

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra Chemie



Stanovení obsahu prekurzorů akrylamidu v bramborách s barevnou
dužninou

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Kristina Jířů

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Hejtmánková, PhD.

2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Stanovení prekurzorů akrylamidu v bramborách s barevnou dužninou vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne.....

.....
podpis autora práce

Poděkování

Chtěla bych poděkovat své vedoucí práce paní Ing. Kateřině Hejtmánkové, PhD. za odborné vedení, konzultaci a jazykovou korekturu mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Vladimíru Pivcovi, CSc. za praktickou pomoc v laboratoři. V neposlední řadě bych velmi ráda poděkovala svým rodičům za mnohostrannou podporu během celého studia.

Souhrn

O akrylamidu (AA) se uvádí, že může působit na člověka karcinogenně a neurotoxicky. Vysoké koncentrace AA byly zjištěny v tepelně upravených bramborových výrobcích především v lupínkách a hranolkách. AA vzniká reakcí volné aminokyseliny asparaginu (asn) s redukujícími cukry glukosou (glc) a fruktosou (fru) za teplot přesahujících 120 °C. Na obsah glc, fru a asn v bramborové hlíze má vliv odrůda. V současnosti je věnována pozornost barevným odrůdám brambor, neboť obsahují vyšší množství přírodních antioxidantů- anthokyanů (antho), které příznivě působí na lidský organismus. Použití brambor s obsahem antho ve výživě by bylo vhodné pro zvýšení biologické hodnoty pokrmů. Vzhledem ke své antioxidační aktivitě by antho také mohly ovlivňovat tvorbu akrylamidu ve smažených výrobcích.

Předmětem mé diplomové práce byl výběr barevných odrůd s nízkým obsahem prekurzorů AA a dále zhodnocení vlivu odrůdy, lokality pěstování (uhříněves/valečov) a způsobu pěstování (ekologické/konvenční) na obsah prekurzorů AA.

Konvenčně pěstované odrůdy obsahují statisticky významně nižší množství asn a naopak statisticky významně vyšší množství antho. Odrůdy pěstované v uhříněvsi obsahovaly statisticky významně vyšší množství glc. V odrůdách pěstovaných v uhříněvsi bylo zjištěno významně větší zastoupení asn. Obsah antho se jevil významně vyšší v odrůdách pěstovaných ve valečově. Na základě výsledků předkládané diplomové práce se zdá z hlediska obsahu prekurzorů AA v hlízách lepší použít konvenční způsob pěstování (statisticky významně nižší množství asn a naopak statisticky významně vyšší množství antho, které by mohly inhibovat tvorbu AA). Z testovaných lokalit byla zjištěna jako vhodnější výše položená lokalita valečov (statisticky významně nižší množství asn a glc v hlízách a dále nižší množství ostatních cukrů a statisticky významně vyšší množství antho v pěstovaných hlízách). Odrůda měla vliv na obsah všech sledovaných parametrů. Ze všech odrůd se zdá pro přípravu smažených bramborových výrobků jednoznačně nejvhodnější odrůda Blaue Anneliese, která obsahovala statisticky nejnižší obsah asn a druhý nejnižší obsah fru, glc a celkových cukrů ze všech testovaných odrůd. V neposlední řadě se řadí k odrůdám s vyšším obsahem antho.

Klíčová slova: *Solanum tuberosum*, glukosa, fruktosa, asparagin, sacharosa, anthokyan, akrylamid

Summary

Recent studies have shown that acrylamide (AA) is a potential human carcinogen with neurotoxic effects. High concentration of AA was detected in heated modified potato products especially in fries and chips. AA is generated by reaction of free amino acid asparagine (asn) and reducing carbohydrates glucose (glc) and fructose (fru) at temperatures higher than 120 °C.

Content of glc, fru and asn is influenced in potato tubers by variety. Recently there is focused on coloured varieties of potato because of higher concentration of antioxidants – anthocyanins (antho) with positive impact on human health. It would be convenient to use potatoes with content of antho to increase biological value of food. Because of the antioxidant activity antho can influence formation of AA in fried products.

My thesis was aimed to selection of varieties with low content of precursors of AA, evaluate influence of variety, location of cultivation (uhříněves/valečov) and way of cultivation (organic/conventional) on content of precursors of AA.

The varieties cultivated by conventional way content significantly less asn and contrary significantly more antho. The varieties cultivated in location uhříněves content significantly more glc. It was determined that the varieties cultivated in location uhříněves content more asn. Concentration of antho was higher in varieties from location valečov. Based on results of this thesis it seems that conventional way of cultivation is better because of AA precursor's content (significantly less asn, contrary significantly more antho, which can inhibit formation of AA). The higher elevated locality Valečov was determined as the most suitable among the tested locations (significantly less asn and glc and also less others sugars and significantly more antho). Variety affects the content of all analysed parameters. The most suitable variety for frying processes is Blaue Anneliese because it contains far the lowest content of asn and the second lowest content of fru, glc and amount of total sugars. Apart from this it is the variety which contains higher amount of antho.

Key words: *Solanum tuberosum*, glucose, fructose, asparagine, sucrose, anthocyanins, acrylamide

Obsah

1. Úvod	1
2. Vědecká hypotéza a cíle práce	2
3. Literární rešerše	3
3.1 Brambor hlíznatý (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	3
3.1.1 Botanický popis.....	3
3.1.2 Fyziologie.....	3
3.1.3 Pěstování bramboru hlíznatého.....	6
3.1.4 Chemické složení hlíz.....	12
3.1.5 Jakost a kvalita brambor.....	15
3.1.6 Odrůdová skladba.....	17
3.1.7 Využití brambor pro potravinářské účely.....	18
3.2 Prekurzory akrylamidu.....	19
3.2.1 Sacharidy.....	20
3.2.2 Asparagin.....	23
3.2.3 Maillardova reakce.....	25
3.2.4 Anthokyany.....	26
3.2.5 Stanovení prekurzorů akrylamidu.....	28
4. Materiál a metody	29
4.1 Použité chemikálie.....	29
4.2 Instrumentace a vybavení.....	29
4.3 Použitý rostlinný materiál.....	30
4.4 Příprava laboratorního vzorku.....	32
4.5 Stanovení glukosy, fruktosy a sacharosy.....	33
4.6 Stanovení asparaginu.....	34
4.7 Stanovení celkového obsahu anthokyanů.....	35
4.8 Statistické vyhodnocení.....	36
5. Výsledky a diskuse	37
5.1 Stanovení glukosy, fruktosy a sacharosy.....	37
5.2 Stanovení asparaginu.....	41
5.3 Stanovení celkového obsahu anthokyanů.....	42
5.4 Statistické vyhodnocení vlivu odrůdy a lokality.....	44

5.4.1 Vliv odrůdy na obsah sacharidů	44
5.4.2 Vliv odrůdy na obsah asparaginu	45
5.4.3 Vliv odrůdy na obsah celkových anthokyanů	46
5.4.4 Vliv lokality pěstování na obsah sacharidů	47
5.4.5 Vliv lokality pěstování na obsah asparaginu	47
5.4.6 Vliv lokality pěstování na obsah anthokyanů.....	48
5.5 Statistické vyhodnocení vlivu odrůdy a způsobu pěstování	49
5.5.1 Vliv odrůdy na obsah sacharidů	49
5.5.2 Vliv odrůdy na obsah asparaginu	50
5.5.3 Vliv odrůdy na obsah anthokyanů	51
5.5.4 Vliv způsobu pěstování na obsah sacharidů	51
5.5.5 Vliv způsobu pěstování na obsah asparaginu	52
5.5.6 Vliv způsobu pěstování na obsah anthokyanů.....	53
6. Závěr	54
7. Seznam literatury	55
8. Seznam použitých zkratk a symbolů	61

1. Úvod

Brambory představují jednu z hlavních světových plodin. Hojně používanou kulinární úpravu bramborových produktů představuje smažení. Během smažení brambor při teplotách vyšších než 120°C dochází k reakci volných redukujících cukrů – glukosy a fruktosy a volné aminokyseliny - asparaginu. Zmíněná chemická reakce probíhá tzv. Maillardovým mechanismem, jehož jedním z produktů, je akrylamid. O akrylamidu (AA) se uvádí, že na člověka působí potenciálně karcinogenně, a tím může významně přispívat ke vzniku rakoviny ledvin či tlustého střeva. Větší množství AA se může vyskytovat v tepelně upravených škrobnatých potravinách, především v bramborových a obilninových výrobcích. Vysoké koncentrace AA byly zjištěny zejména ve smažených bramborových produktech – v lupínkách a hranolkách. Hlavní prekurzory- fruktosa, glukosa a asparagin v bramborových hlízách přímo ovlivňují tvorbu AA. Obsah prekurzorů je přirozeně ovlivněn mnoha faktory. Mezi významné faktory patří např. odrůda, teplota a doba skladování, ročník nebo obsah dusíku a fosforu v půdě. Některé studie hovoří o tom, že na obsah prekurzorů AA může mít vliv rovněž lokalita a způsob pěstování. V bramborových hlízách se přirozeně vyskytuje ještě disacharid sacharosa, která hydrolytickým štěpením poskytuje glukosu a fruktosu, prekurzory AA. To znamená, že se také sacharosa nepřímo podílí na tvorbě AA.

Některé antioxidační látky obsažené v bramborových hlízách mohou ovlivňovat Maillardovu reakci tím, že reagují se vstupními látkami a meziprodukty účastnící se této reakce. V barevných odrůdách brambor se jedná převážně o polyfenolické sloučeniny. Významnou skupinu polyfenolických látek představují anthokyany. Anthokyany jsou rostlinné přírodní pigmenty vykazující antioxidační aktivitu, čímž působí pozitivně na lidský organismus, neboť snižují množství tzv. volných radikálů. Anthokyany se vyskytují hojně v odrůdách brambor s barevnou dužninou, a proto je v současnosti těmto odrůdám věnována zvýšená pozornost. V České republice je od roku 2005 registrována jedna barevná odrůda s fialovou dužninou – Valfi. Barevné odrůdy brambor mají zatím jen omezené využití, ale vzhledem k jejich vyššímu obsahu anthokyanů by bylo příhodné biologicky zkvalitnit oblíbené, ač nezdravé smažené pokrmy.

2. Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotézy:

- 1) Odrůda bramboru má významný vliv na obsah glukosy, fruktosy, sacharosy, asparaginu a anthokyanů v hlíze.
- 2) Způsob pěstování významně ovlivňuje obsah glukosy, fruktosy, sacharosy, asparaginu a anthokyanů v hlíze bramboru.
- 3) Lokalita pěstování významně ovlivňuje obsah glukosy, fruktosy, sacharosy, asparaginu a anthokyanů v hlíze bramboru.
- 4) Existuje odrůda bramboru s nízkým obsahem glukosy, fruktosy, sacharosy a asparaginu v hlíze.

Cílem této práce bylo:

- 1) Určit odrůdy vhodné ke zpracování na smažené bramborové výrobky resp. odrůdy s nízkým obsahem prekurzorů akrylamidu.
- 2) Zhodnotit vliv odrůdy na obsah prekurzorů akrylamidu v hlízách bramboru.
- 3) Zhodnotit vliv zvolených systémů pěstování na obsah prekurzorů akrylamidu v hlízách bramboru.
- 4) Zhodnotit vliv lokality pěstování na obsah prekurzorů akrylamidu v hlízách bramboru.

3. Literární rešerše

3.1 Brambor hlíznatý (*Solanum tuberosum* L.)

Brambor hlíznatý je původním druhem Jižní Ameriky a dnes se pěstuje kromě tropů po celém světě (Novák a Skalický, 2009). Evoluce kulturních brambor probíhala nejprve domestikací planých diploidních druhů v Jižní Americe před 7000 lety, následně vznikem kultivované tetraploidní formy a její introdukci z Jižní Ameriky do Evropy v roce 1570 a další adaptací na nové podmínky severní Evropy koncem 18. století (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.1 Botanický popis

Druh *Solanum tuberosum* je dvouděložná rostlina, patřící do čeledi lilkovitých (*Solanaceae* Pers.) a do rodu lilek (*Solanum* Tourn.) (Vokál a Bártů, 2013).

Nadzemní část rostliny, trs, je ovlivněna typem natě. Rozlišuje se typ stonkový a listový. Tvar trsu může být kuželovitý, deštníkovitý nebo zarovnaný. Stonek bývá různě dlouhý a tlustý. List je lichozpeřený a tvořený řapíkem a čepelí s lístky a mezilístky. Počet a velikost lístků a mezilístků určuje členitost listu. Květenství bramboru představuje dvojvijan na vrcholu stonku. Květy mohou být pětičetné, ale rovněž i sedmičetné. Plodem bramboru je bobule obsahující drobná světle žlutá semena (Pazdera et al., 2006).

Podzemní část rostliny se skládá z kulového kořene s rozvětvenými postranními kořeny a z adventivních kořenů vzniklých z podzemní části stonku a stolonů. Přeměnou vzrostného vrcholu stolonů (podzemních výhonů) vznikají hlízy. Část hlízy u stolonu je nazývána jako pupková, protilehlá část jako vrcholová. Na hlíze jsou uspořádány pupeny (Pazdera et al., 2006).

3.1.2 Fyziologie

Fyziologie bramboru zahrnuje tři fáze: růst, vývin a reprodukci. První fáze je zahájena klíčením, kdy semeno nejprve začíná přijímat vodu, a tím bobtná. Poté se zvyšuje biochemická aktivita. Uvolňuje se tím energie potřebná pro další látkovou výměnu. Zakládá se zárodečný kořínek, z něhož později vyrůstá stonek s podzemními stolonem, na němž se vytvářejí hlízy. Při vegetativním množení začíná růst klíčků z probuzeného pupenu v očku

na hlíze. První vyrostlý klíček zpomaluje růst dalších klíčků z ostatních pupenů v očku i dalších oček. Hovoří se o tzv. apikální dominanci (Vokál et al., 2004).

Druhá fáze, vývin (ontogeneze), probíhá od semen do semene u generativního množení. U vegetativně množených zahrnuje období, které hlíza musí podstoupit, aby vyklíčila a z ní vyrostlá rostlina vytvořila nové hlízy. Časový sled růstových a diferenačních změn se označuje pojmem ontogeneze. K hodnocení těchto změn je používána BBCH stupnice. Zkratka BBCH je odvozena z názvů institucí (= Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical industry). Jde o systém jednotného kódování fenologických růstových fází jednoděložných a dvouděložných rostlin. Ke každé růstové fázi je přiřazen odpovídající číselný kód (Tab. 1) Lze dále provést podrobnější vyhodnocení diferenačních změn přímo na vzrostném vrcholu (Vokál et al., 2004).

Tab. 1 Vývojová stádia bramboru (BBCH stupnice) (převzato z: Pazdera et al., 2006)

Číselné označení	Růstová fáze
0	Klíčení
1	Tvorba listů
2	Tvorba postranních výhonů
3	Zapojení porostu
4	Tvorba hlíz
5	Tvorba květenství
6	Kvetení
7	Tvorba plodů
8	Zrání plodů
9	Stárnutí

3.1.2.1 Požadavky na prostředí

Nejdůležitějšími faktory prostředí ovlivňující fyziologii bramboru jsou světlo, teplota, voda, vzduch a půda (Vokál et al., 2004).

Viditelné záření, o rozsahu vlnových délek 400 - 750 nm, způsobuje u rostlin tzv. fotoperiodismus. Je to jev, kdy jsou rostliny schopny rozeznat délku dne a noci, což souvisí s regulací řady vývojových procesů. Pro brambor hlíznatý je příznačné, že se z hlediska

tvorby květů jedná o dlouhodobní rostlinu, a však z hlediska tvorby hlíz o krátkodenní rostlinu. Dlouhý den (vystavení světlu po dobu 16 hodin) podporuje růst natě, časnější nástup kvetení, opoždí nasazování hlíz, avšak vlivem lepších výsledků fotosyntézy se vytváří větší a vyrovnanější hlízy. Podmínky krátkého dne (vystavení světlu po dobu 8 hodin) naopak zpomalují růst a nasazování pupat, ale dochází k časnějšímu nasazování hlíz, dále dochází ke zkrácení vegetační doby (Vokál et al., 2004).

Na změny teplot je brambor velmi citlivý. Požadavky bramboru na teplotu lze vyjádřit součtem průměrných denních teplot za vegetační období. Suma těchto teplot se pohybuje u bramboru v rozmezí 2300 – 3000°C. Růst klíčků po výsadbě na poli začíná již při 8 – 10 °C, ale optimální teplota pro klíčení hlíz je 15 – 20 °C. Zvyšováním nebo snižováním teploty lze regulovat klíčení, čehož je využito při předklíčování hlíz. Nať nejrychleji roste při 20 – 25 °C, při teplotě nad 30 °C přestává růst. Teplota 40 °C již poškozuje pletiva nadzemní části rostlin. Odolnost bramborové natě k nízkým teplotám je také velmi malá. Při déletrvajících teplotách -1 až -1,5 °C nať zmrzne. Optimální teplota pro růst hlíz je ve dne 20 °C a v noci 14 °C. Hlízy snesou teplotu až 38 °C, čehož se využívá při termoterapii viróz (Vokál et al., 2004).

Brambor má středně velké nároky na vláhu v porovnání s jinými plodinami. Citlivě reaguje na rozdělení srážek. Od doby, kdy se začínají vytvářet hlízy do počátku fyziologické zralosti porostu, reagují všechny odrůdy velmi citlivě na nedostatek půdní vláhy. V období zakládání a počáteční tvorby hlíz jsou rovněž důležité srážky pro zabránění strupovitosti hlíz. Půdní druh má rovněž vliv na vláhové poměry (Vokál et al., 2004).

Obsah a složení vzduchu v půdě ovlivňuje růst kořenů. Brambor má výrazný nárok na provzdušnění půdy ve sféře kořenové soustavy, nejen v ornici, ale i ve spodině. Dobré provzdušnění vykazují propustné půdy, neboť umožňují snadný průsak vody. Proto jsou pro pěstování bramboru vhodné půdy lehké až střední s dobře propustnou spodinou. Jedná se o půdní druh písčité s obsahem jílnatých částic 8 – 10 %, a také druh hlinitopísčité s obsahem jílnatých částic 10 – 20 %. Těžké půdy jsou málo propustné, a tudíž nevhodné pro pěstování bramboru. Při výběru lokality k pěstování brambor je třeba brát v úvahu sklonitost a výskyt kamene v orniční vrstvě (Vokál et al., 2004).

3.1.3 Pěstování bramboru hlíznatého

Obecně jsou u brambor uplatňovány dva systémy pěstování - konvenční a ekologický.

V konvenčním pěstování se musí sice dodržovat „zásady správné zemědělské praxe“, ale mohou se používat intenzifikační postupy, které vedou k dosahování vysokých výnosů, konkurenceschopnosti a rentability výroby. Při nedodržování stanovených postupů však existují rizika negativního ovlivnění půdního prostředí a potížemi s vnější a vnitřní kvalitou hlíz (Hamouz et al., 2008).

Ekologický systém pěstování představuje zvláštní druh hospodaření, který dbá na životní prostředí tím, že stanovuje omezení či zákaz používání chemických látek a postupů kontaminujících životní prostředí nebo zvyšují riziko kontaminace potravního řetězce. Je rovněž brán ohled na vnější projevy a pohodu chovaných zvířat. Snahou tohoto systému je zachování biodiverzity a předpokladem produkce zdravých a kvalitních potravin (Hamouz et al., 2008).

U brambor vyžaduje ekologické pěstování mimořádnou péči. Rizikem bývá snížení výnosu a kvality hlíz. Dále se projevuje deficit živin v půdě, silný tlak plevelů, chorob a škůdců (Hamouz et al., 2008).

