i b l e r et al. (1985), a to 20 až 50 mg solaninu na kg čerstvé hmotnosti. K y z l i n k et al. (1981) našli v zelených rajčatech odrůdy Tanzimech těsně po sklizni 90 mg tomatinu na 1 kg v čerstvé hmotnosti (1 040 mg.kg⁻¹ v sušině) a třikrát až čtyřikrát méně solaninu. Obsah GA v rajčatech klesá během dozrávání k nule. M í k o v á et al. (1984) pozorovali několik dnů po sklizni zelených plodů nárůst obsahu tomatinu téměř na dvojnásobek původní hodnoty, poté zpočátku strmý pokles přibližně na polovinu počáteční koncentrace a další velmi pozvolný úbytek. Mírný pokles obsahu tomatinu byl popsán během zpracování rajčat a skladování výrobků (K i b l e r et al., 1985; K y z l i n k et al., 1981).

Toxický účinek spočívá v inhibici cholinesterasy a ochromení nervové soustavy. Tomatin je podle výsledků testů na zvířatech o něco mírnější (1,5 až 2krát vyšší hodnoty LD₅₀ pro myš a králíka) než alkaloidy brambor (M o r r i s, L e e, 1984). Zdravotní potíže mohou vyvolat i nižší dávky, uvádí se hlavně pravděpodobné embryotoxické a teratogenní účinky, např. pravidelné dávky 3 až 4 mg glykoalkaloidů na kg tělesné hmotnosti podávané denně makakům vyvolaly dočasnou sterilitu (M o r r i s, L e e, 1984).

Mechanizovanou jednorázovou sklizní rajčat je kromě zralých plodů sklizen také určitý podíl nezralých rajčat. Aby mohl i tento podíl být případně konzervářsky zpracován, musí být hodnocena všechna možná zdravotní rizika zejména ve vztahu ke GA. V o l d ř i c h et al. (1992) sledovali obsah SGA v čerstvých a zpracovaných rajčatech. Ke stanovení obsahu SGA v nezralých rajčatech použili obvyklý postup izolace extrakcí a srážením GA alkalizací. Vlastní stanovení prováděli kapalinovou chromatografií na Sepharonu NH₂ mobilní fází ethanol-acetonitril-0,005M dihydrogenfosfát draselný (3:2:1). V analyzovaných vzorcích rajčat našli pouze tomatin, v zelených rajčatech těsně po sklizni v koncentracích 50 až 80 mg.kg⁻¹ v čerstvých plodech, během skladování rajčat při 4°C došlo během tří měsíců k poklesu téměř k nule. Ve výrobcích ze zelených rajčat našli 10 až 30 mg tomatinu na 1 kg, podle podílu rajčat ve výrobku, během skladování došlo k poklesu obsahu GA zřejmě v důsledku hydrolýzy glykosidů.

Výsledky jsou v souladu s předchozími pracemi, GA jsou obecně poměrně stabilní (viz další text). Při běžných „kuchyňských“ teplotách do 150 °C nedochází téměř k žádným změnám, což pro tomatin uvádí H a r i š o v á (1981). Příčinou poklesu tomatinu ve výrobcích je pravděpodobně jeho hydrolýza v kyselém prostředí, obdobný pokles koncentrace tomatinu byl popsán při varu roztoku obsahujícího kyselinu citronovou (H a r i š o v á, 1981). Vzhledem k poměrně nízkým objemům výrobků z nezralých rajčat ve srovnání s obsahy GA a spotřebou brambor nepředstavují zřejmě výrobky ze zelených rajských jablek vážné zdravotní riziko. Přesto, vzhledem ke zhoršující se ekologické situaci, k nárůstu dalších potenciálních rizik v prostředí, není žádoucí, podle V o l d ř i c h a et al. (1992), zvyšovat expozici spotřebitele dalšími příjmy látek s negativními účinky.

4. SGA u bramboru

Vzhledem k objemu produkce a pravidelné spotřebě jsou nejvýznamnějším zdrojem SGA v lidské výživě brambory. Problematice GA v bramboru se projekt bude dále věnovat podrobně.

Alkaloidy obsažené v bramboru bývají často uváděny pod společným názvem solanin, který však není jednou látkou, ale označuje se tak skupina velmi příbuzných GA. Těchto sloučenin je známo přes 20, z toho 10 bylo zjištěno v bramboru (tab. I). Solanin byl poprvé u bramboru zmíněn v r. 1826 (M a g a, 1980). Až teprve v r. 1954 při snaze o frakcionaci solaninu byl objeven chaconin (K u h n a L o w, 1954). Fakt, že solanin má aglykon solanidin bylo popsáno v r. 1861 (Z w e n g e r a K i n d, 1861).

Je obecně uznáváno, že hlavní GA v bramborách jsou právě α -chaconin a α -solanin, které představují asi 95 % celkových glykoalkaloidů (TGA z angl. total glycoalkaloid). Jak je zřejmé z názvu jsou SGA složeny ze 3 strukturních entit, a to:

- polární hydrofilní sacharidické části,
- nepolární lipofilní steroidní části a
- heterocyklické dusíkaté báze částí.

Tab. I. Nejvýznamnější SGA izolované z listů nebo hlíz druhů *Solanum* (G e l d e r, 1990 – upraveno)

Glykosid	Aglykon	Sacharidická část	Struktura
α -solanin	solanidin	solatriosa	A: R-Gal <Rham/Glu
β -solanin	solanidin	solabiosa	B: R-Gal-Glu
γ -solanin	solanidin	galaktosa	C: R-Gal
α -chaconin	solanidin	chacotriosa	D: R-Glu<Rham-a/Rham-b
β_1 -chaconin	solanidin	chacobiosa	E: R-Glu-Rham-a
β_2 -chaconin	solanidin	chacobiosa	F: R-Glu-Rham-b
γ -chaconin	solanidin	glukosa	G: R-Glu
dehydrocommersonin	solanidin	commertetraosa	H: R-Gal-Glu<Glu/Glu
demissin	demissidin	lycotetraosa	I: R-Gal-Glu<Glu/Xyl
commersonin	demissidin	commertetraosa	jako H
solasonin	solasodin	solatriosa	jako A
α -tomatin	tomatidin	lycotetraosa	jako I

R = aglykon; Gal = galaktosa; Glu = glukosa; Rham = rhamnosa; Xyl = xylosa

Symbol "<" v charakteristice struktury sacharidické části znamená, že na substituovaný sacharid se váží dva další sacharidy (oddělené "/").

Na obr. 1 jsou znázorněny chemické struktury hlavních SGA bramboru, tj. α -chaconinu a α -solaninu. Obě sloučeniny mají shodný aglykon zvaný solanidin (shodná lipofilní a báze část) a liší se sacharidickou částí.

Obr. 1. Chemická struktura hlavních GA bramboru

(převzato z: Kvasnička, F.: *Bramborářství*, 6(1): 5-7, 1998)

Vedle α -formy těchto sloučenin existuje β - a γ - forma lišící se počtem vázaných molekul sacharidu jak uvádí tab. I a novější údaje doplňuje tab. II. Po prve o různých formách referovali K u h n a L o w (1954, 1955a, b).

Tab. II. Struktura forem solaninu a chaconinu u kulturního druhu bramboru *Solanum tuberosum* L. (K v a s n i č k a, 1998)

Sloučenina	Struktura
α -solanin	soladinin + galaktosa + glukosa + rhamnosa
β_1 -solanin	soladinin + galaktosa + glukosa
β_2 -solanin	soladinin + galaktosa + rhamnosa
γ -solanin	soladinin + galaktosa
α -chaconin	soladinin + glukosa + rhamnosa (1) + rhamnosa (2)
β_1 -chaconin	soladinin + glukosa + rhamnosa (2)
β_2 -chaconin	soladinin + glukosa + rhamnosa (1)
γ -chaconin	soladinin + glukosa

4.1. Metody stanovení SGA bramboru

Od odhalení struktury SGA (H e n r y, 1949) $C_{27}H_{43}NO$ (molekulová hmotnost 397,6) uplynulo více jak 50 let. Během této doby se věnovalo hodně úsilí vypracování vhodných metod stanovení těchto látek. V přehledových člancích (O s m a n, 1983; C o x o n, 1984; G e l d e r, 1991; M a g a, 1994; K a l a č, V o l d ř i c h, 1994) je publikována řada metod, které lze rozdělit do dvou skupin:

1. metody stanovení TGA (gravimetrie, titrace nebo spektrofotometrie)
2. metody stanovení individuálních SGA (chromatografie, elektroforéza, hmotnostní spektrometrie, ELISA, RIA).

Přestože jsou jednotlivé postupy do různé míry odlišné, mají několik společných základních kroků – vzorkování, extrakci, čištění a vlastní stanovení.

Prvním důležitým krokem stanovení je odběr vzorků. Obsah SGA je ovlivněn druhem rostlin, odrůdou, velikostí hlíz, stupněm zralosti, teplotou, přístupem světla a vzduchu, mechanickým poškozením a řadou dalších faktorů (K a l a č, V o l d ř i c h, 1993), které způsobují variabilitu obsahu SGA až 60 %. Pro získání objektivních výsledků je tedy velmi důležité analyzovat vzorky co nejdříve po odběru, případně volit takové podmínky skladování, které omezí změny obsahu GA ve vzorcích (homogenizace, poté zmražení nebo lyofilizace). Podle K v a s n i č k y (1998) je vhodné odebrat minimálně 15 hlíz, aby byly výsledky dostatečně reprezentativní. V našich pracích (např. Z r ů s t e t al., 2000a; 2001a, b) jsme tento postup používali. Odebírali jsme po jedné hlíze od každého z 15 trsů rostoucích na poli, abychom omezili individuální variabilitu obsahu SGA v hlízách na pokud možno co nejmenší míru.

Zejména metody extrakce jsou v literatuře rozsáhle zpracovány. Nejstarší publikace uvádějí extrakci etanolem v Soxhletově extraktoru (B a k e r et al., 1955), či extrakci za varu (S a c h - s e, B a c h m a n, 1969). B r e t z l o f f (1971) použil rychlou a účinnou extrakční metodu, spočívající v homogenizaci vzorků hlíz v roztoku metanol – voda – kyselina trichloroctová (47,5 : 47,5 : 5). Okyselení extrakčního činidla zvyšující disociaci aglykonů,

a tím i jejich rozpustnost v polární fázi, může vést ke ztrátám v důsledku kyselé hydrolyzy glykosidů C a d d l e et al. (1978). Dalším často používaným extrakčním činidlem je směs chloroformu a metanolu (2 : 1), kterou použili např. W a n g et al. (1972). Někteří autoři (M a c K e n z i e, G r e g o r y, 1979; S p e r o n i, P e l l, 1980) sice postup kritizovali pro jeho nižší výtěžnost, ale podle jiných (C l e m e n t, V e r b i s t, 1980; M o r g a n et al., 1985), bylo-li po extrakci umožněno oddělování vrstev rozpouštědel po dostatečně dlouhou dobu, bylo dosaženo uspokojivých výsledků.

Vzhledem k rozpustnosti SGA ve vodě je principiálně možné podle K v a s n i č k y (1998) použít čistou, případně mírně okyselenou vodu (pozor na nebezpečí kyselé hydrolyzy SGA, viz výše). V praxi se nejčastěji používá směs methanolu a vody, která se někdy okyseluje octovou či trifluorooctovou kyselinou. Z extrakčních postupů postačuje podle K v a s n i č k y (1998) extrakce methanolem za laboratorní teploty v ultrazvukové lázni po dobu 2 minut, jedná-li se o čerstvou hlízu, případně delší dobu (15 min.), extrahuje-li se lyofilizát. Pokud nelze extrakt dále ihned zpracovat, je vhodné jej lyofilizovat či zmrazit. Většina dále uvedených metod stanovení vyžaduje před vlastní analytickou koncovkou přečištění a zakoncentrování extraktu.

Čištění může významně ovlivnit přesnost stanovení. Některé postupy doporučují odstranění bílkovin a dalších makromolekulárních látek srážením jako prevenci jejich interference při stanovení SGA (B l i n c o w et al., 1982). Vzhledem ke ztrátám, ke kterým dochází stržením SGA do sraženiny, není podle novějších prací uvedený krok vhodný (O l s s o n, 1986; G e l d e r, 1991).

Nízké výtěžnosti byly také v případě, kdy k čištění a koncentraci SGA bylo použito alkalické srážení upravením pH na hodnotu 9,4 až 10 při teplotě 70 °C. Při tomto postupu dochází zejména ke ztrátám leptinů rozpustných v alkalickém prostředí i dalších SGA (např. demissinu) (S i n d e n et al., 1986), i když solanin a chaconin jsou sráženy kvantitativně (S a c h s e, B a c h m a n n, 1969).

V případě analýzy bramborových hlíz se pro účely čištění a zakoncentrování používá téměř výhradně extrakce na tuhou fázi (SPE – Solid Phase Extraction). Přehled nejčastější používaných metod pro extrakci SGA na pevné fázi uvádějí K a l a č, V o l d ř i c h (1994). Nejpoužívanějším sorbentem je silikagel s chemicky vázanými oktadecylovými (C18) skupinami (Sep-Pak Plus, SupelClean). Postup čištění je takový, že se na sloupec methanolem aktivovaného sorbentu nanese extrakt vhodně zředěný vodou (např. na 5 dílů extraktu 8 dílů vody), sorbent se propláchne ředěným methanolem, vysuší proudem vzduchu a zachycené SGA se eluují čistým methanolem. Eluát se poté odpaří za sníženého tlaku při max. 50 °C do sucha a odparek se rozpustí těsně před analýzou ve vhodném objemu methanolu či mobilní fázi.

V případě bramboru se tímto postupem zpracovávají syrové hlízy. V našich pracích jsme tento postup užívali (např. Z r ů s t, 1997 a další). Výrobky z bramboru, které mají obsah tuku podobný jako hlízy (sušená bramborová kaše, bramborový škrob, bramborová moučka a podobné výrobky), je možné extrahovat stejným postupem. Výrobky z hlíz bramboru, které obsahují vyšší podíl tuku – rostlinného oleje, nebo sádla po smažení (lupínky, hranolky apod.) se musí zpracovat náročnějším postupem, protože nepolární tuk doprovází GA a ruší by stanovení. Extrakci je možné provést podle S a i t a et al. (1990) dvěma způsoby:

1. Navážka 5g vzorku je homogenizována se 100 ml hexanu a vařena pod refluxem 30 min. Hexan s rozpuštěným tukem je dekantován a odmaštění je opakováno další dávkou 100 ml čistého hexanu. Odmaštěný vzorek je vysušen ve vakuové odparce a extrahován směsí methanol : voda : kyselina octová (94:6:1 obj.) 5 min v ultrazvukové lázni . Směs je přefiltrována přes filtr a zbytek se promyje dvakrát 5 ml čerstvé směsi. Objem extraktu se doplní na 50 ml. Alikvót 5ml filtrátu je zpracován stejným způsobem čištění jako vzorek s nízkým obsahem tuku.
2. Navážka 5 g vzorku je extrahována stejným postupem jako v případě vzorků s nízkým obsahem tuku. Produkt po přečištění na kolonce Sep Pack C18 se rozpustí v 1 ml methanolu a roztok se naředí 19 ml acetonitrilu. Směs se vnese na kolonku Separcol NH₂. Koextrakty jsou z kolonky vymyty 5 ml acetonitrilu, kolonka se vysuší vzduchem. GA se eluují 10 ml methanolu. Eluát se odpaří na vakuové odparce do sucha a rozpustí v přesném objemu methanolu (0,1 až 1 ml dle potřeby – v naší práci jsme používali objem 0,1 ml - viz dále). Připravený roztok je analyzován kapalinovou chromatografií. Tímto druhým postupem jsme postupovali v naší práci (Z r ů s t et al., 1996; 2001; 2003 – v tisku).

V případě velkých koncentrací alkaloidů, jako je tomu u planých druhů čeledi *Solanaceae* užívaných ke šlechtění, mohou ztráty vzniknout také interakcí mezi SGA a dalšími přítomnými látkami (O s m a n, 1983). Takové riziko představuje zvláště tvorba různých komplexů SGA se steroly. Volné aglykony však tyto komplexy se steroly netvoří (R o d d i c k, 1974).

ad A. Stanovení celkového obsahu glykoalkaloidů (TGA)

Celkový obsah GA, obvykle vyjádřený jako solanin, je možné stanovit kolorimetricky nebo titračně po jejich izolaci. Nejčastěji používaná kolorimetrická stanovení spočívají buď ve tvorbě barevného komplexu SGA a činidla (paraformaldehyd/kyselina fosforečná; chlorid antimonyt/kyselina chlorovodíková; etanol/kyselina sírová apod.), nebo v nasycení extraktu SGA ekvimolárním množstvím kyselého barviva, které je poté extrahováno a stanoveno kolorimetricky.

Porovnání několika základních postupů s kolorimetrickou koncovkou z hlediska reprodukovatelnosti, pracnosti, použitelnosti a dalších parametrů, které provedli C l e m e n t, V e r b i s (1980) uvádí K a l a č, V o l d ř i c h (1994). Ze srovnání vyšel jako nejlepší postup, který navrhli W a n g et al. (1972). Po extrakci srážením použili reakci s formaldehydem a kyselinou fosforečnou.

Další rozšířenou metodou sumárního stanovení SGA je titrace. F i t z p a t r i c k, O s m a n (1974) popsali metodu užívající hydrolyzu alkaloidů kyselinou sírovou, alkalizaci NaOH a následnou titrací aglykonů rozpuštěných v metanolu fenolem s indikací bromfenolovou modří. Tato metoda byla používána a také kritizována řadou pracovišť především pro nepřesnost a značnou variabilitu výsledků (C o x o n, 1979). B u s h w a y et al. (1980) postup modifikovali hydrolyzou (krok, při kterém docházelo k největším ztrátám).

Spektrofotometrické stanovení SGA ve své disertační práci popisuje K a l a č jn. 1994.

ad B. Stanovení individuálních SGA

Analytická koncovka je dána fyzikálně-chemickými vlastnostmi SGA. Nejdéle se pro kvantitativní analýzu SGA používá tenkovrstevná chromatografie (TLC – z angl. Thin-Layer Chromatografie) (např. J e p p s e n et al., 1975). Dosud bylo popsáno mnoho vyvíjecích soustav; J a d h a v et al. (1981) jich ve své přehledné práci uvedli asi padesát. Nejpoužívanějšími mobilními fázemi pro tenké vrstvy silikagelu jsou chloroform – metanol (19:1), chloroform – etanol – 1 % amoniak (2:2:2) a ethyl acetát – pyridin – voda (3:1:3). Detekce je nejčastěji prováděna Dragendorffovým činidlem (směs bazického dusičnanu vizmutitého, kyseliny octové a jodidu draselného), jodem nebo chloridem antimonitým.

TLC umožňuje spíše semikvantitativní analýzu, přesto bylo publikováno několik prací, které ji využívaly pro kvantitativní stanovení SGA. C a d l e et al. (1978) vyvinuli metodu denzitometrického měření *in situ* po detekci chloridem antimonitým. A h m e d, M ü l l e r (1978) popsali fotometrické měření při 380 nm.

Plynová chromatografie (GLC – Gas Liquid Chromatography) je užívána jak pro kvalitativní, tak pro kvantitativní stanovení glykosidů i aglykonů. Nevýhodou této metody je nutnost zařazení derivatizace v případě analýzy glykosidů a použití vysokých teplot nástřiku a separace (300°C). Za vyšších teplot může docházet k částečné degradaci analyzovaných látek, podmínky analýzy také negativně ovlivňují životnost kolon. Vyšší účinnost dělení, vyšší stabilitu a životnost přineslo až použití kapilárních kolon s chemicky vázanými fázemi. Přes popsané problémy může plynová chromatografie poskytnout některé výhody proti dalším chromatografickým metodám, jako jsou účinná separace, použití selektivních detektorů (NPD – dusíko–fosforový detektor) apod.

Přehled nejčastěji užívaných metod derivatizace a stacionárních fází používaných v plynové chromatografii pro stanovení SGA uvádějí K a l a č, V o l d ř i c h (1994).

Nepřímou GLC metodu stanovení SGA popisuje S i e g f r i e d (1976). Obsah hlavních SGA chaconinu a solaninu se vypočítá podle množství glukózy a galaktózy stanovených po hydrolyze SGA. V citované práci byly cukry stanoveny plynovou chromatografií ve formě trimethylsilylderivátů. Podobně by bylo možné využít také další derivatizační postupy sacharidů (acetylace alditolů nebo aldonitrilů apod.).

Nejrozšířenější chromatografickou metodou (a nejvýhodnější vzhledem k nárokům na přípravu vzorků) je vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC – High Performance Liquid Chromatography). Pro separaci SGA i jejich aglykonů je možné použít široké spektrum chromatografických systémů. Nejčastěji se však separace provádí na koloně plněné silikagelem s vázanými C18 skupinami (separace založená na různé hydrofobicitě SGA) nebo s vázanými aminopropylými (Si-NH₂) skupinami (separace založená na rozdílné interakci sacharidické části molekuly SGA se sorbentem). Jako mobilní fáze se běžně používá směs acetonitrilu a vody, případně vodného pufru. Nejrozšířenější je UV detekce ($\lambda < 215$ nm), lze však používat i detekci refraktometrickou (V o l d ř i c h et al., 1992). Kolony Si-NH₂ umožňují výrazně lepší separaci α -solaninu od α -chaconinu než Si-C18, analýza je však časově náročnější. Na obr. 2 je uveden chromatogram standardní směsi SGA a vzorku bramboru.

Se silikagelovou kolonou s vázanými NH_2 skupinami, s použitím mobilní fáze acetonitril : ethanol : 0,005 M KH_2PO_4 v poměru 3:2:1 pracovali S c h u l z o v á et al. (1992). Detekci prováděli v UV oblasti při vlnové délce 208 nm. Mez stanovení pro α -chaconin 400 pg a pro α -solanin 800 pg v nástřiku odpovídala při navážce 50 g $4 \cdot 10^{-4}$, resp. $8 \cdot 10^{-4}$ mg na 1 kg vzorku, výtěžnost postupu byla 80 ± 2 %.

Obr. 2. Chromatogram standardu (60 mg.l⁻¹ α -solaninu, 59 mg.l⁻¹ α -chaconinu) SGA a vzorku bramboru

(Převzato z: Kvasnička, F.: Bramborářství, 6(1): 5-7, 1998)

Určitý problém u této metody může představovat detekce. SGA i jejich aglykony absorbují při nízkých vlnových délkách (205 až 215 nm), proto UV detekce klade nároky na čistotu mobilní fáze, je omezeno použití gradientové eluce a přidávání různých aditiv do mobilní fáze. Pro detekci GA je možné použít i méně citlivý refraktometrický detektor. Přehled separačních podmínek užívaných různými autory uvádí K a l a č, V o l d ř i c h (1994).

Další možnosti stanovení skýtají nové separační metody. F u k u h a r a, K u b o (1991) úspěšně použili pro izolaci minoritních GA solasoninu a solamarginu kombinaci "kapkové a rotačně-lokulární protiproudé chromatografie" (DCCC, RLCC).

Separací technikou, která využívá vlastnosti heterocyklické dusíkaté části molekuly SGA, je kapilární isotachoforéza (K v a s n i č k a et al., 1994). Tato technika umožňuje vedle sebe separovat SGA a jejich aglykony. Její výhodou jsou nízké provozní náklady (asi 10x nižší než HPLC), nevýhodou je to, že nelze separovat solanin od chaconinu. Časová náročnost je srovnatelná s HPLC. Na obr. 3 je znázorněn isotachoforeogram směsi standardů (15 mg.l⁻¹ solanidinu, 15 mg.l⁻¹ α -solaninu a 15 mg.l⁻¹ α -chaconinu). První autor předchozí práce (K v a s n i č k a, 1993) stanovil touto technikou solanidin ve vodném prostředí, solanin a solanidin v prostředí 99 % metanolu.

