

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Betalainy – charakteristika, hodnocení a metody stanovení
u vybraných zástupců rodu *Beta* L.**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Silvie Vlková

Vedoucí práce: Mgr. Milan Skalický, Ph.D.

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Betainy – charakteristika, hodnocení a metody stanovení u vybraných zástupců rodu *Beta* L." jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4. 4. 2013

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Mgr. Milanu Skalickému, Ph.D. za cenné rady a zprostředkování realizace experimentální práce. Děkuji spolupracovníkům Katedry botaniky a fyziologie rostlin České zemědělské univerzity za poskytnutí materiálu a pomůcek ke stanovení. Dále děkuji panu Ing. Vladimíru Pivcovi, CSc. z Katedry chemie ČZU za cenné rady a předání zkušeností. Děkuji Mgr. Miroslavě Nigrinové za kontrolu pravopisu. Především děkuji svému příteli Robertovi za morální podporu, trpělivost a poskytnutí času, který jsem věnovala této práci.

Betalainy – charakteristika, hodnocení a metody stanovení u vybraných zástupců rodu *Beta* L.

Betalains – characteristics, evaluation, and methods for the determination of selected representatives of the genus *Beta* L.

Souhrn

Podstatou této práce je především přiblížit a stanovit látky, které jsou charakteristické svým obsahem u rodu *Beta* L., nazývané betalainy. Název těchto látek pochází z latinského názvu řepy (*Beta*), z níž byly poprvé extrahovány. Betalainy jsou pigmenty, které se uplatňují jako potravinová barviva, mající antioxidační vlastnosti.

V Literární rešerši je shrnut původ historie pěstování rodu *Beta* L., především *Beta vulgaris* L, ale také *Beta trigyna* W. et K., popsán obsah chemických látek řepné šťávy a jsou uvedena přírodní barvina, z nichž především betalainy. Podrobně jsou popsány rostlinné zdroje betalainů, jejich chemická struktura, vznik a také faktory ovlivňující chemickou stabilitu betalainů (struktura, pH, vodní aktivita, kyslík, světlo, kovy a teplota). Dále je uveden vliv betalainů na lidský organismus, jejich potravinářský význam a nechybí ani seznam výrobků obsahující tato barviva. Na konec Literární rešerše je vložena charakteristika kultivarů *Beta vulgaris* L., které jsou použity v experimentální práci.

Experimentální práce je zaměřena na izolaci a stanovení obsahu betalainů (betacyaninů a betaxanthinů) z hypokotylu několika vybraných zástupců rodu *Beta* L. vypěstovaných v polních podmínkách.

Metoda je zaměřena na získání řepného extraktu z řepné tkáně. Betalainy jsou vakuolární pigmenty rozpustné ve vodě, a proto jsou snadno extrahovatelné vodou. Stanovení proběhlo ze směsi čerstvých hypokotylových částí (hypokotyl řepy s 2 cm růžice listů těsně nad hypokotylem) jednotlivých kultivarů *B. vulgaris* L., které byly rozmixovány, zfiltrvány za sníženého tlaku, odstředěny a zfiltrvány mikrofiltrem. Takto byly získány čtyři vzorky od každého z jedenácti kultivarů, které byly stanoveny viditelnou absorpční spektrofotometrií. K výpočtu jednotlivých koncentrací betacyaninů (betaninu) a betaxanthinů (vulgaxanthinu – I) byla použita světelná absorpce naměřená při vlnových délkách: 538 nm, 476 nm a 600nm. Celková koncentrace betalainů je vyjádřena jako součet betacyaninů a betaxanthinů.

Kvantitativní stanovení betalainů bylo prokázáno v různém množství u všech kultivarů. Obsah betalainů byl ovlivněn odrůdou. Z hlediska složení nedosahoval obsah betalainů takové kvality, jako uvádí literatura, neboť nebyly stanovované vzorky zaměřeny pouze na extrakt z řepné bulvy.

Klíčová slova: betalainy, spektrofotometrie, antioxidant, betacyanin, betaxanthin, hypokotyl.

Summary

The essence of this work is to approach and determine substances which are characterized by their content in the genus *Beta* L., called betalains. Name these compounds comes from the latin name beet (*Beta*) from which they were first extracted. Betalains are pigments that used as a food colorants, which have antioxidant properties.

In literature search is summarized general botanical description of the genus *Beta* L., especially *Beta vulgaris* L, but also *Beta trigyna* W. et K., describe the content of chemicals and beet juice are given natural colorants mainly betalains. Described are in detail betalains vegetable sources, their chemical structure, formation, as well as factors affecting the chemical stability of betalains (structure, pH, water activity, oxygen, light, metals, and temperature). Further, the influence betalains on the human organism, their food meaning and there is a list of products containing these colorants. At the end literature search is inserted characteristic of *Beta vulgaris* L. cultivars that used in the experimental work.

Experimental work is specialized on the isolation and determination of betalains (betacyanin and betaxanthin) from hypocotyl several selected species of the genus *Beta* L. grown in field conditions.

The method is aimed on getting beet extract from beet tissue. Betalains are vacuolar pigments, soluble in water, and therefore are easily extractable with water. The determination was carried out from a mixture of fresh parts of hypocotyl (hypocotyl of beet with 2 cm rosette leaves just above the hypocotyl) of *B. vulgaris* L. cultivars that were mashed, filtered under reduced pressure, centrifuged and filtered through microfilter. Thus, four samples were obtained from each of the eleven cultivars that have been set visible absorption spectroscopy. To calculate the concentration of betacyanin (betanin) and betaxanthin (vulgaxanthin - I) was used for light absorption measured at wavelengths: 538 nm, 476 nm and 600nm. Betalains total concentration is expressed as the sum of betacyanin and betaxanthin.

Quantitative determination betalains demonstrated in varying amounts in all cultivars. Betalains content was influenced by variety. In terms of composition, the content of betalains has not reached such quality, as mentioned in literature, since the fixed samples were focused only on the extract from sugar beetroots.

Keywords: betalains, spectrophotometry, antioxidant, betacyanin, betaxanthin, hypocotyl.

Obsah

1 ÚVOD	10
2 VĚDECKÉ HYPOTÉZY A CÍLE PRÁCE.....	11
2.1 VĚDECKÉ HYPOTÉZY	11
2.2 CÍL PRÁCE	11
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	12
3.1 ZAŘAZENÍ RODU <i>BETA L.</i> DO SYSTÉMU.....	12
3.2 PŮVOD A HISTORIE PĚSTOVÁNÍ KULTURNÍCH DRUHŮ RODU <i>BETA L.</i>	12
3.3 BOTANICKÝ POPIS RODU <i>BETA L.</i>	13
3.3.1 <i>Beta trigyna</i> W. et K.	13
3.3.2 <i>Beta vulgaris</i> L.....	14
3.3.2.1 <i>Vulgaris</i> Group	15
3.3.2.2 <i>Rapacea</i> Group.....	15
3.3.2.3 <i>Altissima</i> Group	16
3.3.2.4 <i>Cicla</i> Group.....	17
3.4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ŘEPNÉ ŠŤÁVY.....	18
3.5 PŘÍRODNÍ BARVIVA	20
3.6 BETALAINY	21
3.6.1 Rostlinné zdroje	21
3.6.2 Chemická struktura	22
3.6.3 Faktory ovlivňující chemickou stabilitu	26
3.6.4. Vliv na lidský organismus	29
3.6.5 Potravinářský význam.....	30
3.6.5.1 Betanin – E 162 (Betainová červeně)	30
3.5 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÝCH KULTIVARŮ ŘEPY	33
4 MATERIÁL A METODY.....	36
4.1 CHARAKTERISTIKA STANOVIŠTĚ RŮSTU	36

4.1.1 Půdní a geografické podmínky	37
4.1.2 Klimatické poměry	37
4.2 POUŽITÝ MATERIÁL.....	40
4.3 POMŮCKY A CHEMIKÁLIE	41
4.3.1 Pomůcky	41
4.3.2 Chemikálie	41
4.4 KVANTITATIVNÍ STANOVENÍ OBSAHU BETALAINŮ	41
4.4.1 Získání řepného extraktu	42
4.4.2 Spektrofotometrické stanovení	42
4.4.3 Výpočet koncentrací	43
4.4.4 Ověřování metodiky stanovení pigmentů	45
4.5 METODIKA STATISTICKÉHO VYHODNOCENÍ.....	46
5 VÝSLEDKY	47
5.1 KVANTITATIVNÍ VYHODNOCENÍ	47
5.1.1 Absorpční spektrum řepné šťávy	47
5.1.2 Obsah betalainů v mg/100 ml	47
5.1.3 Poměr obsahu betacyaninů : betaxanthinů.....	60
5.1.4 Obsah betalainů v mg/100 g čerstvé váhy	61
5.1.5 Obsah betalainů v %	62
5.1.6 Změny obsahu betalainů filtrováním	66
5.1.7 Změna obsahu betalainů po 6 hod. skladování	69
5.1.8 Změna obsahu betalainů po 24 hod. skladování	72
5.2 VYHODNOCENÍ STATISTICKÝCH HYPOTÉZ	74
6 DISKUZE.....	79
7 ZÁVĚR.....	84
8 SEZNAM LITERATURY	85
9 SEZNAM PŘÍLOH:.....	91
SEZNAM TABULEK.....	91

SEZNAM GRAFŮ:	93
SEZNAM FOTOGRAFIÍ:	95
SEZNAM OBRÁZKŮ:	97

SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY

1 Úvod

Betalainy jsou přírodní pigmenty, nacházející se především v rostlinách řádu *Caryophyllales* (hvozdíkotvaré), čeledi *Chenopodiaceae* (merlíkovité). Betalainy zahrnují více pigmentů, které jsou rozděleny na betaxanthiny a betacyaniny. Betaxanthiny (řecky: xanthos = žlutá) jsou žluté až oranžové betalainové pigmenty a betacyaniny (řecky: kyanos = modrá) jsou červené až fialové betalainové pigmenty.

Název „betalainy“ pochází z latinského názvu řepy (*Beta vulgaris* L.), z níž byly betalainy poprvé extrahovány (Robinson, 1963). Sytě červené zbarvení řepy, popínavých rostlin, amarantu a některých kaktusů je následkem přítomnosti betalainového barviva. Jednotlivé odstíny červené až fialové jsou výrazné a odlišné od antokyanových barviv nacházejících se ve většině ostatních rostlin. Nikdy se betalainy a antokyaniny nevyskytují zároveň v jedné rostlině.

Betalainy se mohou objevit v kterékoliv části rostliny, počínaje okvětními lístky květin, v ovoci, listech, stonkách i kořenech. Betalain je komerčně používán jako přírodní potravinové barvivo (E 162). Zájem potravinářského průmyslu o betalainy roste, neboť byly popsány jako přírodní antioxidanty, které mají pozitivní účinky na lidské zdraví.

Betalainy červené řepy jsou velice nestabilní. Pigmenty jsou náchylné na teplotu, pH prostředí, světlo, vzduch a vodní aktivitu. Mají však velice pozitivní vliv na lidský organismus.

Ke stanovení obsahu betalainových pigmentů a k určení jejich barevné síly je použita kvantitativní analýza, tj. absorpční spektrofotometrie viditelného světla. Tato relativně rychlá metoda pro kvantifikaci obsaženého celkového pigmentu je velice důležitá nejen pro vývoj nových odrůd řepy vhodných pro pigmentovou produkci. Současné kultivary řepy používané pro zeleninovou produkci obsahují relativně nízký celkový pigment.

2 Vědecké hypotézy a cíle práce

2.1 Vědecké hypotézy

Ověřit, zda se průkazně liší průměrné obsahy betaninu (vulgaxanthinu – I) jedenácti hodnocených odrůd řepy *B. vulgaris* L.

Ověřit průkaznost rozdílu koncentrace betaninu (vulgaxanthinu – I) ve skupině kultivarů cukrové řepy *B. vulgaris* L. gr. *altissima*.

Ověřit průkaznost rozdílu koncentrace betaninu (vulgaxanthinu – I) ve skupině kultivarů salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. *vulgaris*.

Ověřit, zda je statisticky průkazný rozdíl obsahu betaninu (vulgaxanthinu -) odrůd salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. *vulgaris* mezi vzorky fitrovanými mikrofiltrem vzhledem k nefiltrovaným vzorkům.

Vyhodnotit, zda se ztráty betaninu (vulgaxanthinu – I) kultivarů 'Monro' a 'Libero' významně statisticky liší mezi stanovením obsahu pigmentů po 6 hodinách vůči stanovení pigmentů bez prodlení.

Vyhodnotit, zda se ztráty betaninu (vulgaxanthinu – I) kultivarů 'Červená kulatá' a 'Pablo F1' významně liší při stanovení obsahu okamžitě a po 24 hodinách.

2.2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je spektrofotometrické stanovení betacyaninů a betaxanthinů izolovaných z hypokotylu několika vybraných zástupců rodu *Beta* L. vypěstovaných v polních podmínkách. Podat jejich botanickou charakteristiku, včetně charakteristiky účinných látek, popsat vliv těchto látek na lidský organismus a určit jejich potravinářský význam včetně možnosti pěstování v podmínkách České republiky.