3.1.3.1 Konvenční systém pěstování

Výběr stanoviště

Pro pěstování brambor v ČR je typická zemědělská výrobní oblast bramborářská charakterizovaná nadmořskou výškou 400 až 600 m.n.m.. Terén je zvlněný až výrazně členitý s převažujícími středně hlubokými hnědými půdami, hlinitopísčitymi až písčitohlinitými středně skeletovitými s výskytem šterku a kamene. Klimatické podmínky jsou v mírně teplé, vlhké až mírně chladné. Obecně při výběru vhodného pozemku je třeba mít na paměti, že dobré kvality nelze docílit v kamenitých nebo těžkých zamokřených půdách (Vokál et al., 2004).

Sklonitost pozemku představuje limitující faktor z pohledu vodní eroze. Maximální přípustná hodnota činí 8 ° (Vokál et al., 2004).

Obsah humusu by se měl pohybovat nad 2 %. Optimální obsah živin by se měl přibližně pohybovat u fosforu 80 – 115 mg/kg půdy, draslíku 170 – 310 mg/kg a hořčíku 160 – 265 mg/kg půdy. Ke stanovení živin se používá metoda podle Mehlicha III (Vokál et al., 2004).

Hodnota půdní reakce patří mezi důležité faktory, neboť souvisí se sorpcí živin. Bramboru vyhovuje kyselá půdní reakce o hodnotě pH 5,5 - 6,5 (Vokál et al., 2004).

Přítomnost kamenů v ornici způsobuje mechanické poškození hlíz, a proto je tento problém řešen technologií pěstování v odkameněných hrůbcích (Vokál et al., 2004).

Zařazení v osevním postupu

Brambory patří mezi plodiny zlepšující, to znamená, že nechávají po sklizni půdu v lepším stavu, než byla před jejich sázením. Dále jsou řazeny mezi zlepšující plodiny rovněž proto, že se na podzim hnojí organickým hnojivem, především chlévským hnojem. Brambory zanechávají malé množství organických zbytků, tudíž aby byla vyrovnána uhlíková bilance, je nezbytné dodat dostatečné množství organické hmoty (Vokál et al., 2004).

Brambory představují vhodnou předplodinu pro všechny následné plodiny s výjimkou lilkovitých a tykvovitých zelenin. 25 % zastoupení brambor v osevním postupu se jeví jako optimální. Vyšší zastoupení brambor v osevním sledu by mělo za následek jednak zvýšení výskytu odolných plevelů např. pýru či svízele, jednak by hrozilo větší nebezpečí karanténních chorob a škůdců (Vokál et al., 2004).

Zpracování půdy

a) Příprava půdy po sklizni předplodiny

Jako první pracovní operace po sklizni předplodiny je provedena podmítka, při níž dochází k mělkému zkyplení půdy do hloubky 8 – 10 cm. Podmítkou jsou omezeny ztráty kapilární vody a zároveň je usnadněno zasakování dešťové vody do půdy. Podmítka má rovněž funkci odplevelující (Vokál et al., 2004; Dolan, 1998). S podmítkou je možné nasít strništní mezplodinu, pokud se seje včas. Pozdnější výsev vyžaduje ošetření (Vokál et al., 2004).

Před podzimní orbou je aplikován hnůj s fosforečnými, draselnými a případně hořečnatými minerálními hnojivy. Bezprostředně po aplikaci následuje podzimní orba (Vokál

et al., 2004; Dolan, 1998). Smysl orby spočívá v nakypření půdy, což vede ke zvýšení její pórovitosti, a tím ke zlepšení půdní struktury. Orba rovněž významně omezuje výskyt plevelů. Středně hluboká orba je prováděna do hloubky 20 cm optimálně do poloviny října (Vokál et al., 2004).

b) Jarní příprava půdy

Po oschnutí hřebenů brázd bývá provedeno urovnání povrchu smyky s bránami (Dolan, 1998). Tato operace způsobí rozrušení půdních agregátů a současně se vytvoří izolační vrstva zabraňující úniku vláhy (Vokál a Bártů, 2013).

Po urovnání povrchu navazuje další pracovní operace kypření. Ke kypření se používají kombinátory s prutovými válci nebo rotačními kypřiči. Docílí se tím vytvoření kypřého lůžka a prokypřené vrstvy půdy optimálně do hloubky 20 cm (Dolan, 1998; Vokál a Bártů, 2013).

K nejdokonalejšímu prokypření však dochází při použití technologie záhonového odkameňování před sázením brambor. Zmíněná technologie umožňuje na kamenitých půdách značné snížení obsahu kamenů v záhonu, čímž se sníží riziko mechanického poškození hlíz a zároveň se zvýší výtěžnost hlíz. Odkameňovací technologie zahrnuje dvě operace. Jedná se o rýhování a vlastní separaci kamenů a hrud (Dolan, 1998). K vytvoření rýh se v tuzemských podmínkách používají rýhovače se dvěma rozorávacími tělesy. Prostor mezi rýhami je zpracováván prosévacími separátory s pasivními vyorávacími radlicemi a prosévacím ústrojím. Dopravník ukládá odseparované kameny s hroudami na dno rýh. Tímto způsobem vzniknou prokypřené záhony téměř bez kamenů. Do vytvořených záhonů jsou vysázeny dva řádky brambor (Vokál a Bártů, 2013).

Výživa a hnojení

Brambory patří mezi plodiny náročné na živiny. Brambory se nejčastěji hnojí chlévským hnojem v dávce 30 - 35 t/ha již na podzim. Zelené hnojení v kombinaci se slámou je také vhodné (Vaněk et al., 2007). Vaněk et al. (2007) doporučuje aplikaci minerálního dusíku před výsadbou do 80 kg/ha ve formě síranu amonného nebo DAM 390. Aplikované množství minerálního dusíku závisí na užitkovém směru brambor. Fosfor je dodáván nejčastěji superfosfáty v dávce 30 - 45 kg/ha. Draslík je aplikován ve formě 60 % draselné soli v dávce 100 - 160 kg/ha spolu s fosforem před orbou. Brambory jsou citlivé na vápník, a tudíž se přímo nevápní (Vaněk et al., 2007).

Sadba

Předpokladem pro úspěšné pěstování brambor by měla být certifikovaná sadba. Přípravu sadby rozlišujeme na mechanickou, biologickou a ošetření proti chorobám a škůdcům. Mechanická příprava zahrnuje odstranění příměsí a hlíz s chorobami, silně mechanicky poškozených či starých matečních hlíz, a zároveň třídění hlíz na sadbovou velikost. Biologická příprava se provádí narašením nebo předkličováním. Jejím cílem je připravit hlízy na vegetaci a vytvořit větší odolnost vůči škodlivým činitelům. Narašení znamená probuzení oček a vývoj klíčků do velikosti max. 5 mm, což se uskutečňuje dva až tři týdny před sázením. Předkličováním se rozumí vytvoření pevných a silných klíčků o velikosti 15 - 25 mm. Proces předkličování začíná asi 6 týdnů před sázením. Ošetření sadby proti chorobám a škůdcům se je provedeno v rámci třídění hlíz přípravkem ze speciálních aplikátorů nebo přímo na sázeči (Vokál a Bártů, 2013).

Termín sázení vychází u raných brambor na polovinu března až začátek dubna, u pozdních brambor se pohybuje v rozmezí 20.4. - 15.5. podle výrobní oblasti (Pazdera et al, 2006). Sázení bývá prováděno nejčastěji pomocí dvouřádkových sázečů na šířku záhonů 1,6 - 1,8 m s roztečí hrubků 0,75 - 0,90 m do hloubky 5 – 6 cm. Vzdálenost v řádku je závislá na užitkovém směru brambor. Spotřeba sadby kolísá v intervalu 2,5 - 3,5 t/ha. Počet rostlin na hektar činí u konzumních brambor pozdních 35 000 - 44 000 (Vokál a Bártů, 2013).

Ochrana

Regulace plevelů spočívá v eliminaci především vytrvalých plevelů jako pýr plazivý, pcháč rolní a mléč rolní v předplodinách. Plevely lze regulovat mechanicky – proorávkou naslepo, vláčením a plečkováním nebo lze použít kombinaci mechanických zásahů s aplikací preemergentních (Command 36 SC) a postemergentních (Basagran super) herbicidů. Třetí možnost regulace spočívá v čistě v herbicidní ochraně, což je využíváno v odkameňovací technologii. Během vegetace lze proti jednoletým a vytrvalým plevelům použít herbicid typu glyfosátu již před sázením. Postemergentně se používá proti jednoděložným a dvouděložným plevelům herbicid Titus 25 WG (Kazda et al., 2010).

Hlavní preventivní opatření proti šíření virových a houbových chorob spočívá ve výběru uznané certifikované sadby. Virové choroby jsou přenosné sadbou. Necertifikovanou sadbou se mohou přenášet karanténní škůdci – háďátko bramborové a háďátko světlé (Kazda et al., 2010).

Proti nejrozšířenější chorobě, plísni bramboru, se musí zasahovat od začátku do konce vegetace. K ošetření se mohou podat přípravky Acrobat nebo Altima 500 SC. Karanténní onemocnění podléhající ohlašovací povinnosti jsou rakovina bramboru a bakteriální kroužkovitost. Za nejzávažnějšího škůdce je považována mandelinka bramborová, jejíž larvy i dospělci způsobují holožiry. Ošetřit proti mandelince lze insekticidem Decis Mega (Kazda et al., 2010).

Sklizení a následné úpravy

K ukončení vegetace lze použít samostatné cepové rozbíječe natě nebo kombinované rozbíječe s aplikátorem pro desikační postřik. Vlastní sklizeň bývá nejčastěji uskutečněna vyorávacími nakladači, které nakládají vyorané hlízy do vedle jedoucího odvozného dopravního prostředku. Sklízet brambory lze také přívěsnými nebo samojízdnými sklizeči. Na malých sklizených plochách se využívá vyorávačů brambor, což je spojeno s ručním sběrem. Rané brambory se sklízí do konce června, zatímco pozdní konzumní brambory od 1.7. Sklizené hlízy jsou naskladněny v paletách a boxech. Následné úpravy brambor zahrnují velikostní třídění, přebírání, mytí, vážení, balení, expedici a manipulaci (Vokál a Bártů, 2013).

Užitkové směry pěstování brambor

V ČR se v současnosti uplatňuje pět užitkových směrů pěstování brambor. Jde o brambory: sadbové, konzumní rané, konzumní ostatní, pro výrobu škrobu a pro produkci potravinářských výrobků. Hlízy určené pro výrobu škrobu obsahují o 10 % více škrobu než hlízy konzumní. Ke konzumním účelům je využíváno z celkové plochy brambor v ČR asi 78 %. Podíl 11 % z celkové pěstované plochy je určen k produkci brambor na výrobu škrobu. Množitelské porosty zaujímají rovněž 11 % celkové plochy (Vokál a Bártů, 2013).

Ekonomika pěstování brambor v ČR

V ČR dochází k postupnému snižování pěstebních ploch brambor. V roce 2011 bylo osázeno 33 580 ha (Vokál a Bártů, 2013) s produkcí 110 000 tun. Farmářská cena se v období 2006 -2011 pohybovala v rozmezí 3,14 - 6,53 Kč/kg. Bilance dovozu a vývozu není příznivá, neboť se ČR stává zemí závislou na dovozu zejména konzumních brambor a výrobků z brambor. Bilance bramborového škrobu se jeví příznivěji (Vokál a Bártů, 2013).

Brambory jsou plodinou ekonomicky náročnou, jejíž pěstování vyžaduje vysoké vstupy a investice do techniky pro pěstování, sklizeň, posklizňovou úpravu a skladování. Ekonomiku výroby brambor určuje průměrný hektarový výnos, tržní výkony na hektar a tunu a úplné vlastní náklady na tunu. Podle Vokála a Bártů (2013) průměrný hektarový výnos v letech 2006 - 2011 činil 24,9 t/ha. Souhrnně tržní výkony převyšují výrazně hodnotu 100 000 Kč. Do kalkulací tržních dotací patří dotace na zemědělskou a ornou půdu, nákup certifikované sadby, platby SZIF na produkci brambor na výrobu škrobu. Průměrné vlastní náklady v letech 2006 - 2011 na tunu brambor v letech činily 3006 Kč. Jednoznačně nejvyšší vliv na výši výrobních nákladů má použitá technologie pěstování a výroby brambor. Vokál a Bártů (2013) uvádí, že rentabilita pěstování brambor v letech 2006 - 2011 vychází kladná. Úroveň tržeb, průměrný výnos a nákladovost se liší podle užitkového směru pěstování brambor (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.3.2 Ekologický systém pěstování

Cílem pěstování brambor v ekologickém zemědělství je získání stabilní produkce kvalitních hlíz za podmínek příznivého působení na životní prostředí. Musí se dodržovat přísná pravidla týkající se především výživy, regulace zaplevelení a ochrany proti chorobám a škůdcům (Diviš et al, 2011).

Výživa a hnojení v ekologickém zemědělství je založena pouze na aplikaci organických hnojiv (chlévkový hnůj a kejda). V meziporostním období se využívá zeleného hnojení. Není povoleno používat minerální průmyslová hnojiva (Diviš et al., 2011).

Preventivní opatření k potlačení výskytu plevelů představuje kvalitní zpracování půdy. Regulace zaplevelení je řešena opakovanou mechanickou kultivací před vzejitím (proorávka na slepo, vláčení). Není povoleno používat žádné herbicidy (Diviš et al., 2011).

Preventivní opatření hrají klíčovou roli v ochraně proti chorobám a škůdcům. Důraz je třeba klást na výběr vysoce odolných odrůd, na pěstování více odrůd, nevysazovat husté porosty, sázet zdravé hlízy. V ekologickém pěstování nejsou povoleny fungicidní ani insekticidní přípravky. Pouze na plíseň bramborovou lze aplikovat povolené množství mědi (Kuprikol). K potlačení mandelinky bramborové je využívána biologická ochrana. Jedná se např. o přípravek NOVODOR FC (*Bacillus thuringiensis* var. *Tenebrionis*) (Diviš et al., 2011).

Ekologický způsob pěstování vyžaduje mimořádnou pečlivost při produkci kvalitních biobrambor. Přestože jednotlivá pěstitelská opatření jsou takřka totožná s konvenčním pěstováním, absence prostředků chemické ochrany a minerálních hnojiv musí být vyvážena volbou opatření, vytvářející vhodné prostředí pro vývoj rostlin (Vokál a Bártů, 2013). V ČR je ekologický systém málo rozšířen, v roce 2009 činila plocha biobrambor pouze 197,73 ha (Diviš et al., 2011). Rozlišuje se jeden užitkový směr ekologického pěstování brambor- konzumní z ekologických hospodářství (Vokál a Bártů, 2013).

Výsledkem kalkulace hospodaření bylo, že vybrané ekologicky hospodařící farmy měly vlastní náklady nižší o 10 000 Kč na hektar sklizňové plochy v porovnání s farmami konvenčně hospodařícími (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.4 Chemické složení hlíz

Voda má vysoký podíl na hmotnosti bramborové hlízy 70 - 82 %, naopak lipidy jsou zastoupeny minoritně asi 0,1 %. Obsah sušiny a zastoupení jednotlivých látek není zcela homogenní (Vokál a Bártů, 2013; Hamouz et al., 2008).

3.1.4.1 Sacharidy

Hlízy obsahují jednak polysacharid škrob, jednak monosacharidy glukosu, fruktosu a disacharid sacharosu. Škrob tvoří rozhodující složku sušiny. Jeho obsah v sušině se pohybuje v rozmezí 60 - 80 %. Jedná se o hlavní zásobní látku nezbytnou jako zdroj energie a syntézu organických látek při klíčení hlíz. Obsah cukrů- glukosy, fruktosy a sacharosy v nebarevných odrůdách brambor činí celkem v sušině přibližně 2,1 %, ale může být i vyšší (Vokál a Bártů, 2013). Zhang et al. (2013) uvádí zastoupení jednotlivých sacharidů v barevných odrůdách brambor následovně: 2,38 - 4,37 % glukosy, 0,26 - 4,76 % fruktosy a 0,42 - 4,2 % sacharosy. Množství cukrů v hlízách úzce souvisí s fyziologickým stavem a u sklizených hlíz rovněž s podmínkami jejich skladování. Při nízkých teplotách skladování (pod 10 °C) se obsah sacharidů zvyšuje, při 0 °C se již projevuje nasládlou chutí hlíz (Vokál a Bártů, 2013).

Mezi sacharidy patří i látky podílející se na stavbě buněčných stěn- celulosa, hemicelulosa, pentosany a pektiny. Souhrnným názvem se tyto sacharidy označují jako vláknina potravy a její obsah v hlízách činí průměrně asi 7 % (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.4.2 Dusíkaté látky

Podíl dusíkatých látek v hlíze činí v sušině asi 6 - 15 %. Do dusíkatých látek se řadí bílkoviny a nebílkovinné dusíkaté látky. Bílkoviny jsou v hlízách zastoupeny asi 5 % v sušině. Jedná se především o ve vodě rozpustné proteiny ze skupiny patatinových bílkovin a inhibitorů proteáz. Jejich funkce spočívá v zajištění obranných reakcí hlíz. V porovnání s cereálními bílkovinami, v hlízách bramboru je v bílkovinách hojněji zastoupen lyzin, limitujícími jsou sирné aminokyseliny. Nebílkovinné látky jsou zastoupeny zejména volnými aminokyselinami asparaginem a glutaminem a prolinem. Obsah volných aminokyselin se pohybuje v intervalu 0,5 - 4 % v sušině (Vokál a Bártů, 2013).

Významnou složku dusíkatého komplexu tvoří dusičnany. Hygienický limit pro obsah dusičnanů v pozdních bramborách odpovídá hodnotě 300 mg/kg čerstvé hmoty (Diviš et al., 2011), zatímco v raných činí 500 mg/kg čerstvé hmoty (Hejtmánková, 2011).

3.1.4.3 Minerální látky

Obsah minerálních látek v hlízách bramboru činí kolem 1,1 % čerstvé hmoty. Nejhojněji je zastoupen draslík, který představuje 30 - 50 % celkového množství minerálních látek, což odpovídá obsahu 280 až 564 mg na 100 g čerstvé hmoty. Množství ostatních prvků v porovnání s draslíkem je sice výrazně nižší, zato neméně významné (Tab. 2) (Vokál a Bártů, 2013).

Tab. 2 Obsah minerálních látek v hlíze bramboru (převzato z: Vokál a Bártů, 2013)

Prvek	Obsah [mg/100 g čerstvé hmoty]
fosfor	30 - 60
vápník	5 - 18
hořčík	14 - 18
železo	0,4 - 1,6
zinek	0,3
draslík	280 - 564

3.1.4.4 Antioxidační látky

Antioxidanty představují širokou skupinu sloučenin, do níž spadají některé vitamíny, karoteny, xantofyly, polyfenolické látky a prvek selen (Vokál a Bártů, 2013; Hamouz et al., 2008). V bramborových hlízách se nejhojněji vyskytují polyfenolické sloučeniny (Tab. 3). L-askorbová kyselina je druhý nejvíce zastoupený antioxidant (Tab. 3). Hlízy dále obsahují v nižším množství karotenoidy, α -tokoferol a prvek selen (Tab. 3) (Vokál a Bártů, 2013).

V odrůdách brambor s modrofialovou nebo červenou dužninou jsou určeny velmi dobré antioxidační vlastnosti především obsahem antokyanových barviv ze skupiny polyfenolických sloučenin. V barevných odrůdách brambor byla prokázána přítomnost těchto anthokyanů- delfinidin (Puértolas et al., 2013), petunidin, malvidin (Hejtmánková et al., 2013; Hamouz et al., 2008; Puértolas et al., 2013), pelargonidin, (Hejtmánková et al., 2013; Hamouz et al., 2008), peonidin (Hejtmánková et al., 2013; Hamouz et al., 2008; Liu et al., 2013) a kyanidin (Liu et al., 2013). Zastoupení anthokyanů v barevných odrůdách se pohybuje v rozmezí 210 – 2419 mg/kg sušiny (Hejtmánková et al., 2013). Obsah antioxidantů v bramborách s fialovou či červenou dužninou bývá průkazně vyšší v odrůdách žlutých či bílých (Hamoуз et al., 2008; Liu et al., 2013; Puértolas et al., 2013). Mezi odrůdami s fialovou dužninou vykazují výraznější antioxidační efekt odrůdy, jejichž dužnina je tmavší (Hamoуз et al., 2008). V ČR je registrována jedna barevná odrůda- Valfi, s modrofialovou slupkou a modro strakatou dužninou.