Obr.3. Isotachoforeogram standardní směsi solanidinu, α -solaninu, α -chaconinu (à 15 mg.l⁻¹)

(Převzato z: Kvasnička, F.: Bramborářství, 6(1): 5-7, 1998)

Všechny dosud uvedené metody jsou poměrně pracné. Metoda nevyžadující čištění a koncentrování vzorku před analýzou, je hmotnostní spektrometrie (MALDI-TOF MS – Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight Mass Spectrometry) (A b e l l, S p o r n s, 1996). Touto technikou lze stanovit jednotlivé SGA, a to během dvou hodin 10 až 15 vzorků (včetně úpravy vzorku), zatímco metodou HPLC pouze jeden. Nevýhodou uvedené techniky jsou vysoké pořizovací náklady spektrometru.

Ke stanovení SGA je možné použít také biochemické metody. Tyto postupy, tak jako posledně jmenovaná metoda, většinou nevyžadují extrakci ani čištění vzorku, přitom jsou poměrně rychlé, vysoce specifické a citlivé. Nevýhodou je však poměrně vysoká cena komerčně vyráběných imunologických preparátů.

M o r g a n et al. (1983, 1985) např. vyvinuli imunochemickou enzymovou analýzu (ELISA – Enzyme Linked Immunosorbent Assay) pro stanovení celkových GA bramboru. M a t t h e w et al. (1983) popsali citlivější RIA (z angl. Radioimmunoassay) metodu použitelnou pro stanovení solanidinu v tělních tekutinách v klinické biochemii. Referovali o ní rovněž C o x o n et al. (1983). Tato metoda využívá stejné antisérum jako ELISA.

Imunochemické metody umožňují velmi rychlé stanovení TGA (nelze jimi odlišit solanin od chaconinu) a jsou vhodné pro screening velkého množství vzorků, zejména pro šlechtitelské účely. Kromě rychlosti se vyznačují vysokou specifičností a citlivostí. Proto jsou využívány stále častěji, např. H e l l e n a s, 1986; P l h a k, S p o r n s (1992) a další. Imunochemické metody (ELISA a RIA) leží na rozhraní obou výše popsaných skupin metod (A a B).

Ze srovnání uvedených metod stanovení SGA na základě spolehlivosti, pracnosti, selektivnosti, rychlosti analýzy a nákladů na analýzu vyplývá podle K v a s n i č k y (1998), že v praxi použitelné metody jsou HPLC, kapilární isotachoforéza a enzymová imunoanalýza.

4.2. Toxikologie SGA

Na toxicitu GA upozornili v r. 1924 B ö m e r a M a t t i s (1924). H a r v e y et al. (1985a, b, 1986) dokázali, že solanidinové glykosidy, jakož i volný aglykon byly přítomny ve všech sérech několika stovek vyšetřených lidí (žen a mužů) v koncentracích měnících se od asi 2 do 110 ng, vyjádřených jako solanidinové glykosidy pro ml séra. Autoři posledně citovaných prací z r. 1985 našli koncentrace těchto SGA v sérech lidí proporcionálně vztaženo k obsahům SGA a k množství brambor konzumovaných jednotlivci. Při abstinenci brambor a výrobků z brambor u dvou subjektů zaznamenali H a r v e y et al. (1985a) snížení koncentrace séra SGA od 35 do 55 % po prvním týdnu a „stala se minimálním“ po 2 až 3 týdnech. Podrobnosti o kinetice SGA, zjištěné dalšími autory, uvádí G e l d e r (1990), včetně historického přehledu prací (v konkrétních letech) o otravách lidí podle publikací autorů způsobených konzumací brambor nebo SGA brambor.

Poslední smrtelný případ otravy byl podle G e l d e r a (1990) popsán v r. 1951 v Německu u dvouletého dítěte (dívky), po 13 dnech od konzumace bobulí bramboru. V literatuře se uvádí asi 30 popsaných smrtelných otrav po požití brambor s vysokým obsahem SGA. Velmi frekventované (více než dva tisíce) byly hromadné otravy, které nekončily smrtí konzumentů. Předpokládá se, že případy otrav jsou četnější, jsou však, zejména v lehčích případech, přisuzovány jinému důvodu. V posledních desetiletích se především díky široké osvětě o závadnosti zelených a naklíčených brambor počet popsaných otrav podstatně snížil.

Z testů prováděných na laboratorních zvířatech je zřejmé, že GA působí jednak na nervovou soustavu, patrně inhibicí acetylcholinesterázy (solanin silně inhibuje cholinesterázu lidské krevní plasmy a je asi 9x účinnější než chinin), jednak porušují funkci membrán a tím ovlivňují činnost trávicího systému a celkový metabolismus (M o r r i s, L e e, 1984).

U člověka se otrava projevuje zvracením, průjmem, břišními bolestmi a také neurologickými symptomy – neklidem, blouzněním, otupěním nebo halucinacemi. Další pozorované příznaky byly např. horečka, rychlý, ale slabý puls, obtížný zrychlený dech, nízký krevní tlak, změny pokožky a poruchy vidění (M c M i l l a n, T h o m p s o n, 1979). Člověk je k účinkům GA citlivější než zvířata. Letální (smrtelná) dávka pro člověka se odhaduje mezi 3 až 6 mg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti, tj. dávka srovnatelná se strychninem či arsenikem (M o r r i s, L e e, 1984). Laboratorní zkoumání toxicity solaninu u lidí bylo prováděno s vězni (R ü h l, 1951). Dávky vyšší než 2 mg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti byly toxické a vyvolávaly klasické symptomy otravy solaninem. V literatuře se uvádí, že toxické dávky pro člověka se pohybují mezi 2 – 5 mg solaninu na kg tělesné hmotnosti. Malý rozdíl mezi letální

a běžně přijímanou dávkou GA v potravě se vysvětluje rychle se zvětšující permeabilitou stěn zažívacího traktu po dosažení jejich určité koncentrace ve střevním obsahu. GA se začínají hromadit v různých orgánech, zejména v játrech, ledvinách a plicích a dochází k mobilizaci jejich účinku při metabolických stresech, jakými jsou těhotenství, hladovění, či oslabení nemocí (C l a r i n g b o l d et al., 1982). Rozdíl mezi dávkou přijatou z běžné stravy a z nevhodných („nebezpečných“) brambor může být překvapivě malý. Z větší porce 500 g brambor může dospělý člověk v závislosti na hmotnosti přijmout až $0,7 - 0,9 \text{ mg.kg}^{-1}$, tj. jen asi čtyřikrát méně než toxická, příp. smrtelná dávka.

Obavy, že existuje závislost mezi obsahem solaninu a jeho rozkladných produktů v bramborách napadených plísní bramborovou a mezi teratogenním poškozením lebky, mozku a páteře u lidského plodu se nepotvrdily. Přesto se doporučuje určitá opatrnost u žen, které chtějí otěhotnět a pro počáteční období těhotenství (K a l a č sen., 1992).

W i l s o n (1959) určil $20 - 25 \text{ mg SGA.100 g}^{-1}$ jako nejvyšší přípustný limit v hlízách a zjistil, že příznaky nemoci byly vyvolány požitím hlíz bramboru s obsahem GA nad 40 mg.100 g^{-1} .

Toxicita alkaloidů klesá v kyselém prostředí, vysoká je v prostředí zásaditém. To pravděpodobně vyplývá ze skutečnosti, že v kyselém prostředí GA nevytvářejí komplexy se steroly membrán. Toxicita surového extraktu z brambor je vyšší než by odpovídalo součtu účinků α -solaninu a α -chaconinu. Vysvětlením je přítomnost dalšího účinného alkaloidu nebo existence dosud neobjasněného synergismu.

Podle starších prací je toxicita hlavních GA přibližně stejná (C h a u b e , S w i n y a r d , 1976). F r i e d m a n et al. však zjistili při pokusech s žábími embryi, že α -chaconin je toxičtější než α -solanin. Aglykony podávané různým způsobem krysám, králíkům a dalším pokusným zvířatům měly slabší toxické účinky než glykosidy (K e e l e r et al. 1975; B u s c h w a y et al., 1987; F r i e d m a n et al., 1991, 1992). Kromě negativních vlivů GA na nervovou soustavu a trávicí systém, tj. akutní toxicity, se často diskutuje také o jejich teratogenních (výskyt zrůd) účincích. Na základě korelací mezi ročními obdobími, geografickými a meziročními rozdíly ve výskytu anencefalu (vrozené vývojové vady, při které se nevyvine mozek a lebeční dutiny) a vrozeného rozštěpu zadního patra s výskytem plísně bramborové, která stimuluje syntézu GA v napadeném bramboru, byl R e n w i c k e m (1972) vysloven předpoklad existence teratogenní látky v těchto rostlinách. Studie prováděné na laboratorních zvířatech však teratogenitu neprokázaly. Nicméně podávané GA v potravě $3 - 4 \text{ mg.kg}^{-1}$ na den vyvolaly neplodnost makaků (S w i n y a r d , C h a u b e , 1973) a zvýšily úmrtnost plodu např. u krys (C h a u b e , S w i n y a r d , 1976). Během prvních měsíců těhotenství u žen stačí jediná vyšší dávka GA k přerušení těhotenství (vyvolání potratu). Lidé jsou ke GA citlivější než zvířata (K e e l e r et al., 1976).

GA jsou rovněž toxické i pro další organismy. Rostliny si vytvářejí SGA jako podstatnou součást svého obranného systému proti predátorům a stresovým podmínkám. Např. alkaloidy podílející se na resistenci bramboru vůči mandelince bramborové (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) se označují jako leptiny. GA bramboru vykazují také antimikrobiální a pesticidní vlastnosti (T i n g e y , 1984). Plíseň bramborová (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) do- káže odbourávat α -solanin (H o l l a n d , T a y l o r , 1979). Solanidin inhibuje alternariovou skvrnitost brambor třikrát účinněji než α -chaconin a pětikrát účinněji než α -solanin.

O toxicitě minoritních SGA (některé jsou uvedeny v tab. I, o dalších bude zmínka v příští kapitole) neexistují souhrnné studie, jako v případě hlavních GA. Např. G a f f i e l d a K e e l e r (1996) určili jejich relativní teratogenitu na syrském křečku s následujícími výsledky:

jervin ($C_{27}H_{39}NO_3$) = 100;
 20(S),24(R)-solanidiny = 50;
 α -chaconin = 43;
 α -solanin = 32;
 22(R),25(S)-solanidiny = 32;
 solanidin-N-oxid = 32;
 5- α ,6-dihydrosolanidin = 9
 tomatidin = 0.

Výzkumy toxicity vedly ke stanovení maximálních přípustných limitů obsahu SGA. Limitní hodnota 200 mg.kg^{-1} č.h. byla pro povolené odrůdy brambor zavedena v USA i jinde ve světě (např. v Polsku, Švédsku – tam uvádí příslušné hygienické předpisy [Swedish Food Regulations, 1991] celkové solanidinové glykosidy – 200 mg.kg^{-1} brambor) na základě práce B ö m e r a a M a t t i s e (1924).

V naší republice byl v roce 1997 přijat zákon č. 110 o potravinách a tabákových výrobcích (název zkrácen), jehož účelem bylo stanovit povinnosti podnikatelů při výrobě potravin a tabákových výrobků a jejich uvádění do oběhu a upravit státní dozor nad dodržováním povinností vyplývajících z tohoto zákona. V návaznosti na tento zákon vydalo v témže roce Ministerstvo zdravotnictví vyhlášku č. 298, kterou jsou stanoveny chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky jejich použití aj. V části 20 této vyhlášky, týkající se přirozeně se vyskytujících toxikologicky významných látek a látek vznikajících působením biologických faktorů, jsou uvedeny limity pro GA v bramborách (suma α -solaninu a α -chaconinu) jako „přípustné množství“ – 5/1 – 200 mg v 1 kg hlíz (myšleno neloupaných hlíz). Uvedený požadavek znamená, že z 5 vzorků posuzovaných brambor je u jednoho možno tolerovat hodnotu vyšší, ale pouze o 50 % hodnoty přípustného množství, tj. v tomto případě do 300 mg uvedených GA v 1 kg hlíz.

S ohledem na možnost prudkého nárůstu obsahu GA za nepříznivých podmínek, navrhl National Institute of Agricultural Botany (NIAB) v Cambridgi (U.K.), aby nové odrůdy, které jsou určeny pro lidskou výživu, nepřesahovaly limit $60\text{-}70 \text{ mg.kg}^{-1}$ a byly testovány po několik sezón.

V době, kdy ještě nebyla u nás stanovena maximální přípustná hladina GA, uvedla ve své disertační práci S c h u l z o v á (1992): "... Z toxikologického hlediska je třeba obsah GA snížit hlavně u nových odrůd brambor, kde by neměla hladina GA překročit 100 mg.kg^{-1} brambor". Stejného názoru byly P a n o v s k á et al. (1994).

Pro tehdy tvořený informační a expertní systém AGROKROM (VÚZ Kroměříž s.r.o.), týkající se rovněž bramboru, jsem navrhl devítibodovou stupnici, mj. u syrových hlíz se slupkou podle obsahu celkových GA (tab. III) a publikoval ji (Z r ů s t, 1999). V tomto systému při výskytu jednoho bodu (u kterékoliv hodnocené vlastnosti, znaku či obsahu určité látky – v našem případě obsahu GA) je závěr: tyto odrůdy nepěstovat!!! Dále v této publikaci uvádím, že ani odrůda hodnocená víceletým průměrem třemi body v případě obsahu GA není vhodná pro pěstování ke konzumním účelům, protože úroveň těchto látek kolísá vlivem

mnoha faktorů. Kterýkoliv z faktorů může nepříznivě ovlivnit obsah GA a způsobit překročení jejich přípustného obsahu. V závěru pro pěstitele bramborů v tomto článku mj. uvádím: Do sortimentu pěstovaných odrůd vybírat především odrůdy s nižším (< 80 mg.kg⁻¹ č.h.) až maximálně středním obsahem (80 až 160 mg.kg⁻¹ č.h.) GA se zřetelem na měnící se povětrnostní podmínky dané vegetace.

Tab. III. Rozmezí obsahu GA v devítibodové stupnici (podle Z r ů s t a, 1999)

Obsah GA	v mg.kg ⁻¹ *	Body
Velmi nízký	< 50	9
Nízký	50 – 79	7
Střední	80 – 159	5
Vysoký	160 – 200	3
Velmi vysoký	> 200	1

* syrových hlíz se slupkou

Stále více autorů upozorňuje na možné chronické vlivy o nichž v literatuře není dostatek údajů, zatímco akutní toxicita solaninu je toxikologicky poměrně široce zdokumentována. O chronických účincích při dlouhodobé expozici subakutními dávkami je jen minimum informací, protože obsah GA nezávisí pouze na odrůdě, ale liší se i v závislosti na různých faktorech (viz dále). Spolehlivě bezpečná hladina těchto látek v potravě proto zatím nebyla exaktně určena.

4. 3. GA u planých a kulturních druhů bramboru (rozdíly obsahu SGA v nati a hlízách)

Ve šlechtitelských a výzkumných programech jsou vedle kulturních druhů rodu *Solanum* využívány rovněž plané druhy bramboru, především jako zdroj cenných šlechtitelských vlastností, zejména rezistencí k chorobám a škůdcům. Je obecně známo, že tyto materiály obsahují různé GA často v mnohem vyšší koncentraci, než brambory kulturní (G r e g o r y et al. (1981) a při jejich šlechtitelském využití je reálný přenos na potomstvo (viz dále).

V kolekci genové banky bramboru *in vitro* udržované ve VÚB Havl. Brod je vedena kolekce některých kulturních a planých druhů bramboru. Tento materiál byl namnožen a využit ke sledování obsahu jak solaninu a chaconinu v nati a hlízách, tak v některých případech i k identifikaci dalších neznámých GA (Z r ů s t et al., 2001b). Jednalo se o 5 kulturních druhů a 18 planých druhů bramboru. Pokusný materiál byl vypěstován ve skleníku v letech 1997 a 1998. Nať byla hodnocena na zmrazených vzorcích odebraných v měsíci červenci, hlízy pak během skladování. Při řešení této problematiky se úzce spolupracovalo s VŠChT Praha, zejména s Ústavem konzervace potravin a technologie masa (doc. Kvasnička, doc. Voldřich). Na začátku spolupráce pro nás pracovníci tohoto ústavu identifikovali aglykony v nati kulturních druhů rodu *Solanum* - tab. IV.

Tab. IV. Obsah identifikovaných aglykonů v mg.100 g⁻¹ č. h. natě v kulturních druzích rodu *Solanum*. Sklizeň v r. 1996

Druh rodu <i>Solanum</i>	solanidin	solasodin	tomatidin
<i>Solanum phureja</i> (Criolla Negra)	< 1	2,8	1,3
<i>Solanum chaucha</i> K 1010	< 1	< 1	< 1
<i>Solanum andigenum</i> 701 171	7,4	2,5	11,3
<i>Solanum goniocalyx</i> 701 803	15,8	5,1	< 1
<i>Solanum stenotomum</i> 89 305	52,0	< 1	< 1

Vzorky natě byly analyzovány plynovou chromatografií. V dalších dvou letech již byla pro stanovení obsahu GA stejných 5 kulturních druhů rodu *Solanum* použita metoda HPLC. U jednotlivých druhů se obdržely odlišné výsledky - viz tab. V. V těchto letech byl zjištěn obsah GA i v nati 18 planých druhů rodu *Solanum* (tab. VI.). V případě obou těchto souborů (tab. V a VI) existují značné rozdíly v obsahu GA natě mezi jednotlivými kulturními i planými druhy bramboru. U většiny druhů se hodnoty pohybovaly na úrovni nižšího až středního obsahu GA. Jak je zřejmé z tab. VI, byly v případě hodnoceného souboru 18 planých druhů zaznamenány velmi výrazné mezidruhové rozdíly, neboť 10 hodnocených druhů vykazovalo hodnoty pouze do 50 mg.kg⁻¹ č.h., naproti tomu 4 druhy hodnoty nad 200, jeden z nich dokonce nad 400 mg.kg⁻¹ č.h.

V hlízách kulturních druhů mají nejnižší obsahy druhy *S. andigenum*, *S. goniocalyx* a *S. phureja*, představované v tomto případě primitivními odrůdami (tab. VII). Je zde zřejmé, že proběhl u těchto materiálů již jistý pozitivní výběr a domestikace v místě původu (Jižní Amerika).

Plané druhy bramboru se při hodnocení hlíz projevují velice výraznými rozdíly a až extrémně vysokými hodnotami GA. U více než poloviny druhů je obsah GA nad 160 mg.kg⁻¹ č.h., ale vyskytly se i druhy s obsahem nad 500 až 900 mg.kg⁻¹ č.h. (tab. VIII). Pokud takovéto materiály jsou použity jako donory např. rezistencí, je pravděpodobné, že i po několikanásobném zpětném křížení mohou být obsahy GA v hybridech stále vysoké!!!

Výsledky měření také ukázaly na rozdílné hodnoty v obsahu GA v nati a hlízách, přičemž obsah GA v hlízách byl vyšší, dvakrát i vícekrát, než v nati. Tento nesoulad oproti známým údajům v literatuře byl zřejmě způsoben velkou drobnohlízostí hodnoceného materiálu a krátkou dormancí planých hlíz, které velmi časně raší a současně dochází ke změně v obsahu sušiny.

Tab. V. Obsah GA v mg.kg⁻¹ v nati kulturních druhů *Solanum*. Průměr let 1997-1998.

ruh rodu <i>Solanum</i>	α-chaconin		α-solanin		celkem GA	
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
<i>Solanum phureja</i> (Criolla Negra)	43,35	60,60	13,15	17,89	56,50	78,49
<i>Solanum chaucha</i> K 1010	54,60	57,84	15,10	15,56	69,70	73,40
<i>Solanum andigenum</i> 701 171	121,10	39,31	46,05	41,51	167,15	2,19
<i>Solanum goniocalyx</i> 701 803	12,60	16,55	5,45	7,14	18,05	23,69
<i>Solanum stenotomum</i> 89 305	68,90	92,06	22,35	29,49	91,25	121,55

Tab. VI. Obsah GA v mg.kg⁻¹ v nati planých druhů rodu *Solanum*. Průměr let 1997-1998.

Druh rodu <i>Solanum</i>	α-chaconin		α-solanin		celkem GA	
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
<i>Solanum acaule</i> 18 289	1,25	1,34	18,15	24,96	19,40	26,30
<i>Solanum berthaultii</i> 28 033	1,80	1,41	0,70	0,00	2,50	1,41
<i>S. bulbocastanum</i> 8 003	10,55	8,13	3,55	1,34	14,10	6,79
<i>Solanum gourlayi</i> 24 698	10,30	13,01	14,30	18,81	24,60	31,82
<i>Solanum chacoense</i> 21 236	239,20	301,65	140,70	174,09	379,90	475,74
<i>S. incamayoense</i> 16 903	19,00	16,55	15,70	10,46	34,70	27,01
<i>Solanum leptophyes</i> 18 301	8,30	7,21	2,15	1,06	10,45	8,27
<i>S. microdontum</i> 7 197	21,75	11,24	8,40	0,56	30,15	10,68
<i>S. mochiquense</i> 32 672	10,50	3,11	3,20	3,53	13,70	0,42
<i>S. pinnatisectum</i> 8 166	0,30	0,28	78,75	99,63	79,05	99,35
<i>S. polyadenium</i> 7 204	117,55	93,55	39,20	32,67	156,75	126,22
<i>Solanum polytrichon</i> 8 184	80,65	25,10	56,00	13,01	136,65	38,11
<i>Solanum sparsipilum</i> 8 206	175,20	60,67	77,70	14,71	252,90	75,38
<i>Solanum spagazzinii</i> 15 458	195,70	164,33	130,60	114,27	326,30	278,60
<i>S. stoloniferum</i> 7 230	390,95	201,03	21,80	25,45	412,75	226,48
<i>Solanum sucrense</i> 27 383	158,45	148,28	16,30	9,33	174,75	138,95
<i>Solanum vernei</i> 24 732	3,55	0,21	1,30	0,99	4,85	1,20
<i>S. yungasense</i> 55 214	12,95	5,30	2,35	1,06	15,30	6,36

V dalších dvou tabulkách (VII. a VIII.) jsou zaznamenány výsledky obsahu GA v hlízách.

Tab. VII. Obsah GA v mg.kg⁻¹ v hlízách kulturních druhů *Solanum*. Průměr let 1997-1998.

Druh rodu <i>Solanum</i>	α-chaconin		α-solanin		celkem GA	
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
<i>Solanum phureja</i> (Criolla Negra)	76,70	60,39	74,25	93,83	150,95	154,22
<i>Solanum chaucha</i> K 1010	163,30	47,66	114,50	36,91	277,80	10,75
<i>Solanum andigenum</i> 701 171	46,05	60,46	44,00	57,70	90,05	118,16
<i>Solanum goniocalyx</i> 701 803	81,20	10,18	48,95	2,47	130,15	7,71
<i>Solanum stenotomum</i> 89 305	115,50	8,62	68,40	2,40	183,90	6,22

Tab. VIII. Obsah GA v mg.kg⁻¹ v hlízách planých druhů rodu *Solanum*. Průměr let 1997-1998.