Literární exercei charakterizovat a klasifikovat betalainy u rodu *Beta* L. Popsat chemické složení betalainů, jejich výskyt, vlastnosti a potravinářský význam. Dle standardizované metodiky stanovit obsah betalainů (betacyaninů a betaxanthinů) v hypokotylu vybraných druhů (kultivarů) cukrové a krmné řepy s využitím absorpční spektrofotometrie. Statistické zhodnocení dosažených výsledků a přínos pro praxi.

3 Literární rešerše

3.1 Zařazení rodu *Beta* L. do systému

Dle nejnovější literatury je systém rodu *Beta* L. členěn takto (Daníhelka et al., 2012):

řád *Caryophyllales* - hvozdíkotvaré

čeleď: *Chenopodiaceae* - merlíkovité

species: *Beta* L.

Beta trigyna Waldst. et Kit. – řepa trojblizná

Beta vulgaris L. – řepa obecná

- *Altissima* Group – cukrovka, řepa cukrová
- *Cicla* Group – mangold, cvikla
- *Rapacea* Group – krmná řepa
- *Vulgaris* Group – červená (salátová) řepa

3.2 Původ a historie pěstování kulturních druhů rodu *Beta* L.

Beta LINNAEUS Sp. Pl. 222, 1753.

Tak jako jiné kulturní rostliny měly i řepy (*Beta* L.) své předky v planých druzích. Kulturní řepu *Beta vulgaris* L. pěstovanou na všech kontinentech zařadil Linné do systematiky rostlin, neboť byla známa již ve starověku. Výchozí formy *Beta* L. vznikly z čeledi merlíkovitých již ve spodní křídě. Vytváření jednotlivých planých druhů probíhalo nejintenzivněji na konci třetihor a ve čtvrtohorách v pásmu středomořské geosynklinály. Z původních polokeřovitých a mnoholetých bylenných forem vznikly jednoleté ozimé a jarní formy (Stehlík, 1982).

Výchozím typem kulturních druhů byla populace subsp. *maritima*. Z ní byly zřejmě odvozeny současné kulturní typy. K převedení do kultury došlo v pozdním starověku v oblasti Středozeví a Přední Asie. V nejstarších dobách byla řepa pěstována jako listová zelenina, popř. též jako léčivka. Tomu odpovídá směr selekce: nejstarší popsané typy odpovídají dnešním mangoldům (*Beta vulgaris* L. group *cicla*) s velkými listy a tenkým kořenem.

Zpráva o pěstování pro kořen je pozdější, pro západní a střední Evropu až z raného středověku. Byly to typy spadající do skupiny salátových řep (*Beta vulgaris* L. group *vulgaris*), a to jak ve formě se žlutým kořenem, dnes již zřídka pěstované, tak s červeným

kořenem (bulvou), dnešní červené řepy. Salátové řepy byly částečně introdukovány do kultury z planých populací, částečně vyselektovány z listových řep.

Krmná řepa (*Beta vulgaris* L. gr. rapacea) a cukrovka (*Beta vulgaris* L. gr. altissima) vznikly podobným způsobem, vyšlechtěním ze salátových řep, popř. s účastí planých evropských populací subsp. *maritima* (Hejný et Slavík, 2003).

3.3 Botanický popis rodu *Beta* L.

Zahrnuje asi 12 – 15 druhů, rozšířených od Kapverdských a Kanárských ostrovů přes západní a severozápadní Evropu, Středozeří a Přední Asii do střední Asie a Indie.

Jsou to jednoleté až vytrvalé byliny, lysé nebo řídce chlupaté, se silným křovitým kořenem nebo kořenovou bulvou. Lodyha je přímá a bohatě větvená. Přízemní listy dlouze řapíkaté, lodyžní krátce řapíkaté až přisedlé, přecházející v listeny. Květy jsou oboupohlavné, jednotlivé nebo v klubíčkách po 2 – 4, které se skládají v bohatá složená květenství (lata lichoklasů). Plody jsou v klubíčku navzájem spojené bázemi, opadávající v celku jako plodenství (Hejný et Slavík, 2003).

Stehlík (1982) uvádí, že rod *Beta* L. zahrnuje byliny s nepravidelným tloušťnutím v kořenech a lodyhách. Proterandrické a větrosnubné květy jsou v chudých klubíčkách naspodu srostlé, oboupohlavné, pravidelné, pětičetné. Listy i kořeny hromadí v pletivech sacharidy.

Okruh planých i pěstovaných řep, shrnovaných do sekce *Beta* L. je taxonomicky členěn velmi různě. Zde je použito nejaktuálnější taxonomické členění dle Danihelka et al. (2012).

3.3.1 *Beta trigyna* W. et K.

Řepa trojblizná

Beta trigyna WALDSTEIN et KITAIBEL Descr. Ic. Pl. Rar. Hung. 1: 34, 1802.

Řepa trojblizná je vytrvalá bylina s mohutným křovitým, dřevnatým kořenem až 150 cm dlouhým. Lodyhy po jedné až několika vyrůstají z kořenové hlavy, vysoké 50 – 100 cm, většinou v horní části rozvětvené, podélně rýhované, řídce chlupaté až lysé. Přízemní listy jsou kopinaté až vejčité kopinaté, 10 – 20 cm dlouhé, 5 – 10 cm široké, na bázi jsou hluboce dvoulaločnaté až srdčité, svrchu tmavozelené, nelesklé s řapíkem dlouhým 10 – 20 cm. Květy řepy trojblizné jsou v klubíčkách po 2 – 3 s krátkými čárkovitými listeny. Okvětí je tenké

žlutobílé nebo běložluté, s cípy mírně prohnutými a slabě kýlnatými. Blizny jsou 3, šídlovitě až úzce podlouhlé. Plodenství tohoto druhu je velmi tvrdé a černohnědé.

Občas je pěstována jako pokusná rostlina ke šlechtění cukrovky nebo v botanických zahradách. Zřídka zplaňuje nebo je zavlečená na ruderalních stanovištích (Praha 1935, 1983, Velvary 1979, Semčice 1959 – 1973, Kutná Hora 1942, Brno 1979). Původní v jihovýchodní Evropě, jižní části Ruska a v Malé Asii, adventivní v různých částech Evropy (Hejný et Slavík, 2003).

3.3.2 *Beta vulgaris* L.

Řepa obecná

Beta vulgaris LINNAEUS Sp. Pl. 222, 1753.

Řepa obecná je dvouletá bylina s kulovým kořenem, neztlustlým nebo ztlustlým ve vřetenovitou, válcovitou nebo kulovitou bulvu. Lodyha vyrůstá jednotlivě zpravidla ve 2. roce, je přímá 50 – 100 cm vysoká, v horní části větvená, hrubě rýhovaná, lysá. Přízemní listy jsou dlouze řapíkaté, s vejčitou čepelí, na vrcholu zaoblenou, k řapíku náhle staženou až široce klínovitou, zpravidla zvlněnou až kadeřavou, lysou, lesklou, jinak co do tvaru a velikosti u různých druhů kulturních typů různé. Květy má řepa obecná v klubíčkách po 2 - 6, ale i jednotlivé v úžlabí čárkovitých až eliptických listenů. Okvětí je zelené, bylinné, dužnaté, 3 – 6 cm v průměru, s cípy na konci lžičkovitě až kápoovitě ohnutými, kýlnatými. Plodenství je tvrdé, světle hnědé (Hejný et Slavík, 2003).

Řepa obecná má kořen a bazální část stonku následným tloustnutím výrazně ztloustlé, vytvářející bulvu. Bulva se skládá z části epikotylní (hlava), je vždy nadzemní, z části hypokotylní (krk), která je různě velká, většinou nadzemní a z části vlastního podzemního kořene, tenkého a bohatě větveného. Přízemní listy řepy obecné jsou s pevným a tuhým řapíkem (Hejný et Slavík, 2003).

Ve středověku sloužila řepa nejprve jako léčivá rostlina nebo jako lehce stravitelná potrava pro nemocné tím, že její chuť byla zlepšena přidáním koření a tuku. Mnohde byla požívaná šťáva z vařených kořenů jako projímadlo a list sloužil jako prostředek proti průjmům. Je prokázáno, že již v 8. stol. před n. l. se řepa pěstovala v královských zahradách v Babylónii, kam ji zavezli Féničané, kteří obchodovali ve Středozezemním moři již ve 13. nebo 12. stol. před n. l. Její léčivé účinky byly popisovány nejen ve starověku a středověku, ale i v novověku (Stehlík, 1982).

Vzhledem ke značné příbuznosti všech typů, vzájemné křížitelnosti a pravděpodobně i společným předkům pěstovaných rostlin se zdá být přiměřené shrnout všechny příbuzné typy do kolektivního druhu *B. vulgaris* L. a vyhraněné typy uvnitř hodnotit jako skupiny (groups).

Kolektivní druh *B. vulgaris* L. obsahuje řadu důležitých hospodářských plodin, užívaných jako potravina, krmivo pro dobytek a surovina k výrobě cukru. Jejich původ je zřejmě polytopní, přičemž jejich výchozími typy byly populace plané subsp. *maritima* (Hejný et Slavík, 2003).

Pěstuje se ve 3 skupinách: Vulgaris Group, Rapacea Group, Altissima Group a Cicla Group.

3.3.2.1 Vulgaris Group

Řepa salátová (červená)

Pěstuje se pro bulvy, užívané k přípravě čerstvých a konzervovaných salátů. Odvozuje se od listových řep s červeným kořenem a byla vyselektována již ve středověku. V 16. a 17. stol. byla již v Evropě rozšířena.

Řepy červené byly známy nejprve jako dlouhé, tj. s podlouhlými bulvami, poté jako kulaté. Nejstarší zobrazení v prvním katalogu Andrieuxově z roku 1771 je červená dlouhá řepa nebo červená silná řepa. Před začátkem 19. stol. nejsou žádné zmínky o kulatých jedlých řepách. Dnes známe již velkou řadu odrůd salátové řepy, které se udržují v různých zemích podle oblíbenosti spotřebitelů. Žluté odrůdy se u nás nepěstují (Stehlík, 1982).

Bulvy obsahují menší množství cukru, vitamín B, chuťově výrazné organické kyseliny a betacyaninová barviva (Hejný et Slavík, 2003) a vyšší obsah vitamínu C (Stehlík, 1982).

V současné době se v ČR pěstují pouze kultivary s červenými bulvami. Odrůdy se žlutými bulvami z kultury vymizely. Pěstovány jsou kultivary 'Červená kulatá', 'Betina', 'Kahira', 'Renova', 'Monorubra', 'Libero', 'Pablo F1' a další.

3.3.2.2 Rapacea Group

Řepa krmná

Krmná řepa má bulvy s výraznou hypokotylní partií, značná část bulvy je tedy nad zemí. V době sklizně i více než polovina bulvy. Bulvy krmné řepy jsou široce vřetenovité, válcovité nebo téměř kulovité, s vnější vrstvou žlutou nebo načervenalou, a žlutou, oranžovou nebo načervenalou dužninou (Hejný et Slavík, 2003).

Krmná řepa tvoří velkou skupinu variet a forem, které podle různých autorů vznikly neuvědomělým i uvědomělým výběrem z různých forem salátových řep nebo jim podobných forem, dnes již neexistujících, z populací vytvořených samovolným křížením nebo i přirozenými mutacemi. Tato řepa vděčí za svoje rozšíření hlavně zavedením chovu hovězího dobytka ve stájích a osévání úhoru v 17. – 19. stol. (Stehlík, 1982).

Užívá se jako krmivo pro dobytek. Mezi krmnou řepu řadíme kultivary: 'Kostelecká Barres', 'Hako', 'Triga', 'Bara', 'Gaja', 'Media' a jiné.

Zvláštní skupinu tvoří tzv. polocukrovky a krmné cukrovky, které jsou svými vlastnostmi přechodné mezi krmnou řepou a cukrovkou. Některé jsou výsledkem křížení mezi kultivary těchto dvou variet. Mají příznivější nutriční hodnoty než krmná řepa a jejich pěstování se rozšiřuje. Patří sem např. 'Rubra', 'Monro', a jednoklíčková 'Rosamona' (Hejný et Slavík, 2003).

3.3.2.3 Altissima Group

Řepa cukrová, cukrovka

Vyznačuje se bulvou většinou kuželovitou, značně protaženou, která vyčnívá jen málo nad povrch a má nažloutlou vnější vrstvu s bílou dužninou. Pěstuje se ve velkém měřítku v polních kulturách především jako surovina pro výrobu cukru. Bulvy cukrovky obsahují 15 – 18 % sacharózy. Nadzemní části (listy a hlava bulvy) se užívají jako krmivo pro dobytek (Hejný et Slavík, 2003).

Řepa cukrová patří od svých prvopočátků k technickým plodinám sloužícím k výrobě cukru. Cukr se vyráběl již ve středověku z cukrové třtiny (*Sacharum officinarum* L.). Výroba cukru z řepy byla zahájena o více než 2000 let později než ze třtiny (Stehlík, 1982).

Cukrovka vznikla ze starších typů krmných řep s bílou bulvou (tzv. bílá slezská řepa) šlechtěním především na velikost bulev a cukernatost. Se šlechtěním se začalo teprve po zjištění možnosti výroby cukru z řepy na přelomu 18. a 19. stol., cukrovka je tedy nejmladší z hlavních zemědělských plodin (Hejný et Slavík, 2003).