Podle Zhanga et al. (2013) se celkový obsah cukrů- glukosy, fruktosy a sacharosy pohybuje v intervalu 4,8 % - 12,5 %, což je v porovnání s nebarevnými odrůdami méně, neboť ty obsahují pouze 2,1 % (Vokál a Bártů, 2013).

Tab. 3 Obsah antioxidantů v bramborových hlízách (převzato z: Vokál a Bártů, 2013)

Antioxidant	Obsah [mg/kg čerstvé hmoty]
Polyfenolické sloučeniny	1226 - 4405
L-askorbová kyselina	170 - 990
Karotenoidy	4,5
α -tokoferol	0,5 - 2,8
Selen	0,01

3.1.4.5 Steroidní glykoalkaloidy a kalysteginy

Jde o látky přirozeně v hlízách obsažené, které při vyšším obsahu působí negativně na zdraví konzumentů. Na celkovém obsahu steroidních glykoalkaloidů se podílejí především α -solanin a α -chaconin. Minoritně se vyskytují rovněž např. izomery β -solanin, γ -solanin, β -chaconin, γ -chaconin, α - a β -solamarin (Vokál a Bártů, 2013; Hamouz et al., 2008). Steroidní glykoalkaloidy jsou složeny z cukerné a necukerné části. Necukerná složka bývá tvořena solanidinem, cukerná může být rozdílná (Velíšek a Hajšlová, 2009). Negativní účinek steroidních glykoalkaloidů spočívá v inhibici acylcholin esterázy a v porušení membrány střevního traktu. Obsah v hlízách se pohybuje v rozmezí 20 - 100 mg/kg čerstvé hmoty (Vokál a Bártů, 2013).

Kalysteginy patří mezi nortropanové alkaloidy inhibující enzym glykosidázu (Vokál a Bártů, 2013; Hamouz et al., 2008). Schopnost inhibice závisí na počtu a poloze hydroxylových skupin na základním skeletu. Obsah kalysteginů v hlízách se pohybuje v intervalu 5,4 až 68,1 mg/kg čerstvé hmoty (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.5 Jakost a kvalita brambor

Jakost brambor se určuje na základě hodnocení vnějších a vnitřních kvalitativních znaků (Hamouz et al., 2008).

3.1.5.1 Vnější jakost

Vnější jakost zahrnuje velikost a tvar hlíz, jejich vyrovnanost, barvu a jemnost slupky, intenzitu zbarvení dužniny, rozsah mechanického poškození či zelenání hlíz. Velikost hlíz představuje jeden z nejdůležitějších parametrů (Hamouz et al., 2008). Hlízy konzumních brambor raných musí být větší než 28 mm nebo mít hmotnost vyšší než 20 g (Hamouz et al., 2007). Velikost ostatních konzumních brambor ostatních musí přesahovat 35 mm (Hamouz et al., 2008).

3.1.5.2 Vnitřní jakost

Vnitřní jakost je dána chemickým složením a fyzikálně chemickým projevem sloučenin v bramborové hlíze (např. obsah škrobu, redukujících cukrů, antioxidantů, solaninu) nebo vlastnostmi tkáně vařených brambor (chuť, vůně, moučnatost). Varný typ udává

spotřebiteli základní informaci o kvalitě brambor. Rozlišují se tři základní varné typy (Hamouz et al., 2008).

Tab. 4 Charakteristika varných typů konzumních brambor (převzato z: Hamouz et al., 2008)

Varný typ	Charakteristika hlíz	Kuchyňské využití
A	pevné, nerozvářivé, slabě moučnaté, lojovité, vlhká dužnina, jemná struktura	Saláty, příloha
B	pevné až kypré, středně moučnaté, polojemná struktura, polovlhká dužnina	Příloha, polévky, hranolky, chipsy (těsta, kaše)
C	kypré, silně moučnaté, silně rozvářivé, poloměkké, středně hrubá struktura	Těsta a kaše

Stále větší pozornost je věnována obsahu antioxidantních látek (polyfenolických látek, vitamínu C), neboť významně ovlivňují nutriční hodnotu, a tím i zdraví člověka (Vokál a Bártů, 2013).

Z hlediska obsahu zdravotně rizikových látek je sledován v konzumních bramborách a výrobcích z brambor obsah látek v hlízách přirozeně se vyskytujících a látek nepřirozeně se vyskytujících. Mezi sledované látky přirozené patří steroidní alkaloidy a kalysteginy (kap. 3.1.4.5). Nejvyšší přípustné množství α -solaninu stanovuje vyhláška č. 305/2004 Sb. na hodnotu 200 mg/kg (Vokál a Bártů, 2013; Hamouz et al., 2008).

Nepřirozené látky se do rostlin dostávají buď z vnějšího prostředí (toxické kovy kadmium, rtuť a olovo), nebo mohou vznikat při tepelné úpravě hlíz (akrylamid, glycidamid). Nejvyšší přípustná množství toxických kovů stanovuje vyhláška č. 305/2004 Sb. pro kadmium a olovo hodnotu 0,1 mg/kg, pro rtuť 0,02 mg/kg. Akrylamid vzniká při smažení nebo pečení bramborových výrobků. Akrylamid je podezřelý z karcinogenity. Limitní obsah akrylamidu zatím není přesně stanoven, ale uvádějí se hodnoty obsahu v rozmezí 0,010 - 2,713 mg/kg (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.5.3 Kvalita hlíz v ekologickém systému produkce

Konzumní brambory z ekologického způsobu pěstování musí splňovat stejné normy a předpisy, které platí pro konzumní brambory z konvenčního způsobu pěstování. Hamouz et al. (2008) uvádí, že hlízy z ekologického pěstování obsahují více glykoalkaloidů, chlorogenové kyseliny, naopak méně redukujících cukrů a dusičnanů (Hamouz et al., 2008).

3.1.6 Odrůdová skladba

Velmi významný faktor ovlivňující jednak jakost a kvalitu hlíz, tak pěstitelskou technologii představuje odrůda. Registrací odrůdy je zaručeno zachování vlastností dané odrůdy. V ČR je registrací odrůd pověřen Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Registrace se řídí zákonem č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin o změně některých zákonů spolu s příslušnou směrnicí Rady EU. Rozlišuje se pět kategorií odrůd brambor: konzumní odrůdy s velmi pevnou a pevnou dužninou, konzumní odrůdy se středně pevnou až kyprou dužninou, odrůdy s kyprou, silně moučnatou dužninou, odrůdy vhodné pro výrobu škrobu a smažených výrobků a odrůdy pro speciální užití (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.6.1 Charakteristika kategorií odrůd

Do kategorie konzumní odrůdy s velmi pevnou a pevnou dužninou patří odrůdy varného typu A, AB, které jsou využívány zejména pro produkci konzumních brambor ostatních. Skupina konzumní odrůdy se středně pevnou až kyprou dužninou zahrnuje odrůdy varného typu B, BC. Vyznačují se rozmanitou délkou vegetační doby a poměrně univerzálním varným typem, což je předurčuje k různorodému zpracování. Odrůdy s kyprou, silně moučnatou dužninou, varného typu C, nejsou příliš preferovány. Kategorie odrůd vhodných pro výrobu škrobu a smažených výrobků se stala pěstitelsky významnou. Zpracovatelský průmysl požaduje, aby odrůdy určené pro výrobu škrobu obsahovaly více než 17 % škrobu a poskytovaly výnos nejméně 10 t/ha. Jako základní kritéria odrůd vhodných pro výrobu smažených produktů se udává obsah redukujících cukrů a sušiny. Obsah redukujících cukrů musí být menší než 0,3 % pro lupínky a do 0,5 % pro hranolky. Množství sušiny se musí pohybovat v intervalu 20 - 26 % u lupínků a 19 - 23 % u hranolek. Skupina odrůd pro speciální využití je zastoupena odrůdami, jež mají specifické využití v jídelníčku. Hovoří se o

odrodních, které vynikají např. charakteristickou barvou slupky a dužniny nebo se vyznačují vyšším obsahem antioxidantních látek (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.7 Využití brambor pro potravinářské účely

Brambory se nejčastěji využívají k produkci potravin a pochutin. Mezi klasické kulinární úpravy brambor patří vaření, pečení a smažení celých nebo naporcovaných brambor. Vhodnost odrůd k vaření určují varné typy (Tab. 4). Průmyslově vyráběné produkty a polotovary z brambor mají za cíl usnadnit a zároveň zrychlit kulinární úpravy, a tím se stávají pro spotřebitele vítanějšími. Jako přílohy k hlavnímu jídlu se hojně používají mražené hranolky či americké brambory. Typickým zástupcem sušených polotovarů je bramborový knedlík v prášku. Spotřebitelé jsou rovněž vyhledávány pochutiny z brambor např. bramborové lupínky (Vokál a Bártů, 2013).

3.1.7.1 Zpracovatelská technologie

Před vlastním zpracováním jsou brambory skladovány ve větraných prostorách ve tmě za vlhkosti do 95 % a při teplotě 4 °C, pro výrobu smažených výrobků při 7 - 10 °C (omezení vzniku redukujících cukrů). Ve zpracovatelské technologii brambor jsou vždy nejdříve provedeny předběžné operace: praní, loupání, třídění podle velikosti, oplach a někdy antioxidační máčení. V závěru technologického procesu se výrobky balí do vhodných obalů, skladují v chladu, a tím jsou připravené k distribuci (Vokál a Bártů, 2013).

Brambory loupané a výrobky z bramborového těsta

Syrové loupané brambory se po provedení předběžných operací ihned uzavírají do obalů. Sterilované loupané předvařené brambory se oproti syrovým bramborám konzervují buď sterilací, nebo pasterací. Výrobky z bramborového těsta (bramborové knedlíky) se plní a tvarují na speciálním zařízení RHEON a pak jsou tepelně ošetřeny (Vokál a Bártů, 2013).

Průmyslové výrobky z brambor

Významnou skupinu bramborových průmyslových produktů tvoří smažené výrobky, mražené výrobky a polotovary a sušené výrobky. Hlavními zástupci smažených výrobků jsou bramborové lupínky- chipsy spolu s výrobky na bázi bramborového těsta- cripsy. Pro výrobu smažených produktů je nutné vybírat odrůdy s nízkým obsahem redukujících cukrů (do 0,3

%). Snížit obsah akrylamidu lze buď enzymaticky, nebo působením vakua při smažení. Lupínky musí být před smažením zbaveny nadbytečného škrobu a poté vysušeny. Po smažení následuje dosolování či ochucování. Jako známé zástupce mrazených bramborových výrobků lze uvést hranolky, krokety a americké brambory. Během zpracování jsou mrazené výrobky po předběžných operacích podrobeny krátkému intenzivnímu záhřevu (tzv. blanšírování), který slouží k vyplavení redukcujících cukrů a k deaktivaci enzymů způsobující tmavnutí. Na blanšírování v technologii navazuje krátké smažení, předchlazení a zmrazení. Mrazené výrobky z brambor jsou dodávány spotřebitelům jako před smažením a určené k dosmažení těsně před konzumací. Výroba sušených bramborových polotovarů představuje z ekonomického hlediska nejnáročnější způsob zpracování brambor. Jedná se o suroviny sloužící k výrobě instantních polévek a sypkých kuchyňských polotovarů, instantní bramborová kaše nebo práškový bramborový knedlík. Proces sušení v technologii výroby sušených bramborových polotovarů je chápán jako klíčový (Vokál a Bártů, 2013).

Barevné změny hlíz

Během manipulace hlíz při zpracování může docházet ke změně zbarvení hlíz. Jsou známy tři druhy barevných změn:

- Enzymové hnědnutí při zpracování syrových hlíz
- Tmavnutí po uvaření hlíz
- Neenzymatické hnědnutí (Maillardova reakce) probíhající při smažení či pečení (Vokál a Bártů, 2013)

3.1.7.2 Další potravinářské využití

Bramborové hlízy mohou být v potravinářském průmyslu využity i k výrobě škrobu. Škrob se přímo izoluje z hlíz a následně se účastní chemických reakcí vedoucích k jeho pozměnění. Tímto způsobem vznikají modifikované škroby, škrobové hydrolyzáty a technické dextriny (Vokál a Bártů, 2013).

3.2 Prekurzory akrylamidu

Akrylamid (AA) je z chemického hlediska amidem akrylové kyseliny (Pacák, 1997). V poslední době začala být AA věnována větší pozornost, neboť bylo prokázáno, že může na člověka působit neurotoxicky a mutageně (Brunton et al., 2007; Carillo et al., 2011). Ke

vzniku AA dochází během tepelného zpracování potravin s vyšším obsahem škrobu, zejména v bramborových nebo obilninových produktech (Wicklund et al., 2006; Brunton et al., 2007). Z důvodu negativního vlivu na lidské zdraví je proto žádoucí sledovat jeho obsah ve smažených bramborových výrobcích, kde je potenciál jeho výskytu poměrně značný (Mulla et al., 2011; Zyzak et al., 2003; Coughlin, 2003; Becalski et al., 2003)

Hlavními prekurzory akrylamidu v bramborových hlízách jsou glukosa, fruktosa a asparagin (Vokál a Bártů, 2013). Barevné odrůdy brambory obsahují navíc anthokyany, které hrají významnou roli v reakcích vedoucích ke vzniku akrylamidu, a však nejde o jeho prekurzory (Zhang a Zhang, 2008).

3.2.1 Sacharidy

3.2.1.1 Biosyntéza

Sacharidy slouží jako základní materiál především rostlinných buněk a jako zdroj energie. K tvorbě sacharidů dochází v zelených rostlinách procesem zvaným fotosyntéza (Pacák, 1997). V procesu fotosyntézy dochází k fotosyntetické asimilaci oxidu uhličitého a fotochemickému rozkladu vody. Produkty fotosyntézy jsou sacharidy a molekulární kyslík (Sofrová et al., 2005). Sacharidy se dělí do tří skupin, na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Monosacharidy spolu s oligosacharidy se označují jako cukry (Pacák, 1997).

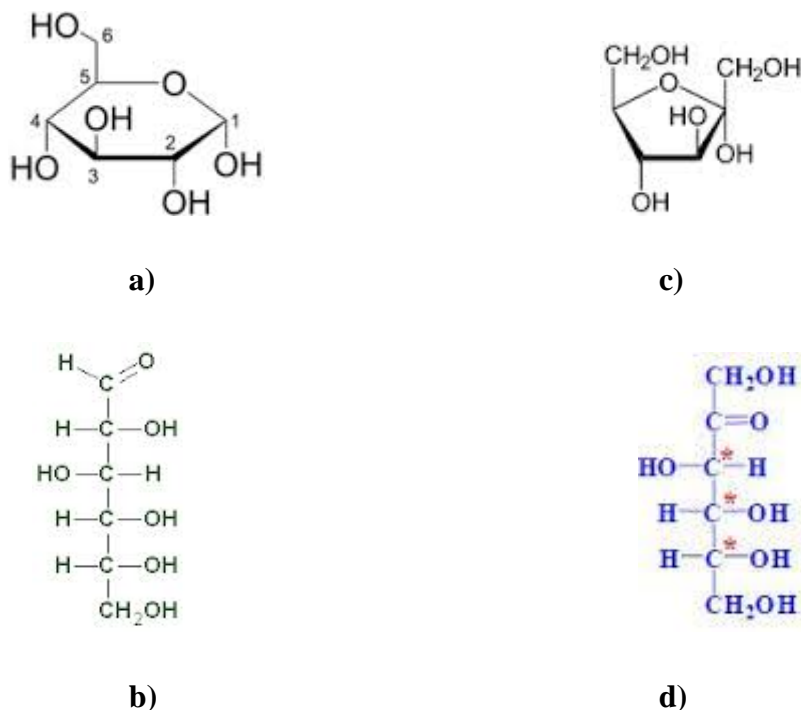
3.2.1.2 Monosacharidy

Všechny monosacharidy obsahují ve svých molekulách tři až sedm atomů uhlíku. Základním monosacharidem je glukosa (Pacák, 1997).

Chemická struktura

Jedná se o hydroxyderiváty aldehydů nebo ketonů a podle toho bývají nazývány aldosi či ketosi. Strukturu monosacharidů lze vyjádřit jednak acyklicky, jednak cyklicky (Obr. 1). Acyklické formy sestávají ze dvou konfigurací D a L, avšak nevyjadřují zcela strukturu monosacharidů (Pacák, 1997). Přesněji mohou být molekuly monosacharidů znázorněny cyklicky. Hydroxylová skupina přítomná na chirálním uhlíkovém atomu se označuje jako poloacetalový hydroxyl (Obr. 1). Poloha poloacetalového hydroxylu může

zaujmout v D konformaci dvojí orientaci α , tzn. pod rovinu kruhu a β , tzn. nad rovinu kruhu (Mareček a Honza, 2000).



Obr. 1 Cyklická a acyklická struktura monosacharidů a) cyklická α -D-glukosa (poloacetalový hydroxyl je navázán na uhlíku očíslovaným 1) b) acyklická D-glukosa c) cyklická α -D-fruktosa d) acyklická D-fruktosa (převzato z: Pacák, 1997)

Fyzikálně-chemické vlastnosti

Monosacharidy jsou krystalické, bezbarvé látky vesměs sladké chuti. Vykazují dobrou rozpustnost ve vodě. Relativní molekulová hmotnost glukosy a fruktosy je relativně malá. Tab. 5 uvádí fyzikálně-chemické charakteristiky vybraných cukrů. Glukosa a fruktosa jsou označovány jako tzv. redukující cukry. To znamená, že jejich poloacetalový hydroxyl je schopen redukovat Fehlingovo činidlo (směs $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, NaOH).

Tab. 5 Fyzikálně-chemické vlastnosti cukrů (převzato z: Zemánek et al., 1988)

Monosacharid	Sumární vzorec	Relativní molekulová hmotnost	Hustota [kg/m^3]
glukosa	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180,16	1562

fruktosa	$C_6H_{12}O_6$	180,16	1598
sacharosa	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342,30	1581

Výskyt a význam

D-glukosa neboli hroznový cukr je přítomna volná v rostlinných šťávách, ovoci, medu, ale i v bramborách. Vázaná tvoří součást mnoha oligosacharidů a polysacharidů. Glukosa je snadno stravitelná a rychle přechází do krve. D-fruktosa nazývaná též ovocným cukrem se vyskytuje spolu s glukosou v ovoci, medu a v bramborách. Vykazuje největší sladivost ze všech cukrů (Pacák, 1997).

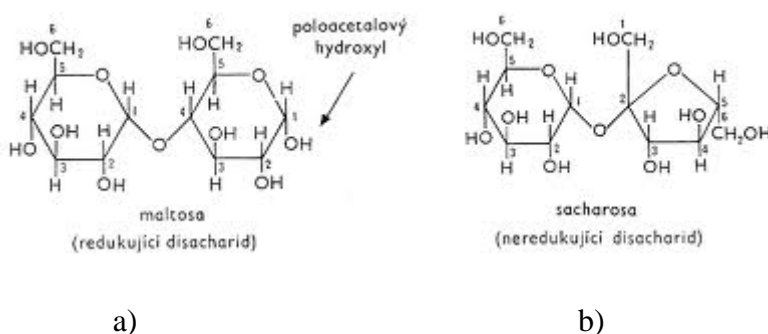
Glukosa s fruktosou mohou vstupovat do reakce s asparaginem (Ohara- Takada et al., 2005).

3.2.1.3 Oligosacharidy

Sacharidy složené ze dvou až deseti molekul monosacharidů vázaných glykosidovou vazbou se nazývají oligosacharidy. Obsahuje-li molekula dvě monosacharidové jednotky, pak hovoříme o disacharidech. Jedná se o nejpočetnější skupinu oligosacharidů (Pacák, 1997).