Druh rodu <i>Solanum</i>	α-chaconin		α-solanin		celkem GA	
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
<i>Solanum acaule</i> 18 289	20,80	28,00	12,55	14,07	33,35	42,07
<i>Solanum berthaultii</i> 28 033	149,95	210,51	306,20	430,06	456,15	640,57
<i>S. bulbocastanum</i> 8 003	28,70	39,31	19,95	25,95	48,65	65,26
<i>Solanum gourlayi</i> 24 698	535,35	55,22	363,00	45,96	898,35	101,19
<i>Solanum chacoense</i> 21 236	442,70	480,97	406,00	441,80	848,70	922,77
<i>S. incamayoense</i> 16 903	99,05	117,73	54,05	51,69	153,10	169,42
<i>Solanum leptophyes</i> 18 301	35,40	49,07	31,55	43,91	66,95	92,91
<i>S. microdontum</i> 7 197	1,35	0,07	2,85	2,62	4,20	2,69
<i>S. mochiquense</i> 32 672	1,45	0,07	0,85	0,07	2,30	0,00
<i>S. pinnatisectum</i> 8 166	41,55	57,20	154,90	211,99	196,45	269,19

<i>S. polyadenium</i> 7 204	504,10	26,44	276,05	174,16	780,15	200,60
<i>Solanum polytrichon</i> 8 184	334,35	97,79	193,85	164,83	528,20	262,62
<i>Solanum sparsipilum</i> 8 206	416,80	553,52	501,50	670,90	918,30	1224,42
<i>Solanum spegazzinii</i> 15 458	86,50	98,43	97,90	82,16	184,40	180,59
<i>S. stoloniferum</i> 7 230	153,25	214,32	89,35	120,28	242,60	334,60
<i>Solanum sucrense</i> 27 383	103,35	97,51	45,75	39,67	149,10	137,18
<i>Solanum vernei</i> 24 732	242,30	326,68	125,05	167,51	367,35	494,19
<i>S. yungasense</i> 55 214	262,80	151,74	67,95	38,54	330,75	190,28

Z výsledků roku 1997 byl spočítán vztah mezi obsahem GA v nati a hlízách. Nepodařilo se mezi nimi prokázat lineární vztah.

V některých planých druzích bramboru, na rozdíl od kulturních druhů, tvoří minoritní SGA (část z nich uvedena v přehledu v tab. I.) podstatnou část celkových GA. Mezi minoritní SGA patří (v textu uveden glykosid, v závorce aglykon + sacharidická část):

- ✓ Commersonin (demissidin+commertetraosa)
- ✓ Dehydrocommersonin (solanidine+ commertetraosa)
- ✓ Demissin (demissidin+lycotetraosa)
- ✓ Leptin I a II (acetylleptinidin+chacotriosa (I) nebo solatriosa (II))
- ✓ Leptinin I a II (leptinidin+chacotriosa (I) nebo solatriosa (II))
- ✓ Solamarine (α -, β -) (tomatidenol+ solatriosa (α) nebo chacotriosa (β))
- ✓ Tomatin (tomatidin + lycotetraosa)
- ✓ Sisunin (tomatidin + commertetraosa)
- ✓ Solasonin, solamargin (solasodin+ solatriosa, chacotriosa)

Jejich obsah je dědičný (viz další kapitulu), případně je ovlivněn domestikací. Některé druhy bramboru vykazují anomální profil GA, který vzniká pravděpodobně vlivem hybridizace. Variabilita v celkovém obsahu GA se zvyšuje zásahem člověka a v průběhu domestikačního procesu dochází ke snižování hladin glykoalkaloidů T i m o t h y, O s m a n (1986).

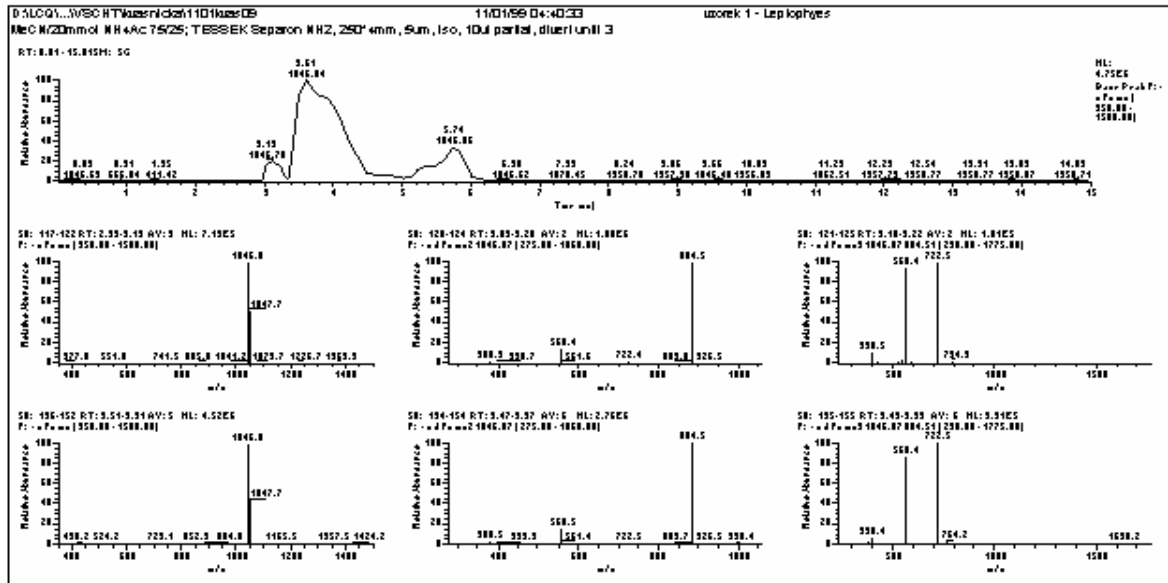
Přehled o chemii, toxikologii a výskytu SGA u planých druhů i s ohledem na genetickou fixaci podal G e l d e r (1990). Ve stejném roce publikovali práci T i m o t h y, A l o n s o (1990), kteří zkoumali celkový obsah GA ve 42 odběrech ze 13 druhů planých brambor. Celkový obsah GA v hlízách se lišil od 24 do 164 mg.100 g⁻¹. Jedná se o velmi vysoké obsahy GA. (Při udávání obsahu je vždy třeba dát pozor na jaké množství a na co se vztahuje – zda na č.h. nebo sušinu!). Pouze u druhů *Solanum cardio-phyllum* a *Solanum ehrenberdii* byl obsah GA minimální. Ve většině vzorků byl téměř ze 100 % přítomen pouze aglykon solanidin a nalezeny hlavní GA (α -solanin a α -chaconin).

SGA v planých druzích bramboru se u nás zabývali K v a s n i č k a et al. (2000). U vybraných vzorků dvou planých druhů (*Solanum leptophyes* a *Solanum spegazzini*) provedli identifikaci neznámých látek s retenčním časem odlišným od α -chaconinu a α -solaninu pomocí HPLC-MS analýzy. Na obr. 4 a 5 jsou jejich MS záznamy. Jedná se o dvě látky u druhu *S. leptophyes* eluované mezi α -chaconinem a α -solaninem; u druhu *S. spegazzini* 15458 jde o jednu látku eluovanou za α -solaninem). Tato látka byla nalezena ve větším množství také u druhu *S. yungasense*.

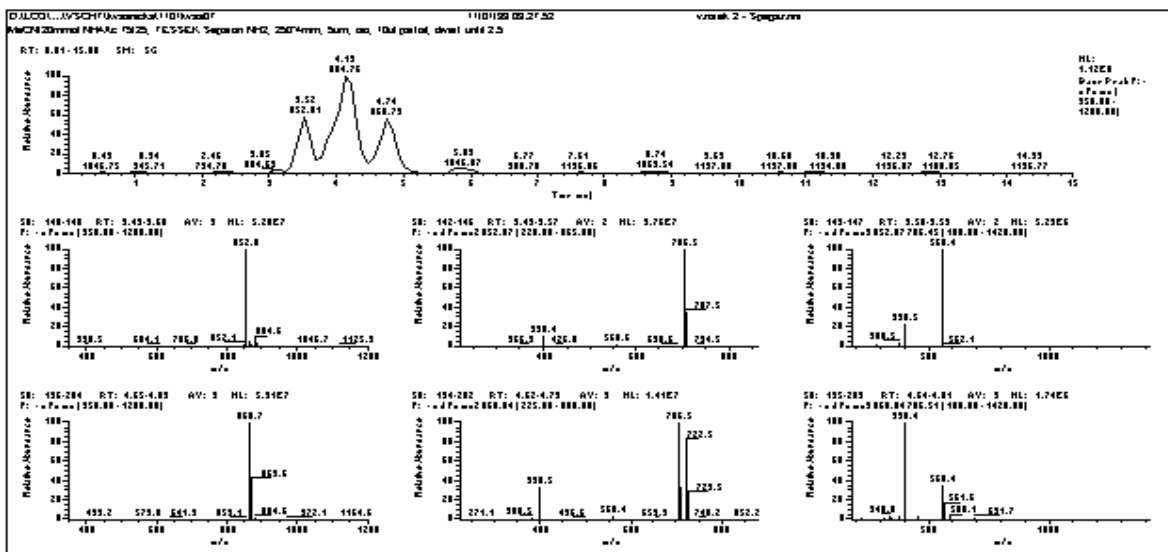
Tyto látky byly pozorovány také u jiných vzorků avšak na řádově nižší koncentraci. U výše jmenovaných třech planých odrůd jsou hladiny neznámých látek ve stovkách mg.kg⁻¹ (na základě kalibrace α -chaconinu a α -solaninu).

Na obrázcích 6 a 7 jsou uvedeny chromatogramy extraktů studovaných druhů. Podmínky analýz byly shodné s těmi, které jsou uvedeny v práci K v a s n i č k a et al. (1994).

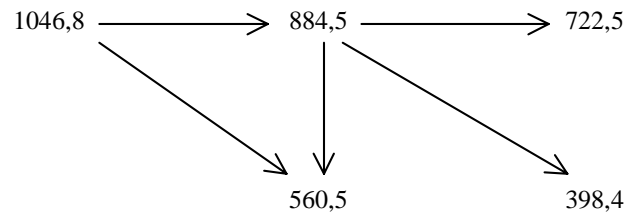
Obr. 4 – Hmotnostní spektrum neznámých látek vzorku *S. leptophyes* 18 301



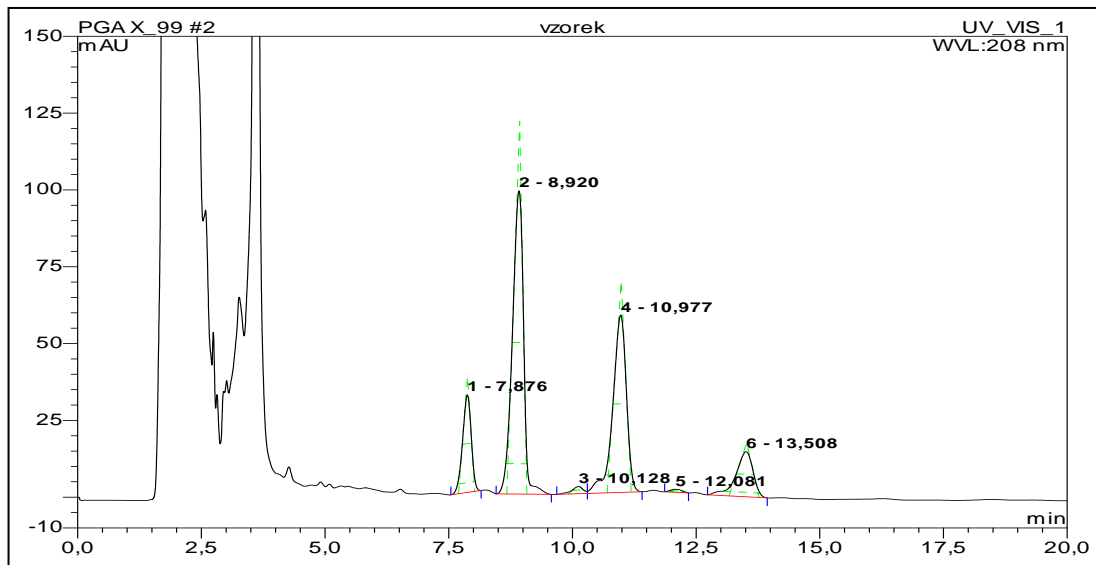
Obr. 5 – Hmotnostní spektrum neznámých látek vzorku *S. spgazzinii* 15 458



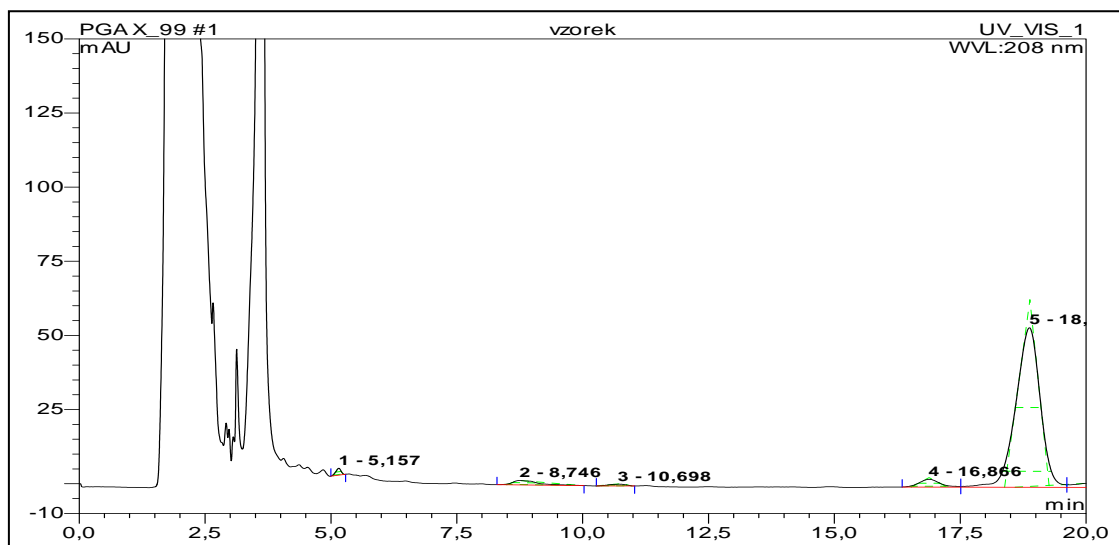
Neznámé látky nalezené v *S. leptophyes* byly identifikovány jako glykoalkaloidy složené ze solanidinu a tetrasacharidu o molekulové hmotnosti 1046,8 s následujícím identickým rozpadem.



Obr. 6 - Chromatogram extraktu *Solanum leptophyes*



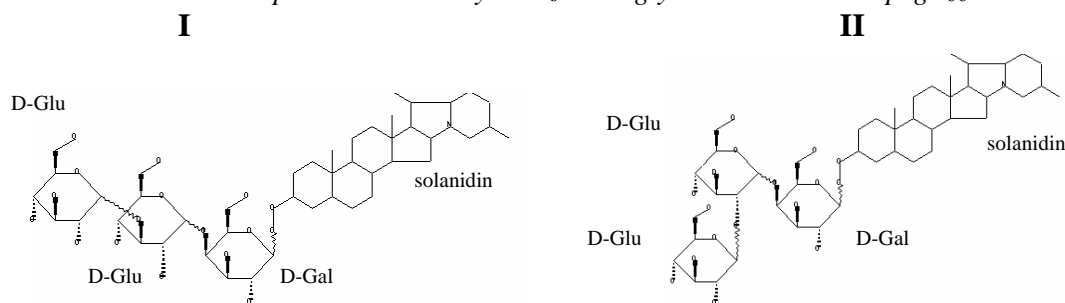
Obr. 7 - Chromatogram extraktu *Solanum spigazzinii*



Podle složení a molekulové hmotnosti odpovídá tato látka dehydrocommersoninu, což je ve shodě s literárními údaji. Jedná se však o 4 látky lišící se retenčním časem a vzhledem k použitému principu chromatografické separace (kolona s vázanými aminopropylovými skupinami) by toto naznačovalo na látky lišící se v sacharidické složce. Jedno z možných vysvětlení je to, že se jedná o látky lišící se glykosidickými vazbami mezi sacharidy (1x galaktosa a 3x glukosa). Tato odrůda obsahuje velmi nízkou hladinu α -chaconinu a α -solaninu (~jednotky mg/kg), avšak výše uvedené identifikované glykoalkaloidy odpovídají koncentraci 700 mg/kg (počítáno na α -chaconin).

Majoritní látka (nalezená v *S. spegazzinii*) byla identifikována jako vícenásobně nabitá molekula (10 až 20 nábojů) s molekulovou hmotností 10 až 20 000, což se neztotožňuje s žádným známým glykoalkaloidem. Její obsah je na základě kalibrace α -chaconinu 1100 mg/kg. U tohoto druhu byly identifikovány dvě látky na hladině asi 30 mg/kg (počítáno na α -chaconin). Prvá z nich byla identifikována jako dehydrocommersonin a druhá jako látka od něho odvozená lišící se tím, že má namísto tetrasacharidu (commertetraosa) vázaný trisacharid (D-Gal - 1-4 β -D-Glc-1-3 β -D-Glc nebo D-Gal - 1-4 β -D-Glc-1-2 β -D-Glc). Pravděpodobně jde o analogii α - a β_1 - a β_2 -tomatinu. V dostupné literatuře autorům nebyla tato látka popsána. Možné struktury nalezené látky jsou uvedeny na obrázku 8.

Obr. 8 – Pravděpodobné struktury nalezeného glykoalkaloidu u *S. spegazzinii*



Autoři uzavírají, že pro potvrzení těchto nálezů bude nutné LC-MS analýzy opakovat za HPLC podmínek (nalezení vhodné mobilní fáze bez anorganických solí) umožňujících lepší rozlišení jednotlivých GA.

4. 4. Faktory ovlivňující obsah SGA v hlízách

Obsah GA v rostlinách bramboru je více či méně ovlivněn stanovištěm, ročníkem (podmínkami růstu), odrůdou, (vliv původu byl rozebrán v minulé kapitole), vývinem trsu během vegetace. U hlíz k těmto faktorům přistupuje kromě vývinu hlíz (až do fyziologické zralosti), případné mechanické poškození, intenzita a složení záření, podmínky skladování (především teplota).

Jak jsme zjistili v našich pokusech bylo stanoviště nejvýznamnějším faktorem podílejícím se vysoce průkazně na obsahu α -chaconinu a α -solaninu v hlízách (Přichystalová–Fialková et al., 1999). Již Sinden a Webb (1974), kteří publikovali výsledky s šesti odrůdami na 39 lokalitách v USA, zjistili velmi průkazné rozdíly mezi stanovišti v obsahu SGA. Maximální rozdíl našli mezi stanovištěm Beltsville ve státě Maryland (7,3 mg.100 g⁻¹ č. h.) a Parmou ve státě Idaho (20,5 mg.kg⁻¹).

Rovněž ročník, konkrétně podmínky pro růst rostlin, se projevil v našich pokusech Přichystalová–Fialková et al. (1999) výrazněji než vliv odrůdy, což potvrdilo mé předcházející zjištění (Z r ů s t, 1997) i naše poznatky z pokusu jehož řešení probíhalo v letech 1996 až 2000 (Z r ů s t et al. 2001b). V hodnoceném tříletém období (1994 – 96) (předposlední zmíněná práce) se vysoce průkazně odlišila obsahem GA vegetace roku 1994 od obou let následujících. Teoretické zdůvodnění vysokých obsahů GA v tomto roce zahrnuje kromě stresu sucha i vysoké teploty a nadprůměrnou délku slunečního svitu ve vegetaci a tvoří v interakci s odrůdami předpoklad pro kumulaci těchto látek v hlízách. Jde zřejmě o odrůdově specifické interakce odrůd s prostředím, které jsou často geneticky fixované. Samotný stres sucha nepůsobí jednoznačně. Lze to dokumentovat na publikovaných poznacích (R o s s et al., 1978). Citovaní autoři nezaznamenali v pokusu s pěti odrůdami stejnou reakci na stres působený suchem v letech 1975 a 1976. Rovněž i v jejich pokusu s možností závlahy byla u deseti odrůd zaznamenána rozdílná reakce v obsahu GA na sucho. U většiny odrůd zařazených v pokusu naměřili vyšší koncentrace GA o 43 až 50 % po působení stresu sucha také B e j a r a n o et al., (2000). Další podrobné výsledky o vlivu ročníku jsou uvedeny v příští kapitole.

Velmi významný je vliv odrůdy. V literatuře je většinou kladen na první místo. Hladiny GA jsou odrůdově specifické a mohou se značně lišit u různých odrůd. Hodnoty mezi 10 a 650 mg.kg⁻¹ zmiňují ve svých pracích např. Cronk et al. (1974), Verbist a Monnet (1979), D a v i e s, B l i n c o w (1984). Značné rozdíly obsahů solanidinových glykosidů v důsledku genetické variability mohou být také způsobeny i rozdílnými podmínkami prostředí, pěstováním na rozdílných stanovištích, nebo v různých letech (jak bylo výše zmíněno), dokládají to např. S a n f o r d a S i n d e n (1972), S i n d e n a W e b b (1974), P a r n e l l et al. (1984), G e l d e r a D e l l a e r t (1988). G e l d e r (1989) studiem prací citujících výsledky stanovení obsahu SGA v 521 vzorcích brambor různých odrůd pěstovaných v Austrálii, Anglii, Indii, Nizozemsku, Novém Zélandu, Skotsku a Spojených státech (vyloučeny byly šlechtěné klony a odrůda Lenape – viz další kapitola) zjistil, že nejčastěji uváděné obsahy alkaloidů se pohybují okolo 50 a 60 mg.kg⁻¹ č. h., častý výskyt měly i obsahy 40, 70 až 90 mg.kg⁻¹ č.h. (obr. 9).

Výskyt GA v odrůdách bramboru pěstovaných v ČR sledovaly P a n o v s k á et al. (1994). Soubor testovaných vzorků v r. 1993 obsahoval 19 odrůd zapsaných do Listiny povolených odrůd tehdejší ČSFR a 18 odrůd a kříženců, které byly ve stadiu odrůdových zkoušek. V daném souboru byly zastoupeny jak odrůdy konzumní, tak odrůdy průmyslové. Obsahy celkových GA ležely v rozmezí od 21 do 126 mg.kg⁻¹. Nejvyšší koncentrace vykázal Oreb (odrůda průmyslová s vysokým obsahem škrobu). U ostatních povolených průmyslových odrůd ležely koncentrace v mezích od 43 do 83 mg.kg⁻¹. Většina povolených konzumních odrůd obsahovala méně než 60 mg.kg⁻¹. Vyšší koncentrace byly nalezeny v odr. Krystala (101,2) a Radka (83,1 mg.kg⁻¹). Poměr mezi obsahem solaninu a chaconinu ležel v intervalu 1,2 až 2,7, což odpovídá většině literárních údajů. K obdobným závěrům dospěl ve své disertační práci H e l l e n ä s (1994), u raných odrůd H e l l e n ä s et al. (1995) a Z r ů s t et al. (1999). Mezi třemi odrůdami jsem zjistil průkazné až vysoce průkazné rozdíly v průměru 3 let, když jsem sledoval obsah GA ovlivněný pěstitelskými a mechanickým poškozením (Z r ů s t, 1997). V další práci jsme (Z r ů s t et al., 2000a) zakládali polní pokusy s cílem prokázat rozdíly v obsahu SGA u jednotlivých skupin domácích odrůd v porovnání se zahraničními odrůdami. Do těchto pokusů v letech 1996 až 1998 jsme zařadili 34 českých a 48 zahraničních odrůd. Odrůdy byly rozříděny podle délky vegetační doby. U českých odrůd byly v syrových hlízách se slupkou zjištěny vyšší obsahy SGA u skupiny odrůd velmi raných o 24 % a polopozdních až pozdních o 55 % oproti

zahraničním odrůdám. U celého sortimentu sledovaných domácích i zahraničních odrůd se projevila tendence k vyšším hodnotám SGA vlivem vodního stresu a vyšších teplot, což jsme zaznamenali již v minulých pokusech (Z r ů s t, 1997). Vzájemný poměr obsahu α -solaninu a α -chaconinu v syrových hlízách se slupkou u souboru českých odrůd byl 1:1,45, u souboru zahraničních odrůd 1:1,64.

Obr. 9. Četnost zastoupení uváděných obsahů SGA v 521 vzorcích bramboru z celého světa (podle Geldera, 1989)

Převzato z: Gelder, W. M. J. van (1990)

Konkrétní výsledky získané u jednotlivých odrůd (tab. IX) jsme z těchto pokusů publikovali v další práci (Z r ů s t et al., 2000b). Odrůdy seřazené podle skupin ranosti, tříděné na domácí a zahraniční s bodovým ohodnocením podle průměrného obsahu α -chaconinu + α -solaninu za tři roky jsou řazeny od nejmenšího (9 bodů) po největší obsah (až 1 bod). Pro stanovení hodnot bodů uvedených v závorce se započítával rozptyl hodnot zaznamenaných během tří let. Znamená to, že je v těchto bodech ohodnocena dosažená maximální hodnota z tohoto období (nejhorší výsledek). V případě bodového ohodnocení shodného u více odrůd jsou tyto řazeny od nižšího k vyššímu průměrnému obsahu GA s ohledem na směrodatnou odchylku. Použité bodové hodnocení jsme převzali z návrhu Z r ů s t a (1999) jak již bylo dříve zmíněno – viz tab. III.