Mezi pěstované kultivary cukrové řepy patří 'Caruso', 'Merak', 'Esperanza', 'Labonita' a další.

3.3.2.4 Cicla Group

Mangold, cvikla

Mangold má kůlový kořen, jen nevýrazně ztloustlý, často větvený. Přízemní listy kadeřavé se silným a dužnatým řapíkem (Hejný et Slavík, 2003).

Pěstuje se pro listy, užívané jako špenátová zelenina nebo pro řapík jako chřest. Má příjemnou a nasládlou chuť se známou řepnou příchutí po alkaloidu betainu (Stehlík, 1982). Listy obsahují kromě vitamínu C, karotenu a značného množství minerálních látek, též betain. Pěstování je omezeno na soukromé zahrádky a přes propagaci se nerozšiřuje (Hejný et Slavík, 2003).

Zvláštní skupinu tvoří ozdobné cvikly, které jsou pěstovány v okrasném zahradnictví pro obruby záhonů. Různobarevný kořen cvikly s bílou dužninou těchto kultivarů nebývá tlustší než stonek (Stehlík, 1982).

V kultuře od starověku je nejstarším typem pěstovaných řep. Kromě typů listových, byly odedávna známy typy řapíkové se silně ztloustlým řapíkem, který se konzumuje na způsob chřestu (Hejný et Slavík, 2003).

Pro zahrádkáře je cvikla nenáročnou zeleninou s mnohostranným využitím. Nejlépe se daří v půdě čerstvě vyhnojené a bohaté na živiny. Všechny odrůdy jsou náročné na dostatek vlhka (Stehlík, 1982).

3.4 Chemické složení řepné šťávy

Převažující složkou řepné šťávy je sacharóza. Obsah sacharózy v bulvách cukrové řepy se při sklizni pohybuje nejčastěji v rozmezí 15 – 18 %, závisí to do značné míry na použité agrotechnice, na klimatických podmínkách a na pěstované odrůdě.

Ostatní látky, tzv. doprovodné látky, řepné šťávy se dále dělí na organické látky bezdusíkaté, organické látky dusíkaté a anorganické látky.

Organické bezdusíkaté látky obsažené v řepné šťávě tvoří organické kyseliny, cukry, saponin, tuk a asi 2 % rozpuštěného pektinu a arabanu. Organické kyseliny jsou v řepě přítomny jako draselné a sodné soli, pouze z menší části jako volné kyseliny, které způsobují, že řepná šťáva je slabě kyselá. Bezpečně bylo v cukrovce prokázáno 12 bezdusíkatých organických kyselin: citronová, šťavelová, jablečná, jantarová, fumarová, mléčná, glykolová, mravenčí, octová, malonová, adipová, trikarballyová, také vinná a máselná a ostatní blíže neidentifikované (Rybáček et al., 1985).

Z monosacharidů obsahuje řepná šťáva hexózy *D*-glukózu a *D*-fruktózu. Dalším obsaženým cukrem je trisacharid rafinóza, chemickým složením α ,*D*-galaktopyranozyl- α ,*D*-glukopyranozyl- β ,*D*-fruktofuranozid.

V řepné šťávě je také obsažený saponin, bezdusíkatý glykosid. Jeho aglykonovou složku tvoří kyselina oleanová, sacharidovou složku kyselina β ,*D*-glukuronová. Čistý řepný saponin je ve vodě téměř nerozpustný. Cukernaté odrůdy obsahují větší množství saponinu, krmná řepa jen poloviční množství. Během vegetace se koncentrace saponinu zvyšuje paralelně se zvyšující se cukernatostí.

Řepa obsahuje 0,01 – 0,03 % tuků (Rybáček et al., 1985).

Dusíkaté látky obsažené v řepné šťávě Rybáček et al. (1985) dělí na bílkoviny, aminokyseliny, amidy, rostlinné zásady, puriny, pyrimidiny, ribozidy, enzymy a vitamíny. Množství aminokyselin v cukrovce úzce souvisí s množstvím dusíkatých hnojiv, která byla pro cukrovku použita. Bylo jednoznačně prokázáno, že při přehnojování dusíkem se snižuje cukernatost bulvy. Z aminokyselin a amidů byly prokázány: glutamin, asparagin, asparágová a glutamová kyselina, alanin, serin, γ -aminomáselná kyselina, leucin, izoleucin, valin, lyzin, tyrozin, histidin, arginin, prolin, glycin, metionin, treonin a fenylalanin. Celkové množství aminokyselin a jejich amidů se pohybovalo od 4,60 – 5,70 g na 100 kg řepy.

Ze skupiny rostlinných zásad je třeba jmenovat především betanin, cholin a purinové zásady. Řepa obsahuje 0,15 – 0,20 % betaninu (Rybáček et al., 1985). Cholin se v rostlinách

vyskytuje dosti často, převážně jako součást lecitinu. V principu je to alkohol odvozený od betaninu. V řepě byla prokázána přítomnost lecitinu, v množství asi 0,01 %. Purinové zásady jsou produktem rozkladu nukleových kyselin, které jsou složkou buněčných jader. Z řepného materiálu byly izolovány: adenin, guanin, xantin, hypoxantin a vernin.

Enzymy patří podle chemického složení k bílkovinám. Jsou součástí buněk a působí jako biologické katalyzátory látkové přeměny. Mezi obsažené enzymy patří hydrolázy (invertázy a proteázy), fosfatázy a oxidázy.

Řepná šťáva obsahuje také vitamíny, např. vitamín B₁, vitamín B₂, kyselinu nikotinovou, kyselinu pantotenovou, kyselinu cholovou, pyridoxin a biotin.

Bulva řepy vždy vykazuje vyšší procentuální obsah popela než šťáva z ní vylisovaná. V řepné dřeni jsou pevně vázány některé anorganické látky. Jde především o vápenaté a hořečnaté ionty, vázané na pektin. Do řepné šťávy, která je naším předmětem, přechází pouze tzv. rozpustný popel. Tvoří jej převážně draselné a sodné soli organických kyselin (Rybáček et al., 1985).

3.5 Přírodní barviva

Barva je jedním z nejdůležitějších složek potravin, je považována za ukazatele kvality a často udává jejich spotřebu. Mnoho přirozeně barevných potravin, jako jsou ovocné výrobky, ztrácí barvu v průběhu zpracování, proto pro obnovu jejich barvy vyžadují použití barviv (Azeredo, 2006). Využívání přírodních a syntetických barviv, jako doplňkových látek pro potraviny, kosmetické a léčivé přípravky, je starobylá praxe, ale v současné době roste zájem ze strany spotřebitelů ve využívání přirozeně se vyskytujících barviv (Cai et al., 2003).

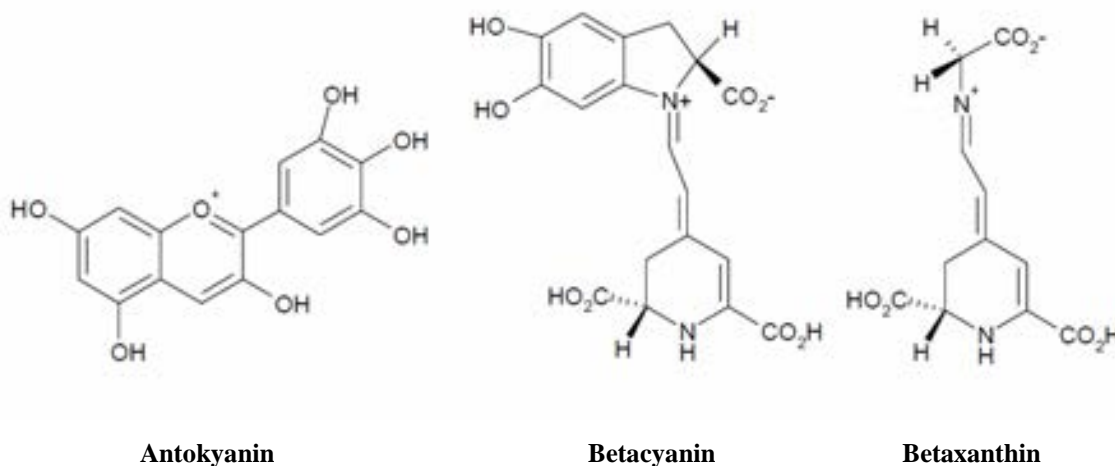
Přírodní barviva mají mnoho nevýhod ve srovnání se syntetickými, mezi které patří vyšší náklady na použití a menší stabilita. Nicméně, lidé stále raději vymění syntetická barviva za přírodní pigmenty, které jsou považovány za zdraví neškodné nebo dokonce zdravé. Tyto požadavky vyžadují četné regulační změny po celém světě. Přírodní pigmenty odpovídají pouze čtvrtině z celkového počtu. Na trhu mají syntetická barviva tendenci klesat ve prospěch přírodních barviv (Azeredo, 2006).

Příroda produkuje paletu sloučenin vhodných pro potravinářské barvení, jako jsou ve vodě rozpustné antokyany, betalainy, kyselina karmínová, stejně jako v tucích rozpustné karotenoidy a chlorofyly.

Betalainy, protože jsou v přírodě relativně vzácnější, nebyly dostatečně prozkoumány jako bioaktivní sloučeniny, některé studie však prokázaly jejich potenciál v antioxidačních vlastnostech (Azeredo, 2006). Je stále více důkazů o tom, že některá přírodní barviva mohou být nutričně důležité antioxidanty a jejich přítomnost ve stravě může snížit riziko kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny a dalších nemocí spojených se stárnutím (Cai et al., 2003). Toto zjištění pomohlo motivovat využití betalainů jako potravinových barviv (Azeredo, 2006).

3.6 Betalainy

Nápadný červený pigment bulvy řepy - betanin, byl poprvé izolován v roce 1918 Schudelem, dále ve studii tohoto pigmentu pokračovali Ainley a Robinson. Tento pigment byl mylně klasifikován jako antokyan. Betanin se liší od antokyanů v tom, že obsahuje dusík (viz. obr. 1) (Pucher et al., 1937).



R = aminokyselina nebo amin

Obr. 1: Struktura antokyanu (delfinidinu), betacyaninu (betanidinu) a betaxanthinů. Upraveno podle Zrýd et Christinet (2003).

Dosud bylo zjištěno, že betalainy v přírodě zahrnují cca 50 červených betacyaninů (např. betanin, isobetanin, prebetanin, betanidin, isobetanidin a další) a cca 20 žlutých betaxanthinů (např. vulgaxanthi – I, vulgaxanthin – II a další). Běžné odrůdy řepy obvykle obsahují oba betalainy, jak červené betacyaniny (skládající se ze 75 – 95 % z betaninu), tak žluté betaxanthiny (složené z 95 % z vulgaxanthinu – I) (Cai et al., 2005).

3.6.1 Rostlinné zdroje

Betalainy jsou ve vodě rozpustné vakuolární žluté a fialové pigmenty, které nahrazují antokyaniny ve většině rostlinných čeledí řádu *Caryophyllales*. Také byly objeveny u některých druhů hub rodu *Amanita* a *Hygrocybe* (Zrýd et Christinet, 2003). Betalainy lze nalézt v kořenech, plodech i květech (Strack et al., 2003). Antokyaniny a betalainy nebyly nikdy nalezeny ve stejné rostlině zároveň, Stafford (1994) se domnívá, že se v rostlinné říši vzájemně vylučují.

Pouze jedlé známé zdroje betalainů jsou: červená a žlutá červená řepa (*Beta vulgaris* L. gr. *vulgaris*), mangold (*Beta vulgaris* L. gr. *cicla*), semena a listy amarantu (*Amaranthus* sp.) a kaktusové plody rodů *Opuntia* a *Hylocereus*. Hlavní komerčně využívaná betalainová plodina je červená řepa (*Beta vulgaris* L.), která obsahuje dva hlavní rozpustné pigmenty, betanin (červený) a vulgaxanthin – I (žlutý) (Azeredo, 2006).

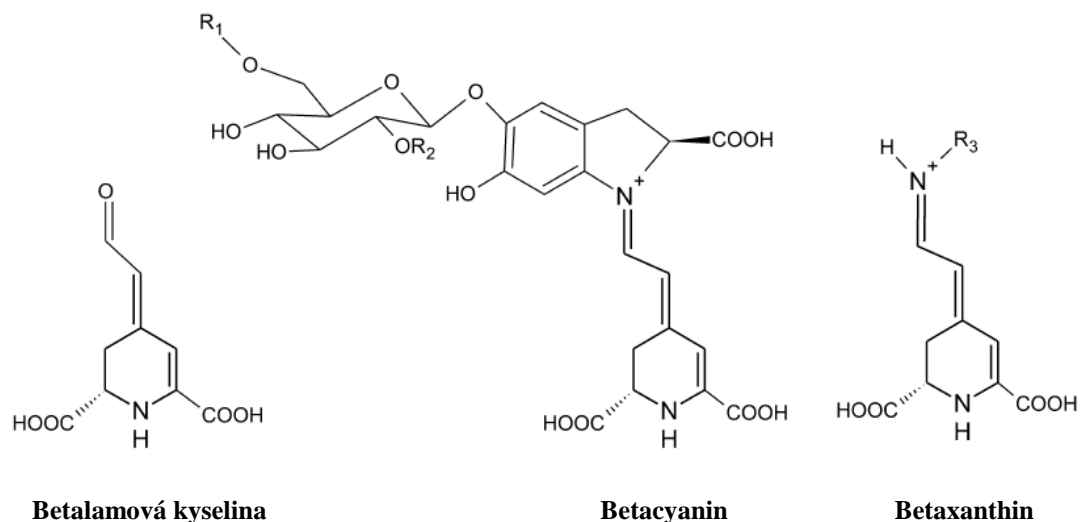
Vzhledem k tomu, že spektrum betalainů červené řepy je omezeno především na betanin, je barevná variabilita špatná, kromě toho, i nepříznivá jadrná chuť. Obsažený geosmin a některé pyraziny jsou nežádoucí pro použití řepných extraktů např. do mléčných výrobků (Lu et al., 2003, Stintzing et Carle, 2004). Proto se pokouší prozkoumat alternativní zdroje betalainů.