Chemická struktura

Monosacharidové jednotky (zbytky) mohou být v disacharidech vázány dvojitým způsobem. Důvodem je skutečnost, že poloacetalový hydroxyl jednoho monosacharidu může zreagovat buď s poloacetalovým hydroxylem, nebo alkoholovým hydroxylem druhého monosacharidu. Nejrozšířenějším disacharidem je sacharosa. Sacharosa je složena ze dvou monosacharidů, α -D-glukosy a β -D-fruktosy (Mareček a Honza, 2000).



Obr. 2 Chemická struktura disacharidů: a) redukující- maltosa b) neredukující- sacharosa (převzato z: Mareček a Honza, 2000)

Fyzikálně-chemické vlastnosti

Sacharosa vytváří bezbarvé krystalky ve vodě dobře rozpustné. V kyselém prostředí sacharosa podléhá hydrolýze, za vzniku glukosy a fruktosy. Hodnoty fyzikálních charakteristik sacharosy jsou uvedeny v Tab. 5. Sacharosa je označována jako neredukující disacharid, což je dáno tím, že glykosidová vazba vzniká mezi uhlíkem (C1) na glukosovém zbytku s uhlíkem (C2) na fruktosovém zbytku (Obr. 2). Poloacetalový hydroxyl není zachován, sacharosa tudíž nemůže redukovat Fehlingovo činidlo. Naopak redukující cukr (např. maltosa) si poloacetalový hydroxyl zachovala (Obr. 2) (Pacák, 1997).

Výskyt a význam

Nejbohatším zdrojem sacharosy je cukrová třtina a cukrová řepa. V bramborách byla rovněž sacharosa detekována (Vokál a Bártů, 2013). Sacharosa je v potravinářském průmyslu považována za hlavní sladidlo. Sacharosa se hydrolyzuje na glukosu a fruktosu (Pacák, 1997) a vzniklé produkty mohou vstupovat do Maillardovy reakce (viz kap. 3.2.3) (Kotsiou et al., 2011; Mulla et al., 2011; Shepherd et al., 2010).

3.2.1.4 Výskyt sacharidů v bramborových hlízách

V bramborových hlízách byly detekovány glukosa, fruktosa a sacharosa (Brunton et al., 2007; Carillo et al., 2011). Podle Ohara-Takady et al. (2007) je v bramborových hlízách obsaženo glukosy 0,29 mg/g čerstvé hmoty, fruktosy 0,04 mg/g čerstvé hmoty a sacharosy 1,44 mg/g čerstvé hmoty. Byl prokázán vliv odrůdy (Brunton et al., 2007), doby a teploty skladování a termínu sklizně na obsah sacharidů (Ohara-Takada et al., 2007; Hertog a Hak, 1997). Časnější sklizeň hlíz způsobila významné zvýšení množství sacharidů (Ohara-Takada et al., 2007). Podle Hertoga a Haka (1997) dochází za vyšších skladovacích teplot (nad 14 °C) k výraznému snížení obsahu sacharidů. Jsou-li hlízy skladovány za vyšších teplot, neuplatňuje se výrazně vliv doby skladování, naopak při skladování za nižší teploty (2 °C) značně závisí na délce doby skladování (Ohara-Takada et al., 2007).

3.2.2 Asparagin

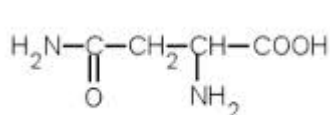
Asparagin se může vyskytovat jednak volný, jednak vázaný. Vázaný tvoří stavební jednotky peptidů či bílkovin. Ve volné formě není součástí jiné molekuly a může přímo vstupovat do chemických reakcí (Sofrová et al., 2005).

3.2.2.1 Biosyntéza

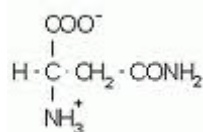
Biosyntéza asparaginu probíhá prostřednictvím transaminačních reakcí. Přímým prekursorem asparaginu je asparagová kyselina. Asparagová kyselina vzniká reakcí glutamové kyseliny, donoru aminoskupiny, a kyseliny oxaloctové. Asparagin je syntetizován z asparagové kyseliny za katalytického působení enzymu asparaginsyntetázy, přičemž je spotřebována energie makroergické vazby ATP (Sofrová et al., 2005).

3.2.2.2 Chemická struktura

Asparagin je z chemického pohledu aminokyselinou. Jedná se tudíž o substituční derivát karboxylových kyselin, který vedle karboxylu obsahuje ještě aminoskupinu (Obr. 3). Asparagin obsahuje ve své molekule chirální uhlíkový atom. Přítomnost chirálního uhlíku zapříčiňuje existenci dvou enantiomerních forem (konfigurací). Jedná se o konfigurace L a D (Pacák, 1997).



a)



b)

Obr. 3 Chemická struktura asparaginu a) neiontová struktura b) iontová struktura (převzato z: Pacák, 1997)

3.2.2.3 Fyzikálně-chemické vlastnosti

Jedná se o pevnou látku. Vybrané fyzikálně-chemické charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 6.

Tab. 6 Fyzikálně-chemické vlastnosti asparaginu (převzato z: Mucha, 2007)

	Sumární vzorec	Relativní molekulová hmotnost	Hustota [kg/m ³]
Asparagin	C ₄ H ₈ N ₂ O ₃	132,1	1454

Přítomnost dvou funkčních skupin v molekule asparaginu- kyselá (karboxyl) a zásaditá (aminoskupina) určuje její acidobazické vlastnosti. Asparagin vytváří iontovou strukturu (Obr. 3). Vznik iontové struktury závisí na hodnotě pH (Sofrová et al., 2005).

3.2.2.4 Výskyt a význam

Asparagin patří do skupiny dvaceti aminokyselin, jež tvoří základní složku proteinů a zároveň představuje výchozí látku pro syntézu mnoha typů biologických sloučenin dusíku (Sofrová et al., 2005). Asparagin se vyskytuje v bramborových hlízách (Vokál a Bártů, 2013). Během tepelné úpravy bramborových hlíz reaguje asparagin spolu s redukujícími cukry za vzniku akrylamidu (Shepherd et al., 2010; Kotsiou et al., 2011).

3.2.2.5 Výskyt asparaginu v bramborových hlízách

V bramborových hlízách je z nebílkovinných dusíkatých látek nejvíce zastoupen asparagin (asn) (Vokál a Bártů, 2013). Podle Mully et al. (2011) se obsah asn v bramborových hlízách pohybuje v rozmezí od 2074,4 do 3184,3 mg/kg. Obsah asn je ovlivněn odrůdou brambor (Marchettini et al., 2013), délkou doby a teploty skladování a rovněž množstvím dusíku a fosforu v půdě (Brunton et al., 2007). Brunton et al. (2007) poukazuje na skutečnost, že vliv asn na tvorbu AA může být výraznější než vliv redukujících cukrů. Výsledky Ohara-Takady et al. (2005) naznačují, že na obsah asn nemá teplota a délka skladování tak významný vliv jako na obsah fru a glc.

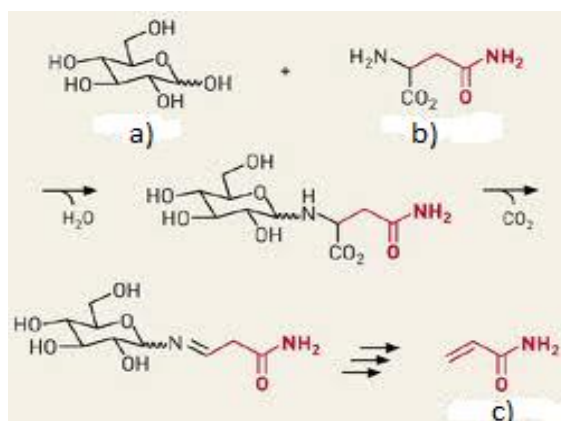
3.2.3 Maillardova reakce

Jedná se o chemickou přeměnu redukujících cukrů, aminů, aminokyselin a proteinů, která vede ke vzniku akrylamidu (Friedman, 2003).

V bramborových hlízách Maillardovým mechanismem reagují redukující cukry (glukosa a fruktosa) s volnou aminokyselinou asparaginem (Mulla et al., 2011, Zhang et al., 2008; Tareke et al., 2002; Mottram a Wedzicha, 2002). V bramborové hlíze se může hydrolyticky štěpit přítomná sacharosa (Pacák, 1997), a tím poskytovat glukosu a fruktosu pro reakci s asparaginem (Tareke et al., 2002). K Maillardově reakci dochází při teplotách vyšších než 120 °C (Kotsiou et al., 2011; Mulla et al., 2011; Shepherd et al., 2010). Takových teplot je dosahováno při smažení nebo pečení bramborových hlíz (Vokál a Bártů, 2013).

3.2.3.1 Akrylamid

Produktem reakce redukujícího cukru a asparaginu je akrylamid (Obr.4). Akrylamid se jeví jako potenciální lidský karcinogen, a rovněž se může podílet na vzniku kardiovaskulárních chorob (Stepherd et al., 2010; Wicklund et al., 2006). Vyšší koncentrace akrylamidu byly zjištěny v bramborových lupíncích a hranolkách (Wicklund et al., 2006). Přítomnost akrylamidu se vizuálně projevuje hnědým zbarvením (Vokál a Bártů, 2013). Na tvorbu akrylamidu má vliv zejména obsah glukosy, fruktosy a asparaginu (Brunton et al., 2007; Zhang et al., 2008). Množství těchto látek je odrůdově závislé (Mulla et al., 2011). Na obsah cukrů působí i další faktory jako doba a teplota skladování brambor (Davids et al., 2004; Vokál a Bártů, 2013). Zhang a Zhang (2007) uvádějí, že též anthokyany významně zasahují do chemických reakcí poskytující akrylamid (Zhang a Zhang, 2008).



Obr. 4 Mechanismus vzniku akrylamidu: a) D-glukosa b) L-asparagin c) akrylamid (převzato z: Friedman, 2003)

3.2.4 Anthokyany

Anthokyany patří do skupiny polyfenolických antioxidantů zvaných flavonoidy (Pacák, 1978). Pro antioxidační látky je příznačné, že jsou schopny inhibovat oxidační procesy, a tím snižovat negativní vliv reaktivních kyslíkových částic (Kim et al., 2006). Reaktivní kyslíkové částice mohou iniciovat vznik rakovinného bujení, a také zapříčinit zvýšenou tvorbu cholesterolových nánosů (Smirnov, 2005).

3.2.4.1 Chemická struktura

Základní struktura flavonoidů je uvedena na Obrázku 5. Systém kondenzovaných kruhů označených písmeny A a C se nazývá benzpyriliový. Benzpyriliový systém bývá v polohách 3, 5, 7 substituován hydroxylovými skupinami (Obr. 5) (Pacák, 1978).



Obr. 5 Chemická struktura anthokyanů a) základní struktura flavonoidů b) kyanidin (převzato z: Smirnov, 2005)

3.2.4.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti

Většina flavonoidů se relativně dobře rozpouští v horké vodě. (Basařová et al., 2004). Anthokyaniny jsou velmi rozmanitě zbarveny, od modré přes fialovou až do červené. Barva některých flavonoidů značně závisí na hodnotě pH prostředí a rovněž na přítomnosti iontů kovů (Pacák, 1978).

3.2.4.3 Biosyntéza

Syntéza samotných flavonoidů zahrnuje soubor kondenzačních a izomerizačních reakcí poskytující dihydroflavonol a následně flavonol. Anthokyanidin se syntetizuje z meziprojektu flavan-3,4-diolu (Smirnov, 2005).

3.2.4.4 Výskyt a význam

Za hlavní zdroje flavonoidů jsou považovány ovoce, čaj, červené víno a káva (Arendt et al., 2010). Anthokyaniny se hojně vyskytují v hlízách barevných odrůd brambor (Vokál a Bártů, 2013). Bylo zaznamenáno, že přítomnost anthokyanů resp. polyfenolických sloučenin může mít vliv na vznik akrylamidu (Zhang a Zhang, 2008; Vatterm a Shetty, 2003).

3.2.5 Stanovení prekurzorů akrylamidu

Ke stanovení prekurzorů akrylamidu glukosy, fruktosy, sacharosy (Ohara-Takada et al., 2005) a asparaginu se používá výhradně chromatografických metod (Davids et al., 2004; Ohara-Takada et al., 2005). Stanovení glukosy, fruktosy a sacharosy se provádí převážně prostřednictvím vysokoúčinné kapalinové chromatografie (Wicklund et al., 2004; Williams, 2005) s užitím refraktometrického detektoru (Wicklund et al., 2004). Asparagin se stanovuje buď pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (Carillo et al., 2011; Friedman, 2003) s hmotnostní (HPLC-MS/MS) (Davids et al., 2004) i fluorescenční detekcí (HPLC-FLD) (Martinek et al., 2009), nebo pomocí zonové elektroforézy (Friedman, 2003).

Obsah celkových anthokyanů je zjišťován převážně spektrofotometricky (Hejtmánková et al., 2013). Jednotlivé anthokyany se stanovují prostřednictvím vysokoúčinné kapalinové chromatografie se spektrofotometrickou detekcí (Puértolas et al., 2013).

4. Materiál a metody

4.1 Použité chemikálie

- methanol, supergradient min. 99,9 % (Lachner, Česká republika)
- methanol, p.a. min. 99,5 % (Lachner, Česká republika)
- hydrogenfosforečnan disodný dodekahydrát p.a. min. 98 % (Lachner, Česká republika)
- deionizovaná voda (Milipore, Francie)
- redestilovaná voda (GFL, Německo)
- kyselina chlorovodíková, p.a. 37 % (Chemapol, Česká republika)
- kyselina citronová monohydrát, p.a. min. 99,5 % (Sigma-Aldrich, USA)
- mravenčan amonný, supergradient min 99 % (Sigma-Aldrich, USA)
- ethanol, p.a. min. 99,5 % (Sigma-Aldrich, USA)
- acetonitril HPLC gradient grade, (Lachner, Česká republika)

standardy:

- L-homoserin (Sigma-Aldrich, USA, čistota >99 %)
- α -D-glukosa (Sigma-Aldrich, USA, čistota >99,5 %)
- α -D-fruktosa (Sigma-Aldrich, USA, čistota >99 %)
- sacharosa (Sigma-Aldrich, USA, čistota >99,5 %)
- L-asparagin (Sigma-Aldrich, USA, čistota >98 %)

4.2 Instrumentace a vybavení

- chromatografický systém pro RSLC/MS/MS, Ultimate 3000 RS (Dionex, USA)
- vysokotlaká binární pumpa Ultimate 3000RS
- autosampler Ultimate 3000 RS
- termostat kolon Ultimate 3000 RS
- hmotnostní detektor Qtrap 3200 (AB Sciex, USA)
- generátor dusíku NM20Z-80Z (Peak Scientific, USA)
- kompresor OFI 202-40BD3 (Jun-Air, USA)
- chromatografický systém pro HPLC/RID, Ultimate 3000 RS (Dionex, USA)
- vysokotlaká binární pumpa Ultimate 3000RS
- autosampler Ultimate 3000 RS

- termostat kolon Ultimate 3000 RS
- refraktometrický detektor Waters 2414 (Waters, USA)
- magnetické míchadlo IKA RET kontrol - visc C (ILABO, ČR)
- vortex IKA MS 3 Basic (ILABO, ČR)
- elektrický mixér HR 2158 (PHILIPS)
- váhy s přesností na 3 a 4 desetinná místa (Kern&Sohn GmbH (Německo))
- lyofilizátor LYOVAC GT2 (GmbH, Německo)
- centrifuga Eppendorf 5810R (Sigma-Aldrich, USA)
- UV - VIS spektrofotometr Spectronic Helios γ (Spectronic Unicam, Anglie)
- ultrazvuková lázeň Ultrasonic Compact Cleaner (Notus-Powersonic, Slovensko)
- klimabox MLR-351H (Sanyo, Japonsko)
- systém na filtraci mobilní fáze s filtry pro filtraci vodných roztoků (0,22 m) (Sigma-Aldrich, USA)
- přístroj na přípravu redestilované vody GFL 2104 (GFL, Německo)
- přístroj na přípravu deionizované vody (Millipore, Francie)
- rotační vakuová odparka BÜCHI Rotavapor, (BÜCHI Laboraltechnik AG, Švýcarsko)
- pH-metr SHOTT (Camlab, Anglie)
- elektronické stopky TimerClock (GmbH, Německo)
- kuchyňská lednice s mrazicím boxem (Gorenje, Slovinsko)
- membránový filtr PVDF (0,45 μm) (SISw, ČR)
- laboratorní sušárna Binder FD 53 (GmbH, Německo)
- stříkačky Hamilton plynotěsné 100 μl , 500 μl a 1000 μl (Chromservis, ČR)
- filtrační papír Filtrak (č. 388), Spezielpapier Filtrak (GmbH, Německo)
- jednorázové plastové kyvety 1,5 ml, Plastibrand (GmbH, Německo)
- běžné laboratorní sklo

4.3 Použitý rostlinný materiál

Bylo analyzováno 14 odrůd bramboru hlíznatého, pěstovaných na dvou lokalitách- v experimentální stanici Výzkumného ústavu bramborářského Valečov a na pokusném poli České zemědělské univerzity Uhřetěves, dvěma způsoby- konvenčně a ekologicky. Podmínky pěstování na obou lokalitách jsou uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7 Podmínky na pěstovaných lokalitách

Lokalita	Nadm. výška (m.n.m.)	Půdní typ	Teplota (° C) ¹⁾	Srážky (mm) ¹⁾	Globální Radiace (W/m ²) ¹⁾	Výsadba	Sklizeň
Valečov	460	kambizem	15,00	65,4	197,5	26.4.	26.9.
Praha-Uhříněves	295	hnědozem	16,34	363	17,2	20.4.	18.9.

¹⁾ Průměr hodnot za vegetační období duben-září

V konvenčním způsobu pěstování byl dodáván dusík v minerálním hnojivu v dávce 90 kg/ha a ochrana proti plísni bramboru byla provedena přípravky: Dithane DG Neotec v dávce 2kg/ha, Ridomil Gold MZ Pepite v dávce 2,5 kg/ha, Ranman TOP v dávce 0,5 l/ha a Altima 500 SC v dávce 0,3 l/ha. Proti mandelince bramborové byl v konvenčním pěstování aplikován insekticid Biscaya 240 OD v množství 0,2 l/ha.

V ekologickém pěstování nebylo dodáváno žádné minerální hnojivo. Proti plísni bramborové byl v ekologickém pěstování aplikován přípravek Flowbrix (660 g/l oxychlorid měďnatý) v množství 3 l/ha a ochrana proti mandelince bramborové byla provedena dvojnásobným postřikem rostlinného extraktu NeemAzal T/S (1 % azadirachtin A) v dávce 2,5 l/ha.

Ve Valečově bylo pěstováno všech 14 analyzovaných odrůd: *Agria*, *Salad Blue*, *Bora Valey*, *Violette*, *Vitelotte*, *Blaue Elise*, *Valfi*, *Blue Congo*, *Blaue St. Galler*, *Blaue Anneliese*, *Rosalinde*, *Rote Emma*, *Highland Burgundy Red* a *Herbie 26*, a to pouze ekologicky. V Uhříněvsi bylo pěstováno ekologicky 13 odrůd: *Agria*, *Salad Blue*, *Bora Valey*, *Violette*, *Vitelotte*, *Blaue Elise*, *Valfi*, *Blue Congo*, *Blaue St. Galler*, *Blaue Anneliese*, *Rosalinde*, *Rote Emma* a *Highland Burgundy Red*. Dále bylo v Uhříněvsi konvenčně pěstováno 7 odrůd: *Agria*, *Highland Burgundy Red*, *Blaue St. Galler*, *Valfi*, *Blue Congo*, *Blaue Elise* a *Salad Blue*.

Charakteristika analyzovaných odrůd je uvedena v Tab. 8.