V našich pokusech se potvrdily zahraniční poznatky, že úroveň GA byla významně závislá nejenom na stanovišti, ročníku a odrůdě, ale rovněž byla významná interakce *odrůda x stanoviště* a *odrůda x ročník*. Přes významnost zmíněných interakcí zůstává rozmezí obsahu GA v genotypech odrůdově specifické.

Jaká doporučení z těchto výsledků vyplynula? Je třeba předeslat, že v několika státech musely být odrůdy s koncentracemi přes 200 mg.kg^{-1} z Listin povolených odrůd (National List) vyřazeny – bude blíže rozebráno v další kapitole. Z uvedených výsledků v tab. IX je zřejmé, že i v našem sortimentu registrovaných odrůd, zapsaných ve Státní odrůdové knize, se vyskytuje několik odrůd, převyšujících dokonce ve víceletém průměru toto přípustné množství. V případě odrůd určených k výrobě škrobu lze vysoký obsah GA podle našeho mínění pravděpodobně tolerovat. Při zpracování hlíz se totiž velká část GA odstraní v průběhu technologického procesu (viz dále). Konkrétně obsah GA ve škrobu jsme v tomto projektu nesledovali. V závěru článku jsme uvedli, že by bylo vhodné, aby odbor odrůdového zkušebnictví ÚKZÚZ zvážil sledování obsahu GA u zkoušených konzumních odrůd a poznatky případně využil při jejich registraci.

Toxická povaha různých GA potvrzuje významnost potřeby hodnocení jejich počátečního obsahu u rodičovského materiálu i v rámci šlechtitelského programu, zejména pokud se využívá planých druhů bramboru jako zdroje žádané charakteristiky. Podrobnosti jsou uvedeny v následující kapitole.

Tab. IX. Obsah SGA v mg.kg⁻¹ č.h. v syrových hlízách se slupkou. Průměr 3 let (1996-98)

Odrůda	α-chaconin		α-solanin		Celkem GA		Body
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Velmi rané – domácí							
Karmela*	37,28	11,76	18,64	0,76	55,92	12,52	7 (7)
Koruna	39,02	16,32	29,73	15,29	68,75	31,61	7 (5)
Krystala	42,04	28,65	29,88	30,67	71,92	59,10	7 (5)
Vera	44,61	22,49	40,55	21,53	85,16	41,93	5 (5)
Krasa	69,75	57,23	50,78	33,76	120,53	90,90	5 (1)
Velmi rané – zahraniční							
Rosara	18,63	5,41	9,69	4,28	28,32	5,17	9 (9)
Minerva+	31,28	19,74	16,96	5,47	48,78	24,78	9 (7)
Adora	36,29	13,50	22,42	12,23	58,71	25,68	7 (5)
Berber	39,40	25,99	24,43	16,63	63,83	41,96	7 (5)
Fresco	43,13	35,20	28,07	19,78	71,20	54,86	7 (5)
Impala	57,25	51,89	20,83	11,62	78,08	63,29	7 (5)
Accent	65,90	35,50	33,77	20,63	99,67	56,12	5 (5)
Ukama	65,83	41,75	48,35	33,47	114,18	75,17	5 (3)
Rané domácí							
Veronika+	12,22	1,12	7,89	2,71	20,11	3,83	9 (9)
Vilma	28,72	16,07	15,14	6,99	43,86	22,82	9 (7)
Kobra	31,52	3,83	19,43	6,90	50,95	9,03	7 (7)
Tegal	33,54	24,72	18,67	17,64	52,21	42,23	7 (5)
Vaneda	41,43	30,12	23,16	11,13	64,59	41,20	7 (5)
Kreta	44,72	17,20	36,65	17,26	81,37	2987	5 (5)
Karin	54,09	29,01	25,98	13,73	80,07	4096	5 (5)
Klera	58,55	29,16	56,50	33,81	115,05	62,96	5 (3)
Korneta	64,05	59,40	45,71	54,51	109,76	113,90	5 (1)
Rané - zahraniční							
Dali+	12,25	6,12	8,19	4,86	20,44	10,98	9 (9)
Felsina+	18,58	7,42	7,87	3,04	26,45	10,17	9 (9)
Fambo*	20,86	5,34	10,09	2,37	30,95	7,71	9 (9)
Marabel*	16,67	11,20	9,07	5,38	25,74	16,58	9 (9)
Liseta	29,50	3,92	15,49	3,05	44,99	0,95	9 (9)
Karlena+	21,22	18,51	10,67	9,01	31,89	27,51	9 (7)
Arnika	27,68	21,31	11,41	8,23	39,09	29,49	9 (7)
Monalisa	26,12	24,24	13,05	8,89	39,17	32,00	9 (7)
Cinja	27,47	28,90	10,28	6,03	37,75	34,77	9 (7)
Tomansa	34,72	11,53	18,50	4,76	53,22	6,98	7 (7)
Provita	33,30	9,76	19,15	7,84	52,45	17,19	7 (7)
Anosta	45,56	29,45	17,11	11,01	62,67	32,87	7 (5)
Albina	46,36	23,77	29,97	21,66	76,33	45,39	7 (5)
Donald	60,36	32,45	33,75	13,39	94,11	23,70	5 (5)
Livera	78,45	41,08	26,90	21,78	105,35	51,07	5 (5)
Secura	61,82	41,81	70,93	58,59	132,75	100,28	5 (1)
Miriam	102,95	68,69	68,95	62,83	171,90	125,07	3 (1)

Odrůda	α -chaconin		α -solanin		Celkem GA		Body
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Polorané - domácí							
Vladan*	20,13	9,54	14,79	5,66	34,92	15,20	9 (7)
Krista	28,41	4,23	15,88	8,36	44,29	8,31	9 (7)
Tara	41,47	16,41	25,44	9,99	66,91	26,02	7 (5)
Keřkovské rohl.	54,97	19,42	28,97	15,83	83,94	34,84	5 (5)
Korela	100,53	63,08	95,70	74,70	196,23	137,06	3 (1)
Polorané zahraniční							
Quarta	19,57	13,25	8,70	4,42	28,27	17,32	9 (9)
Lenka	22,79	14,82	18,07	12,36	40,86	27,18	9 (7)
Solara	30,46	26,32	24,40	27,45	54,86	53,75	7 (5)
Agria	39,77	12,21	38,76	24,05	78,53	35,54	7 (5)
Granola	51,02	34,63	23,28	15,73	74,30	47,08	7 (5)
Remarka+	38,04	48,70	27,50	34,46	65,54	83,15	7 (5)
Folva	65,34	33,75	27,26	12,74	92,60	44,40	5 (5)
Rosella	62,81	47,83	31,01	14,22	93,82	52,67	5 (5)
Santé	53,71	31,75	38,28	29,89	91,99	59,02	5 (5)
Bettina	57,18	36,97	51,84	41,18	109,02	78,09	5 (3)
Bolesta+	53,16	47,06	48,91	51,58	102,07	98,62	5 (1)
Vital	131,54	50,21	110,78	57,85	242,32	106,76	1 (1)
Polopozdní až pozdní – domácí							
Krumlov*	20,28	5,54	8,28	0,64	28,56	4,81	9 (9)
Borka	27,31	17,58	16,53	8,75	43,84	26,15	9 (7)
Boubím	36,00	22,24	14,08	10,56	50,08	32,80	7 (5)
Ornella	46,94	26,19	24,31	9,35	71,25	35,32	7 (5)
Javor	80,98	30,42	67,10	30,31	148,08	57,99	5 (1)
Tábor	89,16	25,22	83,18	24,66	172,34	49,67	3 (1)
Pacov	125,73	55,73	93,17	69,08	218,90	123,06	1 (1)
Amylex	178,58	67,16	108,02	38,59	286,60	105,49	1 (1)
Polopozdní až pozdní – zahraniční							
Producent+	14,52	4,09	9,45	2,37	23,97	6,45	9 (9)
Symfonia+	20,77	0,38	9,24	2,30	30,01	2,64	9 (9)
Signal*	19,46	3,87	12,64	0,01	32,10	3,87	9 (9)
Marena*	16,16	11,89	9,87	4,72	26,03	16,61	9 (9)
Disco	18,23	9,48	13,23	8,94	31,46	18,34	9 (9)
Désirée	26,66	13,20	16,25	9,08	42,91	21,44	9 (7)
Saturna	26,31	12,76	18,27	8,70	44,58	21,04	9 (7)
Van Gogh	27,99	17,33	17,22	12,05	42,21	29,29	9 (7)
Bionta+	33,07	11,35	17,35	4,31	50,42	14,78	7 (7)
Nicola	40,10	20,33	15,22	11,89	55,32	31,93	7 (5)
Raja+	37,87	16,12	24,68	16,50	62,55	32,39	7 (5)
Mondial	51,48	30,51	27,86	14,62	79,34	36,45	7 (5)
Morene+	56,62	28,45	29,40	12,46	86,02	40,75	5 (5)
Panda	60,60	30,52	36,25	23,16	96,85	53,59	5 (5)
Asterix	65,64	43,49	31,25	22,62	96,89	66,14	5 (3)
Lady Rosetta	71,13	42,26	54,42	33,38	125,55	75,61	5 (1)
Merkur*	71,86	23,39	75,88	31,30	147,74	54,69	5 (1)

Vysvětlivky: \bar{x} – průměr; s_x – směrodatná odchylka; + – průměr z let 1997-99;

* – průměr dvou let 1998-99

Získané výsledky z této naší práce jsme využili ke zhodnocení vlivu genotypu na schopnost syntetizovat SGA. V r. 1966 se zjištěné hodnoty pohybovaly v rozmezí od 28,27 mg.kg⁻¹ č.h. do 349,94 mg.kg⁻¹ č. h., v r. 1997 byl rozdíl mezi odrůdami ještě výraznější (od 18,91 do 426,52 mg.kg⁻¹ č.h.). Nejnižší maximální rozdíl v obsahu GA mezi odrůdami byl stanoven v r. 1998, kdy minimální zjištěná hodnota byla 11,21 mg.kg⁻¹ č.h. a maximální obsah byl 189,25 mg.kg⁻¹ č.h. Uvedené hodnoty ukazují na poměrně značné rozdíly v obsahu GA mezi testovanými odrůdami, z čehož vyplývá, že dosahovaná hladina GA je ve velké míře odrůdově závislá. Shrnutí těchto údajů je v tab. X, kde je rovněž upozorněno na odrůdy s vysokým až velmi vysokým obsahem GA podchycené v hodnoceném souboru v jednotlivých letech. Roky 1996 a 1997 byly za vegetace klimaticky dosti podobné (průměrná teplota za měsíce červen až srpen: 16,45, resp. 17,73 °C, dešťové srážky v tomto období 237,8, resp. 299,6 mm, délka slunečního svitu 578, resp 584 h) a také průměrné obsahy GA v hodnocených souborech odrůd jsou v těchto letech obdobné (106,50 a 107,55 mg/kg č.h.). Rok 1998 byl v porovnání s předcházejícími lety v měsících červen až srpen teplotně nejchladnějším (15,95 °C) srážkově nejbohatším, vysoko nad dlouhodobým normálem (352,2 mm), s nejkratším slunečním svitem (508,5 h) a průměrný obsah GA dosahoval pouze 43,39 mg.kg⁻¹ č.h. Toto zjištění souhlasí s poznatky autorů, kteří publikovali výsledky o švédské odrůdě Magnum Bonum (H e l l e n ä s et al., 1995), u níž byly nečekaně nalezeny toxické hladiny GA α -solaninu a α -chaconinu. 66 % vzorků vysoce překročilo současně povolený maximální reziduální limit ve Švédsku 200 mg.kg⁻¹, 8 % mělo přes 400 mg.kg⁻¹. Tito autoři se domnívají, že k příležitostnému navýšení GA přispělo neobvykle chladné a deštivé počasí během poslední části vegetace v r. 1986. Toto konstatování však odporuje našim zjištěním v předchozím pokusu (Z r ů s t, 1997).

Tab. X. Průměry a rozmezí obsahu GA v mg.kg⁻¹ u 82 odrůd bramboru hodnocených v letech 1996-1998 a zjištěné odrůdy s vysokým až velmi vysokým obsahem GA.

Rok	x	Rozmezí	Odrůdy s obsahem GA > než 160 mg.kg ⁻¹
1996	106,50	28,27 - 349,94	Kora, Krasa, Ukama, Accent, Klera, Tempora, Miriam, Bettina, Calla, Vital, Javor, Amylex, Pacov
1997	107,55	18,91 - 426,52	Kornela, Tempora, Miriam, Secura, Korela, Svatava, Calla, Vital, Javor, Amylex, Pacov, Tábor, Lukava, Asterix, Lady Rosetta
1998	43,93	11,21 - 189,25	Amylex, Tábor

Shodně je mezi odrůdami s vysokým až velmi vysokým obsahem GA (tab. X) zařazeno v klimaticky podobných letech 1996 a 1997 sedm odrůd a řada dalších, majících v jednom roce vysoký obsah GA a dosahujících ve druhém roce hodnot blízkých se ke spodní hranici pro skupinu s vysokým obsahem GA.

Vztah mezi odrůdami a faktory ovlivňujícími syntézu GA a jejich vzájemná interakce by-ly demonstrovány výpočtem korelačního koeficientu. Hodnoceny byly soubory odrůd pěstované v letech 1996 – 1998. Vypočtené hodnoty koeficientů korelace jsou uvedeny v tab. XI.

Tab. XI. Vztah mezi průměrným obsahem GA v mg.kg⁻¹ u 82 odrůd bramboru a rokem testování, stanovený pomocí koeficientu korelace.

Ročník	Hodnoceno odrůd	1996	1997	1998	Korel. koef. r (yx)
1996 - 1997	82	106,5	107,55	x	0,51261**
1996 - 1998	82	106,5	x	43,39	0,67750**
1997 - 1998	82	x	107,55	43,39	0,67690**

Hodnota korelačního koeficientu stanovená pro uvedené roky je ve všech případech kladná a v porovnání s tabelovaným korelačním koeficientem při jednoprocenní hladině významnosti vysoce průkazná. Na základě těchto údajů lze konstatovat, že se projevil vysoký podíl genotypu na realizaci tohoto znaku a že existuje poměrně dobrý souhlas mezi obsahem GA u odrůd v těchto letech. Rozdíly v obsahu GA tedy možno, ve velké míře odvozovat od rozdílné schopnosti jednotlivých odrůd syntetizovat α -solanin a α -chaconin, tedy od jejich rozdílného genetického založení pro tuto vlastnost. Zbývající rozdíly připadají na vnější vlivy, především rok pěstování. Pokus byl veden pouze na jednom stanovišti, proto nemohl být vliv stanoviště hodnocen.

V poslední době se objevila práce, která zaznamenala vyšší koncentrace GA v hlízách pozdních odrůd oproti odrůdám raným, kde byly naměřeny hodnoty nižší (T s a h k n a et al., 2001; 2002). Nezanedbatelný vliv odrůd byl zaznamenán i v mnoha dalších pracích zaměřených ke zjištění jiných vlivů na obsah GA, v nichž bylo zařazeno více odrůd.

Obsah SGA a sklon k jejich kumulaci v hlízách je dán rovněž fyziologickým stavem rostliny. Nejvyšší obsah byl pozorován u malých hlíz v časných stadiích jejich tvorby. Usuzuje se, že při normálním růstu hlíz bez stresu se množství GA v hlíze nemění a dochází pouze k jeho „naředění“ (D a v i s, B l i n c o w, 1984, G e l d e r, 1990). Tím, že se zvyšuje hmota hlíz, nastává v průběhu vegetace výrazný pokles obou hlavních GA. Ty faktory, které negativně ovlivňují vyžrávání hlíz jsou příčinou vyšších hladin GA ve sklizených hlízách.

Obsah GA je také ovlivňován podmínkami kultivace, klimatickými vlivy, hnojením, půdou a použitými agrochemikáliemi (M a g a, 1980, M o n d y, M u n s h i, 1990). Také v našich pokusech (Z r ů s t, 1997) zvyšující se dávky dusíku kladně ovlivňovaly obsah α -chaconinu i α -solaninu. Avšak jednoznačný vzestup obsahu GA v hlízách po zvýšení hladiny dusíku ne-byl pravidlem. Docházelo také k jejich poklesu u variant se zvýšenou hladinou dusíku, tak jak obdobně zaznamenali C r o n k et al. (1974).

Přídavek molybdeny nesnížil v našem případě vytvořené množství GA, jak to uvádějí M o n d y, M u n s h i (1993), ale naopak došlo u této varianty k neprůkaznému zvýšení. Nejvyšší dávka 480 kg N.ha⁻¹ aplikovaná bez P a K hnojiv průkazně snížila v našem pokusu obsah celkových GA i α -chaconinu oproti téže dávce N dodané společně s P a K živinami a naopak zvýšila obsah α -solaninu. Ze vzájemného porovnání jednotlivých variant vyplynulo, že zvýšením dávky N, případně i některé z dalších hlavních živin (P, K) dochází ke zvýšení i obsahu celkových GA v hlízách; při velkých rozdílech v živinách jde o průkazné rozdíly. Toto naše zjištění odpovídá výsledkům, které uveřejnili M o n d y, M u n s h i (1990), a varuje před aplikací vysokých dávek dusíku k bramborům i z tohoto pohledu.

Během pěstování, sklizně, skladování a zpracování do inaktivace enzymových systémů, probíhají v pletivech metabolické pochody, které mohou být ovlivněny různými stresovými faktory. Výzkumy působení stresů na různé druhy rostlin ukázaly, že brambor je velmi citlivý (B e i e r, 1990). V našich pokusech jsme také zjišťovali vliv chemických přípravků na obsah GA v hlízách (Z r ů s t, 1997). Ani při užití herbicidu aplikovaného postemergentně, ani při chemické ochraně proti plísni bramborové jsme neobdrželi jednoznačné výsledky ve zvýšení obsahu GA vůči variantě s mechanickou kultivací, či variantě bez ochrany vůči plísni. Výsledky tohoto pokusu (i s ohledem na naměřené hodnoty) prokázaly, že není důvod k obavám při používání chemických přípravků k takovéto ochraně rostlin bramboru (proti plevelům a plísni bramborové). Obdobné výsledky obdržely Z a r z e c k a a G u g a l a (2003).

Z faktorů ovlivňujících obsah GA v hlízách působí nejvýrazněji světlo (podle fotobiologů záření), které indukuje tvorbu GA v hlízách současně s dalšími nezávisle probíhajícími pochody – syntézou chlorofylových barviv, příp. klíčením, přičemž citlivost ke světlu je dána odrudou, zralostí a velikostí hlíz (S i n d e n et al., 1984, K o m a i t i s et al., 1987, M a i n e et al., 1988, K o z u k u e, M i z u n o, 1990). Již v roce 1922 zjistil G r i e b e l (1924), že působení světla nevyvolává jen zelenání bramborových hlíz, ale hraje určitou roli i v tvorbě GA. K intenzivnímu osvětlení dochází např. po silných deštích, které splaví navršenou hlínu a obnaží hlízy. V průběhu sklizně a dopravy jsou též hlízy vystaveny dennímu světlu.

G u l l a I s e n b e r g (1960) prokázali, že v nazelenalých hlízách je vždy vyšší obsah GA než v hlízách nezelených. Jak chlorofyl, tak i GA se tvoří ve stejných částech hlízy a často jsou ovlivněny stejnými faktory. Biosyntéza obou složek však probíhá nezávisle na sobě. Vliv světla na tvorbu GA či chlorofylu se liší podle intenzity a vlnové délky světla. L i l j e m a r k, W i d o f f (1960) zjistili, že s přibývajícím světelnou intenzitou se obsah chlorofylu v hlíze zvyšuje, a to úměrně s logaritmem síly světla (měřeno v luxech). Přírůstek obsahu GA probíhá k tomu paralelně. C o n n e r (1937) sledoval vliv světla různých vlnových délek na obsah GA a chlorofylu. Zjistil, že emise světla spektrálních barev modré až fialové vyvolává nejsilněji syntézu GA v hlízách. W u a S a l u n k h e (1976) naměřili maximální biosyntézu α -solaninu a α -chaconinu při 650 a 430 nm, minimální tvorbu při 510 až 560 nm. Oproti tomu se syntéza chlorofylu indukuje nejvíce světlem od žluté do červené oblasti spektra, syntéza GA není však ovlivněna. Ozáření UV světlem má rovněž za následek zvýšené obsahy GA, při čemž zelenání nebylo za těchto podmínek pozorováno. Vedle intenzity světla a délky světla působí i doba osvětlení, teplota, stejně tak jako odrůda a stáří hlíz.

Z i t n a k (1953) zjistil, že probíhá zvlášť rychlá syntéza alkaloidů v čerstvě sklizených hlízách, které jsou vystaveny 6 hodin a déle slunečnímu záření. Fotoindukcí GA v hlízách *Solanum phureja* se zabývali G r i f f i t h s et al. (2000). Akumulaci α -solaninu a α -chaconinu v hlízách bramboru vyvolanou vlivem světla po sklizni jsme sledovali u jednotlivých skupin odrůd, tříděných podle délky vegetace (Z r ů s t et al., 2001a). Sklizené hlízy všech 31 českých odrůd registrovaných ve Státní odrůdové knize ČR v r. 1996 a tří odrůd slovenských byly v letech 1996 až 1998 vystaveny světlu (týden a 14 dnů v jedné vrstvě na podlaze 2-3 m od okna v laboratoři, při průměrné teplotě 20 °C a přisvětlováním žárovkou v noci – na úrovni hlíz naměřeno 30-35 lx) a poté v nich změřen obsah GA. Tímto postupem byly simulovány podmínky vyskytující se v řadě obchodů, případně supermarketů. V reakci na světlo i v působení rozdílné délky trvalého osvětlení se projevil odrůdový rozdíl. Jednotlivé skupiny odrůd měly po týdenním osvětlení navzájem vysoce významně rozdílné obsahy SGA. Obsah α -solaninu se v průměru všech skupin odrůd zvýšil po týdenním ponechání hlíz na světle více než obsah α -chaconinu. V průměru ze všech 34 odrůd byl přírůstek celkových SGA za 14 dní u hlíz ponechaných na světle přibližně dvojnásobný (68,6 mg.kg⁻¹) oproti hlízám osvětleným jeden týden (33,1 mg.kg⁻¹). Odrůdy s výraznou reakcí na světlo zvýšenými přírůstky SGA (> 50 mg.kg⁻¹ č. h. po týdnu a > 80 mg.kg⁻¹ č.h. po 14 dnech působení světla) jsou v článku uvedeny. Poměr α -solaninu ku α -chaconinu u hlíz kontrolních (ponechaných ve tmě) byl 1:1,48, po týdenním ponechání hlíz na světle se tento poměr snížil na 1:1,44, za další týden osvětlení se zvýšil na 1:1,47.

Podobně zaměřenou práci o účincích mechanického poškození hlíz a vystavených světlu v supermarketech (15 W fluorescenční lampy – 13 μ mol.m⁻².s⁻¹) publikovali F r y d e c k a – M a z u r c z y k, Z g o r s k a, (2001).

Dalším z faktorů působících na obsah GA je doba skladování, neboť hlízy bramboru nejsou obvykle ihned po sklizni (vyjma odrůd velmi raných – alespoň z větší části) spotřebovány a musí být po určitou dobu skladovány. Doba skladování a při něm především teplota mají vliv na syntézu GA v hlíze. Např. H i l t o n (1951) prokázal, že při nízkých skladovacích teplotách se tvoří více GA než při teplotách přes 10 °C. G u l l a I s e n b e r g (1960) zjistili ve skladovacích pokusech při 4,4 °C, že brambory po 8 měsících obsahovaly více GA než po 3 měsících. M ü l l e r (1983) došel z výsledků pokusu k závěru, že celkové množství GA bylo menší na začátku skladovacího období. Nejzřetelnější změny probíhaly ve vnější vrstvě hlíz. Jejich rozsah kolísal v závislosti na odrůdě. L a m m e r i n k (1985) stanovil obsah GA po sklizni a po 2, 4, 6 a 12 měsících při skladovací teplotě 10 °C. U jednotlivých odrůd nebyly zaznamenány větší rozdíly v obsahu GA. Dále stanovil, že celkový obsah GA v zelených hlízách je téměř 2 x větší než v nezelených.