Nejslibnější mezi rostlinami obsahující betalain je čeleď *Cactaceae*. Nejvhodnější ke studiu betalainových zdrojů pro barvení potravin jsou kaktus (rod *Opuntia*) a pitayas (rod *Cereus*, *Hylocereus* a *Selenicereus*), nejčastěji pěstované jako ovocné plodiny (Mizrahi et al., 1997; Stintzing et al., 2003; Stintzing et Carle, 2006). Kaktusové plody, na rozdíl od červené řepy, mohou být použity v potravinách bez negativních dopadů na příchuť. Betalainy v kaktusových plodech také pokrývají širší spektrum barev od žlutooranžové (*Opuntia* sp.) do červenofialové (*Hylocereus* sp.) ve srovnání s červenou řepou. Dužniny kaktusů *Hylocereus* obsahují vysoké koncentrace betacyaninů (0,23 – 0,39 %), a to jak neacylované, tak acylované (na rozdíl od bulev) a neobsahují žádné detekovatelné betaxanthiny (Azeredo, 2006).

3.6.2 Chemická struktura

Betalainy jsou ve vodě rozpustné dusík obsahující pigmenty, které jsou syntetizovány z aminokyseliny tyrozinu do dvou strukturálních skupin: červenofialové betacyaniny a žlutooranžové betaxanthiny. Betalamová kyselina, je chromofor společný pro všechny betalainové pigmenty (Strack et al., 2003). Betalamová kyselina s připojeným zbytkem určuje pigmentové třídění na betacyanin a betaxanthin (viz. Obr. 2). Strukturální rozdíly odrážejí v různých podobách betalainové podskupiny.

Betacyaniny obsahují cyklo-3,4-dyhydroxyfenylalaninové (cyklo-DOPA) zbytky. Kondenzace s uzavřenou strukturou cyklo-DOPA se rozšířila elektronickou rezonancí na difenolický aromatický kruh. Tato mimořádná konjugace posouvá absorpční maximum ze 480 nm (žlutá, betaxanthiny) na 540 nm (fialová, betacyaniny) (Jackman et Smith, 1996).



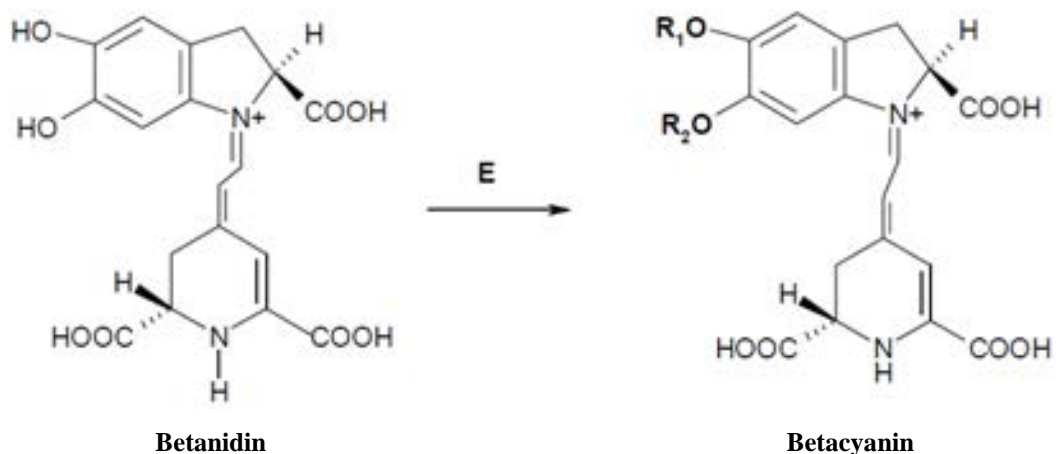
Betanin: $R_1 = R_2 = H$ $R_3 = \text{amin nebo aminokyselina}$

Obr. 2: Základní struktura betalamové kyseliny, betacyaninů a betaxanthinů. Upraveno podle Strack et al. (2003).

Betanidin je aglykon většiny betacyaninů. Při tvorbě různých betacyaninů dochází k substituci jedné nebo obou hydroxylových skupin umístěných v poloze 5 nebo 6 betanidinu (viz. Obr. 3). Většina z nich jsou 5-*O*-glykosidy, ale byly také objeveny 6-*O*-glykosidy. Je známo, že žádný betacyanin neobsahuje obě postavení substituovaných cukerných zbytků (Delgado-Vergas et al., 2000). Nejběžnější betacyanin je betanidin-5-*O*-betaglykosid (betanin), což je hlavní barvivo v červené řepě. Betacyaniny jeví dvě absorpční maxima, jedno v UV rozsahu (270 – 280 nm), z důvodu cyklo-DOPy a druhé ve viditelném spektru (535 – 540 nm), v závislosti na použitém rozpouštědle. Červené a fialové barvy vyplývají z odlišných substitucí betacyaninů (Stintzing et Carle, 2004).

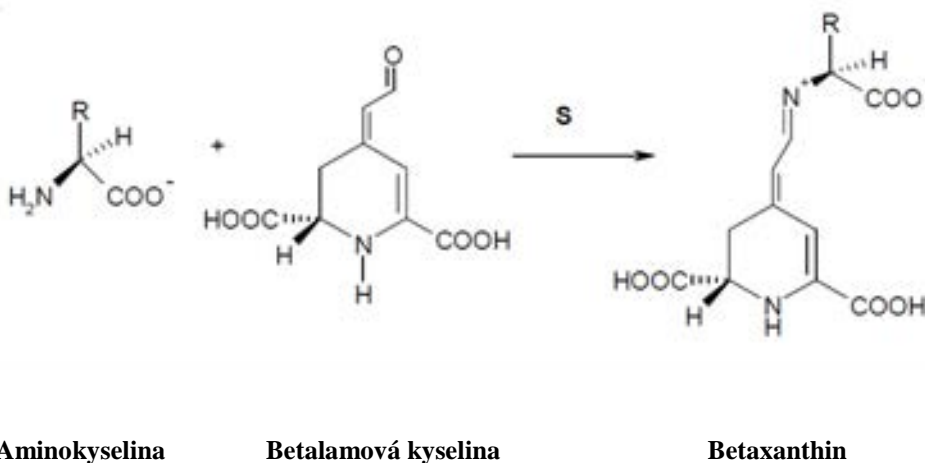
Betaxanthiny naopak obsahují různou aminokyselinu nebo aminové postranní řetězce (viz. Obr. 4) (Strack et al., 2003). Strukturální změny v betaxanthinech způsobují hypso- nebo bathochromní posuny. Aminové konjugáty zobrazují nižší absorpční maximum než jejich příslušné aminokyselinové protějšky (Stintzing et al., 2002).

Obr. 5 schematicky zobrazuje syntézu betalamové kyseliny z L-DOPy a následnou syntézu betacyaninů a betaxanthinů.

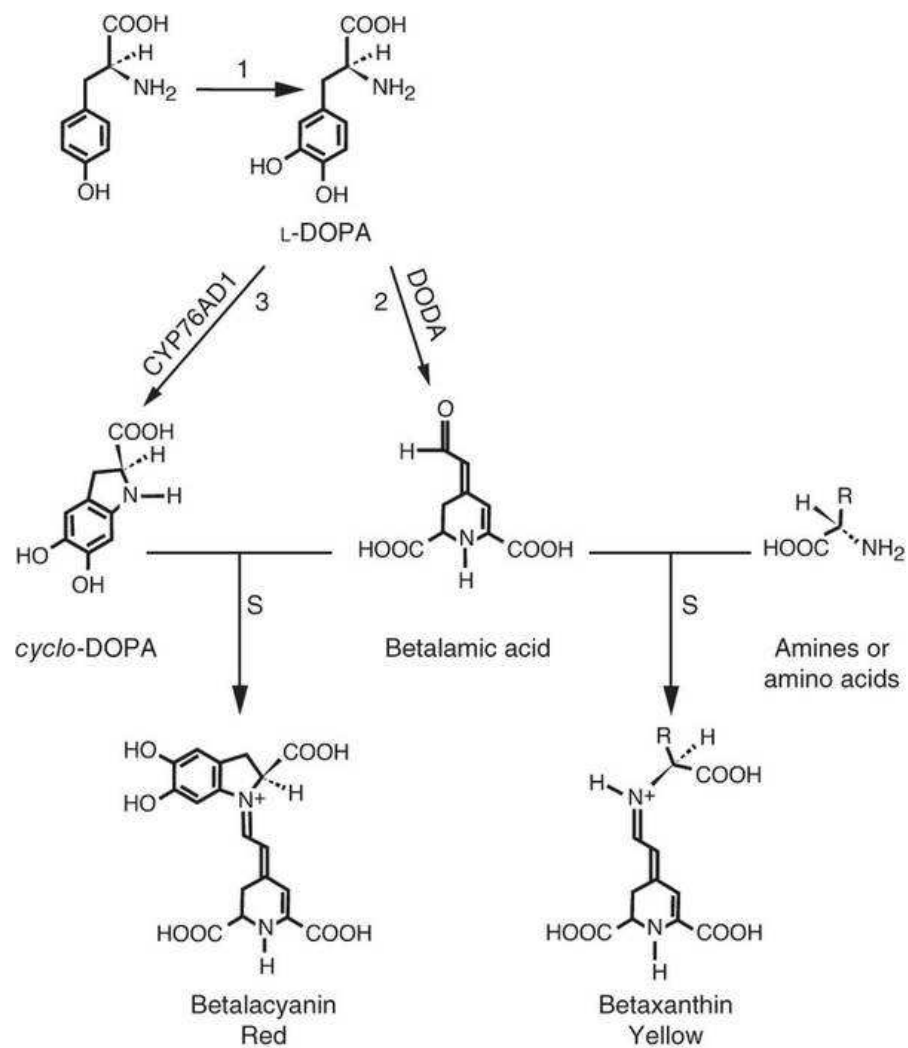


E – Betanidin 5-O-glukosyltransferáza: $R_1 = \text{glukosyl}$ $R_2 = \text{H}$
 - Betanidin 6-O-glukosyltrasferáza: $R_1 = \text{H}$ $R_2 = \text{glukosyl}$

Obr. 3: Tvorba betaninů z betanidinu prostřednictvím aktivní 5-O- and 6-O-glukosyltransferázy. Upraveno podle Zrýd et Christinet (2003).



Obr. 4: Vznik betaxanthinu. Převzato od Zrýd et Christinet (2003).



Obr. 5: Syntéza chromoforu (betalamové kyseliny) z L - DOPy a následná syntéza betacyaninů a betaxanthinů. Upraveno podle Hatlestad et al. (2012).

3.6.3 Faktory ovlivňující chemickou stabilitu

K degradaci betalainů dochází různými mechanismy. Několik faktorů, vnitřních i vnějších, ovlivňuje stabilitu betalainů, proto je třeba zajistit optimální barvivo a stálobarevnost v potravinách obsahujících betalainy.

3.6.3.1 Struktura a složení

Pokud jde o strukturální aspekty, tak betacyaniny jsou více stabilní než betaxanthiny, a to jak při pokojové teplotě (Sapers et Hornstein, 1979), tak i po zahřátí (Singer et von Elbe, 1980; Herbach et al., 2004). Porovnáním stability různých betacyaninů bylo zjištěno, že glykosylované struktury jsou stabilnější než aglykony, pravděpodobně v důsledku vyššího oxidoredukčního potenciálu (von Elbe et Attoe, 1985). Nicméně následná stabilita již není posílena další glykosylací (Huang et von Elbe, 1986).

K degradaci pomocí peroxidázy jsou více náchylné betacyaniny než betaxanthiny, betaxanthiny jsou více oxidovány peroxidem vodíku, protože přítomnost katalázy téměř dokonale potlačuje oxidaci betaxanthinů (Wasserman et al., 1984).

Některé pokusy byly provedeny, aby se činností endogenní β -glukosidázy rozšířily dostupné odstíny, které červené řepy nabízí. Transformace glukosidů betaninu do jejich příslušných aglykonů způsobuje bathochromní posun 4 – 6 nm. Tyto aglykony jsou labilní a mají sklon k další oxidaci, která má za následek barevné ztráty a následné zhnědnutí (Stintzing et Carle, 2004).