Tab. 8 Charakteristika analyzovaných odrůd

Odrůda	Původ sadby	Vegetační doba	Varný typ ¹⁾	Barva slupky	Barva dužniny
Agria	Holandsko	poloraná až polopozdní	B	žlutá	žlutá
Salad Blue	Německo	poloraná	B, BC	fialová	fialově mramorovaná

Odrůda	Původ sadby	Vegetační doba	Varný typ ¹⁾	Barva slupky	Barva dužniny
Bora Valey	ČR (genová)	poloraná	BA, B, BC	fialová	fialově mramorovaná
Violette	ČR (genová)	polopozdní	BC	fialová	tmavě fialová
Vitelotte	Francie	pozdní	BA, B, BC	fialová	tmavě fialová s bílými skvrnami
Blaue Elise	Německo	poloraná	BA	fialová	fialová
Valfi	ČR	poloraná až polopozdní	BC	fialová	fialově mramorovaná
Blue Congo	ČR (genová)	poloraná až polopozdní	B, BC, C	fialová	fialově mramorovaná
Blaue St. Galler	Švýcarsko	poloraná	B, BC	fialová	fialově mramorovaná
Blaue Anneliese	Německo	poloraná	AB, BA, B	fialová	fialová
Rosalinde	Německo	poloraná	AB, BA	červená	růžová
Rote Emma	Německo	raná až poloraná	BA, B	červená	růžová
Highland Burgundy	Německo	poloraná	BC	červená	červená s bílým okrajem
Herbie 26	ČR (genová)	raná až poloraná	C	červená	růžová

4.4 Příprava laboratorního vzorku

K analýze byly vybrány mechanicky a fyziologicky nepoškozené hlízy o hmotnosti 20 - 80 g. Z pokusného pole bylo náhodně odebráno cca 20 kg hlíz. Z tohoto polního vzorku byl vybrán 1 kg průměrných neloupaných hlíz sloužící jako laboratorní vzorek. Finální navážka byla navážena ze čtvrtiny z pěti hlíz.

Hlízy určené k analýze na obsah asparaginu a cukrů byly nejdříve lyofilizovány. Po lyofilizaci byla provedena extrakce do příslušného rozpouštědla a poté následovalo vlastní stanovení. Obsah anthokyanů byl stanoven v čerstvých hlízách.

4.5 Stanovení glukosy, fruktosy a sacharosy

Bylo naváženo cca. 2,5 g lyofilizovaného vzorku do 100 ml erlenmeyerovy baňky, poté bylo přidáno pipetou přesně 50 ml 80 % ethanolu a pečlivě se zaparafilmovalo. Směs se promíchala a extrahovala 30 minut na třepačce (150 kyvů/minutu). Po protřepání se směs přefiltrovala přes skládaný filtr. 25 ml supernatantu bylo odpařeno na rotační vakuové odparence do sucha. Odparek byl rozpuštěn v 5 ml deionizované vody. Alikvot byl převeden přes mikrofiltr do vialky k následné HPLC/RID analýze.

Podmínky HPLC/RID analýzy:

Sestava ULTIMATE 3000 (pumpa, autosampler, termostat kolony) a detektor RID (Waters, 2414)

Kolona: Luna 5u NH₂ 100 A 250×4,6 mm (Phenomenex, USA)

Mobilní fáze: 75 % ACN : 25 % demi voda (v/v)

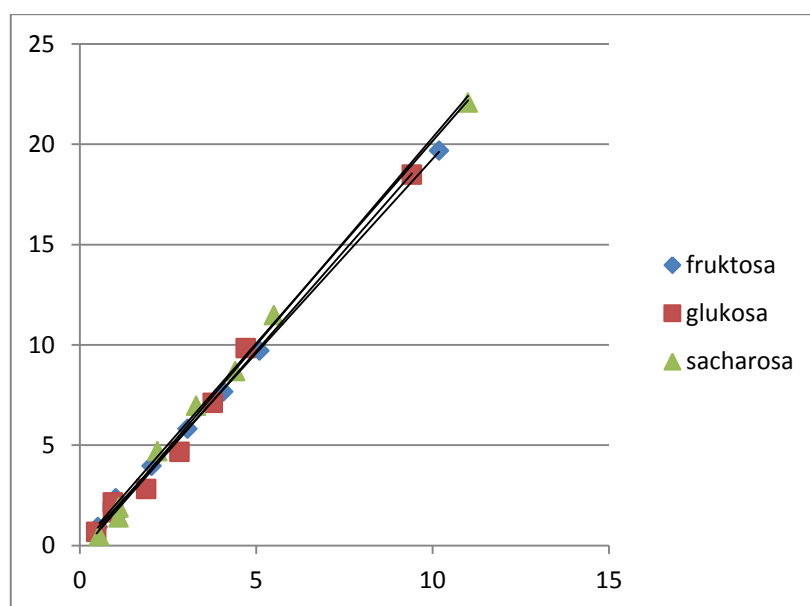
Průtok: 1,25 ml/min

Teplota kolony: 30 °C

Teplota autosampleru: 10 °C

Nástřik: 20 µl

Kalibrace byla lineární v testovaném rozsahu 0,5 – 10 mg/ml (Obr. 6).



Obr. 6 Kalibrační křivka směsného standardu glukosy, fruktosy a sacharosy

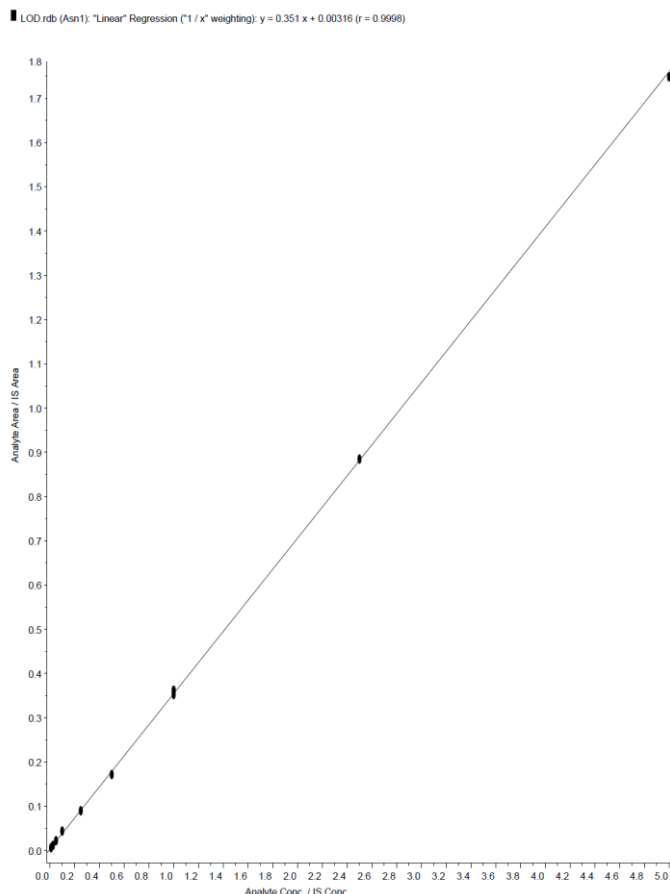
4.6 Stanovení asparaginu

Bylo naváženo cca. 0,3 g lyofilizovaných hlíz do 50 ml plastové zkumavky s víčkem. Následně bylo přidáno 10 ml 50 % methanolu. Směs byla extrahována nejprve 1 minutu na vortexu, dále 10 minut v ultrazvukové lázni a dále opět 1 minutu na vortexu. Poté byla směs odstředěna po dobu 5 minut (otáčky 14,4 rpm). Supernatant byl přefiltrován přes PVDF membránový filtr (0,45 μm). 1 ml extraktu byl v eppendorfce umístěn na 24 hodin do mrazicího boxu (-20 °C). Druhý den byl extrakt odstředěn po dobu 2 minut (otáčky 14,4 rpm) a také byly odstraněny vysrážené nečistoty. Po odstředění se 200 krát naředil deionizovanou vodou. Do vialky bylo pipetováno 0,5 ml zředěného extraktu a 0,5 ml vnitřního standardu homoserinu o koncentraci 3,2 $\mu\text{g/ml}$. Následovala HPLC/MS-MS analýza.

Podmínky HPLC/MS-MS analýzy:

- sestava HPLC Ultimate 3000 RS (DIONEX, USA) s hmotnostním detektorem QTrap 3200 (AB SCIEX, USA)
- Analytická kolona: HyPURITY AQUASTAR (100 \times 4.6 mm; 3 μm) (Thermo Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA)
- Mobilní fáze: 0,2% HCOOH, 10 mM mravenčan amonný : MeOH (75:25), izokratická eluce
- Průtok: 0,5 ml/min
- Teplota kolony: 35 °C
- Teplota autosampleru: 10 °C
- Nástřik: 5 μl
- Detekce: ESI⁺ MS/MS

Kalibrace byla lineární v testovaném rozsahu 0,01 – 5 $\mu\text{g/ml}$ (Obr. 7). LOD činil 0,01 $\mu\text{g/ml}$. LOQ byl 0,05 $\mu\text{g/ml}$.



Obr. 7 Kalibrační křivka asparaginu

4.7 Stanovení celkového obsahu anthokyanů

Celkové anthokyany byly stanoveny podle mírně modifikované metody (Lapornik et al., 2005).

50 g lyofilizovaných bramborových hlíz bylo homogenizováno se 100 ml 70 % methanolu po dobu jedné minuty. Poté byla směs ponechána přes noc (15 hodin) v lednici při 4 °C. Následně byla směs zfiltrována a 1 ml extraktu byl přidán k 10 ml 2 % HCl (pH 0,8), resp. k 10 ml citrátového pufru (pH 3,5), který byl připraven z 0,2 M Na₂HPO₄ a 0,1M citronové kyseliny. Oba roztoky byly pečlivě promíchány a byla změřena jejich absorbance při 520 nm oproti slepému pokusu (70 % methanol).

Celkový obsah anthokyanů (v mg/l) byl vypočítán podle rovnice:

$$OA = (A_1 - A_2) \times f \quad f = 396,598$$

kde OA je celkový obsah anthokyanů, A_1 je absorbance vzorku v 2 % HCl a A_2 v citrátovém pufru.

Celkový obsah anthokyanů byl vyjádřen jako ekvivalent kyanidinu.

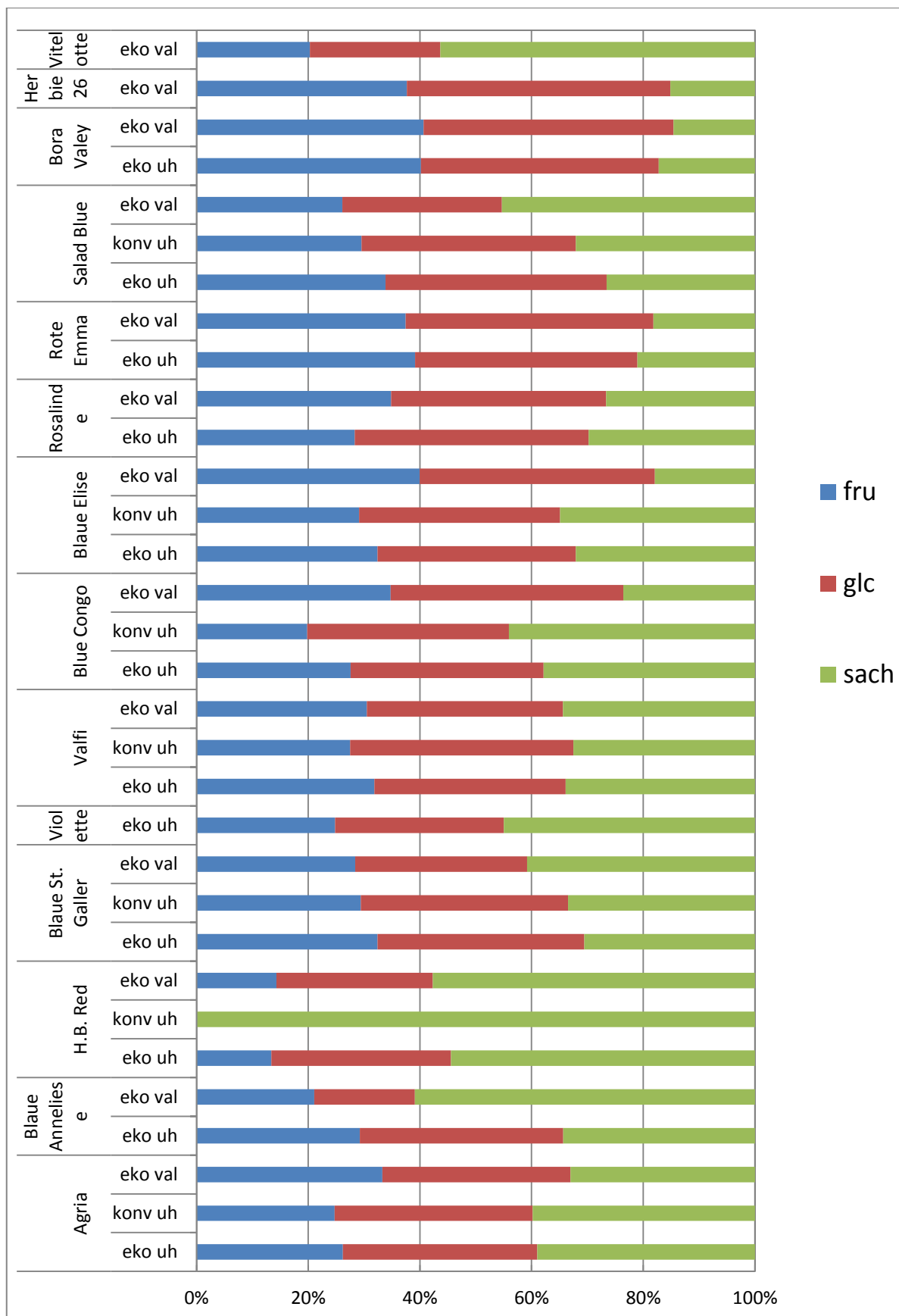
4.8 Statistické vyhodnocení

Všechna měření byla provedena v třech paralelních opakováních. Ke statistickému vyhodnocení bylo využito softwaru Statistica 9.0 (StatSoft) založeném na parametrických a neparametrických testech. Byla provedena jednofaktorová a vícefaktorová analýza rozptylu (ANOVA) na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Pro podrobnější vyhodnocení byl použit Tukeyho HSD test.

5. Výsledky a diskuse

5.1 Stanovení glukosy, fruktosy a sacharosy

Všechny sledované sacharidy byly zjištěny ve všech vzorcích kromě odrůdy H. B. Red pěstované konvenčně v Uhříněvsi, která obsahovala pouze sacharosu. Kromě této odrůdy se obsah fruktosy pohyboval v rozmezí 1,5 – 36 mg/g sušiny, glukosy 2,8 – 38,2 mg/g sušiny a sacharosy 2,5 – 41,9 mg/g sušiny. Průměrný obsah fru, glc a sach činil $12,3 \pm 7,8$; $14,6 \pm 8,3$; $12,9 \pm 8,2$ mg/g sušiny, což je v souladu s výsledky Bruntona et al. (2007) Majoritním sacharidem u většiny vzorků byla glc (20 vzorků) následovaná sach (12 vzorků). Fruktosa nebyla majoritním cukrem v žádném vzorku. Procentuální zastoupení fruktosy (vyjma odrůdy H.B. Red konv uh) se pohybovalo v rozmezí 13,4 – 40,7 % glukosy 18,0 - 47,2 % a sacharosy 14,6 - 60,9 %. Průměrné procentuální zastoupení jednotlivých cukrů bylo 29,9 % fru; 36,5 % glc a 33,5 % sach (Obr. 8).



Obr. 8 Procentuální zastoupení sacharidů v testovaných odrůdách

Z Tab. 9 je zřejmé, že nejvyšší obsah fru a glc byl nalezen v odrůdě Bora Valey pěstované ekologicky v Uhříněvsi (eko uh), naopak nejnižší obsah fru a glc byl v odrůdě H.B. Red pěstované ekologicky ve Valečově (eko val). Nejvyšší množství sach bylo stanoveno v odrůdě Blaue St. Galler eko val, zato nejméně sach obsahovala odrůda Herbie 26 eko val (Tab. 9). Celková suma cukrů se pohybovala v rozmezí od $7,4 \pm 1,4$ mg/g (odrůda H.B. Red pěstovaná konvenčně v Uhříněvsi-konv uh) do $102,6 \pm 20,3$ mg/g (odrůda Blaue St. Galler, eko val) (Tab. 9). Mulla (2011) uvádí ve svých výsledcích sumy cukrů v bramborových hlízách jako rozmezí od $0,68 \pm 0,057$ mg/g do $3,37 \pm 0,17$ mg/g (Mulla et al., 2011), což je výrazně méně v porovnání s výsledky mé práce. Příčinou rozdílných výsledků může být pravděpodobně vliv odrůdy, způsob pěstování a způsob skladování před analýzou.

V kontrolní žlutomasé odrůdě Agria (eko uh, konv uh a eko val) bylo nalezeno více sacharidů než v odrůdách Blaue Anneliese (eko uh), H.B. Red (konv uh a eko val), Violette (eko uh) a Herbie 26 (eko val).

V odrůdě Blaue St.Galler eko uh a konv uh byly obsahy fru, glc a sach srovnatelné, kdežto v eko val bylo zastoupení sach výrazně vyšší než glc a fru. Bora Valey obsahovala výrazně více gl a fru než sach. Nižší obsah glc byly zjištěny v odrůdách Blaue Anneliese (eko val) a H.B. Red (eko val), dále nižší zastoupení fru bylo v odrůdě H.B. Red (eko val, eko uh). Méně sach obsahovaly odrůdy Herbie 26 (eko val), Blaue Elise (eko val), Blaue Anneliese (eko uh), Agria (eko val) a H.B. Red (eko val).