K o z u k u e a M i z u n o (1990) se zabývali efektem světelné expozice, teploty a délky skladování na zelenání hlíz a obsah GA v nich. Stanovení chlorofylu a obsahu GA u brambor odr. Mary Queen prováděli na hlízách zbavených 1-3 mm slupky a skladovaných při 1, 5, 10 a 15 °C pod bílým fluorescenčním světlem 5 200 – 5 800 lx, nebo ve tmě a zjistili, že při skladování při 1 a 5 °C za světelné expozice ke změnám nedochází. Při teplotě 10 °C dochází po 4 dnech skladování ke zvýšení obsahu chlorofylu i obsahu GA. Vzorky skladované při 15 °C projevují zezelenání již za 2 dny. Je-li skladovací perioda prodloužena, zelená barva se stává intenzivnější a obsah chlorofylu vzrůstá. Prokázali, že světelná expozice zvyšuje obsah α -solaninu a α -chaconinu. V další části experimentu sledovali také expozici hlíz světlu po obalení poloviny hlíz hliníkovou fólií a skladování při 15 °C. Obsah chlorofylu ve tkáni exponované světlu byl výrazně vyšší než v části tkáně obalené fólií, ale byl nižší než u celé hlízy vystavené světlu. Také obsah GA ve tkáni vystavené světlu byl výrazně vyšší, polovina hlízy obalená fólií měla obsah GA stejný jako hlíza skladovaná ve tmě.

Autoři doporučují skladovat hlízy při teplotě do 10 °C a nevystavovat je expozici světlu déle než je nezbytně nutné.

V našich pokusech (Z r ů s t, 1997) se během skladování shodně zvyšoval obsah GA u tří odrůd 5 měsíců (do ledna), v dalších 3 měsících poklesl téměř na počáteční (srpnové) hodnoty (byl vyšší pouze o 2 až 4,6 %). Mezi odrůdami byly zjištěny rozdíly v obsahu GA, nebyly však průkazné. Vzestup hodnot během 11 týdnů skladování podle odrůd 1,7 až 5,2x a rovněž pokles pod počáteční hodnoty po 130 dnech skladování při 6 °C zaznamenali R o s s e t al. (1978) a tyto trendy souhlasí s naším zjištěním. S a l u n k h e et al. (1972) sledovali vliv teploty na obsah solaninu v hlízách. Při nízkých teplotách (0 a 8 °C) se zvyšoval obsah solaninu pomalu, významněji se zvýšil při skladovací teplotě 15-24 °C. Při skladování za světla byla tvorba solaninu téměř 3-4 x rychlejší než za tmy.

Významným způsobem stimuluje produkci stresových metabolitů mechanické poškození hlíz – nakopnutí, naražení, překrojení, oloupání apod. V lehce poškozených hlízách může dojít k dvoj- až trojnásobnému zvýšení obsahu solaninových GA (S i n d e n et al., 1984); k největšímu nárůstu dochází v prvních týdnech skladování a po mechanickém poškození (W u, S a l u n k h e, 1976). Zvýšená tvorba GA probíhá pak během cca 15 dnů. Míra nárůstu alkaloidů je závislá na druhu poranění, odrůdě bramboru a od dalších skladovacích podmínek. Údaje F i t z p a t r i c k a (1978) ukázaly, že mechanické poškození v porovnání s jinými faktory nejsilněji ovlivňuje obsah GA.

V našich pokusech (Z r ů s t, 1997) se mechanickým poškozením hlíz zvýšil celkový obsah GA vysoce významně (na více než dvojnásobek oproti nepoškozeným hlízám) u 3 odrůd. Poškození zřejmě iniciovalo syntézu GA ve stresovaných pletivech hlíz. Při hojení se asi také mobilizoval obranný mechanismus vůči patogenům. U dvou ze tří odrůd zařazených do pokusu byla překročena hranice GA 200 mg.kg^{-1} . V roce 1996, ve kterém byl zařazen větší počet genotypů, se ukázaly značné rozdíly v jejich reakci na poškození zvýšením obsahu GA. Ukazuje to na možnost výběru klonů s menším zvýšením obsahu GA po poškození hlíz. Po doplnění dalších dvou let pokusů jsme tyto výsledky zveřejnili (Z r ů s t et al., 2000a).

K obdobným výsledkům dospěl O l s s o n (1986), který zjistil vysokou korelaci mezi původní hladinou GA a jejich zvýšenou hladinou po poškození hlíz pádem s výšky 150 cm na ocelovou desku. Také v jeho sortimentu 21 odrůd a kříženců překročila jedna poškozená odrůda hranici 200 mg.kg^{-1} , po opakovaném pádu se za tuto hranici dostaly již dvě odrůdy a jeden kříženec a stejný počet genotypů se k ní přiblížil. I v případech poškození hlíz může jít o specifické interakce, často významnější než projevující se odrůdové založení.

Kromě výše uvedených faktorů se ještě v souvislosti s množstvím GA v bramborách studoval např. vliv různých hloubek sázení a různé výšky hrůbků (H u t c h i n s o n a H i l t o n (1955)). Nezjistili však jednoznačnou závislost. Na základě výsledků došli k závěru, že obsah GA v bramborách je více či méně ovlivněn spolupůsobením jednoho nebo více faktorů, mezi něž počítali: nevyrovnanou výživu rostlin, poškození kroupami nebo mrazem a studené období ve vegetaci s relativně vysokým počtem zamračených dnů.

Několik prací bylo věnováno vlivu ekologického (organického) a konvenčního způsobu pěstování na výši obsahu GA v hlízách. S t r o m b e r g et al. (2002) shromáždili během roků 2000 a 2001 z celého Švédska hlízy oblíbených odr. Sava a Asterix a analyzovali je na obsah GA. V obou letech vykázaly nejvyšší hladiny α -chaconinu a α -solaninu hlízy z organicky pěstovaných brambor odr. Sava a nejnižší hlízy z organicky pěstované odr. Asterix. Obsah GA byl více ovlivněn odrůdou než způsobem pěstování. S t r o m b e r g a S l a n i n a (2002) zpracovali výsledky ze 4 let (1996-1999). Obsah GA se významně měnil s rokem pěstování a s odrůdou. Přesto však vyšší obsahy GA měly hlízy z organického pěstování. V naší republice se touto problematikou zabírali P r u g a r et al. (1997, 1999a, b), P r u g a r a Z r ů s t (2000c, 2002). Většinou v žádném ze sledovaných ročníků nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu GA brambor mezi ekologickými a konvenčními variantami pokusu. Přirozené toxické látky jsou sice součástí obranného mechanismu rostliny; předpoklad, že rostlina pěstovaná ekologickým způsobem se sama brání proti napadení a následkem toho produkuje větší množství přirozených toxických látek, zatím nebyl prokázán a neměl by být proto zevšeobecňován.

Vlivem lokality a způsobem pěstování na chemické složení hlíz bramboru se rovněž zabývali G u z i u r et al. (2000). V pokusech realizovaných ve spolupráci se Zemědělskou fakultou Jihočeské univerzity v Č. Budějovicích sledovali kromě GA také kyselinu askorbovou (vitamín C), kyselinu chlorogenovou, dusičnany a minerální látky. Ke statistickému zhodnocení tříletých výsledků ze dvou stanovišť, kde byly brambory pěstovány ekologicky a konvenčně (Jindřichův Hradec a Vodňany) využili T-test a vícerozměrnou postupnou lineární diskriminační analýzu a analýzu hlavních komponent (PCA). V obsahu SGA dosahovaly ve většině případech vyšších hodnot ekologicky pěstované hlízy. Rozdíly však nebyly statisticky významné.

4. 5. Problematika GA z hlediska šlechtitelské práce

Již v r. 1946 zjistili W o l f a D u g g a r (1946) rozdíly v obsahu podmíněné odrůdou. Tyto údaje byly později potvrzeny (P a t i l et al., 1971).

Je žádoucí, aby šlechtitelé brambor vybírali genotypy s nízkými obsahy GA. Obsahy GA se v odrůdách brambor liší velmi významně. V rozsáhlém přehledu 58 německých odrůd (L e p p e r, 1949) v šesti různých podmínkách prostředí se obsahy GA pohybovaly od 2 do 22 mg.100⁻¹ g č.h. Přehled obsahu GA 32 amerických odrůd se pohyboval od 2 do 13 mg.100⁻¹ g č.h. (W o l f a D u g g a r, 1946). Studie 13 britských kultivarů (B i n t c l i f f e et al., 1982), pěstovaných na 3 stanovištích ve dvou letech naznačovala, že úroveň GA se pohybují od 3,6 do 14,2 mg.100⁻¹ g č.h. a byly významně závislé na odrůdě, stanovišti a ročníku a také byl významný vztah odrůda x stanoviště a odrůda x ročník.

Ačkoliv byly tyto interakce významné, řádově zůstávalo rozmezí obsahu GA v genotypech poměrně konstantní. Významná korelace ($r = 0,86$) mezi genotypovými průměry obsahů GA a variačními koeficienty, vypočítanými pro každý genotyp, se zjistila při studiu 27 genotypů pěstovaných ve 4 vegetacích na 2 stanovištích (G e l d e r a D e l l a e r t, 1988). S i n d e n a W e b b (1972) zjistili, že odrůdy s vysokými průměrnými obsahy GA byly náchylnější k tvorbě zvýšeného obsahu GA než ostatní odrůdy s nízkými průměrnými obsahy GA, byly-li vystaveny stresu nebo poškození prostředím (např. vliv světla po více hodin, vysoké skladovací teploty apod.). Spolehlivě doloženým příkladem je tu americká odrůda Lenape, která měla vysoký průměrný obsah TGA 29 mg.100⁻¹g na 39 stanovištích v USA a tento rostl až na 65 mg.100⁻¹g, když se pěstovala v podmínkách stresu (S i n d e n a W e b b, 1974). Odrůda Lenape byla stažena z trhu v r. 1970 pro její vysoké úroveň obsahu GA. Předpokládá se, že příčinou vysokého obsahu GA bylo *Solanum chacoense* jako blízký předek této odrůdy (Z i t n a k a J o h n s t o n, 1970).

Mimo takové přehledové zprávy o rozmezí obsahů a rozložení GA v odrůdách z různých zemí se také projevila určitá snaha studovat dědičnost této charakteristiky. V jedné z prvních prací v této oblasti se (R o s s, 1966) domníval, že potlačování syntézy GA se dědí jako dominantní a F₁ hybrid mezi přírodním (původním) druhem a kulturním druhem *Solanum tuberosum* obvykle vykazuje nižší obsah solaninu. Také dále konstatoval, že většina odrůd a hybridů z procesu šlechtění se projevují tak, jako by měli dvě nebo více dominantních alel pro nízkou (slabou) syntézu solaninu. Avšak jiní pracovníci, včetně G e o r g i e v a a R o n k o v a (1954) a S c h w a r z e (1962) zjistili, že z F₁ hybridů mezi přírodním (původním) druhem a kulturním druhem *Solanum tuberosum* vznikají genotypy, které mají převážně vysoký obsah GA, kdežto P r o k o s h e v et al. (1952) uvedli, že mezidruhové hybridy různých původních druhů obsahovali úroveň GA, které byly intermediární mezi oběma rodiči.

V detailnější studii zjistili S a n d f o r d a S i n d e n (1972) významné rozdíly v obsahu GA mezi rodiči a mezi průměry potomstev v deseti křížencích tetraploidního *Solanum tuberosum*, hodnocených ve dvou letech. Obsahy GA rodičů byly v rozmezí 3,6 až 36 mg.100⁻¹ g č.h. Variabilita zjištěná u potomstva byla převážně kontinuální a autoři z toho odvodili, že obsah GA se dědil jako polygenně založená charakteristika s dědivostí v širším slova smyslu v rozmezí od 86 % do 89 % a dědivostí v užším slova smyslu od 66 % do 84 %. S i n d e n et al. (1984) publikovali detailní přehled o výzkumu dědičnosti syntézy GA nejen u *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*, ale také u velkého počtu původních druhů.

Tito autoři uvedli práce nasvědčující kvantitativnímu způsobu dědění a také případy účasti majorgenů. M c C o l l u m a S i n d e n (1979) uvedli jednoduché štěpné poměry 3:1 v F₂ generaci a 1:1 v generaci zpětného křížení pro přítomnost : nepřítomnosti solaninu, chaconinu a commersoninu ve studiu dědičnosti GA u *S. chacoense*.

Uváděná potenciálně toxická povaha různých GA tedy potvrzuje významnost potřeby hodnocení počátečního jejich obsahu u rodičovského materiálu v rámci šlechtitelského programu, zejména když se využívá přírodních druhů jako zdroje žádané charakteristiky. Vzrůstající objem údajů o různých GA, obsažených v různých původních druzích se stává dostupným a šlechtitelé by tedy měli posoudit jejich užití před zahájením programů křížení a zpětných křížení (G e l d e r et al., 1988).

Také my jsme se touto problematikou v rámci řešení jednoho projektu zabývali (Z r ů s t e t al., 2001b). Výběr odrůd pro záměrnou hybridizaci jsme provedli na základě zahraničních údajů o obsahu GA v hlízách a podle tehdy dvouletých výsledků hodnocení (1996 a 1997) souboru odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize, které probíhalo v rámci řešení tohoto projektu. Dalším kritériem byla dostupnost hlíz vybraných odrůd, případně jejich zajištění v genové bance *in vitro*. Velmi důležitým předpokladem využitelnosti byla hojnost kvetení a pokud byla známá, tak i fertilita pylu.

Na základě literárních údajů o obsahu GA (nizozemský katalog odrůd) byly v roce 1996 vybrány v polní kolekci genových zdrojů odrůdy s rozdílným obsahem GA a sebrány na poli bobule a získána semena pro výsev populací z volného opylení. Jednalo se o odrůdy Karnico a Kardal s nízkým obsahem GA a odrůdu Elkana s vysokým obsahem GA. Současně byly zajištěny hlízy pro výsadbu rostlin ke křížením v následujících letech.

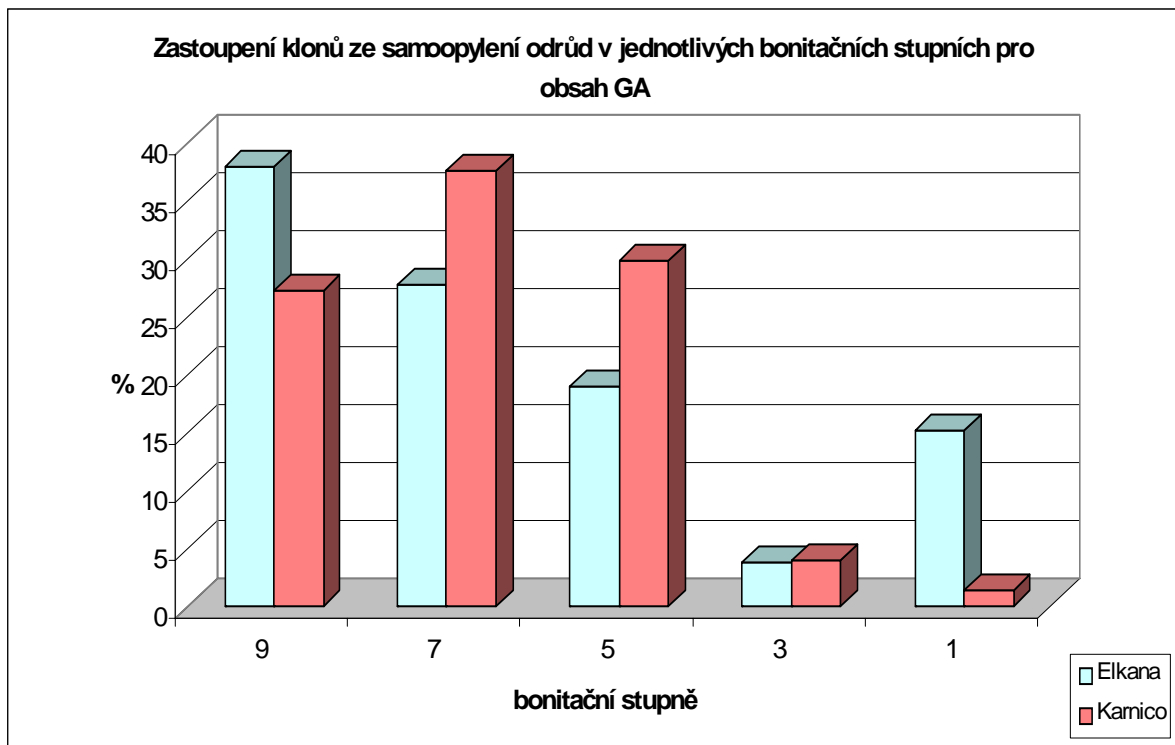
Vlastní záměrné křížení probíhalo ve dvou sériích a to v letech 1997 a 1998. Během první série křížení bylo provedeno 83 kombinací a nakříženo 650 květů. Z toho 14 kombinací (16,87 %) bylo úspěšných a získáno bylo 25 bobulí a 797 semen. Následujících 144 nakřížených kombinací (14,58 % úspěšných) zajistilo zisk 46 bobulí a 2.452 semen.

Z polní výsadby v roce 1998 byla provedena analýza obsahu GA u dvou populací z volného opylení odrůd, vykazujících rozdílný obsah GA, a to Karnico s nízkým obsahem GA (při kontrolní výsadbě v tomtéž roce 71,74 mg.kg⁻¹ č.h.) a Elkana s vysokým obsahem GA (při kontrolní výsadbě 176,92 mg.kg⁻¹ č.h.). Provedeno bylo rozložení populací podle obsahu GA do bonitačních stupňů 9 - 1 (Z r ů s t, 1999).

Tab. XII. Výsledky hodnocení obsahu GA (α -chaconinu + α -solaninu) v mg.kg⁻¹ u populací z volného opylení v r. 1998

Populace	Celkový obsah GA u populací a jejich početní rozdělení do skupin							
	n	\bar{x}	s_x	< 50	50 - 79	80 - 159	160 - 200	> 200
Karnico	76	71,96	40,13	20	28	24	3	1
Elkana	78	93,62	90,43	30	22	14	3	9
K – Karnico		71,74						
K – Elkana		176,92						

Jak vyplývá z přehledu v tab. XII bylo u odrůdy Karnico hodnoceno 76 jedinců a průměrný obsah GA této populace činil $71,96 \text{ mg.kg}^{-1}$ č.h., naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí od $20,38$ do $223,36 \text{ mg.kg}^{-1}$ č.h., směrodatná odchylka souboru (sx) byla $40,126$. Velmi nízký až střední obsah GA dosahovalo $94,73\%$ jedinců, do skupiny ohraničené horní hodnotou 200 mg.kg^{-1} č.h. bylo zařazeno celkem 75 jedinců, což je $98,68 \%$, pouze jediný klon ($1,32\%$) překročil hranici 200 mg.kg^{-1} č.h. s hodnotou $223,36 \text{ mg.kg}^{-1}$ č.h.. V populaci z volného opylení odrůdy Elkana bylo hodnoceno 78 vzorků, celkový průměr činil $93,60 \text{ mg.kg}^{-1}$ č.h., směrodatná odchylka (sx) $90,43$. Stanovené hodnoty v populaci byly v rozsahu od $18,00$ do $485,60 \text{ mg.kg}^{-1}$ č.h.. Ukazuje se posun k vyšším naměřeným hodnotám, neboť ve skupině od velmi nízkého do středního obsahu GA bylo zařazeno 66 jedinců, tj. $84,61\%$, tedy méně než u populace odrůdy Karnico. Ve skupině s vysokým až velmi vysokým obsahem GA bylo zařazeno $15,38 \%$ klonů, oproti $5,18\%$ klonů z volného opylení odrůdy Karnico, z toho 9 bylo nad hranicí 200 mg.kg^{-1} č.h. s průměrnou hodnotou $306,84 \text{ mg.kg}^{-1}$ č.h. Frekvenci výskytu jednotlivých skupin dokumentuje obr. 10.



Uvedené výsledky hodnocení potomstev volného opylení odrůd dávají předpoklad, že odrůdy budou ve velké míře předávat schopnost pro tvorbu GA v souladu s vlastní úrovní této vlastnosti.

Hodnocení hybridních populací bylo provedeno na materiálu ze sklizně 1999. Byla hodnocena 4 potomstva ze záměrného křížení mezi odrůdami s rozdílným obsahem GA. Jednalo se o populace 98.1 *Tomensa x Ausonia*, 98.2 *Tomensa x Pacov*, 98.5 *Pacov x Ausonia* a 98.8 *Pacov x Korneta*. Průměrný obsah GA v mg.kg^{-1} č.h byl po dvouletém hodnocení, kdy byly materiály do křížení vybírány u odrůdy Tomensa $55,33$, u odrůdy Ausonia $39,20$, u odrůdy Pacov $299,81$ a u odrůdy Korneta $150,43$. Přehled o počtu hodnocených klonů a průměru každé populace, stejně jako početní rozdělení do skupin podle obsahu GA je uvedeno v tab. XIII. Kontrolní odrůdy zde uvedené a označené K byly pěstovány a hodnoceny současně s potomstvy křížení.

Tab. XIII. Výsledky hodnocení obsahu GA (α -chaconinu + α -solaninu) v mg.kg⁻¹ u populací ze záměrného křížení v r. 1999.

Populace	Celkový obsah GA u populací a jejich početní rozdělení do skupin							
	n	\bar{x}	s_x	< 50	50 - 79	80 - 159	160 - 200	> 200
98.1	60	42,36	21,77	44	12	4	-	-
98.2	80	43,36	20,25	54	22	4	-	-
98.5	75	45,96	35,93	50	16	7	2	-
98.8	65	58,98	37,45	32	17	16	-	-
K - Tomensa		60,81						
K - Ausonia		60,62						
K - Pacov		211,72						
K - Korneta		209,20						

Z tab. XIII je zřejmé, že dosažené průměrné hodnoty a jejich rozdíly mezi populacemi jsou velmi malé a statisticky neprůkazné. Přestože se v tomto pokuse nepodařilo zcela prokázat podíl odrůdy na dědičnosti této vlastnosti, je v hodnocených populacích zřejmá tendence k projevu tohoto vztahu. Zjištěné výsledky analýzy hlízových populací z výsadby v roce 1999 odpovídají i výsledkům dalších sledování obsahu GA v tomto roce prováděných, kdy se rovněž projevíly malé rozdíly mezi hodnoceným materiálem a dosahované hodnoty byly nižší než v minulých letech. Klimatické podmínky roku 1999, (průměry měsíců června až srpna) průměrná teplota 16°C, suma dešťových srážek 277,3 mm a délka slunečního svitu 565 h, potvrdily významný vliv roku pěstování na obsah GA, který byl v našich minulých sledováních již prokázán.

4. 6. Distribuce alkaloidů v rostlině bramboru

GA byly prokázány ve většině tkání bramboru: listech, stoncích, květech, bobulích, hlízách i klíčcích. V rostlině jsou rozděleny velmi nerovnoměrně, vyskytují se zejména v zónách zvýšené metabolické aktivity. V nadzemních částech je jich 10-20 x více než v hlízách. Velmi mnoho je jich v bobulích, kde hrozí riziko malým dětem (viz již zmíněné úmrtí dvouletého dítěte v Německu), pokud by je pozřely ze zvědavosti (Tab. XIV).