3.6.3.2 pH

Betalainy nejsou tak náchylné k hydrolytickému štěpení jako antokyany (Jackman et Smith, 1996), přestože mění svůj náboj při změnách pH. Betalainy jsou relativně stabilní v širokém rozsahu pH 3 – 7, které umožňuje jejich použití při nízké kyselosti potravin. Pod pH 3,5 se absorpční maximum posune směrem k nižším vlnovým délkám, a nad pH 7 je posune k horním vlnovým délkám. Mimo rozsah pH 3,5 – 7 intenzita viditelného spektra klesá. Optimální rozsah pH pro maximální stabilitu betaninu je 5 – 6 (Huang et von Elbe, 1985).

Alkalické prostředí způsobuje hydrolyzu aminové vazby, zatímco okyselení indukuje rekondenzaci z betalainové kyseliny s aminovou skupinou kromě zbytku (Schwartz et von

Elbe, 1983). Při nízkých hodnotách pH byly pozorovány C₁₅ izomerizace (Wyler et Dreiding, 1984) a dehydrogenace (Mabry et al., 1967).

3.6.3.3 Vodní aktivita (a_w)

Stabilita betalainu je exponenciálně ovlivněna vodní aktivitou a_w , která je klíčovým faktorem určujícím náchylnost pigmentu k aminovému vazebnému štěpení (Saguy et al., 1984; Herbach et al., 2006). Účinek a_w na stabilitu betalainu může být připsán snížené pohyblivosti reaktantů nebo omezení rozpustnosti kyslíku (Delgado – Vargas et al., 2000). Snížení vodní aktivity a_w , zejména pod 0,63 zlepšilo stabilitu betaninu (Kearsley et Katsaboxakis, 1980).

3.6.3.4 Kyslík

Betalainy reagují s molekulárním kyslíkem (Attoe et von Elbe, 1985). Skladování roztoku betaninu při nízké hladině kyslíku vede ke snížení degradace pigmentů než na vzduchu, protože nízké hladiny kyslíku pomáhají k částečnému obnovení pigmentu po degradaci (von Elbe et al., 1974; Huang et von Elbe, 1987).

Stabilita betalainů byla celkově zlepšena antioxidanty nebo dusíkovou atmosférou (Attoe et von Elbe, 1982, 1985).

3.6.3.5 Světlo

Stabilita betalainů (Attoe et von Elbe, 1981) byla narušena světelnou expozicí. Byl dokázán nepřímý vztah mezi stabilitou betalainu a intenzitou světla. Světlem indukovaná degradace betalainů je závislá na kyslíku, neboť účinky světelné expozice jsou zanedbatelné za anaerobních podmínek.

3.6.3.6 Kovy

Některé kovové kationty, např. železo, měď, cín a hliník, urychlují degradaci betalainů (Attoe et von Elbe, 1984). Ke vzniku komplexu kov – pigment může dojít následnými bathochromními a hypochromními posuny.

Výsledky uvedené Czapski (1990) ukazují, že řepná šťáva je méně citlivá na negativní dopad kovových iontů ve srovnání s roztoky čistého betaninu, pravděpodobně z důvodu přítomnosti komplexní kovové látky ve šťávě. Chelatační činidla, jako je například kyselina

citronová a EDTA (etylendiamintetraoctová kyselina), byla používána ke stabilizaci betaninu proti kovem katalyzované degradaci (Attoe et von Elbe, 1984).

3.6.3.7 Teplota

Teplota je nejdůležitější faktor stability betalainů při zpracování a skladování potravin. Některé studie uvádí rostoucí degradaci betalainů vyplývající z rostoucí teploty. Tepelná degradace betacyaninu v betalainových roztocích, stejně jako ve šťávách červené řepy a fialové pitahaye, byla uvedena dle reakce prvního řádu reakční kinetiky (Saguy et al., 1978). Během tepelného zpracování může být betanin narušen isomerizací, dekarboxylací nebo štěpením (zahřátím nebo okyselením), což vede k postupnému snížení červené barvy, až nakonec ke světle hnědé barvě (Huang et von Elbe, 1985).

Dehydrogenace betaninu vedoucí ke vzniku neobetaninu způsobuje žlutý posun. Štěpení betaninu a isobetaninu, které mohou také narušovat základy, generují světle žlutou betalamovou kyselinu a bezbarvý cyklo-DOPA-5-*O*-glykosid (Schwartz et von Elbe, 1983). Herbach et al. (2004) zjistil, že betaninová barva je zachována při C₁₅ izomerizaci nebo dekarboxylaci a C₁₇ dekarboxylace způsobuje hypsochromní posun absorpčního píku z 538 nm na 505 nm, což se projevuje oranžovočervenou barvou.

Obnovení betaninu spočívá v možné částečné resyntéze betaninu ze svých produktů hydrolýzy, zahrnuje kondenzaci aminové skupiny cyklo-DOPA-5-*O*-glykosidu s aldehydovou skupinou betalamové kyseliny. Betanin se rychle vytvoří, pokud se obě tyto látky smíchají v roztok (Huang et von Elbe, 1985).

3.6.4. Vliv na lidský organismus

Přibývá důkazů, že oxidační stres vede k biochemickým změnám, které přispívají k rozvoji několika degenerativních onemocnění, jako je rakovina a kardiopatie. Antioxidační molekuly, z nichž některé jsou obsaženy v potravě, chrání před potenciálně škodlivými účinky oxidačního stresu (Kanner et al., 2001). Azeredo (2006) uvádí, že silná antiradikální činnost betalainů byla prokázána *in vitro*. Některé zprávy, založené na *in vitro* testech, řadí cukrovou řepu mezi jednu z deseti nejsilnějších zelenin s ohledem na jejich antioxidační aktivitu, betalainy mají alespoň z části pozitivní vliv u těchto prospěšných vlastností.

Díky vzrůstajícímu zájmu o antioxidační vlastnosti betalainů se některé výzkumy zaměřily na jejich přínosy pro zdraví. Betaxanthiny byly použity jako doplňky stravy s cílem posílit zpracovávané potravinové výrobky s esenciálními aminokyselinami (Leathers et al., 1992).

Kapadia et al. (1996) ukázali významné inhibiční účinky řepy na kůži a při rakovině plic u myší. Následující roky, Kapadia et al. (2003) prokázali účinnost betalainů k dlouhodobému lokálnímu potlačení kožních a jaterních nádorů u myší vyvolaných různými chemickými karcinogeny.

Tesoriere et al. (2004) také prokázali, že lidské červené krvinky začleňují stravitelné betalainy, které mohou chránit buňky a zabraňují oxidační hemolýze. Indicaxanthin a betanin přestože jsou hydrofilní, *in vitro* (Tesoriere et al., 2003) i *in vivo* (Tesoriere et al., 2004), prokázaly rovněž schopnost poutat se na lidské lipoproteiny o nízké hustotě a zvyšují jejich odolnost vůči oxidaci.

Netzel et al. (2005) uvádí, že požití jedné perorální dávky šťávy červené řepy má za následek zvýšené vylučování antioxidačních sloučenin, např. fenolů a jiných antioxidantů, které pravděpodobně patří mezi betalainy.

Podle výsledků oznámených Escríbao et al. (1998) a Pedreño et Escríbano (2001), byla *in vitro* antiradikálová činnost betacyaninů vyšší než u betaxanthinů. V betaxanthinech zjistili, že aktivita volných radikálů se obvykle zvyšuje s počtem hydroxylových a iminových zbytků a také v závislosti na poloze hydroxylových skupin. V betacyaninech glykosylace snížila činnost, zatímco acylace obecně zlepšila antioxidační aktivitu. 6-*O*-glykosylované betacyaniny představují vyšší antioxidační hodnoty než 5-*O*-glykosylované, pozice hydroxylové skupiny C-5 na aglykonech také zlepšuje aktivitu (Cai et al., 2003, 2005).

3.6.5 Potravinářský význam

Buňky izolované z *B. vulgaris* L. zvyšovaly zájem biotechnologie potravinářského průmyslu pro jejich vysoké endogenní hladiny betalainových pigmentů. Přísné vládní omezení a zákazy u mnoha potravinářských barviv také tlačily potravinářský průmysl k hledání alternativních zdrojů pigmentů (Leathers et al., 1992).

Rostoucí obavy z nepříznivých zdravotních účinků některých syntetických barevných přísad, jako jsou tartrazin (E102), který byl spojen s určitou mozkovou poruchou, různými formami rakoviny u kterého bylo také prokázáno, že způsobuje hyperaktivitu u dětí, vyžadují, aby byly potraviny vyráběny s více přírodními ingrediencemi (Spears, 1988). Použití tartrazinu v potravinách je nyní několika evropskými zeměmi a americkými zdravotními agenturami zakázáno. Jen málo států, jako je Norsko, které je už o krok dál, zakázalo používání syntetických potravinářských barviv úplně (Leathers et al., 1992).

Použití barviv, jako aditiv (přídavných látek) v potravinách a nápojích, je významným faktorem pro výrobce potravin a spotřebitele při určování přijatelnosti zpracovávaných potravin (Spears, 1988). Je známo, že barva hraje významnou psychologickou roli při určování, jak výběru jídla, tak představě o chuti a vůni jídla (Timberlake et Henry, 1986). Přidávaná barviva pomáhají obnovit přirozenou barvu potravin ztracenou během zpracování a zároveň zajišťují atraktivitu a snadnou definovatelnost produktů (Spears, 1988).

Betalainy představují bezpečnou přírodní alternativu k některým syntetickým barevným přísadám používaným v současné době. Nemají žádný horní limit doporučeného denního příjmu a jsou snadno dostupné. Betalainy jsou vysoce rozpustné ve vodném prostředí a jsou stabilní v prostředí nízkého pH a teploty. Princip nevýhody těchto barviv je jejich nestabilita při vysoké teplotě a alkalickém pH (Leathers et al., 1992).

Barevné potraviny jsou považovány za složky potravin, na rozdíl od aditiv, které vyžadují prohlášení s E – číslem, které klade důraz na původ (Stintzing et Carle, 2004). Extrakty červené řepy (E162), které obsahují značné množství betacyaninů, jsou v současné době používány ve výrobcích, např. jogurtech a zmrzlinách (Leathers et al., 1992).

3.6.5.1 Betanin – E 162 (Betalainová červeně)

Jedná se o přírodní barvivo, které se běžně vyskytuje v přírodě v některých rostlinách - je obsažené např. v kaktusových plodech nebo v červené řepě. Má červenou až fialovou

barvu. Barvivo je poměrně nestabilní. Skóre škodlivosti č. 1. Látka, která patří do skupiny barviv E100 – E182.

Získává se zejména z červené řepy. Řepou obarvená voda se následně průmyslově zahušťuje.

Používá se k barvení nápojů, marmelády, mléčných výrobků, zmrzlin, masných výrobků, naložené zeleniny, bonbónů a dalších potravin.

Nejsou známy žádné nežádoucí účinky a považuje se za bezpečné. Pro velmi malé děti může být problematické větší množství dusičnanů, které se ale přirozeně vyskytují i v červené řepě. Je vylučován v nezměněné podobě v moči.

V ČR je tato látka povolena s výjimkou dětské výživy. V USA je taktéž povoleno s podmínkou řepného původu barviva (Náprstek, 2013).

Potraviny obsahující E162:

Arizonky rýžové (B. M. Kávoviny s.r.o.)
Dunajská klobása (Zřud - Masokombinát Polička, a.s.)
Florian smetanové pokušení - borůvka (OLMA a. s.)
Florian smetanové pokušení - jahoda (OLMA a. s.)
Florian Smetanové pokušení - višň (OLMA a. s.)
FruitJumbo Jogurt smetanový - jahoda (OLMA a. s.)
FruitJumbo Jogurt smetanový - višň (OLMA a. s.)
Kouzelné brčko - jahodová příchuť (Pfanner, spol. s r.o.)
Kukuřičné křupky jahodové (Pekkos s.r.o.)
Kukuřičné ovocné bonbonky od Pekýska (Pekkos s.r.o.)
Kuličky - duhové (Dr. Oetker, spol. s r.o.)
Lovecký salám (Krahulík - MASOZÁVOD Krahulčí, a.s.)
Magnesium Raspberry (Kaufland Česká republika v.o.s.)
Marshmallow Pops
Milk Chocolate Peanuts (Lidl Česká republika v.o.s.)
Milka I Love You (Kraft Foods CR s. r. o.)
Mletý masný polotovar (Makovec a.s.)
Olma Florian Smetanové pokušení Borůvka (OLMA a. s.)

Pařížský pochoutkový salát (Tesco Stores ČR a.s.)
Pierot jahoda (OLMA a. s.)
Poličan (Krahulík - MASOZÁVOD Krahulčí, a.s.)
Poličan (KMOTR-Masna Kroměříž a.s.)
Smetanový jogurt borůvka Milblu (Kaufland Česká republika v.o.s.)
Smetanový jogurt jahoda (Kaufland Česká republika v.o.s.)
Smetanový jogurt jahoda Milblu (Kaufland Česká republika v.o.s.)
Špekáčky výběrové (Jan Prantl - Masný průmysl Žirovnice)
Švejkův salát (Gurmán klub s.r.o.)
Tartare Gourmet s kousky lososa (Povltavské mlékárny, a.s.)
Veselá pastýřka Čertovská na topinky (Hamé s.r.o.)
Vian Smetanový jogurt - borůvka (OLMA a. s.)
Vian Smetanový jogurt - jahoda (OLMA a. s.)