Tab. 9 Obsah fruktosy, glukosy, sacharosy a celková suma cukrů v analyzovaných odrůdách (vyjádřeno v sušině)

odrůda	barva dužniny	způsob pěstování lokalita	Fru [mg/g]	Glc [mg/g]	Sach [mg/g]	Σ [mg/g]
Agria	žlutá	eko uh	$7,2 \pm 0,1$	$9,6 \pm 0,2$	$10,7 \pm 0,3$	$27,5 \pm 0,6$
		konv uh	$5,4 \pm 0,0$	$7,8 \pm 0,1$	$8,7 \pm 0,1$	$21,9 \pm 0,1$
		eko val	$6,1 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,1$	$6,1 \pm 0,2$	$18,4 \pm 0,3$
Blaue Anneliese	fialová	eko uh	$4,8 \pm 0,5$	$6,0 \pm 0,8$	$5,6 \pm 1,0$	$16,4 \pm 2,3$
		eko val	$4,6 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,2$	$13,2 \pm 0,7$	$21,7 \pm 0,8$
H.B. Red	červená	eko uh	$2,7 \pm 0,1$	$6,5 \pm 0,3$	$11,0 \pm 0,2$	$20,3 \pm 0,4$

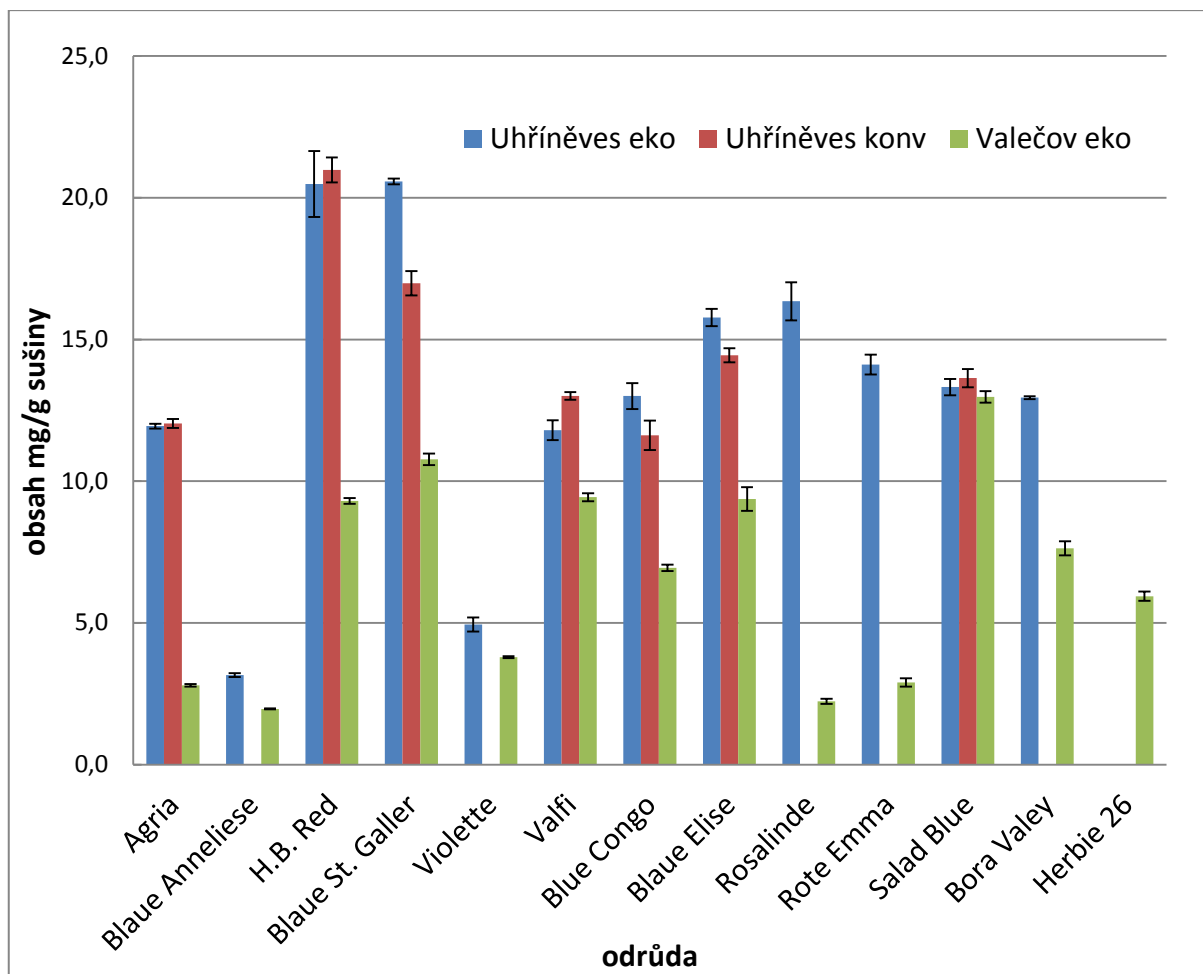
odrůda	barva dužniny	způsob pěstování lokalita	Fru [mg/g]	Glc [mg/g]	Sach [mg/g]	Σ [mg/g]
		konv uh	n.d.	n.d.	7,4 ± 1,4	7,4 ± 1,4
		eko val	1,5 ± 0,2	2,8 ± 0,1	5,9 ± 0,9	10,2 ± 1,0
Blaue St. Galler	fialová	eko uh	21,2 ± 1,7	24,2 ± 2,2	19,9 ± 1,8	65,3 ± 5,7
		konv uh	19,3 ± 1,7	24,4 ± 2,3	22,0 ± 2,6	65,6 ± 6,4
		eko val	29,2 ± 5,6	31,6 ± 6,1	41,9 ± 8,6	102,6 ± 20,3
Violette	fialová	eko uh	4,3 ± 0,6	5,3 ± 0,5	7,9 ± 0,7	17,5 ± 1,8
Valfi	fialová	eko uh	19,4 ± 0,1	20,9 ± 0,5	20,6 ± 0,2	60,9 ± 0,7
		konv uh	9,0 ± 0,7	13,1 ± 0,9	10,6 ± 0,8	32,7 ± 1,4
		eko val	10,9 ± 0,2	12,5 ± 0,4	12,2 ± 0,1	35,6 ± 0,6
Blue Congo	fialová	eko uh	9,9 ± 0,2	12,4 ± 0,3	13,6 ± 0,4	36,0 ± 0,7
		konv uh	10,5 ± 0,1	19,0 ± 0,3	23,2 ± 0,4	52,7 ± 0,5
		eko val	13,5 ± 0,2	16,2 ± 0,3	9,1 ± 0,2	38,8 ± 0,6
Blaue Elise	fialová	eko uh	11,9 ± 0,1	13,0 ± 0,3	11,8 ± 0,1	36,7 ± 0,4
		konv uh	10,9 ± 0,2	13,5 ± 0,3	13,1 ± 0,2	37,5 ± 0,6
		eko val	8,2 ± 0,1	8,7 ± 0,1	3,7 ± 0,1	20,6 ± 0,2
Rosalinde	červená	eko uh	10,2 ± 0,2	15,1 ± 0,4	10,8 ± 0,2	36,1 ± 0,7
		eko val	12,7 ± 0,2	14,1 ± 0,2	9,7 ± 0,1	36,6 ± 0,5
Rote Emma	červená	eko uh	16,0 ± 0,2	16,3 ± 1,0	8,6 ± 0,2	40,9 ± 1,0
		eko val	14,8 ± 0,3	17,6 ± 0,3	7,2 ± 0,1	39,7 ± 0,4
Salad Blue	fialová	eko uh	12,3 ± 0,1	14,4 ± 0,7	9,7 ± 0,1	36,4 ± 0,9
		konv uh	17,0 ± 2,1	22,1 ± 3,0	18,4 ± 2,2	57,4 ± 7,4
		eko val	18,1 ± 0,1	19,8 ± 0,1	31,4 ± 0,4	69,2 ± 0,5
Bora Valey	fialová	eko uh	36,0 ± 0,4	38,2 ± 0,2	15,4 ± 0,2	89,6 ± 0,7

odrůda	barva dužniny	způsob pěstování lokalita	Fru [mg/g]	Glc [mg/g]	Sach [mg/g]	Σ [mg/g]
		eko val	22,1 ± 0,2	24,3 ± 0,1	7,9 ± 0,4	54,3 ± 0,6
Herbie 26	červená	eko val	6,1 ± 0,4	7,7 ± 0,3	2,5 ± 0,1	16,3 ± 0,8
Vitelotte	fialová	eko val	4,9 ± 0,3	5,7 ± 0,2	13,7 ± 0,8	24,3 ± 1,3

5.2 Stanovení asparaginu

Ve všech testovaných odrůdách byl stanoven asparagin (asn). Z grafu (Obr. 9) je zřejmé, že nejvíce asn bylo obsaženo v odrůdě H.B. Red konv uh ($21,0 \pm 0,4$ mg/g sušiny), naopak nejméně v odrůdě Blaue Anneliese eko val ($2,0 \pm 0,0$ mg/g sušiny). Průměrný obsah asn činil $10,9 \pm 5,5$ mg/g sušiny, což je ve shodě s výsledky Kality et al. (2013). Z grafu (Obr. 9) je dále zřejmé, že všechny vzorky pěstované v lokalitě Uhříněves obsahovaly vyšší hladiny asn v porovnání s lokalitou Valečov. Mulla et al. (2011) stanovil v bramborových hlízách asparagin v koncentračním rozmezí od $2,1 \pm 0,1$ do $3,2 \pm 0,06$ mg/g sušiny. Výsledky Mully et al. (2011) jsou částečně v rozporu, neboť v mé práci byl stanoven výrazně vyšší obsah asparaginu ve většině analyzovaných odrůd.

Kontrolní žlutomasá odrůda Agria eko val obsahovala méně asn v porovnání s eko val odrůdami H.B. Red, Blaue St. Galler, Blue Congo, Blaue Elise, Bora Valey a Herbie 26. Kontrolní odrůda Agria eko uh a konv uh obsahovaly méně asn než odrůdy eko uh a konv uh H.B Red a Blaue St. Galler a dále eko uh Blaue Elise a Rosalinde (Obr. 9). Blaue St. Galler eko uh obsahovala nejvíce asn, naopak nejméně asn eko val. Obsah asn v odrůdách Violette eko uh a Vitelotte eko val byl poměrně nízký (Obr. 9). Zastoupení asn v odrůdách Rosalinde eko uh a Rotte Emma eko uh bylo výrazně vyšší než v eko val. (Obr. 9).

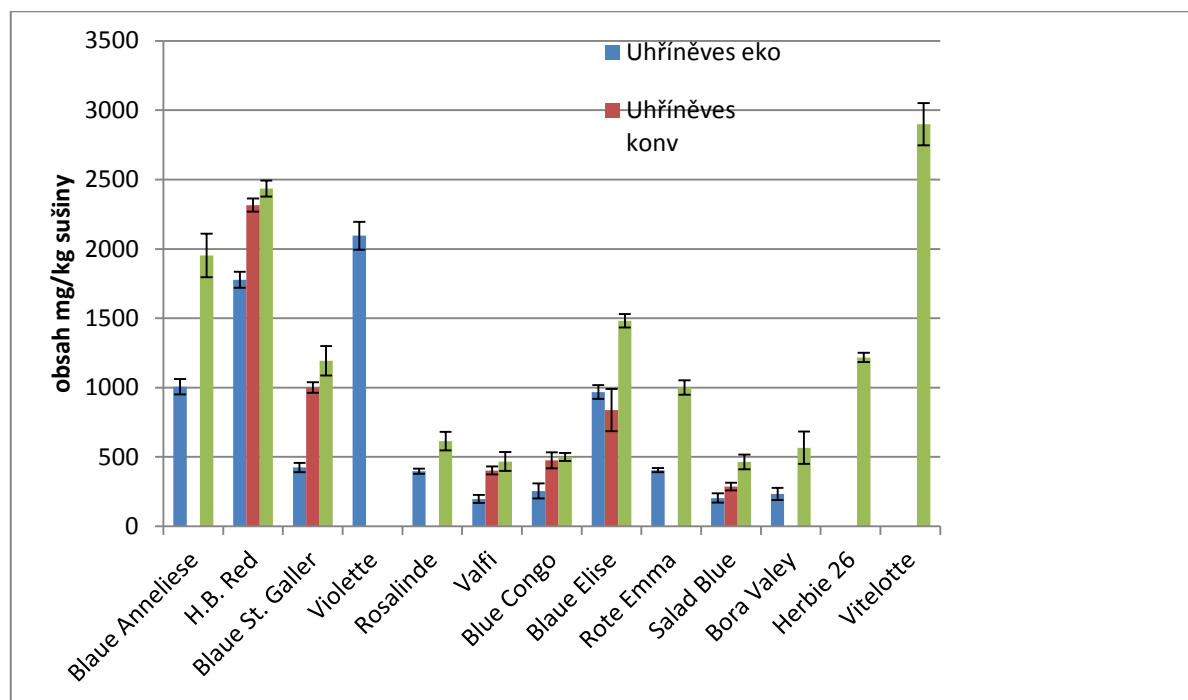


Obr. 9 Obsah asparaginu v analyzovaných odrůdách

5.3 Stanovení celkového obsahu anthokyanů

Anthokyany (antho) byly detekovány ve všech barevných odrůdách brambor. Obsah antho koreloval s barvou dužniny. Z grafu (Obr. 10) je zřejmé, že nejvíce anthokyanů bylo obsaženo v odrůdě Vitelotte eko val ($2899 \pm 152,1$ mg/kg sušiny), naopak nejméně v odrůdě Valfi eko uh ($197 \pm 28,9$ mg/kg sušiny) (Obr. 10). Průměrný obsah činil 967 ± 760 mg/kg sušiny. Stanovené množství anthokyanů v mé práci je výrazně nižší v porovnání s výsledky Burgose et al. (2013), a Reyese et al. (2005). Reyes et al. (2005) uvádí obsah anthokyanů od 440 do 6960 mg/kg sušiny. Kita et al. (2013) detekoval anthokyany v intervalu 210 až 1090 mg/kg sušiny, což je naopak méně než v porovnání s výsledky mé práce. Obsah antho zjištěný v této studii je ve shodě s výsledky Browna et al. (2003) a Rodrigueze-Saona et al. (1998). Obsah antho je výrazně ovlivněn odrůdou. Z Obr. 10 je dále patrné, že všechny vzorky pěstované ve výše položené lokalitě Valečov obsahovaly vyšší hladiny antho v porovnání

s lokalitou Uhříněves. Závislost obsahu antho na nadmořské výšce lokality je známa z literatury (Brown et al., 2008; Reyes et al., 2004).



Obr. 10 Celkový obsah anthokyanů v analyzovaných odrůdách

V odrůdě Blaue Anneliese eko val byl zjištěn vyšší podíl antho než v eko uh (Obr. 10). Odrůda H.B. Red eko val obsahovala více antho v porovnání s eko uh a konv uh. Nejnížší množství v odrůdě Blaue St. Galler bylo stanoveno v eko uh, naopak nejvyšší v eko val. Odrůda Violette eko val obsahovala více antho než odrůda Herbie 26 eko val (Obr. 10). V odrůdě Blue Congo eko val a konv uh bylo zjištěno více antho než v eko uh. Nejvyšší zastoupení antho v odrůdě Blaue Elise bylo v eko val, zato nejnižší v konv uh. Bylo detekováno, že v odrůdě Rosalinde eko val je více antho než v eko uh a v odrůdě Rote Emma eko val více antho než v eko uh (Obr. 10). Zastoupení antho bylo v odrůdě Salad Blue nejvyšší v eko val, naopak nejnižší v eko uh. Bora Valey obsahovala vyšší množství antho v eko val než v eko uh (Obr. 10).

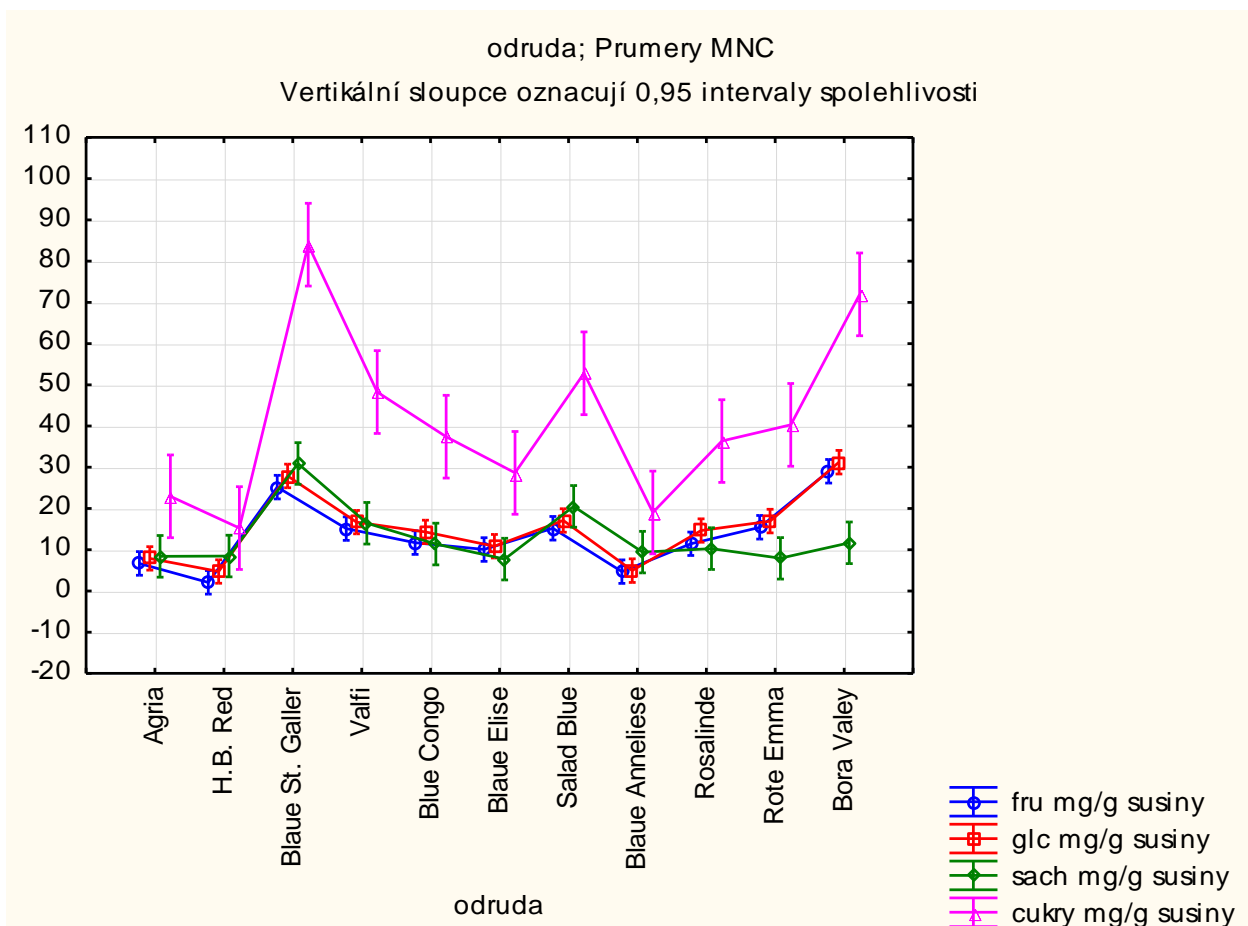
5.4 Statistické vyhodnocení vlivu odrůdy a lokality

Z důvodu nekonzistentních dat byl hodnocen zvlášť vliv odrůdy a lokality (dvoufaktorová ANOVA), dále vliv odrůdy a způsob pěstování (dvoufaktorová ANOVA).

Pomocí analýzy rozptylu byly statisticky hodnoceny dva faktory- odrůda a lokalita pěstování (Valečov, Uhříněves) na obsah glukosy, fruktosy, sacharosy, celkové sumy cukrů, asparaginu a anthokyanů.

5.4.1 Vliv odrůdy na obsah sacharidů

Trend v obsahu fru a glc je stejný (viz Obr. 11). Statisticky významně vyšší obsah fru i glc než všechny ostatní odrůdy obsahovaly Bora Valey (fru 29,03 mg/g sušiny, glc 31,24 mg/g sušiny) a Blaue St. Galler (fru 25,18 mg/g sušiny, glc 27,89 mg/g sušiny). Odrůda Blaue St. Galler měla také nejvyšší průměrný obsah sacharosy (30,91 mg/g sušiny), který byl statisticky významně vyšší pouze v porovnání s odrůdou Salad Blue (20,51 mg/g sušiny). Ostatní odrůdy se významně nelišily v obsahu sacharosy. Nejnižší množství fru i glc obsahovaly odrůdy H. B. Red (fru 2,08 mg/g sušiny, glc 4,71 mg/g sušiny) a Blaue Anneliese (fru 4,68 mg/g sušiny, glc 4,93 mg/g sušiny), které se ale významně nelišily od odrůdy Agria (fru 6,67 mg/g sušiny, glc 7,89 mg/g sušiny). Obsah celkových cukrů je nejvyšší v odrůdě Blaue St. Galler (83,90 mg/g sušiny), která se nelišila pouze od odrůdy Bora Valey (71,90 mg/g sušiny). Nejnižší obsah celkových cukrů je pak v odrůdě H. B. Red (15,25 mg/g sušiny), následována odrůdami Blaue Anneliese, Agria, Blaue Elise, Rosalinde a Blue Congo, které se významně statisticky nelišily (Obr. 11).



Obr. 11 Vliv odrůdy na obsah jednotlivých sacharidů a celkovou sumu cukrů (výstup z programu Statistica 9.0)

5.4.2 Vliv odrůdy na obsah asparaginu

Průměrný obsah asn se pohyboval v širokém rozmezí 2,6 – 15,7 mg/g sušiny (Tab. 10). Odrůda Blaue Anneliese, jež obsahovala nejnižší množství asn se průkazně lišila od všech ostatních odrůd. Následovala žlutomasá odrůda Agria (7,4 mg/g sušiny), tento obsah asn však není průkazně rozdílný od odrůd Rote Emma (8,5 mg/g sušiny), Rosalinde (9,3 mg/g sušiny), Blue Congo (10,0 mg/g sušiny), Bora Valey (10,3 mg/g sušiny) a Valfi (10,6 mg/g sušiny). Nejvyšší obsah asn byl stanoven v odrůdě Blaue St. Galler (15,7 mg/g sušiny), tento obsah asn se průkazně nelišil v porovnání s odrůdami H. B. Red (14,9 mg/g sušiny), Salad Blue (13,1 mg/g sušiny) a Blaue Elise (12,6 mg/g sušiny).