Ve slupce (peridermu), jež zaujímá hmotnostně 2 – 3 % hlízy, se pohyboval obsah celko-vých GA v rozmezí 300 – 640 mg, v korové vrstvě (10 – 12 % hlízy – loupaná vrstva) 150 až 1 068 mg, v dřeni 1 až 100 mg.kg⁻¹ č. h. Studium rozložení GA v hlízách 6 odrůd bylo zjištěno, že slupka obsahuje 83 až 96 %, korová vrstva 3 až 14 % a dřev 1 až 3 % GA. Rozptyl hodnot je způsoben vlivy faktorů, které byly podrobně rozebrány v kap. 4. 4. Rozdíly v obsahu GA byly zjištěny i mezi jednotlivými hlízami či stonky a listy jedné rostliny, stejně tak i v rámci jedné hlízy či květu (tab. XV).

Zjištěné hodnoty se liší také u jednotlivých autorů, kteří o nich referují. Záleží na podkladech, ze kterých čerpali. Jako příklad uvádím tab. XVI.

Nejvyšší koncentrace GA v hlízách byly vždy nalezeny v zónách kolem oček a ve vnější vrstvě (v peridermu, korkotvorném kambiu a vnější korové vrstvě) (W ü n s c h, 1989).

Tab. XIV. Celkový obsah SGA v různých částech bramboru (podle Geldera, 1990 – upraveno)

Část rostliny	Obsah v mg.kg ⁻¹ č.h.
Normální hlízy	
celé hlízy	11 – 150
slupka (periderm), 2 – 3 % hlízy	300 – 640
korová vrstva, 10 – 12 % hlízy	150 – 1 068
dřeň	1 – 100
Malé hlízy	
10 – 40 g	98 – 448
0,3 – 17 g	92 – 552
Hořké brambory	250 – 800
Klíčky	1 950 – 17 700
Květy	2 150 – 5 000
Bobule	420 – 1 080

Tab. XV. Obsah GA v jednotlivých částech rostliny bramboru odr. May Queen (podle Kozu- kue et al. 1987 – upraveno)

Část rostliny	Obsah glykoalkaloidů v mg.100 g ⁻¹ č. h.	
	α-chaconin	α-solanin
Kalich	238,33 ± 9,82	332,82 ± 9,16
Korunní plátky	209,96 ± 7,56	287,37 ± 8,12
Horní listy	34,57 ± 2,33	24,12 ± 2,79
Spodní listy	19,93 ± 3,58	16,02 ± 2,40
Postranní výhony	3,14 ± 0,58	3,96 ± 0,53
Hlavní výhony	0,01 ± 0,001	stopy
Periderm	32,15 ± 3,60	7,79 ± 0,82

Tab. XVI. Obsah glykoalkaloidů v rostlině a hlízách (Schulzová, Hajšlová, 1999)

Část rostliny	typický obsah GA (mg.kg ⁻¹)
květ	3 000 – 5 000
stonek	20 – 40
list	400 – 1 000
kořen	700 – 1 000
matečná hlíza	20 – 200
velké hlízy nad 40 g	10 – 150
malé hlízy 10 – 40 g	90 – 400
tenká slupka	300 – 650
dužnina	1 – 100
klíčky	2 000 – 10 000

Naopak ve vnitřních vrstvách (vnitřní korová vrstva až dřeň) jsou koncentrace GA relativně nízké (L a m p i t t, 1943). K o z u k u e et al. (1987) zjistili u dvou odrůd, že 3-5 mm pod slupkou se již téměř nenachází α-chaconin a 2 mm pod slupkou je α-solanin jen ve stopách. V očkách a klíčcích byl dle M ü l l e r a (1983) relativně vysoký obsah GA (nad 300 mg α-chaconinu a 250 mg α-solaninu na 100 g).

Po oblastech oček se vysoké hodnoty GA nacházejí též v korkotvorném kambiu (felogenu). V prstenci cévních svazků obsahy GA klesají a ve vnější a vnitřní dřeni dosahují nepatrných hodnot. Významné rozdíly mezi korunkovou a pupkovou částí hlízy nebyly zjištěny. Největší podíl GA byl nalezen ve slupce (vrstva 2-3 mm), tj. 30-40 % z celkového obsahu GA.

Obr. 11. Prostorové rozložení GA zjištěné W ü n s c h e m (1989)

Převzato z článku: Kalač, P. sen.: Výživa, 47: 44-46, 1992

4. 7. Vliv GA na sensorickou jakost hlíz bramboru

SGA ovlivňují sensorické vlastnosti potravin. Při běžných koncentracích spoluvytvářejí typickou chuť a vůni vařených, nebo jinak upravených hlíz bramboru (R o s s et al., 1978). Při překročení těchto koncentrací dochází k negativnímu ovlivnění sensorických vlastností. Glykoalkaloidy vyvolávají dva smyslové vjemy – hořkou chuť podobnou kofeinu a svíravý palčivý pocit. Při vyšších hladinách oba vjemy splývají v pocit palčivosti, který trvá až dvě hodiny. V průběhu přípravy hlíz však tato hořká chuť, která by za normálních okolností spotřebitele varovala, může být „maskována“ použitým kořením či dalšími chuťovými přísadami. To také omezuje chuťové rozpoznání zdravotně závadných potravin (Z i t n a k, F i l a d e l f i, 1985).

Organoleptické zkoušky ukázaly, že hlízy bramboru s obsahem GA vyšším než 11 mg.100 g⁻¹ původní hmoty se vyznačují již vysloveně hořkou chutí (B ö m e r, M a t t i s, 1924, L e p p e r, 1949, R o s s et al., 1972, S i n d e n, D e a h l, 1976), pod 7,5 mg.100 g⁻¹ původní hmoty nebylo již zjištěno negativní ovlivnění chuti. Sensorickými vlastnostmi GA hlíz bramboru se podrobně zabývali Z i t n a k, F i l a d e l f i (1985). Práh vnímání hořké chuti GA stanovili na 0,313 mg pro α -solanin, 0,078 mg pro α -chaconin, 0,078 mg pro β_2 -chaconin a 0,313 mg pro solanidin; práh palčivé chuti na 0,625 mg pro α -solanin, 0,313 mg pro α -chaconin a 0,156 mg pro β_2 -chaconin (tab. XVII). Pro srovnání: práh hořké chuti pro kofein byl přibližně 4 x vyšší než u α -solaninu.

Tab. XVII. Prahy chuťové vnímavosti pro GA bramboru *in vitro* (podle Zitnaka a Filadelfio-vé, 1985)

Látka	mg ¹	faktor ředění ²	mg	faktor ředění
	práh hořké chuti ³		extinkce ⁴	
α -solanin	0,313	16 000	5,00	1 000
α -chaconin	0,078	64 000	2,50	2 000
β_2 -chaconin	0,078	64 000	1,25	4 000
solanidin	0,313	16 000		
kofein	1,250	4 000		
	práh palčivé chuti		stálost ⁵	
α -solanin	0,625	8 000	2,5	2 000
α -chaconin	0,313	16 000	0,625	8 000
β_2 -chaconin	0,156	32 000	0,625	8 000

¹množství v ochutnávaném vzorku, rozpuštěném v 5 ml 0,02 % kyselině mléčné (obdržené ppm vynásobené faktorem 200)

²poměr rozpouštědla : látky rozpuštěné v roztoku

³první podnět vnímavosti

⁴hořkost maskovaná, podnětovaná pouze palčivostí

⁵pocit palčivosti trvající déle než 30 min.

Přímo v lidské výživě nemají GA žádnou pozitivní úlohu (Z i t n a k, 1977, J a d h a v et al., 1981). R o s s et al. (1978) navrhli maximální přípustné množství (z hlediska organoleptických vlastností) na 6 - 7 g.100g⁻¹. Některým skupinám konzumentů zřejmě zvýšený obsah GA příliš nevdá, např. S a v a g e et al. (2000) uvádějí, že domorodí maurští obyvatelé přijali rané introdukce bramboru na Novém Zélandu. Tyto rané odrůdy známé jako Maurské brambory mají menší velikost a odlišnou barvu ve srovnání s moderními odrůdami a předpokládá se, že zůstaly neselektovány. Obsah GA se v hlízách pohyboval od 38,7 do 142,6 mg.kg⁻¹ (průměr 76,5). Degustace provedené s 10 různými odrůdami ukázaly, že obecně byly dobře přijaty; nicméně všichni degustátoři zaznamenali u některých odrůd nahořklou příchut'. Textura a chuť i vůně dosahovaly u všech hodnocených odrůd přijatelných hodnot.

4. 8. Vliv kulinárního zpracování na obsah GA

Snížení obsahu GA by se mohlo očekávat při tepelném zpracování brambor. SGA jsou však poměrně velmi termostabilní, odolávají mražení i sušení (B u s h w a y et al., 1963), neroz-kládají se vařením, pařením, pečením ani mikrovlnným ohřevem (B u s h w a y, P o n n a m p a l a m, 1981). K tepelné degradaci dochází při teplotách 230 až 280 °C, aglykony nepodléhají rozkladu ani při teplotách 280 – 320 °C (G e l d e r, 1985).

Příčinou zvýšení obsahu GA ve zpracovávaných bramborách může být indukovaná syntéza po mechanickém zpracování (loupání, krájení) hlíz po kterém tepelné opracování přichází s časovou prodlevou (A h m e d, M ü l l e r, 1978, Z r ů s t et al. 2001b, 2003b). Vyšší je také obsah GA ve výrobcích s nízkým obsahem vody (např. výrobky vzniklé extrudováním). Sušením tak dochází až k pětinasobnému zakoncentrování alkaloidů oproti syrovým hlízám (M a g a, 1980). Naopak ke snížení obsahu GA ve výrobcích z brambor přispívá jejich vyluhování z dělených hlíz do oplachových vod (Z r ů s t et al., 2001b, 2003a).

T a k a g i et al. (1990) sledovali vliv tepelné úpravy na obsah a stabilitu α -solaninu a α -chaconinu v hlízách bramboru. Při vaření nedocházelo k výraznému poklesu alkaloidů (4–6 %); při mikrovlnném ohřevu činil pokles až 15 %. U smažení při teplotě 150 °C nebylo snížení obsahu prokázáno, při teplotě 170 °C byl obsah GA značně variabilní a při teplotě 210 °C docházelo již k částečnému rozkladu GA (chaconin poklesl o 30 %, solanin až o 40 %). Autoři považují za kritickou teplotu rozkladu GA 170 °C.

Byla provedena studie sledující efekt loupání brambor vařených za různých podmínek (v destilované vodě, v páře, v 16 % NaCl). U oloupaných brambor byl nalezen nižší celkový obsah fenolů a nižší celkový obsah GA. Došlo také k menšímu odbarvení hlíz a hořkost byla nižší. Během vaření ve slupce migrují fenoly ze slupky do kortexu a vnitřních tkání hlíz. GA jsou méně mobilní a migrují pouze do kortexu. Pohyb fenolů a TGA do kortexu hlízy zvyšuje jejich odbarvení a hořkost u hlíz vařených ve slupce (M o n d y, G o s s e l i n, 1988).

V průběhu technologických procesů dochází ke značnému poklesu obou hlavních GA. Významné snížení je docíleno při tržní úpravě oloupaním hlíz. Zbavením slupky (okrájením) se snížil obsah GA v našich pokusech (odstraňovali jsme cca 1,5 mm vnější vrstvu) u českých odrůd v průměru o 51,5 %, u zahraničních odrůd o 55,1 % (Z r ů s t et al., 2000a), zatímco

úbytek na hmotě tvoří pouze 10 – 14 % (S i z e r et al., 1980). Tyto výsledky odpovídají zjištěním Z i t n a k a (1961), který odstraňoval z hlíz vnější 3 mm vrstvu. S i z e r et al. (1980) se zbavovali slupky ručně a odstraňovali vnější vrstvu 1 – 2 mm silnou. Výsledky uvádí tab. XVIII.

Obdobné výsledky získali P e k s a et al. (2002), kteří sledovali obsah GA u 3 polských odrůd sklízených ve třech rozdílných obdobích u celých hlíz a po odstranění slupky.

Tab. XVIII. Celková koncentrace GA v hlízách bramboru použitých pro výrobu lupínků (podle Sizer et al. 1980)

Vzorek	celková koncentrace GA v mg.100 g ⁻¹ č.h. ^a
celé brambory	4,23 ± 0,20
manuálně odslupkované brambory	2,37 ± 0,64
bramborová slupka (ručně odstraněná)	10,80 ± 2,40

^a průměrné hodnoty a standardní odchylka od průměru

Průměrné hodnoty SGA z dvouletého sledování 81 odrůd v syrových oloupaných hlízách jsme uvedli jmenovitě, včetně ohodnocení bodovým systémem jako v případě hlíz se slupkou (v tab. IX) (Z r ů s t et al., 2000b). Navržené rozmezí obsahu hlavních GA pro oloupané syrové hlízy, podle kterého jsme postupovali, uvádí tab. XIX.

Tab. XIX. Navržené rozmezí obsahu hlavních GA pro oloupané syrové hlízy včetně přidělených bodů (podle Zrůst et al., 2000b)

Obsah hlavních GA (α -chaconin + α -solanin)	mg . kg ⁻¹ č.h.	Body
Velmi nízký	< 15	9
Nízký	15,1 – 30	7
Střední	30,1 – 80	5
(a) Vysoký	80,1 – 150	3
(b) Velmi vysoký	> 150	1

Odrůdy s vysokým obsahem GA u syrových hlíz po oloupaní slupky v rozmezí 80,1 – 150 mg.kg⁻¹ ohodnocených 3 body jsou ke konzumním účelům nevhodné a nedoporučujeme je pěstovat. Odrůdy s velmi vysokým obsahem GA nad 150 mg.kg⁻¹ ohodnocených 1 bodem jsou přímo zdraví škodlivé.

Koncentrace GA v produktech z brambor závisí na jejich obsahu v původní surovině. K o z u k u e et al. (1987) sledovali hlavní GA v šesti různých částech rostlin a v plátcích hlíz krájených po 1 mm z vnější strany dovnitř hlízy u dvou odrůd a potvrdili, že se velké množství GA nacházelo v první vrstvě hlíz, tj. v hloubce 1 mm. Byla-li oloupana vrstva o tloušťce 3 – 4 mm (tj. včetně oblasti peridermu) zjistili, že byly u vařených hlíz odstraněny téměř všechny GA.

M o n d y a G o s e l i n (1988), jež sledovali třemi metodami vaření hlíz (viz dříve) se slupkou a bez slupky, našli nižší obsah fenolů a TGA, menší odbarvení a méně hořké chuti u hlíz vařených bez slupky.

V našich pokusech (Z r ů s t et al. 2000a, 2001b) se vařením hlíz ve slupce snížil obsah GA v průměru všech 34 domácích odrůd, které jsme měli v pokusech o 24,9 mg.kg⁻¹ (tab. XXI) oproti syrovým hlízám se slupkou (tab. XX). U vařených hlíz bez slupky dokonce o 54,02 % (tab. XXII), kde jsou podrobnější výsledky podle skupin odrůd s rozdílnou délkou vegetační doby. Graficky jsou tyto výsledky vyjádřeny na obr. 12.

Tab. XX. Obsah SGA v mg.kg⁻¹ v syrových hlízách se slupkou u sortimentu českých odrůd (průměr tří let – podle Zrůst et al., 2000a)

Skupina odrůd	Počet odrůd	α-chaconin		α-solanin		Celkové SGA	
		\bar{x}	s _x	\bar{x}	s _x	\bar{x}	s _x
velmi rané	5	50,8	13,0	39,4	9,5	90,2	22,1
rané	11	46,6	15,9	28,9	12,7	75,5	25,6
polorané	8	49,4	27,7	34,6	27,8	84,0	54,8
PP – P	10	74,1	47,1	49,2	35,1	123,3	81,1

Tab. XXI. Obsah GA v mg.kg⁻¹ č.h. ve vařených hlízách se slupkou. Průměr 3 let (podle Zrůst et al., 2001b).

Skupina odrůd	n	Glykoalkaloidy				Celkem GA		% snížení celkových GA
		α-chaconin		α-solanin		\bar{x}	s _x	
		\bar{x}	s _x	\bar{x}	s _x			
VR	5	38,16	10,94	32,37	14,77	70,53	25,33	21,83
R	11	35,90	10,69	21,54	10,22	57,44	20,13	23,92
PR	8	41,83	27,10	25,57	23,50	67,40	50,16	19,80
PP-P	10	52,92	38,04	31,82	24,84	84,74	61,57	31,27

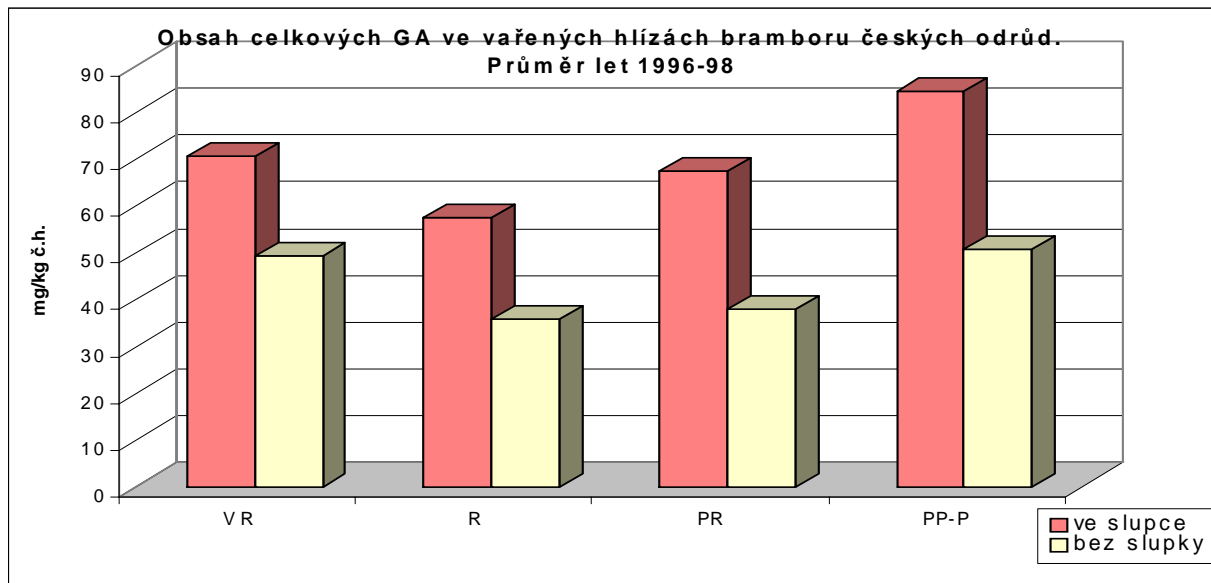
Tab. XXII. Obsah GA v mg.kg⁻¹ č.h. ve vařených hlízách bez slupky. Průměr 3 let (podle Zrůst et al., 2001b).

Skupina odrůd	n	Glykoalkaloidy				Celkem GA		% snížení celkových GA
		α-chaconin		α-solanin		\bar{x}	s _x	
		\bar{x}	s _x	\bar{x}	s _x			
VR	5	24,6	11,01	24,7	13,7	49,3	24,7	45,4
R	11	18,0	8,1	13,8	9,1	31,8	16,9	57,9
PR	8	22,2	17,8	15,6	12,2	37,8	29,5	55,0
PP-P	10	31,3	30,0	19,4	17,5	50,7	46,9	58,9

Tab. XXIII. Obsah GA v mg.kg⁻¹ výrobku – bramborové hranolky. Průměr 3 let (podle Zrůst et al., 2001b).

Skupina odrůd	n	Glykoalkaloidy				Celkem GA		% snížení celkových GA
		α-chaconin		α-solanin		\bar{x}	s _x	
		\bar{x}	s _x	\bar{x}	s _x			
VR	5	36,8	17,5	25,0	14,9	61,8	32,1	31,5
R	11	24,5	11,1	14,2	6,5	38,7	8,6	48,7
PR	8	33,3	21,9	18,6	16,1	51,9	36,9	38,2
PP-P	10	34,4	31,1	19,0	17,2	53,4	46,8	56,7

Obr. 12



Obdobně u výrobků z hlíz byly sníženy v našich pokusech obsahy GA v přepočtu na 1 kg výrobku v průběhu technologického procesu u hranolků o 46,05 % (tab. XXIII) a u lupínků o 76,58 % (tab. XXIV) oproti syrovým hlízám se slupkou (tab. XX).

Tab. XXIV. Obsah GA v mg.kg⁻¹ výrobku – bramborové lupínky. Průměr 3 let (podle Zrůst et al., 2001b).

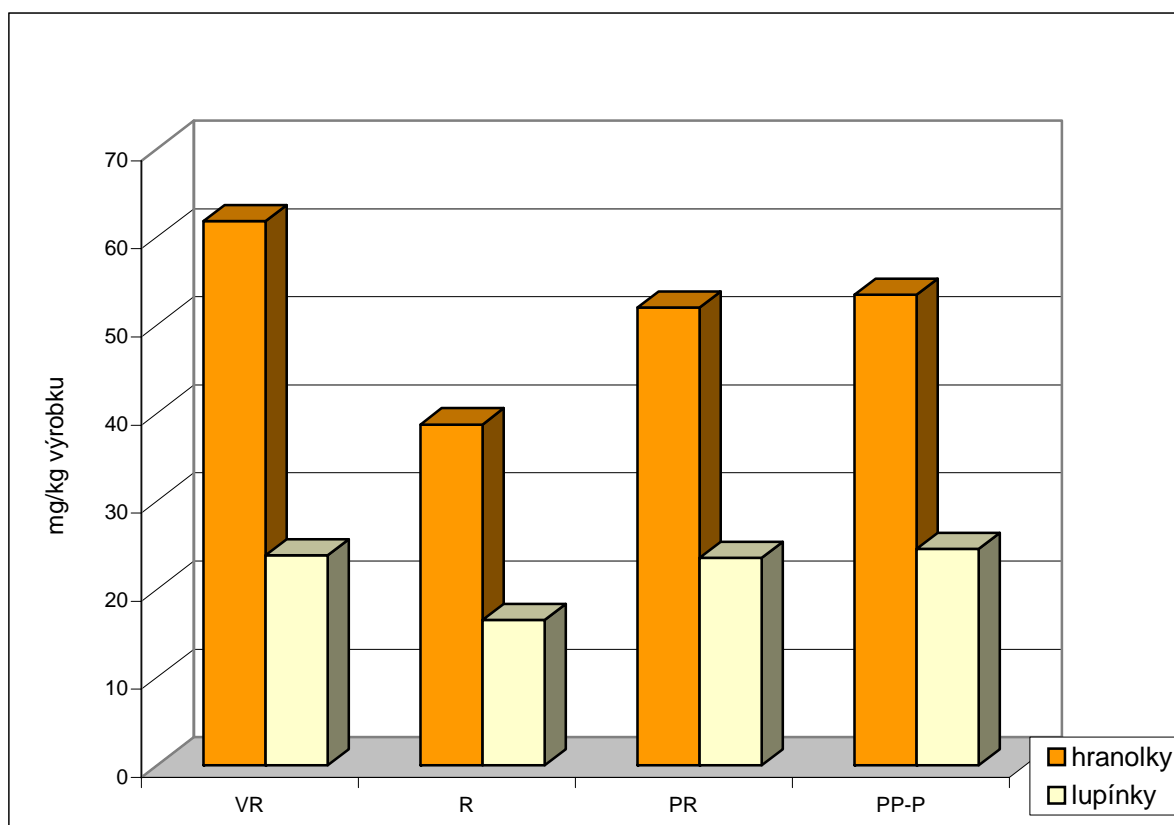
Skupina odrůd	n	Glykoalkaloidy				Celkem GA		% snížení celkových GA
		α-chaconin		α-solanin		\bar{x}	s _x	
		\bar{x}	s _x	\bar{x}	s _x			
VR	5	13,9	7,8	9,9	6,6	23,8	14,1	73,6
R	11	10,4	6,4	6,1	4,7	16,5	10,9	78,1
PR	8	13,7	14,9	9,9	13,0	23,6	27,8	71,9
PP-P	10	15,3	14,7	9,2	8,8	24,5	23,2	80,1

Hodnoty u jednotlivých skupin odrůd podle délky vegetační doby jsou na obr. 13. Největší snížení GA bylo v lupíncích vyplavením škrobu z hlíz nakrájených na tenké plátky za účelem odstranění škrobových zrn z narušených buněk při řezu pro zabránění „spékání“ lupínků při následném smažení. Tímto proplavením po předchozím oloupaní se rovněž odstraní z velké části i GA. Vzájemné porovnání jejich celkového obsahu v syrových hlízách se slupkou proti tržní úpravě hlíz nebo potravinářským výrobkům je na obr. 14.