3.5 Charakteristika sledovaných kultivarů řepy

***B. vulgaris* L. gr. altissima 'LABONITA KWS' 2012**

Cukrová řepa 'LABONITA KWS' je diploidní odrůda, tolerantní k rizománii, NV typu. Registrovaná v roce 2011. Odrůda je odolná proti vyběhání do květu, méně odolná proti napadení komplexem listových skvrnitostí. Odrůda vhodná k pozdní sklizni (KWS, 2012).

V systému pěstování s fungicidním ošetřením výnos kořene vysoký, cukernatost nízká až středně vysoká, výnos polarizačního cukru středně vysoký až vysoký, výtěžnost rafinády nízká až středně vysoká, výnos rafinády vysoký. Obsah popelovin středně vysoký až vysoký, obsah škodlivého dusíku nízký až středně vysoký (ÚKZUZ, 2013).

***B. vulgaris* L. gr. altissima 'ESPERANZA' 2008**

Cukrová řepa 'ESPERANZA' je diploidní odrůda, NV typu, tolerantní k rizománii. Registrovaná v roce 2007, úspěšná v celé Evropě (KWS, 2012). Vzpřímené až polovzpřímené postavení listové růžice, kořen kuželovitý, rýha středně hluboká rovná, povrch hladký. Odrůda je odolná proti vyběhání do květu, středně odolná proti napadení komplexem listových skvrnitostí. Odrůda vhodná k pozdní sklizni.

V systému pěstování s fungicidním ošetřením výnos kořene vysoký až velmi vysoký, cukernatost nízká až středně vysoká, výnos polarizačního cukru vysoký, výtěžnost rafinády středně vysoká, výnos rafinády vysoký až velmi vysoký. Obsah popelovin nízký až středně vysoký, obsah škodlivého dusíku velmi nízký (ÚKZUZ, 2013).

Tato odrůda cukrové řepy má dobrý výnos polarizačního cukru. Výkon tvoří především výnosem kořene, je vhodná i do okrajových oblastí. Nejprodávanejší odrůda KWS v posledních pěti letech. Vyznačuje se dobrou odolností k cercosporióze (KWS, 2012).

***B. vulgaris* L. gr. altissima 'CARUSO' 2012**

Cukrová řepa 'CARUSO' je také diploidní odrůda, NV typu, tolerantní k rizománii. Vzpřímené postavení listové růžice, kořen kuželovitý, rýha mělká rovná, povrch hladký. Odrůda je odolná proti vyběhání do květu, středně odolná proti napadení cercosporiózou.

Výnos kořene vysoký, cukernatost nízká, výnos polarizačního cukru středně vysoký až vysoký, výtěžnost rafinády nízká, výnos rafinády středně vysoký až vysoký. Obsah popelovin nízký až středně vysoký, obsah škodlivého dusíku nízký až velmi nízký.

Pod fungicidní clonou výnos kořene vysoký až velmi vysoký, cukernatost nízká až středně vysoká, výnos polarizačního cukru vysoký, výtěžnost rafinády nízká až středně vysoká, výnos rafinády vysoký. Obsah popelovin a škodlivého dusíku středně vysoký. Odrůda vhodná k pozdní sklizni (ÚKZUZ, 2013).

Odrůda registrována v roce 2005, která úspěšně odolává stresovým faktorům, jako je sucho a herbicidy. V sortimentu odrůd pěstovaných v České republice patří mezi odrůdy v praxi nejrozšířenější, a to především díky vynikajícím výsledkům zkoušení doporučených odrůd cukrovky (Strube GmbH & Co. KG, 2009).

***B. vulgaris* L. gr. *altissima* 'MERAK' 2008**

Cukrová řepa 'MERAK' je diploidní odrůda, N typ, tolerantní k rizománii. Postavení listové růžice polorozkleslé, kořen kuželovitý, rýha mělká, rozptýlená, povrch hladký. Odrůda vhodná k velmi rané i středně pozdní sklizni.

Odrůda odolná proti vybíhání do květu, středně odolná proti napadení cercosporou. V neinfekčních podmínkách normálního typu, výnos kořene středně vysoký až vysoký, cukernatost nízká až středně vysoká, výtěžnost rafinády středně vysoká až vysoká, výnos polarizačního cukru a výnos rafinády středně vysoký až vysoký. Obsah popelovin nízký až velmi nízký, obsah škodlivého dusíku středně vysoký (ÚKZUZ, 2013).

***B. vulgaris* L. gr. *vulgaris* 'KAHIRA'**

Salátová řepa 'KAHIRA' je víceklíčková raná odrůda pro letní až podzimní sklizně. Odrůda se středně vysokým až vysokým chrástem. Listová čepel velká, široce eliptická, tmavě zelená, řapík dlouhý, červený. Bulva příčně úzce eliptická s purpurově červenou pokožkou a slabou korkovitostí. Dužnina stejnoměrně středně až tmavě purpurově červená, kroužky slabé, stejně zbarvené, vláknitost dužniny po vaření střední. Odolná proti vybíhání do květu (ÚKZUZ, 2013).

***B. vulgaris* L. gr. *vulgaris* 'Červená kulatá'**

Řepa salátová 'Červená kulatá' je polopozdní, vzrůstná odrůda pro přímý konzum, konzervaci i střednědobé skladování. Bulva je kulatá, se světlejšími kruhy. Je odolná proti chorobám. V dubnu až v květnu vyséváme pro sklizeň bulv normální velikosti. Od poloviny června do poloviny července pro sklizeň malých bulviček ke konzervaci (Bednářová, 2012)

***B. vulgaris* L. gr. *vulgaris* 'PABLO F1' (Hybrid) „baby“**

Hybridní, jednoklíčková řepa vhodná pro sklizeň v „baby“ velikosti i pro přímý konzum a konzervářské zpracování. Jemná dužina má výbornou chuť. Odrůda se vyznačuje dobrou odolností k chorobám.

Řepa červená salátová 'PABLO F1' je poloraná, vybíhání odolná, kulatá, červená, hybridní salátová řepa. Je výborná i na dlouhé skladování (viz. zadní strana obalu semen).

***B. vulgaris* L. gr. *cicla* - Mangold 'LUCULLUS'**

'LUCULLUS' je silně rostoucí odrůda mangoldu se širokými bílými stonky. Listy mangoldu se dají použít do salátů, stonky jako kousky kedluben přímo ke konzumaci. Tato odrůda mangoldu se hodí k pěstování venku či ve skleníku (Bednářová, 2012).

***B. vulgaris* L. gr. *rapacea* 'MONRO'**

Krmná řepa 'MONRO' je triploidní odrůda červené řepy pro ruční sklizeň. Při výsevu na 16 cm je možná i mechanizovaná sklizeň. Obsah sušiny je 17 %. Kořen je z 50 % nad zemí. Vyniká odolností proti hnilobě a dlouhodobou skladovatelností. První registrace v roce 1997 (Selgen, 2013).

***B. vulgaris* L. gr. *vulgaris* 'LIBERO'**

Salátová řepa 'LIBERO' je víceklíčková odrůda s kulatou bulvou na prodej i zpracování. Disponuje středním olistěním a dobrou vyrovnaností. Má intenzivní vnitřní vybarvení. Výnosná a dobře skladovatelná odrůda (Reprosam, 2013).

***B. vulgaris* L. gr. *vulgaris* 'MONORUBRA' 2008**

Řepa červená salátová 'MONORUBRA' je polopozdní válcovitá jednoklíčková červená salátová řepa. Výnosná odrůda s válcovitým tvarem vhodná pro všechny způsoby použití. Povrch je tmavě červený, dužnina červená, vegetační doba je 130 dní (Bednářová, 2012).

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanoviště růstu

Semena zástupců rodu *Beta* L. byla zasetá 20. 5. 2012 v polních podmínkách území obce Nová Ves u Leštiny. Obec se nachází na severním okraji Kraje Vysočina v okrese Havlíčkův Brod, přibližně 18 km od Čáslavi a 30 km od Havlíčkova Brodu (viz. Obr. 6).

Zeměpisné souřadnice Nové Vsi u Leštiny: 49° 47' 19" s. š., 15° 23' 54" v. d. (Mapy.cz, 2013).



Obr. 6: Mapa ČR, detail Nové Vsi u Leštiny. Zdroj: Mapy.cz (2013).

4.1.1 Půdní a geografické podmínky

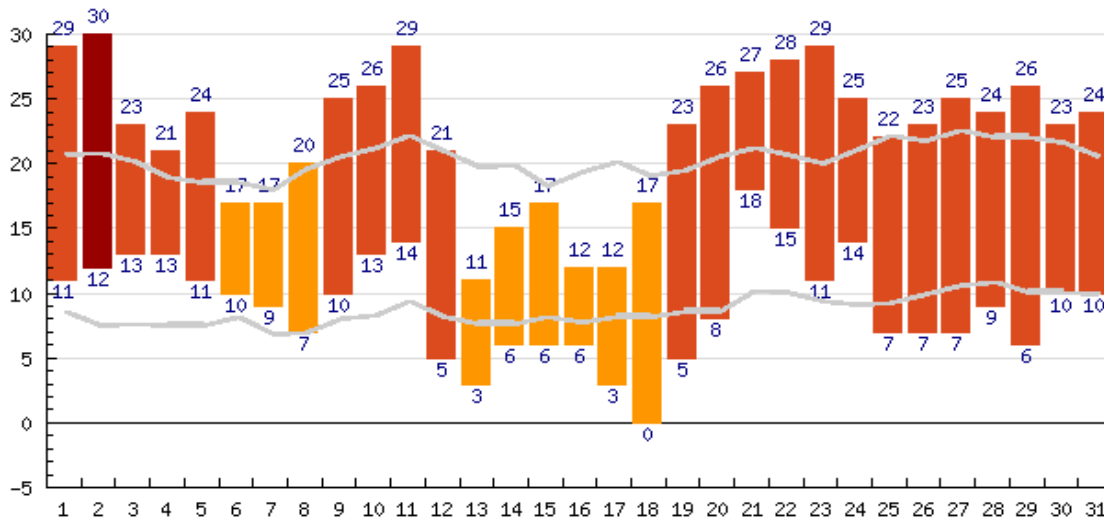
Území je součástí Českomoravské vrchoviny, celku Hornosázavské pahorkatiny, podcelku Kutnohorská plošina a patří ke krajinám s nejdelším geologickým vývojem, jehož staří se odhaduje na více než jednu miliardu let. Převládajícími horninami jsou ruly, vzniklé přeměnou původních usazenin (tzv. pararuly) nebo vyvřelin (tzv. ortoruly) ve velké hloubce. Mateřská hornina je tvořena převážně zvětralinami žul, rul a sprašovými hlínami. Půdním typem jsou kyselé hnědé půdy tedy podzoly, půdní druh je hlinitopísčité, půda lehká (Pohl et al., 1996). Ornice je 0,3 – 0,5 m hluboká, humusovitá, horizont sahá až do hloubky 0,4 – 0,5 m. Hladina podzemní vody se pohybuje od 0,8 – 1,2 m pod půdním povrchem.

4.1.2 Klimatické poměry

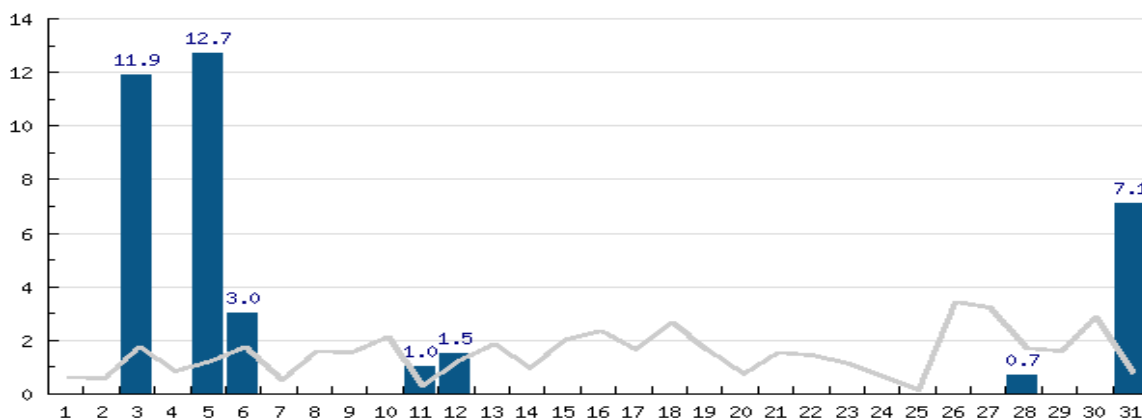
Pokusné stanoviště náleží do mírně teplé oblasti České republiky (Pohl et al., 1996). Průměrná roční teplota této oblasti je 8 °C. Nejstudenějším měsícem bývá zpravidla leden a nejteplejším červenec. Průměrné červencové teploty dosahují 18 °C. Letních dnů s průměrnou denní teplotou nad 20 °C je 40. Nejnižší průměrná teplota pro tuto oblast je – 2 °C až – 3 °C. Vlastní zima s teplotou pod bodem mrazu trvá 45 dní. Průměrný počet dní se sněžením je okolo 46.