Tab. 10 Vliv odrůdy na obsah asparaginu (výstup z programu Statistica 9.0)

Tukeyuv HSD test; promenná asn mg/g susiny (lokalita.sta)								
Homogenní skupiny, alfa = ,05000								
Chyba: meziskup. PC = 5,7145, sv = 54,000								
C. bunky	odruda	asn mg/g susiny Prumer	1	2	3	4	5	6
8	Blaue Annelies	2,5630						****
1	Agria	7,3706	****					
10	Rote Emma	8,5085	****	****				
9	Rosalinde	9,2896	****	****	****			
5	Blue Congo	9,9728	****	****	****			
11	Bora Valey	10,2898	****	****	****	****		
4	Valfi	10,6185	****	****	****	****		
6	Blaue Elise	12,5735		****	****	****	****	
7	Salad Blue	13,1490			****	****	****	
2	H.B. Red	14,8947				****	****	
3	Blaue St. Galle	15,6744					****	

5.4.3 Vliv odrůdy na obsah celkových anthokyanů

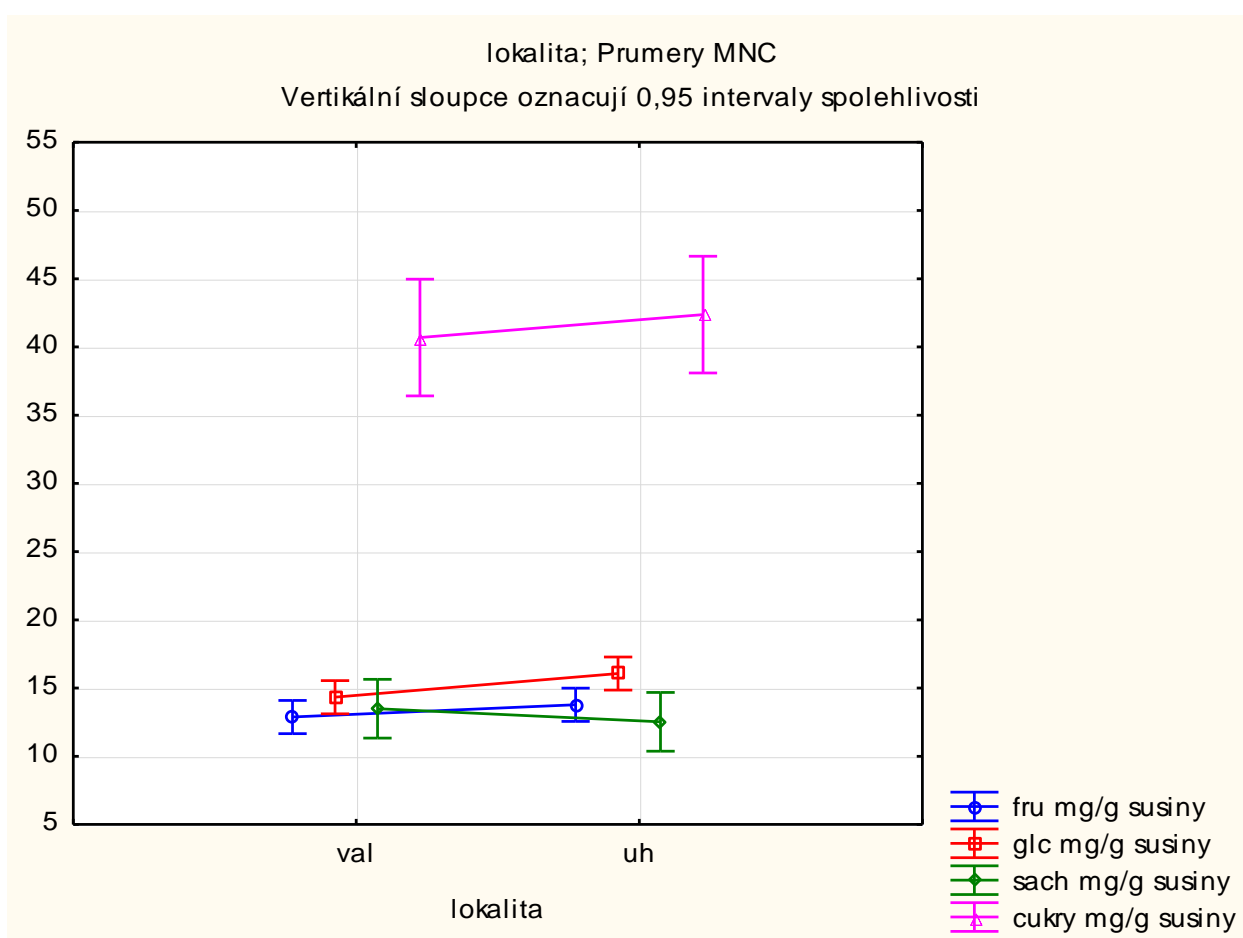
Obsah anthokyanů byl významně odrůdově závislý a pohyboval se v širokém rozmezí 332 (Valfi) – 2107 mg/kg sušiny (H. B. Red) (Tab. 11). Skupina s nízkým obsahem antho je zastoupena odrůdami Valfi (332 mg/kg sušiny), Salad Blue (334 mg/kg sušiny), Blue Congo (378 mg/kg sušiny) a Bora Valey (400 mg/kg sušiny). Naopak vysoký obsah antho byl zjištěn v odrůdách Blaue Elise (1225 mg/kg sušiny), Blaue Anneliese (1479 mg/kg sušiny) a H.B. Red (2107 mg/kg sušiny) (Tab. 11).

Tab. 11 Vliv odrůdy na obsah celkových anthokyanů (výstup z programu Statistica 9.0)

Tukeyuv HSD test; promenná antho mg/kg susiny (lokalita_antho.sta)							
Homogenní skupiny, alfa = ,05000							
Chyba: meziskup. PC = 21600,, sv = 49,000							
C. bunky	odruda	antho mg/kg susiny Prumer	1	2	3	4	5
3	Valfi	332,04	****				
6	Salad Blue	334,33	****				
4	Blue Congo	377,61	****				
10	Bora Valey	400,06	****				
8	Rosalinde	506,02	****	****			
9	Rote Emma	703,04		****	****		
2	Blaue St. Galle	809,41			****		
5	Blaue Elise	1224,84				****	
7	Blaue Annelies	1479,37				****	
1	H.B. Red	2106,55					****

5.4.4 Vliv lokality pěstování na obsah sacharidů

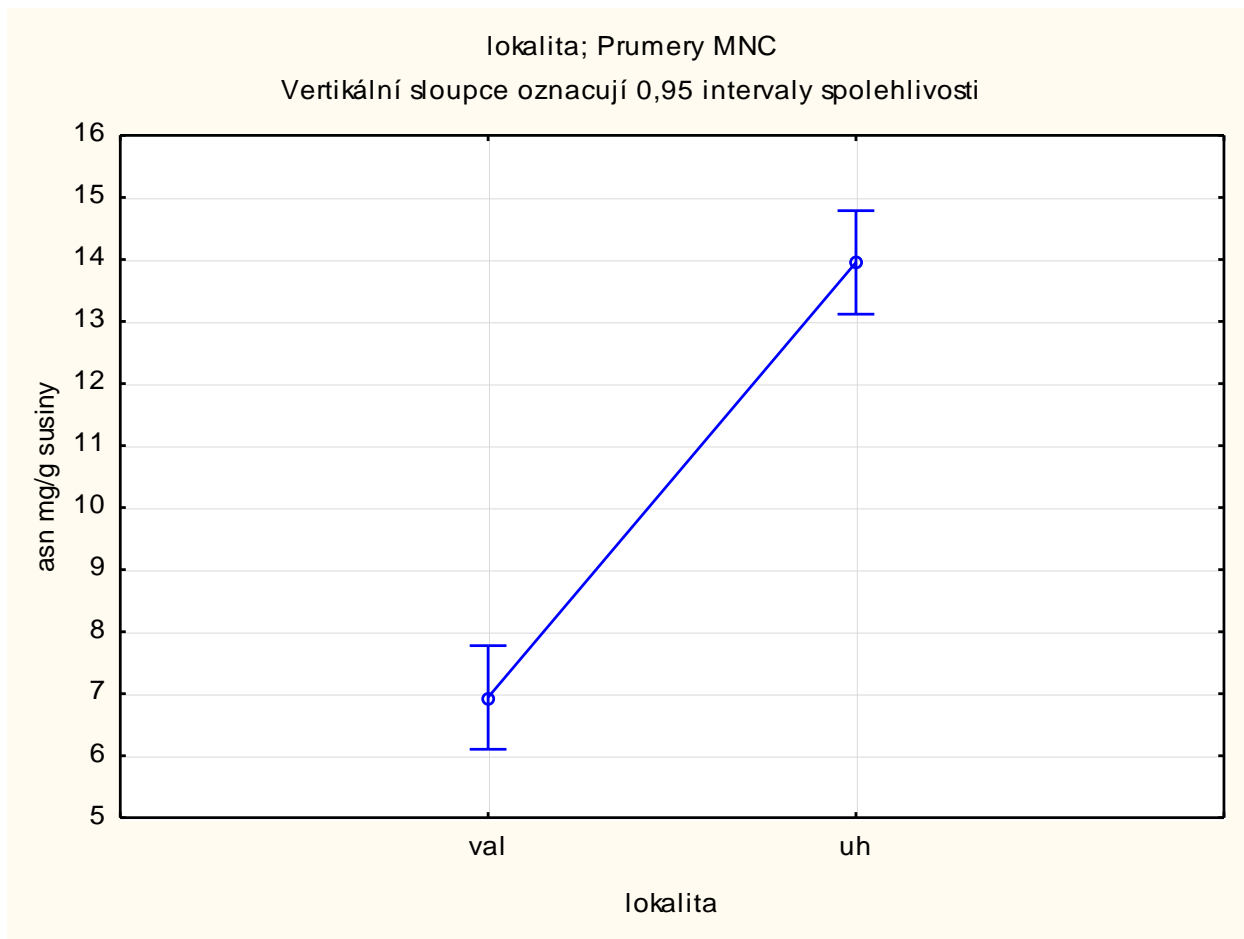
Průměrný obsah všech sledovaných sacharidů byl mírně vyšší v lokalitě Uhříněves v porovnání s lokalitou Valečov (Obr. 12). Rozdíl byl však statisticky významný pouze v obsahu glc. Knutsen et al. (2009) uvádí, že lokalita pěstování má statisticky významný vliv na obsah glukosy, což je ve shodě s výsledky této studie. Podle Knutsena et al. (2009) lokalita pěstování ovlivňuje rovněž obsah fru, což je v rozporu s našimi výsledky. Odlišné vyhodnocení je zřejmě způsobeno půdně-klimatickými faktory charakteristickými pro každou konkrétní lokalitu.



Obr. 12 Vliv lokality pěstování na obsah glukosy, fruktosy, sacharosy a celkové sumy cukrů (výstup z programu Statistica 9.0)

5.4.5 Vliv lokality pěstování na obsah asparaginu

Vliv lokality pěstování na obsah asn je průkazný (Obr. 13). Množství asn je statisticky významně vyšší v odrůdách pěstovaných v uh než ve val. Knutsen et al. (2009) tvrdí, že vliv lokality pěstování na obsah asn je průkazný, což se shoduje s výsledky mé práce.



Obr. 13 Vliv lokality pěstování na obsah asparaginu (výstup z programu Statistica 9.0)

5.4.6 Vliv lokality pěstování na obsah anthokyanů

Vliv lokality pěstování na obsah celkových antho byl vyhodnocen jako statisticky významný (Tab. 12). V odrůdách pěstovaných ve výše položené lokalitě val se nacházelo průkazně více antho než v odrůdách pěstovaných v uh. Podle Hejtmánkové et al. (2013) lokalita pěstování má průkazný vliv na obsah antho, což souhlasí s vyhodnocením této práce. Vyšší obsah antho v bramborách pěstovaných ve výše položených lokalitách zjistili také Brown et al. (2008), Reyes et al. (2005) a Ieri et al. (2011).

Tab. 12 Vliv lokality pěstování na obsah celkových anthokyanů (výstup z programu Statistica 9.0)

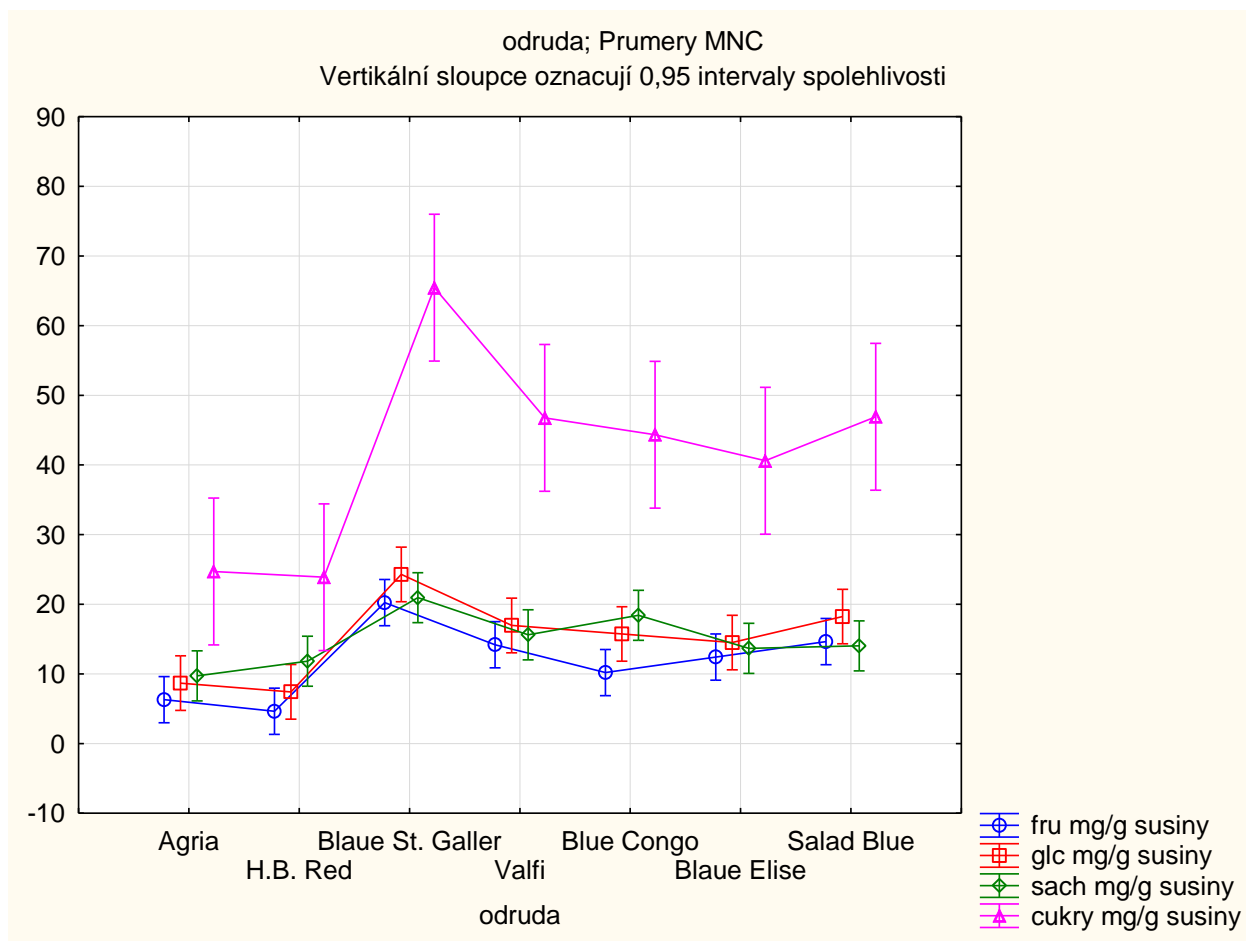
Tukeyuv HSD test; promenná antho mg/kg susiny (lokalita_antho.sl) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = 21600,, sv = 49,000				
C. bunky	lokalita	antho mg/kg susiny Prumer	1	2
2	uh	586,950	****	
1	val	1067,712		****

5.5 Statistické vyhodnocení vlivu odrůdy a způsobu pěstování

Byly statisticky hodnoceny dva faktory- odrůda a způsob pěstování (konvenční a ekologický) a jejich vliv na obsah glukosy, fruktosy, sacharosy, celkové sumy cukrů, asparaginu a anthokyanů.

5.5.1 Vliv odrůdy na obsah sacharidů

Byl opět zjištěn stejný trend v obsahu glc a fru jako v předchozí statistické analýze (viz Obr. 14). Nejnižší množství obou monosacharidů bylo zjištěno v odrůdě H. B. Red (fru 4,63 mg/g sušiny, glc 7,42 mg/g sušiny). Obsah fru v H.B. Red se však statisticky významně neliší od odrůd Agria a Blue Congo, v případě glc od odrůd Agria, Blue Congo a také Blaue Anneliese. Nejvyšší množství fru i glc obsahovala odrůda Blaue St. Galler (fru 20,23 mg/g sušiny, glc 24,28 mg/g sušiny), která se průkazně nelišila od odrůd Salad Blue a Valfi (Obr. 14). Blaue St. Galler obsahovala i nejvíce sacharosy (20,95 mg/g sušiny), tento obsah je statisticky významně vyšší než v odrůdách Agria (9,71 mg/g sušiny) a H. B. Red (11,81 mg/g sušiny).



Obr. 14 Vliv odrůdy na obsah sacharidů (výstup z programu Statistica 9.0)

5.5.2 Vliv odrůdy na obsah asparaginu

Odrůda Agria obsahuje průkazně nižší množství asn než odrůdy Blaue Elise, Blaue St. Galler a H.B. Red, což je uvedeno v Tab. 13. Zastoupení asn se v odrůdách Agria, Blue Congo, Valfi a Salad Blue průkazně nelišilo. V odrůdě H.B. Red bylo detekováno statisticky významně nejvíce asn v porovnání se všemi ostatními odrůdami (Tab. 13).

V odrůdách, jež byly zahrnuty i v předešlé statistice, byl zjištěn stejný trend v obsahu asparaginu.