Odlíšné výsledky (především vyšší hodnoty u lupínků a naopak nižší u hranolků) oproti našim výsledkům obdrželi F r i e d m a n a D a o (1992). Rozdíly byly zřejmě způsobeny jinou přípravou vzorků komerčních produktů (použili vymrazování). Obdobnou problematikou se zabýval M ü l l e r (1983) a jeho někteří doktorandi, např. S c h w a r d t o v á (1983), A h m e d (A h m e d , M ü l l e r , 1978).

V letech 1997 - 1999 jsme zjišťovali obsah GA v oloupaných hlízách upravených rozkrojením na půlky a vydlabáním dřeně [dužniny] (výrobek na západ od našich hranic nazývaný "potato shell", který se po této úpravě vzápětí smaží jako hranolky). Poloviny vydlabaných hlíz "lastury" jsme namočili na 30 s do 1,7 % roztoku pyrosiřičitanu sodného (podle metodiky) a ponechali 2 a 4 h v laboratoři za přístupu světla a kyslíku před vlastní úpravou vzorku ke zjištění obsahu GA. Do pokusu jsme namátkou vybrali 12 odrůd. Tříleté průměry z celého souboru odrůd jsou v tab. XXV.

Obr. 13 Obsah celkových GA ve výrobcích z brambor českých odrůd. Průměr 3 let (podle Zrůst et al., 2001b)

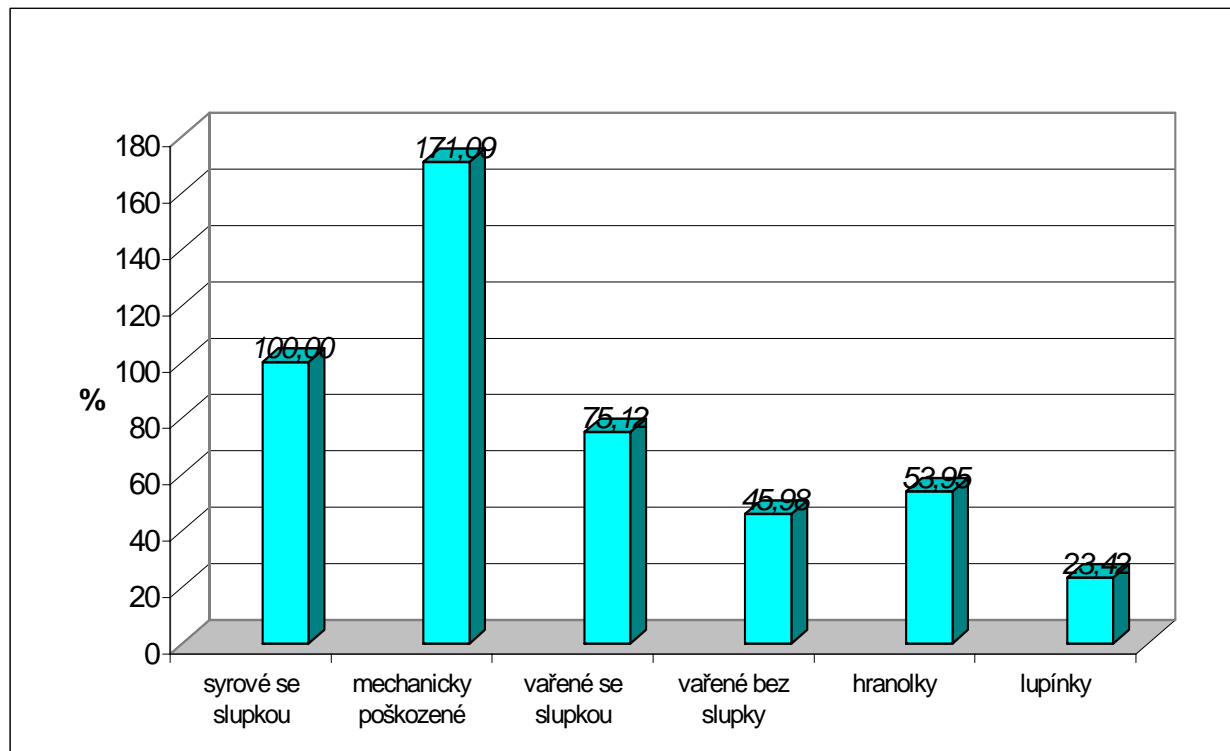


Tab. XXV. Obsah GA v dlabaných hlízách bramboru - kontrole po 2 a 4 h. Průměr let 1997-1999 (podle Zrůst et al., 2001b)

12 odrůd	α -chaconin			α -solanin			Celkem GA		
	Kontr.	po 2 h	po 4 h	Kontr.	po 2 h	po 4 h	Kontr.	po 2 h	po 4 h
\bar{x}	20,36	29,32	46,49	15,63	23,00	39,10	35,99	52,32	85,59
s_x	13,04	17,12	29,37	9,70	13,92	23,79	22,74	30,97	53,16
%*	100	144,01	228,34	100	147,15	250,16	100	145,37	237,82

%* procento zvýšení obsahu GA

Obr. 14 Porovnání celkového obsahu GA v syrových hlízách se slupkou proti tržně upraveným hlízám a potravinářským výrobkům (vyjádřeno též zvýšené % u mechanicky poškozených hlíz) (podle Zrůst et al., 2001b)



Po 2 h došlo k nárůstu obsahu GA o 45,37 % na 145,37 %, po 4 h se obsah GA zvýšil o 137,82 % na 237,82 % oproti kontrolním vzorkům zpracovaným ihned po oloupaní a vydlabání dužniny. Z obou glykoalkaloidů se více zvyšoval obsah α -solaninu.

Z těchto výsledků nutno upozornit na okamžité zpracování hlíz (inaktivaci systému tvorby glykoalkaloidů) po jakékoliv manipulaci s nimi. Potvrzují to i další naše údaje po oloupaní (okrájení) slupky - viz tab. XXVI.

Tab. XXVI. Obsah GA v hlízách s oloupanou slupkou (po 24 a 48 h). Výsledky ze sklizně r. 1999 (podle Zrůst et al., 2001b).

12 odrůd	α -chaconin			α -solanin			Celkem GA		
	Kontr.	po 24 h	po 48 h	Kontr.	po 24 h	po 48 h	Kontr.	po 24 h	po 48 h
x	6,69	9,26	15,87	4,61	6,61	12,22	11,30	15,87	28,09
s _x	3,21	3,33	10,29	2,29	2,98	9,18	5,35	6,16	19,23
%*	100	138,41	237,22	100	143,38	265,08	100	140,44	248,58

I v tomto případě se z obou GA více zvyšoval obsah α -solaninu. Po ponechání syrových oloupaných hlíz v mikrotenových sáčcích v chladu a tmě se v nich po 24 h zvýšil celkový obsah GA o 40,44 % na 140,44 %, po 48 h o 148,58 % na 248,58 %.

V praxi některých závodních kuchyní, restaurací aj. přetrvává zvyk připravovat oloupané hlízy (namočené ve vodě) den před vlastní spotřebou, což je z pohledu těchto výsledků nepřijatelné.

5. Závěry pro šlechtitele, pěstitelé, obchodníky a konzumenty

Jsou to doporučení k omezení nebo zabránění nadměrné akumulace obsahu SGA v hlízách.

a) pro šlechtitele

- účinně ovlivňovat obsah GA u nově povolovaných odrůd kontrolou hladin GA v křížencích při jejich výběru,
- stanovit limit pro nově šlechtěné konzumní odrůdy bramboru ve výši 100 mg celkových GA.kg⁻¹ č.h. hlíz,
- provádět výběr klonů s nižší reakcí zvýšením obsahu GA po mechanickém poškození hlíz.

b) pro pěstitelé

- do sortimentu pěstovaných odrůd vybírat především odrůdy s nižším (< 80 mg.kg⁻¹ č. h.) až maximálně středním obsahem (80 – 160 mg.kg⁻¹ č.h.) GA se zřetelem na měnící se po-větrnostní podmínky dané vegetace,
- dodržovat správnou agrotechniku (zahrnutí hlíz při kultivaci pro zabránění zelenání hlíz, porosty nepřehnojovat dusíkem),
- sklízet hlízy určené pro konzum (zejména pro zimní uskladnění) až po fyziologickém dozrání,
- zabránit mechanickému poškození hlíz při sklizni a při posklizňové úpravě,
- při sklizni nevystavovat hlízy zbytečně světlu (neosušovat hlízy na poli za slunečného dne při dělené sklizni),
- vystavovat hlízy co nejméně světlu při manipulaci s nimi na posklizňových linkách, v přechodných skládkách, při vlastním skladování,
- skladovat hlízy za optimálních podmínek (teploty, vlhkosti, tmy),
- expedovat hlízy ve vhodných obalech – pytlích – při zkrácené světelné expozici.

c) pro obchodníky

- při manipulaci s hlízami:
 - vystavovat je co nejméně světlu,
 - zabránit mechanickému poškození,
- expedovat hlízy ve vhodných obalech (viz předchozí bod),
- při prodeji v obchodech, nevystavovat je zbytečně světlu (zdroje světla opatřit vhodnými foliemi – viz kap. 4. 4 vliv světla).

d) pro konzumenty

- skladovat hlízy pokud možno za optimálních teplotních podmínek, výhradně ve tmě,
- vyhnout se konzumaci:
 - netradičních a neregistrovaných odrůd,
 - silně mechanicky poškozených hlíz,
 - nevyzrálých hlíz,
 - zelených hlíz (nazelenalé části hlízy odkrojit),
- při konzumaci hlíz, které se vyznačují hořkou nebo až pálivou chutí, odstraňovat slupku, vykrajovat okolí oček,
- oloupané, rozkrájené nebo strouhané hlízy ihned dále tepelně zpracovat (platí tím více pro restaurace a vyvařovny, zejména školní, ale i další).

6. Souhrn

V projektu byl podán přehled o problematice steroidních glykoalkaloidů především u planých a zejména kulturních druhů bramboru, o metodách jejich stanovení, dynamice tvorby GA. Upozorňuje se na negativní vlastnosti těchto látek pro lidský organismus, zároveň i na jejich ochrannou funkci proti živočišným škůdcům a chorobám rostlin, na přípustné limity v obsahu SGA v hlízách, jejich nerovnoměrné rozložení v rostlině i hlíze bramboru. Stručně se pojednává o faktorech ovlivňujících dynamiku hromadění těchto látek v hlízách i o vlivu kulinárního zpracování na jejich obsah. Je zdůrazněna závažnost této problematiky, které je třeba věnovat soustavnou pozornost nejen ve výzkumu, ale zejména ve šlechtění při tvorbě nových odrůd. Není možné ji podceňovat ani u pěstitelů, obchodníků i konzumentů.

Pro značné množství publikací, které v minulosti vycházely a stále i v současné době vycházejí, nemohly a ani nebyly do přehledu zahrnuty všechny práce týkající se této problematiky. Lze odkázat na kompilace, které zahrnují velké množství poznatků s odkazy na další citace, jsou to např. Maga (1980), Gelder (1990), Jadhav et al. (1991), Gaffield et al. (1991), Friedman (1992), Maga (1994), Velíšek, Hajšlová (1995), Friedman, McDonald (1997), Lachman et al. (2001).

7. Literatura

- Ahmed, S. S. and Müller, K.** Effect of wound damages on the glycoalkaloid content in potato tubers and chips. *Lebensm.-Wissen. Technol.*, 11: 144-146, 1978.
- Aubert, S., Daunay, M. C., Pochard, E.** Saponosides stéroïdiques de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) I. Intéret alimentaire, methodologie d'analyse, localisation dans le fruit. *Agronomie*, 9: 641-651, 1989a.
- Aubert, S., Daunay, M. C., Pochard, E.** Saponosides stéroïdiques de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) II. Variation des teneurs liées aux conditions de récolte aux génotypes et a la quantité de graines des fruits. *Agronomie*, 9: 751-758, 1989b.
- Baerug, R.** Influence of different rates and intensities of light on solanine content and cooking quality of potato tubers. *Eur. Potato J.*, 5: 242-251, 1962.
- Bajaj, K. L., Kaur, P. P. Sharma, O. N.** Absorptiometric determination of α -tomatidine in tomato fruits. *Analisis*, 16 (3): 194-195, 1988
- Baker, L. C., Lampit, L. H., Meredith, O. B.** Solanine, glycoside of the potato: III. An improved method of extraction and determination. *J. Sci. Food Agric.*, 6: 197-202, 1955.
- Beier, R. C.** Natural pesticides and bioactive components in foods. *Rev. Envir. Contam. Tox.*, 113: 48-137, 1990.
- Bejarano, L., Mignolet, E., Devaux, A., Espinola, N., Carrasco, E., Larondelle, Y.** Glycoalkaloids in potato tubers: the effect of variety and drought stress on the α -solanine and α -chaconine contents of potatoes. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 2096-2100, 2000.
- Bintcliffe, E. J. B., Clydesdale, A., Draper, S. R.** Effects of genotype, site and season on the glycoalkaloid content of potato tubers. *J. National Inst. Agric. Botany*, 16: 86-91, 1982.
- Blinow, P. J., Davies, A. M. C., Bintcliffe, E. J. B., Clydesdale, A., Draper, S. R., Allison, M. J.** A screening method for the determination of glycoalkaloids in tubers of potato varieties. *J. Natl. Inst. Agric. Bot.*, 16: 92-97, 1982.
- Bömer, A. and Mattis, H.** Der Solaningehalt der Kartoffeln. *Z. Unters. Nahr- u. Genussmittel Gebrauchs.*, 47: 97-127, 1924.
- Bretzloff, C. W.** A method for rapid estimation of glycoalkaloids in potato tubers. *Amer. Potato J.*, 48: 158-162, 1971.
- Bushway, R. J., Wilson, A. M., Bushway, A. A.** Determination of total glycoalkaloids in potato tubers using a modified titration method. *Amer. Potato J.*, 57: 561-565, 1980.
- Bushway, R. J., Ponnampalam, R.** α -Chaconine and α -solanine content of potato products and their stability during several modes of cooking. *J. Agric. Food Chem.*, 29: 814-817, 1981.
- Bushway, R. J., Bureau, J. L., McGann, D. F.** α -Chaconine and α -solanine content of potato peels and potato peel products. *J. Food Sci.*, 48: 84-86, 1983.
- Bushway, R. J., Savage, S. A., Ferguson, B. S.** Inhibition of acetylcholinesterase by solanaceous glycoalkaloids and alkaloids. *Am. Potato J.*, 64: 409-413, 1987.
- Caddle, L. S., Stelzig, D. A., Harper, K. L., Young, R. J.** Thin-layer chromatographic system for identification and quantification of potato tuber glycoalkaloids. *J. Agric Food Chem.*, 26: 1453-1454, 1978.
- Clement, E. and Verbist, J. F.** Dosage de la Solanine dans le Tubercule de *Solanum tuberosum* L.: Etude Comparative de Neuf Méthodes Colorimétriques. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 13: 202-206, 1980.
- Claringbold, W. D. B., Few, J. D., Renwick, J. H.** Kinetics of retention of solanidine in man. *Xenobiotica*, 12: 293-302, 1982.

- Conner, H. W.** Effect of light on solanine synthesis in the potato tuber. *Plant Physiol.*, 12: 79-98, 1937.
- Coxon, D. T.** Methodology for glycoalkaloids analysis. *Am. Potato J.*, 61: 169-183, 1984.
- Coxon, D. T., Price, K. R., Jones, P. G.** A simplified method for the determination of total glycoalkaloids. *J. Sci. Food Agric.*, 30: 1043-1049, 1979.
- Coxon, D. T., Davies, A. M.** Special Report No. 7: Glycoalkaloids in potatoes. Morgan, M. R. A., 1983, s. 8-13.
- Cronk, T. C., Kuhn, G. D. McArdle, F. J.** The influence of stage of maturity, level of nitrogen fertilization, and storage on the concentration of solanine in tubers of three potato cultivars. *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.*, 11 : 163-168, 1974.
- Davies, A. M. C. and Blincow, P.J.** Glycoalkaloid content of potatoes and potato products sold in the U. K. *J. Sci. Food Agric.*, 35: 553-557, 1984.
- Fitzpatrick, T. J. and Osman, S. F.** A comprehensive method for the determination of total potato glycoalkaloids. *Amer. Potato J.*, 51: 318-323, 1974.
- Fitzpatrick, T. J., McDermott, J. A., Osman, S. F.** Evaluation of injured commercial potato samples for total glycoalkaloid content. *J. Food Sci.*, 43: 1617-1618, 1978.
- Friedman, M.** Composition and safety evaluation of potato berries, potato and tomato seeds, potatoes and potato alkaloids. In: Finley, J. W., Robinson, S. F., Armstrong, A. (Eds.) *Assessment of Food Safety*. American Chemical Society, Washington, D. C., 1992, ACS Symposium Series, 484, 429-462.
- Friedman, M., Rayburn, J. R., Bantle, J. A.** Developmental toxicology of potato alkaloids in the frog embryo teratogenesis assay – *Xenopus* (FETAX). *Food Chem. Toxicol.*, 29: 537-547, 1991.
- Friedman, M. and Dao, L.** Distribution of glycoalkaloids in potato plants and commercial potato products. *J. Agric. Food Chem.*, 40 : 419-423, 1992.
- Friedman, M. and Levin, C. E.** Reversed-phase high-performance liquid chromatographic separation of potato glycoalkaloids and hydrolysis products on acidic columns. *J. Agric. Food Chem.*, 40: 2157-2163, 1992.
- Friedman, M. and McDonald, G. M.** Potato glycoalkaloids: Chemistry, analysis, safety, and plant physiology. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 16 (1): 55-132, 1997.
- Frydecka-Mazurczyk, A., Zgorska, K.** Wpływ genotypu na akumulację glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka wywołana działaniem uszkodzeń mechanicznych i światła. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 52 (2): 139-144, 2001.
- Fukuhara, K. and Kubo, I.** Isolation of steroidal glycoalkaloids from *Solanum incanum* by two countercurrent chromatographic methods. *Phytochemistry*, 30: 685-687, 1991.
- Gaffield, W. and Keeler, R. F.** Induction of terata in hamsters by solanidane alkaloids derived from *Solanum tuberosum*. *Chem. Res. Toxicol.*, 9: 426-433, 1996.
- Gaffield, W., Keeler, R. F., Baker, D. C.** Solanum glycoalkaloids: plant toxins possessing disparate physiological active structural entities. In: Keeler, R. F., Wu, A. T. (Eds.) *Handbook of Natural Toxins*. Marcel Dekker, New York, 1991, Vol. 6, 135-158.
- Georgieva, R. and Ronkov, B.** Investigating the inheritance of the solanine type of glycoalkaloids in some interspecific hybrids of the potato. *Izv. Inst. Rasteniievudstvo (Sofiya)* 12: 225-240, 1954.
- Gregory, P., Sinden, S. L., Osman, S. F., Tingey, W. M. Chassin, D. A.** Glycoalkaloids of wild, tuber-bearing *Solanum* species. *J. Agric. Food Chem.*, 29: 1212-1215, 1981.
- Griebel, C.** Zum Solaningehalt der Kartoffeln 1922-er Ernte. *Z. Unters. Nahrungs. u. -Ge-nussm.*, 47: 436-438, 1924.

- Griffiths, D. W., Bain, H., Deighton, N., Robertson, G. W., Finlay, M., Dále, B.** Photo-induced synthesis of tomatidenol-based glycoalkaloids in *Solanum phureja* tubers. *Phytochemistry*, 53 (7): 739-745, 2000.
- Gull, D. D., Isenberg, F. H.** Chlorophyll and solanine content and distribution in four varieties of potato tubers. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 75 : 545-556, 1960.
- Haase, N. U.** Veränderungen der Inhaltsstoffe durch Lagerung und Verarbeitung. *Kartoffelbau*, 53 (7): 284-289, 2002.
- Harišová, E.** Stanovenie tomatínu v nezrelých rajčinách. [Diplomová práce] Bratislava SVŠT, 1981.
- Harvey, M. H., McMillan, M., Morgan, M. R., Chan, H. W.-S.** Solanidine is present in sera of healthy individuals and in amounts dependent on their dietary potato consumption. *Hum. Toxicol.*, 4: 187, 1985a. (Cit dle: Gelder, W. M. J. van, 1990.)
- Harvey, M. H., Morris, B. A., McMillan, M., Marks, V.** Measurement of potato steroidal alkaloids in human serum and saliva by radioimmunoassay. *Hum. Toxicol.*, 4: 503, 1985b. (Cit dle: Gelder, W. M. J. van, 1990.)
- Harvey, M. H., Morris, B. A., McMillan, M., Marks, V.** potato steroidal alkaloids and neural tube defects: serum concentrations fail to demonstrate a causal relation. *Hum. Toxicol.*, 5: 249, 1986. (Cit dle: Gelder, W. M. J. van, 1990.)
- Hellenäs, K.-E.** Glycoalkaloids in potato tubers – Aspects on analysis, occurrence and toxicology. Rep. 12. (Dissertation - Swed. Univ. Agric. Sci. Dep. Fd Sci.) 1994, 39 pp.
- Hellenäs, K.-E.** A simplified procedure for quantification of potato glycoalkaloids in tuber extracts by HPLC: comparison with ELISA and a colorimetric method. *J. Sci. Food Agric.*, 37: 776-782, 1986.
- Hellenäs, K.-E., Branzell, C., Johnsson, H., Slanina, P.** Glycoalkaloid content of early potato varieties. *J. Sci. Fd Agric.*, 67: 125-128, 1995.
- Henry, T. A.** The plant Alkaloids. J & A. Churchill, London, 1949.
- Hilton, R. J.** Factors in relation to tuber quality in potatoes. II. Preliminary trials on bitterness in netted gem potatoes. *Can. J. Agric. Sci.*, 31: 61-70, 1951.
- Holland, H. L. and Taylor, G.L.** Transformations of steroids and the steroidal alkaloid, solanine by *Phytophthora infestans*. *Phytochemistry*, 18: 437-440, 1979.
- Hutchinson, A. and Hilton, R. J.** The influence of certain cultural practices on solanine content and tuber yields in Netted Gem potatoes. *Can. J. Agric. Sci.*, 35:485-491, 1955.
- Chaube, S. J. and Swinyard, C. A.** Teratological and toxicological studies of alkaloidal and phenolic compounds from *Solanum tuberosum* L. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 36: 227-237, 1976.
- Jadhav, S. J., Sharma, R. D., Salunkhe, D. K.** Naturally occurring toxic alkaloids in food. *Crit. Rev. Toxicol.*, 9: 21-104, 1981.
- Jadhav, S. J., Kumar, A., Chavan, J. K.** Glycoalkaloids. In: Salunkhe, D. K., Kadam, S. S., Jadhav, S. J. (Eds.) *Potato: Production, Processing, Products*. CRC Press, Boca Raton, FL, 1991, 203 – 245.
- Jeppsen, R. B., Salunkhe, D. K., Wu, M. T., Sharma, R. P.** Effects of N⁶-benzyladenine on glycoalkaloids in potatoes as determined by thin layer chromatography. *Experientia*, 31: 345-350, 1975.
- Kalač, P. sen.** Solanin v bramborách. *Výživa*, 47: 44-46, 1992.
- Kalač, P. jun.** Steroidní glykoalkaloidy v potravinách a potravinářských surovinách. *Disertační práce*. VŠCHT Praha, 1994, 120 s.
- Kalač, P. jr., Voldřich, M.** Steroidní glykoalkaloidy v potravinářských surovinách a výrobcích. *Potrav. Vědy*, 11: 75-82, 1993.