Stanoviště náleží do vlhčí oblasti ČR. Množství ročních srážek se pohybuje okolo 700 mm. Většina srážek, téměř dvě třetiny, spadne v období dubna až září. Na stanovišti převažuje západní až severozápadní větrné proudění (Pohl et al., 1996).

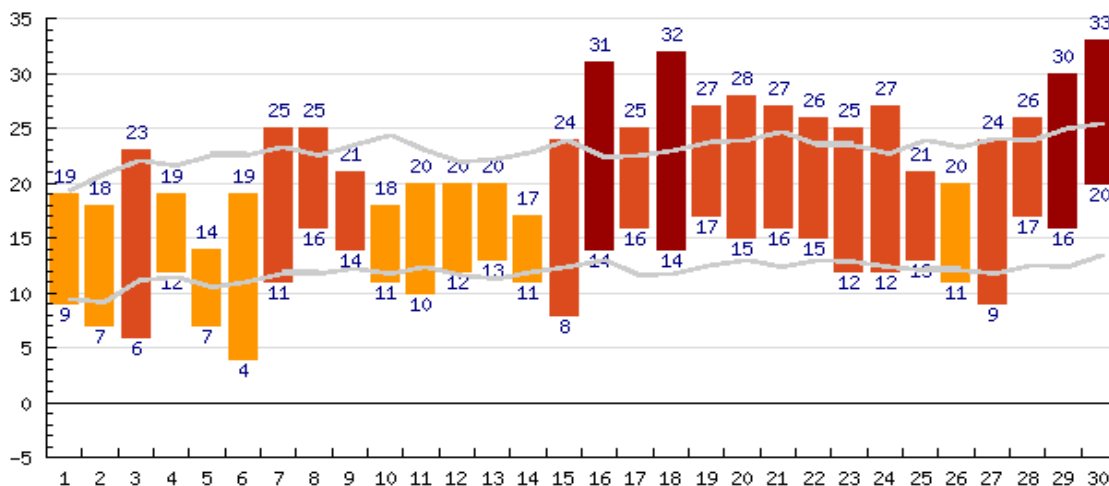
Pěstovaná řepa pro polní pokus nebyla závislá pouze na dešťových srážkách, ale v suchém období byla pravidelně zavlažována. Semena kultivarů řepy byla zaseto 20. května 2012 a sklizena po 8 týdnech (+ 1 až 4 dny) růstu. Teplotní a srážkové podmínky tohoto období jsou zobrazeny v Grafech 1 – 6. Šedá čára v grafech znázorňuje dlouhodobé průměry pro daný den. Data odpovídají nejbližší meteostanici v Čáslavi.



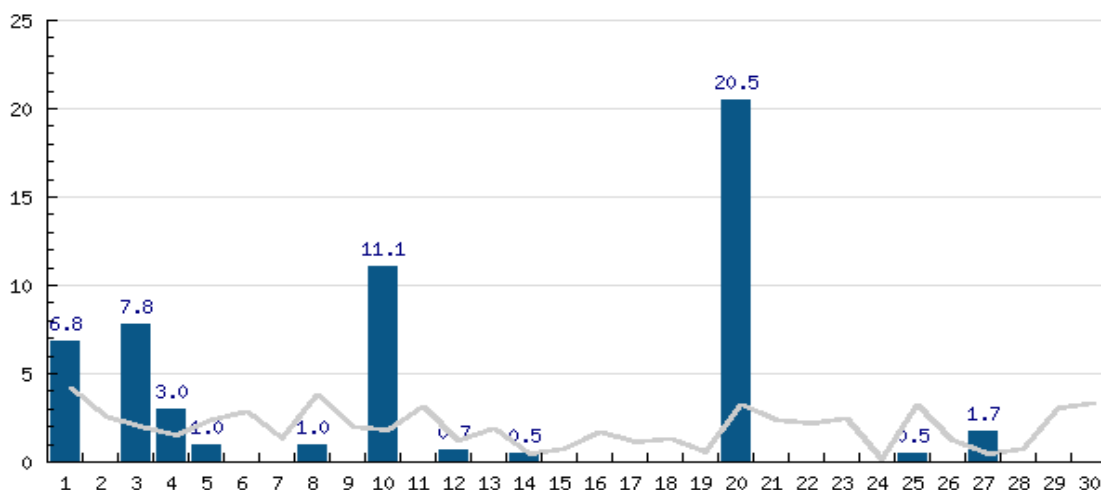
Graf 1: Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu května 2012. Zdroj: ČHMÚ (2012).



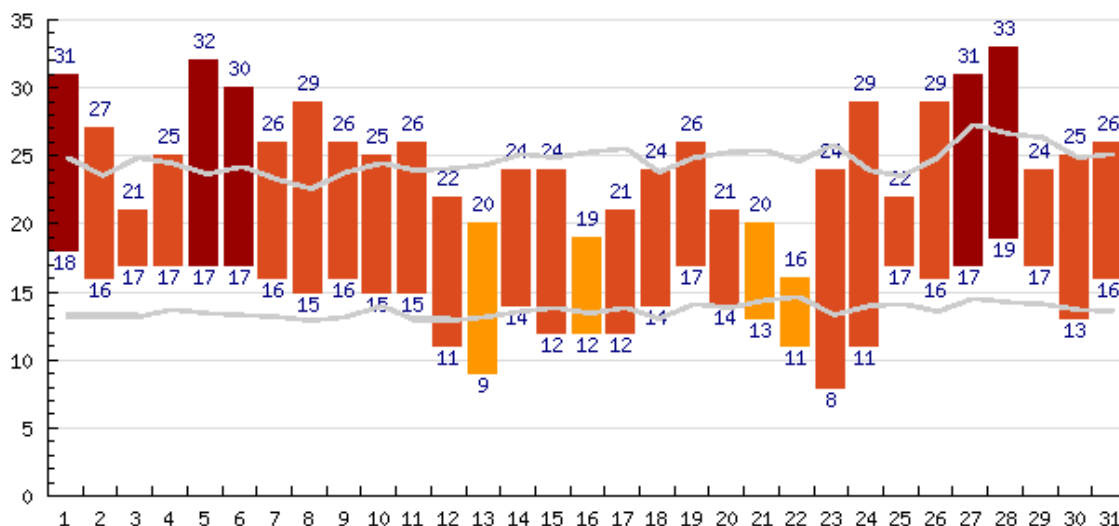
Graf 2: Denní srážkové úhrny v průběhu května 2012. Zdroj: ČHMÚ (2012).



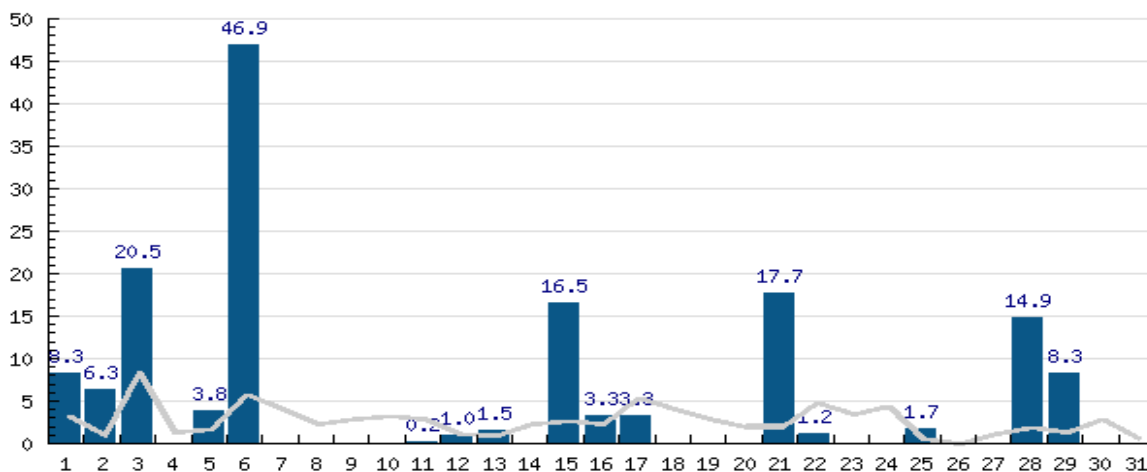
Graf 3: Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu června 2012. Zdroj: ČHMÚ (2012).



Graf 4: Denní srážkové úhrny v průběhu června 2012. Zdroj: ČHMÚ (2012).



Graf 5: Nejvyšší a nejnižší denní teploty v průběhu července 2012. Zdroj: ČHMÚ (2012).



Graf 6: Denní srážkové úhrny v průběhu července 2012. Zdroj: ČHMÚ (2012).

4.2 Použitý materiál

Materiál byl získán od následujících institucí:

KWS Osiva, s.r.o. Velké Meziříčí:

B. vulgaris L. gr. altissima. 'LABONITA KWS' 2012

B. vulgaris L. gr. altissima 'ESPERANZA' 2008

Strube ČR, spol. s.r.o. Kralupy nad Vltavou

B. vulgaris L. gr. altissima 'CARUSO' 2012

B. vulgaris L. gr. altissima 'MERAČ' 2008

MoravoSeed, spol s.r.o. Mikulov

B. vulgaris L. gr. vulgaris 'KAHIRA'

Semo, a.s. Smržice

B. vulgaris L. gr. vulgaris 'Červená kulatá'

B. vulgaris L. gr. vulgaris 'PABLO F1' (Hybrid) „baby“

B. vulgaris L. gr. cicla - Mangold 'LUCULLUS'

B. vulgaris L. gr. vulgaris 'MONORUBRA' 2008

Selgen, a.s. Sibřina

B. vulgaris L. gr. rapacea 'MONRO'

Reprosam, s.r.o. Říčany

B. vulgaris L. gr. vulgaris 'LIBERO'

4.3 Pomůcky a chemikálie

Na stanovení betalainů v řepném pyré je třeba těchto pomůcek a chemikálií:

4.3.1 Pomůcky

Tyčový mixér ETA 1015 90000 Spesso 700W; nádoba na mixování řepné tkáně – kádinka 500ml; analytické váhy; pH metr; nůž; Büchnerova nálevka; Whatmannův filtr č. 1; Celite (diatomová křemelina); mikrofiltr Target PVDF 0,45 μm o průměru 30 mm; injekční stříkačka 2ml; odstředivka; spektrofotometr HELIOS γ ; kyvety; byreta; kádinky.

4.3.2 Chemikálie

Čerstvě připravený 0,05 M fosfátový pufr, pH 6,5: připraven v poměru 4/9,4 (v/v) 8,863 g/litr a $\text{Na}_2\text{HPO}_4/6.773$ g/litr KH_2PO_4 .

Destilovaná voda.

4.4 Kvantitativní stanovení obsahu betalainů

Analýza betalainů je v současné době do značné míry omezena na stanovení pigmentů ve tkáních řepy. V případě řepné tkáně jsou pigmenty snadno extrahovatelné vodou, neboť všechny betalainy jsou rozpustné ve vodě. Další potraviny obsahující betalainy jsou velmi podobné, ale jejich rušivé látky brání použití spektrofotometrických metod. Tato metoda poskytuje získání řepného extraktu z řepné tkáně a spektrofotometrické stanovení koncentrace betalainů (von Elbe, 2001).

Obsahy betalainů byly stanoveny po 8 týdnech vegetace řepy. Stanovení proběhlo ze směsi čerstvých hypokotylových částí jednotlivých zástupců rodu *Beta* L. Řepa byla vždy vyjmuta ze země den předcházející vlastnímu stanovení a uložena v chladu při cca 7 °C. Rozřezána na jednotlivé části ke stanovení byla až těsně před stanovením z důvodu barevné nestálosti betalainů.

Vlastní stanovení proběhlo dle metody von Elbe (2001) v laboratoři Katedry botaniky a fyziologie rostlin České zemědělské univerzity v Praze za spolupráce s Katedrou chemie na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze. Celkem byl stanoven obsah betalainů 102 vzorků.

4.4.1 Získání řepného extraktu

Ke stanovení byl použit hypokotyl řepy s 2 cm růžice těsně nad hypokotylem. 50g takto získaného vzorku řepných částí smíchaných z několika rostlin jednoho druhu bylo mixováno se 150 ml destilované vody asi 1 minutu. Do takto získané řepné kaše byly přidány 2 lžice Celite. Směs byla kvantitativně převedena do Büchnerovy nálevky a zfiltrována za sníženého tlaku přes Whatmannův filtr č.1. Filtrační koláč byl několikrát propláchnut destilovanou vodou, dokud nebyl extrakt bezbarvý.

4.4.2 Spektrofotometrické stanovení

Toto stanovení popisuje spektrofotometrickou metodu pro měření betacyaninů a betaxanthinů obsažených v extraktu řepné tkáně. Světelná absorpce naměřená při 538 nm a 476 nm se používá k výpočtu jednotlivých koncentrací betaninů a vulgaxanthinů – I, a absorpce naměřená při 600 nm se používá ke korekci malého množství nečistot. Bez předchozího oddělení pigmentů je stanovena světelná absorpce naměřená při vlnové délce 538 nm a 467 nm, která zahrnuje všechny „drobné“ betacyaniny (vypočtené z betaninů) a betaxanthiny (vypočtené z vulgaxanthinů – I). Celková koncentrace betalainů je vyjádřena jako součet betacyaninů a betaxanthinů.