Tab. 13 Vliv odrůdy na obsah asparaginu (výstup z programu Statistica 9.0)

Tukeyuv HSD test; promenná asn mg/g susiny (pestovani.sta) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,86046, sv = 34,000						
C. bunky	odruda	asn mg/g susiny Prumer	1	2	3	4
1	Agria	11,9895	****			
5	Blue Congo	12,3101	****			
4	Valf	12,4044	****			
7	Salad Blue	13,4812	****	****		
6	Blaue Elise	15,1105		****		
3	Blaue St. Gallen	18,7792			****	
2	H.B. Red	20,7346				****

5.5.3 Vliv odrůdy na obsah anthokyanů

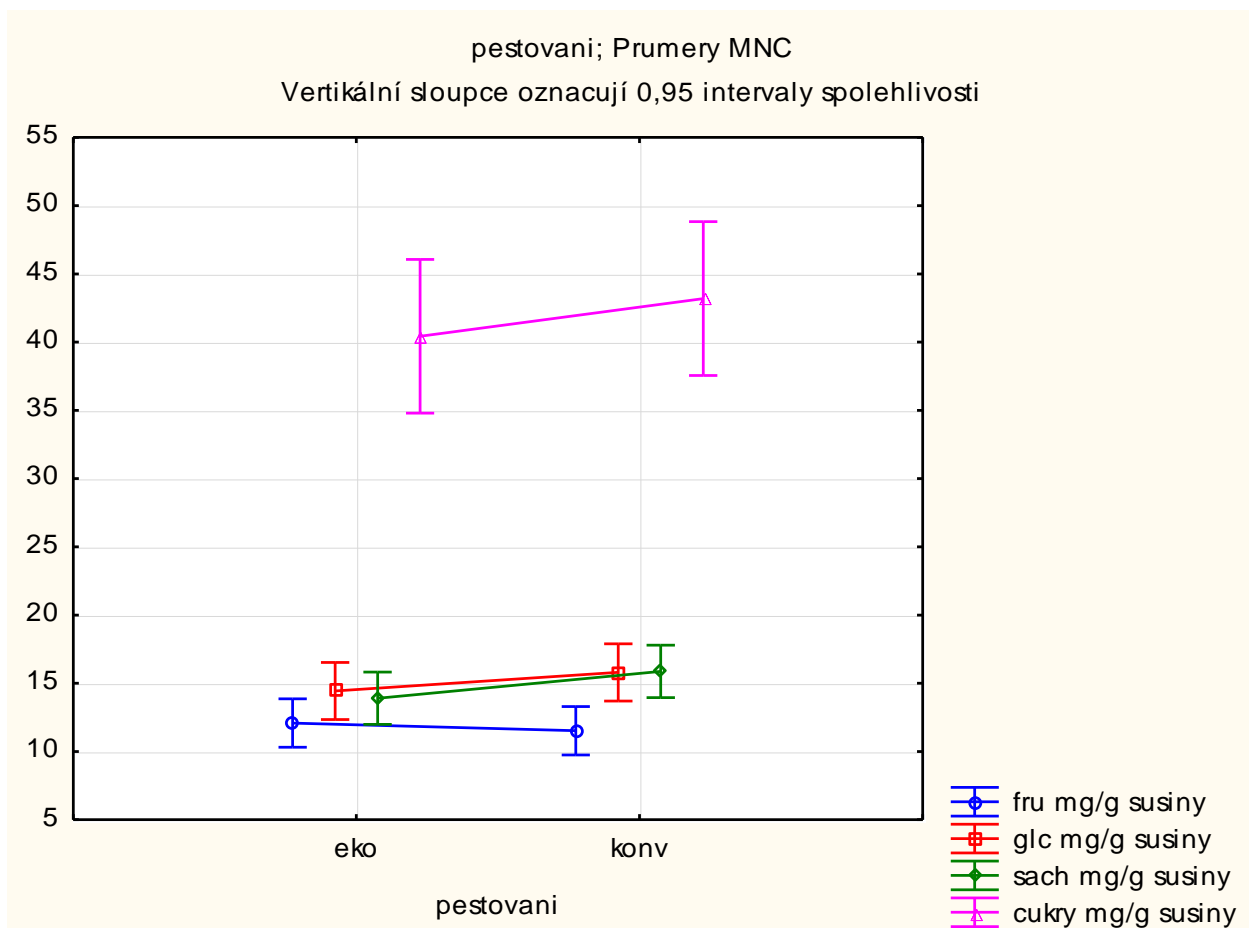
Tab. 14 naznačuje, že odrůda H.B. Red obsahuje statisticky významně nejvyšší množství antho v porovnání se všemi ostatními odrůdami. Zastoupení antho se neliší mezi odrůdami Salad Blue, Valfi a Blue Congo. V odrůdě Blaue Elise bylo zjištěno průkazně více antho než v odrůdách Salad Blue, Valfi a Blue Congo (Tab. 14).

Tab. 14 Vliv odrůdy na obsah anthokyanů (výstup z programu Statistica 9.0)

Tukeyuv HSD test; promenná antho mg/kg susiny (pestovani_antho.s) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = 21848,, sv = 29,000						
C. bunky	odruda	antho mg/kg susiny Prumer	1	2	3	
6	Salad Blue	245,73	****			
3	Valf	300,26	****			
4	Blue Congo	365,51	****			
2	Blaue St. Gallen	712,35		****		
5	Blaue Elise	903,33		****		
1	H.B. Red	2046,77				****

5.5.4 Vliv způsobu pěstování na obsah sacharidů

Obsah glc, sach a celkových cukrů je mírně vyšší v odrůdách pěstovaných konvenčně, naopak obsah fru je mírně vyšší v odrůdách pěstovaných ekologicky (Obr. 15). Žádný z těchto rozdílů však nebyl průkazný. Nebyl tedy potvrzen vliv pěstování na obsah cukrů v hlízách. Tento závěr je ve shodě s pokusy Carilla et al. (2011).



Obr. 15 Vliv způsobu pěstování na obsah sacharidů (výstup z programu Statistica 9.0)

5.5.5 Vliv způsobu pěstování na obsah asparaginu

Způsob pěstování statisticky významně ovlivňuje zastoupení asn v odrůdách (Tab. 15), což je v souladu s výsledky Carillo et al. (2011). Odrůdy pěstované ekologicky obsahují průkazně vyšší množství asn než odrůdy pěstované konvenčně (Tab. 15).

Tab. 15 Vliv způsobu pěstování na obsah asparaginu (výstup z programu Statistica 9.0)

Tukeyv HSD test; promenná asn mg/g susiny (pestovani.sta Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,86046, sv = 34,000				
C. bunky	pestovani	asn mg/g susiny Prumer	1	2
2	konv	14,67307	****	
1	eko	15,27266		****

5.5.6 Vliv způsobu pěstování na obsah anthokyanů

Tab. 16 naznačuje, že způsob pěstování má statisticky významný vliv na obsah anthokyanů. Bylo zjištěno, že odrůdy pěstované ekologicky obsahují průkazně méně anthokyanů v porovnání s odrůdami pěstovanými konvenčně (Tab. 16). Výsledek této práce se však neshoduje s pokusy Soltofta et al. (2010). Sotfolt et al. (2010) uvádí, že způsob pěstování průkazně neovlivňuje množství anthokyanů v bramborových hlízách.

Tab. 16 Vliv způsobu pěstování na obsah anthokyanů

Tukeyuv HSD test; promenná antho mg/kg susiny (pestovani_antho.s Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = 21848,, sv = 29,000				
C. bunky	pestovani	antho mg/kg susiny Prumer	1	2
1	eko	637,8023	****	
2	konv	886,8560		****

6. Závěr

Ve všech analyzovaných vzorcích brambor (kromě odrůdy H. B. Red pěstované konvenčně v Uhříněvsi, která obsahovala pouze sacharosu) byla zjištěna přítomnost glukosy, fruktosy a sacharosy. Nejvyšší obsah fruktosy a glukosy byl nalezen v odrůdě Bora Valey pěstované ekologicky v Uhříněvsi, naopak nejnižší obsah fruktosy a glukosy byl v odrůdě H.B. Red pěstované ekologicky ve Valečově. Nejvíce sacharosy bylo stanoveno v odrůdě Blaue St. Galler pěstované ekologicky ve Valečově, zatímco nejméně sacharosy v odrůdě Herbie 26 pěstované ekologicky ve Valečově. Nejnižší obsah celkových cukrů byl zjištěn v odrůdě H.B. Red pěstované konvenčně v Uhříněvsi, naopak nejvyšší byl v odrůdě Blaue St. Galler pěstované ekologicky ve Valečově.

Ve všech testovaných odrůdách brambor byl stanoven asparagin. Statisticky významně nejvyšší množství asparaginu bylo obsaženo v odrůdě H.B. Red pěstované konvenčně v Uhříněvsi. Statisticky významně nejnižší množství bylo zjištěno v odrůdě Blaue Anneliese pěstované ekologicky ve Valečově.

Všechny testované barevné odrůdy brambor obsahovaly anthokyany. Nejvíce anthokyanů bylo nalezeno v odrůdě Vitelotte pěstované ekologicky ve Valečově, naopak nejméně v odrůdě Valfi pěstované ekologicky v Uhříněvsi. V odrůdě H.B. Red byl zjištěn statisticky významně nejvyšší obsah anthokyanů.

Nebyl potvrzen průkazný vliv způsobu pěstování na obsah glukosy, fruktosy a sacharosy. Způsob pěstování má průkazný vliv na obsah asparaginu a anthokyanů. Odrůdy brambor pěstované konvenčně obsahují statisticky významně méně asparaginu, naopak průkazně více anthokyanů.

Byl potvrzen průkazný vliv lokality pěstování na obsah glukosy, asparaginu a anthokyanů. V odrůdách brambor pěstovaných ve Valečově byl zjištěn statisticky významně nižší obsah glukosy, asparaginu, naopak průkazně vyšší obsah anthokyanů.

Obsah všech sledovaných analytů byl významně ovlivněn odrůdou. Ze všech testovaných odrůd se jako nejvhodnější odrůda pro přípravu smažených výrobků zdá být fialová odrůda Blaue Annelise, neboť obsahuje průkazně nejnižší množství asparaginu a nižší množství glukosy, fruktosy a sacharosy a dále patří k odrůdám s vyšším obsahem anthokyanů.

7. Seznam literatury

Arendt K., E., Gallagher E., Jubete A., L., Wijngaard H. 2010. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*. 119. 770 – 778.

Basařová, G., Dostálek, P., Hofta, P. 2004. Xanthohumol – chmelová pryskyřice nebo polyfenol? *Chemické Listy*. 98. 825 - 830.

Becalski, A., Lau, B. P., Lewis, D., & Seaman, S. W. 2003. Acrylamide in foods: Occurrence, sources, and modeling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51. 802 – 808.

Brown C. R., Wrolstad R., Durst R. Yang C. P., Clevidence B. 2003. Breeding studies in potatoes containing high concentration of anthocyanins. *American Journal of Potato Research*. 80. 241 – 250.

Brown C. R., Durst R. W., Wrolstad R., De Jong W. 2008. Variability of phytonutrient content of potato in relation to growing location and cooking method. *Potato Research*. 51. 259 – 270.

Brunton N. P., Gormley R., Butler F., Cummins E., Danaher M., Minihan M., O’Keeffe M. 2007. A survey of acrylamide precursors in Irish ware potatoes and acrylamide levels in French fries. *Food Science and Technology*. 40. 1601 – 1609.

Burgos G., Amoros W., Munoa L., Sosa P., Cayhualla E., Sanchez C., Díaz C., Bonierbale M. 2013. Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling. *Journal of Food Composition and Analysis*. 30 (1). 6 - 12.

Carillo P., Cacaes D., De Pascale S., Rapaccioulo M., Fuggi A. 2012. Organic vs. traditional potato powder. 133 (4). 1264 - 1273.

Coughlin, J. R. 2003. Acrylamide: What we have learned so far. *Food Technology*. 57(2). 100 - 101.

Davids S.J., Yalayan V.A., Turcotte G. 2004. Use of unusual storage temperatures to improve the amino acid profile of potatoes for novel flavoring applications. *Food Science and Technology*. 37. 619 - 626.

Diviš J., Bárta J., Bártová V. 2011. Pěstování brambor v podmínkách ekologického zemědělství: metodika. Jihočeská univerzita. Zemědělská fakulta. České Budějovice. 43 s. ISBN: 9788073942953.

Dolan A. 1998. Stroje pro okopaniny, technické plodiny a zeleninu. Jihočeská univerzita. Zemědělská fakulta. České Budějovice. 89 s.

Friedman M. 2003. Chemistry, biochemistry and safety of acrylamide. A review. *Agricultural and Food Chemistry*. 51 (16). 4504 – 4526.

Hamouz K., Čepl J., Domkářová J., Dvořák P., Hausvater E., Mottl V., Vokál B., Zavadil J. 2007. Rané brambory – Pěstitelský rádce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Kurent. České Budějovice. 48 s. ISBN: 9788090352292.

Hamouz K., Čepl J., Dvořák P., Hausvater E., Kasal P., Vokál B. 2008. Brambory – Inovace a trendy v pěstování, nové pohledy na kvalitu. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 21 s. ISBN: 9788072711949.

Hejtmánková K., Kotíková Z., Hamouz K., Pivec V., Vacek J., Lachman J. 2013. *Journal of Food Composition and Analysis*. 32. 20 - 27.

Hejtmánková K. 2011. Vliv faktorů na obsah vybraných ukazatelů jakosti hlíz brambor. Doktorská disertační práce. Česká zemědělská univerzita. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 110 s.

Ieri F., Innocenti M., Andrenelli L., Vecchio V., Mulinacci N. 2011. Rapid HPLC/DAD/MS method determine phenolic acids, glycoalkaloids and anthocyanins in pigmented potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and correlations with variety and geographical origin. *Food Chemistry*. 125. 750 – 759.

- Kalita D., Holm D. G., Jayanty S. S. 2013. Role of polyphenols in acrylamide formation in the fried products of potato tubers with colored flesh. *Food Research International*. 54. 753 – 759.
- Kazda J., Mikulka J., Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press. Praha. 399 s.
- Kim H., K., Tsao R., Yang R., Cui W. S. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*. 95. 466 – 473.
- Knutsen S. H., Dimitrijevic S., Molteberg E. L., Segtnan V. H., Kaaber L., Wicklund T. 2009. The influence of variety, agronomical factors and storage on the potential for acrylamide formation in potatoes grown in Norway. *Food Science and Technology*. 42. 550 - 556.
- Kotsiou K., Margari-Tasioula M., Capuano E., Fogliano V. 2011. Effect of standard phenolic compounds and olive oil phenolic extracts on acrylamide formation in an emulsion system. *Food Chemistry*. 124. 242 - 247.
- Lapornik B., Prošek M., Wondra A.G. 2005. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*. 71. 214 - 222.
- Lewis, C., Walker, J., Lancaster, J., Sutton, K. 1998. Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: Colored cultivars of *Solanum tuberosum* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 77. 45 – 57.
- Liu X., Mu T., Sun H., Zhang M., Chen J. 2013. Optimisation of aqueous two-phase extraction of anthocyanins from purple sweet potatoes by response surface methodology. *Food Chemistry*. 141. 3034 – 3041.
- Mareček A, Honza J. 2000. *Chemie pro čtyřletá gymnázia*. Nakladatelství Olomouc. Olomouc. 249 s. ISBN: 8071820571.

Marchettini N., Focardi S., o Guarnieri M., Guerranti C., Perra G. 2013. Determination of acrylamide in local and commercial cultivar of potatoes from biological farm. Food Chemistry. 136. 1426 – 1428.

Martinek P., Klem K-, Váňová M., Bartáčková V., Večerková L., Bucher P., Hajšlová J. 2009. Effects of nitrogen nutrition, fungicide treatment and wheat genotype on free asparagine and reducing sugars content as precursors of acrylamide formation in bread. Plant Soil and Environment. 55 (5). 187 – 195.

Mottram, D. S., Wedzicha, B. L. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature. 419. 448 – 449.

Mucha M. Chemické objekty 3D. [online]. Orlová. 27.října 2007, [cit. 2014-02-10] Dostupné z <<http://chemie3d.wz.cz/models.php?id=43> >

Mulla Z. M., Bharadwaj R.V., Annapure U.S., Variyar P.S., Sharma A., Singhal S.R. 2011. Food Chemistry. 127. 1668 - 1672.

Novák J., Skalický M. 2009. Botanika. Poweprint. Praha. 336 s. ISBN 9788090401150.

Ohara-Takada A., Matsuura-Endo Ch., Chuda Y., Ono H., Yada H., Yoshida M., Kobayashi A., Tsuda S., Takigawa S., Noda T., Yamauchi H., Mori M. 2005. Change in content of sugars and free aminoacids on potato tubers under short-term storage at low temperature and the effect on acrylamide level after frying. Journal of Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. 69 (7). 1232 - 1238.

Ou S., Shi J., Zhang G., Teng J., Jiang Y., Yang B. 2010. Effect of antioxidants and formation of acrylamide in model reaction systems. Journal of Hazardous Materials. 182. 863 - 868.

Pacák, J. 1978. Stručné základy organické chemie. SNTL. Praha. 471 s.

Pacák, J. 1997. Jak porozumět organické chemii. Univerzita Karlova. Karolinum. Praha. 315 s. ISBN: 8071842613.

Pazdera J., Bečka D., Capouchová I., Dvořák P., Křivánek J., Kuchtová P., Štolcová M., Urban J. 2006. Pěstování rostlin – cvičení. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta

agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Power Print. Praha. 199 s. ISBN 8021315385.

Puértolas E., Cregenzán O., Luengo E., Álvarez I., Raso J. 2013. Pulsed-electric-field-assisted extraction of anthocyanins from purple-fleshed potato. *Food Chemistry*. 136. 1330 – 1336.

Reyes L.F., Miller J.C., Cisneros-Zevallos L. 2005. Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple and red fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. *American Journal of Potato Research*. 82. 271 – 277.

Rodriguez –Saona L., Giusti M. M., Wrolstad R. E. 1998. Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes . *Journal of Food Science*. 63. 458 – 465.

Shepherd L.V.T., Bradshaw J.E., Dale M.F.B., McNicol J.W., Pont S.D.A, Mottram D.S., Davies H.V. 2010. Variation in acrylamide producing potential in potatoe: Segregation of the trait in breeding population. *Food Chemistry*. 123. 568 - 573.

Smirnoff, N. 2005. Antioxidants and reactive oxygen species in plants. Blackwell. Oxford. p. 302. ISBN: 1405125292.

Sofrová D., Tichá M., Barthová, J., Entlicher G., Stiborová M., Novák F., Hudeček J., Hladík J., Krajhanzl A. 2005. Biochemie základní kurz. Univerzita Karlova. Karolinum. Praha. 241 s. ISBN: 8071849367.

Soltoft M., Nielsen J., Lauren K.H., Husted S., Halekoh U. Knuthsen P. 2010. Effects of Organic and Conventional Growth Systems on the Content of Flavonoids in Onions and Phenolic Acids in Carrots and Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58(19). 10323 - 10329.

Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., & Tornqvist, M. 2002. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50. 4998 – 5006.

Vaněk J., Balík J., Pavlíková D., Tlustoš P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. 176 s. ISBN: 9768086726250.

Vattem D.A., Shetty K. 2003. Acrylamide in food: a model for mechanism of formation its reduction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 4. 331 - 338.

Velišek, J., Hajšlová, J. 2009. *Chemie potravin I. Osis. Tábor*. 580 s. ISBN: 9788086659152.

Vokál B., Čepl J., Čížek M., Diviš J., Domkářová J., Fér J., Hamouz K., Jůzl M., Hausvater E., Rasocha V., Zrůst J. 2004. *Pěstování brambor. Agrospoj. Praha*. 261 s.

Vokál B., Bártů J., Trachtulec J.(eds.). 2013. *Brambory. Profi Press. Praha*. 160 s. ISBN: 9788086726540.

Wicklund T., Oestlie H., Lothe O., Knutsen S.H., Brathen E., Kita A. 2006. *Food Science and Technology*. 39. 571 - 575.

Williams J.S.E. 2005. Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps. *Food Chemistry*. 90. 875 - 881.

Zemánek F., Šůla V., Široký J., Klimeš B., Mikulčák J. 1988. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy. Prometheus. Praha*. 206 s. ISBN:8085849844.

Zhang Z., Wheatley C. C., Corke H. 2002. Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. *Postharvest Biology and Technology*. 24. 317 – 325.

Zhang Y., Zhang J. 2008. Effect of natural antioxidants on kinetic behaviour of acrylamide formation and elimination in low-moisture asparagine-glucose model system. *Journal of Food Engineering*. 85. 105 - 115.

Zyzak, D., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Ebehart, L., Ewald, D. K., Gruber, D. C., Morsch, T. R., Strothers, M. A., Rizzi, G. P., & Villagran, M. D. 2003. Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51. 4782 – 4787.

8. Seznam použitých zkratek a symbolů

AA	akrylamid
ANOVA	analýza rozptylu
Antho	anthokyany
Asn	asparagin
BBCH	stupnice kódování fenologických růstových fází rostlin
Dm	suchá hmota
Eko	ekologický způsob pěstování
FLD	fluorescenční detektor
Fru	fruktosa
Glc	glukosa
H.B. Red	Highland Burgundy Red
HPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie
Konv	konveční způsob pěstování
LOD	mez detekce
LOQ	mez stanovitelnosti
MS/MS	tandemová hmotnostní spektrometrie
RID	refraktometrický detektor
Rpm	otáčky za minutu
Sach	sacharosa
S	sušina
Uh	Uhříněves

Val

Valečov