- Kalač, P. jr., Voldřich, M.** Metody stanovení obsahu steroidních glykoalkaloidů v potravinách a potravinářských surovinách. *Potr. Vědy*, 12: 223-232, 1994.
- Keeler, R. F., Douglas, D. R., Stallknecht, G. F.** The testing of blighted, aged and control Russet Burbank potato tuber preparation for ability to produce spina bifida and anencephaly in rats, rabbits, hamsters and mice. *Am. Potato J.*, 52: 125-132, 1975.
- Keeler, R. F., Brown, D., Douglas, D. R., Stallknecht, G. F., Young, S.** Teratogenicity of the solanum alkaloid solasodine and of „Kennebec“ potato sprouts in hamsters. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 15: 522-524, 1976.
- Kibler, R., Lang, H., Ziegler, W.** Einfluss küchentechnischer Massnahmen auf den Solaningehalt grüner Tomatenfrüchte. *Dtsch. Lebensm. –Rdschau*, 81: 111-113, 1985.
- Kintia, P. K. and Shrets, S. A.** Melongoside L and melongoside M, steroidal saponins from *Solanum melongena* seeds. *Phytochemistry*, 24: 197-198, 1985.
- Komaitis, M. E. et al.** Total glycoalkaloid content of five varieties of potatoes. Effect of temperature, light and time of storage. *Chimika Chronika, New series*, 16: 47-51, 1987. (Cit. dle Kalač, P. jr., 1994).
- Kozukue, N. and Mizuno, S.** Determination of α -chaconine and α -solanine in May Queen potatoes by high-performance liquid chromatography. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, 232-237, 1986. [Japanese]
- Kozukue, N., Kozukue, E., Mizuno, S.** Glycolkaloids in potato plants and tubers. *Hort Sci.*, 22:294-296, 1987.
- Kozukue, N. and Mizuno, S.** Effects of light exposure and storage temperature on greening and glycoalkaloid content in potato tubers. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.*, 59: 673-677, 1990. (Japanese).
- Kuhn, R. and Löw, I.** Die Konstitution des Solanins. *Angew. Chem.*, 66: 639-640, 1954.
- Kuhn, R. and Löw, I.** Die Alkaloidglykoside der Blätter von *Solanum Aviculare*. *Chem. Ber.*, 88: 289-295, 1955a.
- Kuhn, R. and Löw, I.** Chaconine. *Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A2*, 60: 488-495, 1955b.
- Kvasnička, F.** Zkušnosti s isotachoforegrafem IONOSEP 900.1. In: Sem. „Analytická kapilární isotachoforésa“, VŠCHT Praha, 28. 1. 1993.
- Kvasnička, F., Price, K. R., Ng, K., Fenwick, G. R.** Determination of Potato Glycoalkaloids using isotachopheresis and comparison with a HPLC method. *J. Liq. Chromatogr.*, 17: 1941-1951, 1994.
- Kvasnička, F.** Metody stanovení glykoalkaloidů brambor. *Bramborářství*, 6 (1): 5-7, 1998.
- Kyzlink, V., Míková, K., Jelínek, R.** Tomatine, solanine and embryotoxicity of unripe tomatoes. *Sbor. VŠCHT E* 51: 69-83, 1981.
- Lachman, J., Hamouz, K., Orsák, M., Pivec, V.** Potato glycoalkaloids and their significance in plant protection and human nutrition – review. *Rostl. Vyr.*, 47 (4): 181-191, 2001.
- Lammerink, P.** Total glycoalkaloid content of new potato cultivars. *N. Zealand J. Exp. Agric.*, 13: 413-414, 1985.
- Lampitt, L. H., Bushill, J. H., Rooke, H. S. Jackson, E. M.** Solanine, glycoside of the potato. II. Distribution in the potato plant. *J. Soc. Chem. Ind.*, 62: 48-51, 1943.
- Lepper, W.** Solaningehalt von 58 Kartoffelsorten. *Z. Lebensmittel. Forsch.*, 89: 264-273, 1949.
- Liljemark, A. and Widoff, E.** Greening and solanine development of white potato in fluorescent light. *Am. Potato J.*, 37: 379-388, 1960.
- MacKenzie, J. D. and Gregory, P.** Evaluation of comprehensive method for total glycoalkaloid determination. *Amer. Potato J.*, 56: 27-33, 1979.
- Maga, J. A.** Potato glycoalkaloids. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 12: 371-405, 1980.

- Maga, J. A.** Glycoalkaloids in *Solanaceae*. Food Rev. Inter., 10 (4): 385-418, 1994.
- Maine, M. J. D. et al.** Changes in total tuber glykoalkaloid content of potato cultivars on exposure to light. J. Agric. Sci., Camb., 111: 57-58, 1988. (Cit. dle: Kalač, P. jun., 1994).
- Matthew, J. A., Morgan, M. R. A., Mc Nerney, R., Chan, H. W.-S., Coxon, D. T.** Determination of solanidine in human plasma by radioimmunoassay. Food Chem. Tox. In: Coxon, D. T., Davis, A. M. C., Morgan, M. R. A.: Special report No. 7: Glycoalkaloids in potatoes. ARC Food Research Institute, Norwich, Biennial Report 1981 & 1982: 8-13, 1983.
- McCollum, G. D. and Sinden, S. L.** Inheritance study of tuber glycoalkaloids in a wild potato, *S. chacoense* Bitter. Am. Potato J., 56: 95-113, 1979.
- McMillan, M. and Thompson, J. C.** An outbreak of suspected solanine poisoning in schoolboys: examination of criteria of solanine poisoning. Quat. J. Med., 48: 227-243, 1979.
- Míková, K., Kášová, Z., Kyzlink, V.** Změny obsahu tomatinu v různě konzervovaných rajčatech. Prům. Potr., 32: 196-197, 1981.
- Mondy, N. I. and Gosselin, B.** Effect of peeling on total phenols, total glycoalkaloids, discoloration and flavor of cooked potatoes. J. Food Sci., 53: 756-759, 1988.
- Mondy, N. I., Munshi, C. B.** Effect of nitrogen fertilization on glycoalkaloid and nitrate content of potatoes. J. Agric. Food Chem., 38: 565-567, 1990.
- Mondy, N. I., Munshi, C. B.** Effect of soil and foliar application of molybdenum on the glycoalkaloid and nitrate concentration of potatoes. J. Agric. Food Chem., 41: 256-258, 1993.
- Morgan, M. R. A., Mc Nerney, R., Matthew, J. A., Coxon, D. T., Chan, H. W.-S.,** An enzyme-linked immunosorbent assay for total glycoalkaloids in potato tubers. J. Sci. Food Agric., 34: 593-598, 1983.
- Morgan, M. R. A., Coxon, D. T., Bramham, S., Chan, H. W.-S., Gelder, W. M. J. van, Allison, J. M.** Determination of the glycoalkaloid content of potato tubers by three methods including enzyme-linked immunosorbent assay. J. Sci. Food Agric., 36: 282-288, 1985.
- Morris, S. C. and Lee, T. H.** The toxicity and teratogenicity of *Solanaceae* glycoalkaloids, particularly those of the potato (*Solanum tuberosum* L.): a review. Food Technol. Aust., 36: 118-124, 1984.
- Müller, K.** Glykoalkaloide in Kartoffeln – im nativen und verarbeiteten Zustand – Kartoffelbau, 34: 310-313, 1983.
- Olsson, K.** The influence of genotype on the effect of impact damage on the accumulation of glycoalkaloids in potato tubers. Potato Res., 29: 1-12, 1986.
- Osman, S. F.** Glycoalkaloids in Potatoes. Food Chem., 11: 235-247, 1983.
- Panovská, Z., Hajšlová, J., Kotal, F.** Výskyt glykoalkaloidů v odrůdách brambor pěstovaných v ČR. Rostl. Vyr., 40: 1123-1128, 1994.
- Papathanasiou, F., Mitchell, S. H., Harvey, B. M. R.** Glycoalkaloid accumulation during tuber development of early potato cultivars. Potato Res., 41: 117- 125, 1998.
- Parnell, A., Bhuvu, V. S., Bintcliffe, E. J. B.** The glycoalkaloid content of potato varieties. J. Natl. Inst. Agric. Bot., 16: 535-541, 1984.
- Patil, B., Salunkhe, D. K., Singh, B.** Metabolism of solanine and chlorophyll in potato tubers as affected by light and specific chemicals. J. Food Sci., 36: 474-476, 1971.
- Peksa, A., Golubowska, G., Rytel, E., Lisinska, G., Aniolowski, K.** Influence of harvest date on glycoalkaloid contents of three potato varieties. Food Chem., 78 (3): 313-317, 2002.
- Plhak, L. C. and Sporns, P.** Enzyme Immunoassay for Potato Glycoalkaloids. J. Agric. Food Chem., 40: 2533-2540, 1992.

Prokoshev, S. M., Petrochenko, E. I. Baranova, V. Z. Inheritance of glycoalkaloids by interspecific hybrids of the potato [in Russian]. Dokl. Acad. Nauk USSR, 83: 457-460, 1952.

Prugar, J. Nové pohledy na problematiku jakosti rostlinných produktů. Sb. referátů z konf. s mez. účastí. „Nové pohledy na jakost produktů rostlinného původu“. VÚP Troubsko u Brna. Brno 22. – 23. 10. 1997: 8-13s.

Prugar, J. Současný pohled na kvalitu potravin. Sb. referátů s mez. účastí: „Výživa rostlin, kvalita produkce a zpracovatelské využití“. MZLU Brno 29. – 30. 6. 1999: 32-35s.

Prugar, J., Štorková, J., Zrůst, J. Obsah glykoalkaloidů a dusičnanů v hlízách brambor pěstovaných konvenčním a ekologickým způsobem. XVII. konf. „Cudzorodé látky v poživatinách“ Tatranská Štrba 13. - 15. 5. 1997, 6s.

Prugar, J., Turnerová, J., Zrůst, J., Přichystalová, V. Ernährungsphysiologische Qualität von ökologisch und konventionell angebauten Kartoffeln – Ernte 1997. 34. Vortragstagung der DGQ „Zerstörungsfreie Qualitätsanalyse“ Universität München. Freising-Weihenstephan 22. – 23. März 1999a, P25.

Prugar, J., Zrůst, J., Turnerová, J., Přichystalová, V. Porovnání jakosti brambor z ekologického a konvenčního pěstování. Bramborářství, 7 (1): 5-8, 1999b.

Prugar, J., Zrůst, J. Ekologické a konvenční hospodaření a ukazatele vnitřní kvality hlíz bramboru. Úroda, 48 (11): 23-25, 2000.

Prugar, J., Zrůst, J. Bedeutung der Sorte und der Anbauweise für die Glykoalkaloide- und Nitratakkumulation in Kartoffeln. 37. Vortragstagung der DGQ „Qualität und Pflanzen-züchtung“ Universität Hannover. Freising, 2002: S. 44.

Přichystalová-Fialková, V., Zrůst, J., Hlušek, J., Jůzl, M. Obsah α -chaconinu a α -solaninu v hlízách velmi raných odrůd bramboru (*Solanum tuberosum* L.). Věd práce VÚB, 13: 91-102, 1999.

Renwick, J. H. Hypothesis. Anencephaly and spina bifida are usually preventable by avoidance of a specific but unidentified substance present in certain potato tubers. Br. J. Prev. Soc. Med., 26: 67-68, 1972.

Roddick, J. G. The steroidal glycoalkaloid α -tomatine. Phytochemistry, 13: 9-25, 1974.

Ross, H. The use of wild *Solanum* species in German potato breeding of the past and today. Amer. Potato J., 43: 63-80, 1966.

Ross, H., Pasemann, P., Nitzsche, W. Der Glykoalkaloidgehalt von Kartoffelsorten in seiner Abhängigkeit von Anbauort und -jahr und seiner Beziehung zum Geschmack. Z. Pflanz-züchtg., 80: 64-79, 1978.

Rühl, R. Beitrag zur Pathologie und Toxicologie des Solanins. Arch. Pharm. Weinheim Ger., 284: 67-74, 1951.

Sachse, J. und Bachmann, F. Über die Alkaloidbestimmung in *Solanum tuberosum* L. Z. Lebensm.-Unters. Forsch., 141: 262-274, 1969.

Saito, K. Horie, M., Hoshino, Y., Nose, N., Nakazawa, H. HPLC determination of glycoalkaloids in potato products. J. Chromatogr., 508: 141-147, 1990.

Salunkhe, D. K., Wu, M. T., Jadhav, S. J. Effect of light and temperature on the formation of solanine in potato slices. J. Food Sci., 37: 969-970, 1972.

Sanford, L. L. and Sinden, S. L. Inheritance of potato glycoalkaloids. Am. Potato J., 49: 209-217, 1972.

Savage, G. P., Searle, B. P., Hellenäs, K.-E. Glycoalkaloid content, cooking quality and sensory evaluation of early introductions of potatoes into New Zealand. Potato Res., 43 (1): 1-7, 2000.

Schulzová, V. Sledování stability a osudu některých regulátorů růstu používaných v zemědělství. Disertační práce VŠCHT Praha, 1992, 189 s.

- Schulzová, V., Hajšlová, J., Roztočil, T., Voldřich, M.** Stanovení obsahu glykoalkaloidů α -solaninu a α -chaconinu v bramborách metodou HPLC. *Potrav Vědy*, 10 (4): 281-292, 1992.
- Schulzová, V., Hajšlová, J.** Glykoalkaloidy – přírodní toxiny brambor. *Výživa a potraviny*, 54 (2): 41-42, 1999.
- Schwardt, E.** Veränderungen in den Gehalten an Glykoalkaloiden (α -Chaconin und α -Solanin) in Kartoffeln während der Lagerung sowie im Verlauf der industriellen Produktion daraus hergestellter Edelerzeugnisse (Chips, Püree und Trockenkartoffeln). Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen, 1983, 122 S.
- Schwarze, P.** Methods for identification and determination of solanine in potato breeding material. *Züchter*, 32 : 155-160, 1962.
- Siegfried, R.** Bestimmung des Solanin-Chaconinverhältnisses in Kartoffelkeimen und Kartoffelknollen. *Z. Lebensm. Unters-Forsch.*, 162: 253-258, 1976.
- Sinden, S. L. and Webb, R. E.** Effect of variety and location on the glycoalkaloid content of potatoes. *Am. Potato J.*, 49: 334-338, 1972.
- Sinden, S. L. and Webb, R. E.** Effect of environment on the glycoalkaloid content of six potato varieties at 39 locations. *USDA Tech. Bull. No. 1472*. 1974.
- Sinden, S. L., Deahl, K. L. Aulenbach, B. B.** Effect of glycoalkaloids and phenolics on potato flavor. *J. Food Sci.*, 41 : 520-523, 1976.
- Sinden, S. L., Sandford, L. L., Webb, R. E.** Genetic and environmental control of potato glycoalkaloids. *Am. Potato J.*, 61: 141-156, 1984.
- Sinden, S. L., Sandford, L. L., Deahl, K. L.** Segregation of leptine glycoalkaloids in *Solanum chacoense* Bitter. *J. Agric. Food Chem.*, 34: 372-377, 1986.
- Sizer, C. E., Maga, J. A., Craven, C. J.** Total glycoalkaloids in potatoes and potato chips. *J. Agric. Food Chem.*, 28: 578-579, 1980.
- Speroni, J. J. and Pell, E. J.** Modified method for tuber glycoalkaloid and leaf glycoalkaloid analysis. *Amer. potato J.*, 57: 537-542, 1980.
- Stromberg, A., Andersson, C., Darnerud, P. O. Gadhasson, I. L., Hellenäs, K.-L., Slanina, P., Hajšlová, J., Boström, O. U.** Ekologiskt eller konventionellt odlad – vilken potatis innehåller mest solanin? [Organically or conventionally grown – which potatoes contain the most solanine?] *Var-Foda*, 54 (5): 12-14, 2002 [Swedish]
- Stromberg, A., Slanina, P.** Potatissamarbete med Tjeckien.[Collaborative work with the Czech Republic on potatoes.] *Var-Foda*, 54: (5): 15, 2002 [Swedish]
- Swinyard, C. A. and Chaube, S.** Are potatoes teratogenic for experimental animals? *Teratology*, 8: 349-357, 1973.
- Šimeková, E. and Horčín, V.** Determination of solanine in tomatoes cultivars. *J. Food Sci.*, 45: 386-387, 1980.
- Takagi, K., Toyoda, M., Fujiyama, Y., Saito, Y.** Effect of cooking on the contents of α -chaconine and α -solanine in potatoes. *J. Food Hygienic Soc. Jpn.*, 31 : 67-73, 1990.
- Timothy, J., Osman, S. F.** *Biochemical Systematic and Ecolog.*, 14: 651, 1986. (Cit. dle Schulzové, 1992).
- Timothy, J. and Alonso, J. G.** *Euphytica*, 50: 203, 1990. (Cit. dle Schulzové, 1992).
- Tingey, W. M.** Glycoalkaloids as pest resistance factors. *Am. Potato J.*, 61: 157-167, 1984.
- Tsahkna, A., Reinik, M., Pille, U.** Glycoalkaloid content of potato varieties in Estonia. In: Abstracts of Papers and Posters. Potatoes Today and Tomorrow. 15th Trien. Conf. EAPR. Hamburk 2002, july 14-19, s. 301.

- van Gelder, W. M. J.** Determination of the total C₂₇-steroidal alkaloid composition of *Solanum* species by high-resolution gas chromatography. *J. Chromatogr.*, 331: 285-293, 1985.
- van Gelder, W. M. J.** Steroidal glycoalkaloids in *Solanum* species: Consequences for potato breeding and food safety. Ph.D. Thesis, University of Wageningen, Holland, 1989.
- van Gelder, W. M. J.** Chemistry, toxicology, and occurrence of steroidal glycoalkaloids: potential contaminants of the potato (*Solanum tuberosum* L.). In: Rizk, A.-F. M. (Ed.) *Poisonous Plants Contaminating Edible Plants*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1990, 117-156.
- van Gelder, W. M. J.:** Steroidal glycoalkaloids in *Solanum* species: Consequences for potato breeding and for food safety. In: Keeler, R. F., Tu, A. T. (Eds.) *Handbook of Natural Toxins*. Vol. 6, *Toxicology of Plant and Fungal Compounds*, New York, Marcel Dekker Inc., 1991.
- van Gelder, W. M. J. and Dellaert, L. M. W.** Alkaloids in potatoes. *Prophyta*, 42(9): 236-238, 1988 [in Dutch]
- van Gelder, W. M. J., Vinke, J. H., Scheffer, J. J. C.** Steroidal glycoalkaloids in tubers and leaves of *Solanum* species used in potato breeding. *Euphytica*, 39: 141-145, 1988.
- van Gelder, W. M. J., Tuinstra, L. G. M. T., Greef, J. van der, Scheffer, J. J. C.** Characterization of novel steroidal alkaloids from tubers of *Solanum* species by combined gas chromatography – mass spectrometry. Implication for potato breeding. *J. Chromatogr.*, 482: 13-22, 1989.
- Vančurová, R. a Kühn, F.** *Zemědělská botanika 3. Systematika rostlin*. SZN Praha, 1966, 437 s.
- Velíšek, J. and Hajšlová, J.** Alkaloids. In: Davídek, J. (Ed.) *Natural Toxic Compounds of Foods – Formation and Changes During Processing and Storage*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1995, 15-44.
- Verbist, J. F. and Monnet, R.** A propos de la teneur en solanine des petits tubercules nouveaux de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) *Potato Res.*, 22: 239-244, 1979.
- Voldřich, M., Ondroušek, S., Dobiáš, J.** Steroidní glykoalkaloidy v čerstvých a konzervovaných rajčatech. *Potrav. Vědy*, 10 (1): 23-30, 1992.
- Wang, S. L., Bedford, C. L., Thompson, N. R.** Determination of glycoalkaloids in potatoes (*S. tuberosum*) with a bisolvent extraction method. *Amer. Potato J.*, 49: 302-308, 1972.
- Wilson, G. S.** A small outbreak of solanine poisoning. *Med. Res. Counc. GB Mon. Bull.*, 18: 207-210, 1959
- Wolf, M. J. and Duggar, B. M.** Estimation and physiological role of solanine in the potato. *J. Agric. Res.*, 73: 1-32, 1946.
- Wu, M. T. and Salunkhe, D. K.** Changes in glycoalkaloid content following mechanical injuries to potato tubers. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 101: 329-331, 1976.
- Wünsch, A.** Spatial distribution of glycoalkaloids of different potato varieties throughout the tuber. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.*, 12: 69-74, 1989.
- Wünsch, A. und Munzert, M.** Einfluss von Lagerung und Sorte auf die Verteilung der Glykoalkaloide in der Kartoffelknolle. *Potato Res.*, 37 (1): 3-10, 1994.
- Zarzecka, K. and Gugala, M.** The effect of herbicide applications on the content of ascorbic acid and glycoalkaloids in potato tubers. *Plant, Soil Envir.*, 49 (5): 237-240, 2003
- Zitnak, A.** The influence of certain treatments upon solanine synthesis in potatoes. M. S. thesis. University of Alberta, Edmonton, Canada, 1953.
- Zitnak, A.** The occurrence and distribution of free alkaloid solanidine in Netted Gem potatoes. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 39: 1257-1265, 1961.
- Zitnak, A.** Steroids and capsaicinoids of Solanaceous food plants. In: Childers, N. F. and Russo, G. M. (Eds.) *'The Nightshades and Health'*. Ch. 4. Somerset Press, Somerville, NJ, 41 p.

- Zitnak, A. and Johnston, G. R.** Glycoalkaloid content of B5141-6 potatoes. Amer. Potato J., 47: 256-260, 1970.
- Zrůst, J.** Obsah glykoalkaloidů v hlízách bramboru (*Solanum tuberosum* L.) ovlivněný pěstitelskými opatřeními a mechanickým poškozením. Rostl. Výr., 43 (11): 509-515, 1997.
- Zrůst, J.** Co bychom měli vědět o limitech pro zdravotní nezávadnost brambor a výrobků z nich. Bramborářství, 6 (4): 13-15, 1998.
- Zrůst, J.** Steroidní glykoalkaloidy v hlízách bramboru. Úroda, 47 (5): 18-19, 1999.
- Zrůst, J.** Glykoalkaloidy brambor. Agromagazín, 2 (6): 22-25, 2001.
- Zrůst, J.** Obsah glykoalkaloidů s rozdílnou úpravou. Připravováno k předání do tisku.
- Zrůst, J., Čepl, J.** Glykoalkaloidy – vážný problém bramborářství. Bramborářství, 3 (1): 6-8, 1995.
- Zrůst, J., Čepl, J.** Příčiny hromadění a možnosti snížení obsahu glykoalkaloidů v hlízách v průběhu pěstování a zpracování brambor. Záv. zpráva za úkol RE093095-RV04. VÚB H. Brod, 1996, 39 s.
- Zrůst, J., Horáčková, V., Přichystalová, V., Rejlková, M.** Content of alpha-chaconine and alpha-solanine in groups of potato varieties listed in the National Book of varieties of the Czech Republic. Rostl. Výr., 46 (11): 481-486, 2000a.
- Zrůst, J., V., Přichystalová, V., Rejlková, M.** Obsah glykoalkaloidů v hlízách odrůd bramboru registrovaných v ČR. bramborářství, 8 (4): 11-13, 2000b.
- Zrůst, J., Horáčková, V., Přichystalová, V., Rejlková, M.** Light-induced alpha-chaconine and alpha-solanine accumulation in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) after harvest. Rostl. Výr., 47 (11): 469-474, 2001a.
- Zrůst, J., Horáčková, V., Přichystalová, V., Rejlková, M.** Obsah glykoalkaloidů (alfa-chaconinu a alfa-solaninu) v hlízách bramboru (*Solanum tuberosum* L.) a v nejrozšířenějších výrobcích z nich. Závěrečná zpráva za projekt EP0960006563. VÚB H. Brod, 2001b, 40 s. + přílohy.
- Zrůst, J., Horáčková, V., Přichystalová, V., Rejlková, M.** The content of glycoalkaloids in potato food products. Věd. práce VÚB 14, 1993 (v tisku).
- Zwenger, C. and Kind, A.** Über das Solanin und dessen Spaltungs Producte. Ann. Chem. Pharm., 118: 129-151, 1861.