U každého extrahovaného vzorku bylo třeba spektrofotometricky stanovit tři vlnové délky, dle vzorce korigovat absorpci betaninu a vulgaxanthinu a poté vypočítat jejich koncentraci.

Spektrofotometr byl vynulován při vlnových délkách 476 nm, 538 nm a 600 nm za použití 0,05 M fosfátového pufru pH 6,5 jako slepého roztoku.

Centrifugovaný a přes mikrofiltr o citlivosti 0,45 μm přefiltrovaný čirý řepný extrakt bylo nutné v některých případech zředit 0,05 M fosfátovým puftrem pH 6,5 tak, aby absorbance vzorku při vlnové délce 538 nm byla mezi 0,4 – 0,5 AU (absorpční jednotka). Po naředění bylo možné odečíst absorbance při 476 nm a 600 nm, nutné k výpočtu koncentrace betaninů a vulgaxanthinů – I.

Bylo prokázáno, že pH 6,5 je nejoptimálnější pro stanovení betaninu světelnou absorpcí. Ostatní hodnoty pH mohou být použity, ale musí být provedeny korekce ve světelném absorpčním rozmezí.

V případě analýzy vzorků řepného extraktu pro celkový obsah barviv byla doba potřebná na stanovení jednoho vzorku cca 30 min. a zahrnovala získávání extraktu, vhodného ředění a světelné absorpční spektrum.

4.4.3 Výpočet koncentrací

Získané absorpce bylo třeba upravit pomocí následujících rovnic:

$$x = 1,095 \cdot (a-c)$$

$$z = a - x$$

$$y = b - z - x / 3.1$$

Kde:

a = světelná absorpce vzorku při vlnové délce 538 nm

b = světelná absorpce vzorku při vlnové délce 476 nm

c = světelná absorpce vzorku při vlnové délce 600 nm

x = světelná absorpce betaninu minus barevné nečistoty

y = světelná absorpce vulgaxanthinu – I opravená o příspěvek betaninu a barevných nečistot

z = světelná absorpce nečistot

Absorpční maximum betaninu je při vlnové délce 538 nm a vulgaxanthinu – I je při vlnové délce 476 nm. Betanin také absorbuje světlo při vlnové délce 476 nm, a tím přispívá k pohlcování absorpční hodnoty při této vlnové délce, proto je nezbytné provést opravu, odečtením přítomnosti betaninu získat přesnou absorpci pro vulgaxanthin – I. Vzhledem k tomu, že absorpce betaninu při vlnové délce 476 nm není konstantní a mění se s koncentrací, je při výpočtech použit poměr A_{538}/A_{476} , který je roven hodnotě 3,1. Obsah betaninu lze odhadnout přímo z naměřené absorpce při vlnové délce 538 nm po odečtení absorpce nečistot naměřených při vlnové délce 600 nm. Vulgaxanthin – I neabsorbuje při vlnové délce 538 nm, a proto není třeba žádné korekce při této vlnové délce (von Elbe, 2001).

Elektronové absorpční spektrum bylo naměřeno a zobrazeno pouze u jednoho kultivaru, a to u salátové řepy 'LIBERO'. Absorbance řepného extraktu byla měřena po 50 nm od 350 nm do 750 nm vlnové délky a schematicky zobrazena v grafu.

Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I byla vypočtena dále za použití pigmentové absorpce $A^{1\%}$ a odpovídajícího faktoru ředění.

Absorpční hodnota $A^{1\%}$ je extinkční koeficient znázorňující 1 % roztok (1,0 g/100 ml). $A^{1\%}$ betaninu má hodnotu 1120 a $A^{1\%}$ vulgaxanthinu – I má hodnotu 750.

Příklad výpočtu:

Naměřené hodnoty:

Absorpce při 538 nm.....0,494 = a

Absorpce při 476 nm0,214 = b

Absorpce při 600 nm.....0,070 = c

Výpočet x, z a y dle vzorce (viz výše):

$$x = 1,095 \cdot (a-c) = 1,095 \cdot (0,494 - 0,070) = \mathbf{0,46428}$$

$$z = a - x = 0,494 - 0,46428 = \mathbf{0,02972}$$

$$y = b - z - x / 3,1 = 0,214 - 0,02972 - 0,46428 / 3,1 = 0,214 - 0,02972 - 0,14977 = \mathbf{0,03451}$$

Výpočet koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I:

Zde bude použito absorpční hodnoty $A^{1\%}$ pro betanin = 1120 a vulgaxanthin – I = 750, popřípadě ředícího faktoru.

Betanin:

1 g betaninu.....100 ml.....1120

x_b g betaninu.....25 ml.....0,46428

$$x_b = (25 \cdot 0,46428) / 1120$$

$$x_b = 0,0103634 \text{ g} = \mathbf{10, 3634 \text{ mg} / 100\text{ml betaninu ve vzorku}$$

Vulgaxanthin - I

1 g vulgaxanthinu - I100 ml.....750

x_v g vulgaxanthinu - I25 ml.....0,03451

$$x_v = (25 \cdot 0,03451) / 750$$

$$x_v = 0,00115 \text{ g} = \mathbf{1,15 \text{ mg} / 100\text{ml vulgaxanthinu – I ve vzorku}}$$

Vzorek řepného extraktu obsahuje 10,3634 mg / 100 ml betaninu a 1,15 mg / 100 ml vulgaxanthinu – I.

Tímto výpočtním principem jsou spočítány koncentrace betaninů (betacyaninů) a vulgaxanthinů – I (betaxanthinů) ostatních řepných extraktů.

Řepný extrakt je známý obsahem také jiných pigmentů, nejen betaninu a vulgaxanthinu – I, např. isobetanin, prebetanin, vulgaxanthin – II. Chyba, která je zahrnuta ve výpočtu celkových betaninů, v případě betaninu a celkových betaxanthinů, v případě vulgaxanthinu – I, je zanedbatelná. Betanin a vulgaxanthin – I tvoří ~ 95 % koncentrace pigmentů. Ostatní betacyaniny a betaxanthiny mají maximální světelnou absorpci podobnou nebo velmi blízkou k absorpci betaninu a vulgaxanthinu – I (von Elbe, 2001).

4.4.4 Ověřování metodiky stanovení pigmentů

V průběhu stanovení pigmentů dle uvedené metodiky bylo zkoumáno, zda je možné metodiku upravit k získání vyššího obsahu pigmentů, aniž by negativně ovlivňovala výsledek. Dle původní metodiky popsané von Elbe (2001) byl filtrován řepný extrakt za sníženého tlaku, dále byl vzorek odstředěn, aby byly odstraněny nečistoty obsažené v extraktu vzorku. Navíc, jako další krok k získání co nejvíce čirého vzorku, byla zařazena filtrace centrifugovaného vzorku pomocí mikrofiltru Target PVDF 0,45 μm o průměru 30 mm. Čirý roztok je nutný ke kvantitativnímu spektrofotometrickému stanovení.

Dále bylo zkoumáno, zda delší skladování řepného výtažku má vliv na stanovení obsahu pigmentů. Byly stanoveny rozdíly obsahů pigmentů výtažků z řepy ihned izolovaných a po 6 hodinách skladování při teplotě 22 °C. Také byl stanoven rozdíl obsahů pigmentů měřených ihned bez časové prodlevy a měřených po 24 hodinách skladování v chladu při 7 °C.

4.5 Metodika statistického vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bude provedeno pomocí programu STATISTICA CZ 9. Pro vyhodnocení průkaznosti rozdílu mezi průměrnými koncentracemi jednotlivých skupin *B. vulgaris* L., bude použita analýza rozptylu, případně Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu.

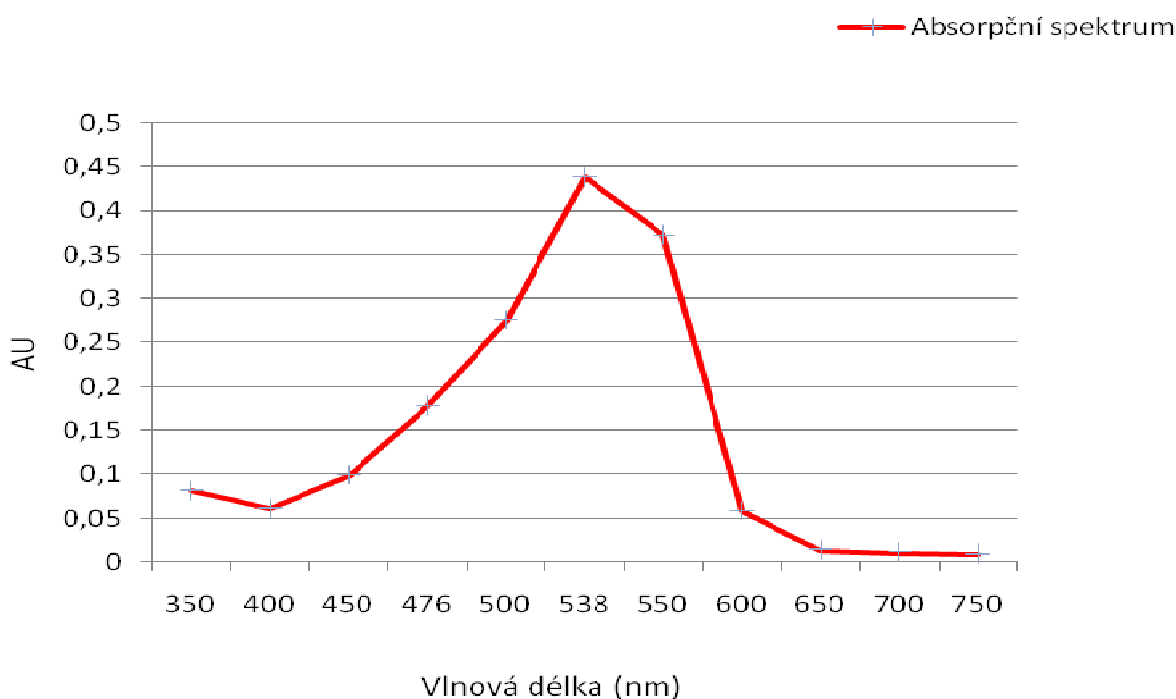
Testy pro analýzu rozptylu bude nejprve ověřena homogenita rozptylu stanovovaných vzorků, která je podmínkou pro analýzu rozptylu. V případě homogenity bude provedena analýza rozptylu a pak mnohonásobná porovnání metodou minimální průkazné difference ANOVA. Pokud nebude rozptyl homogenní, bude použit neparametrický test Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu s mnohonásobným porovnáním pro t - rozdělení.

5 Výsledky

5.1 Kvantitativní vyhodnocení

5.1.1 Absorpční spektrum řepné šťávy

Absorpční křivka betalainů složek řepné šťávy je znázorněna na průběhu absorpčního spektra kultivaru 'MONORUBRA' zobrazeného v Grafu 7, kde je patrné absorpční maximum při vlnové délce 538 nm, toto maximum odpovídá obsaženému betaninu.



Graf 7: Absorpční spektrum řepného extraktu.

5.1.2 Obsah betalainů v mg/100 ml

Stanovené koncentrace jsou vypočteny z naměřených hodnot spektrofotometrické analýzy uvedených v Tab. 1. Kompletní stanovení obsahu betalainů v závislosti na různých odrůdách řepy je shrnuto v Tab. 2, z níž je zřejmé, že cukrová řepa a mangold obsahují nejméně betalainů, což je patrné již při pohledu na extrakty těchto kultivarů v porovnání se salátovou řepou, která zjevně obsahuje nejvíce betalainů, neboť betalainy mají největší podíl na jejím červeném zbarvení. Stanovovaná krmná řepa se z pohledu obsahu betalainů nachází mezi cukrovou a salátovou řepou, tedy alespoň tato zkoumaná odrůda, neboť má načervenalou kůru (obal kořene) a bílou dřev bulvy.

Tab. 1: Naměřené hodnoty světelné absorbance při vlnových délkách 538, 476 a 600 nm zástupců *Beta vulgaris* L.

Odrůda	Vzorek č.	a 538 nm	b 476 nm	C 600 nm	Ředění (ml)
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima 'LABONITA KWS'	1.	0,273	0,369	0,172	0
	2.	0,436	0,541	0,322	0
	3.	0,470	0,595	0,342	0
	4.	0,183	0,252	0,126	0
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima 'ESPERANZA'	1.	0,363	0,456	0,270	0
	2.	0,254	0,348	0,173	0
	3.	0,395	0,501	0,291	0
	4.	0,186	0,257	0,126	0
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima 'CARUSO'	1.	0,344	0,430	0,258	0
	2.	0,306	0,355	0,238	0
	3.	0,441	0,488	0,379	0
	4.	0,181	0,235	0,129	0
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima 'MERAK'	1.	0,258	0,321	0,194	0
	2.	0,455	0,566	0,344	0
	3.	0,205	0,274	0,186	0
	4.	0,188	0,232	0,143	0
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris 'KAHIRA'	1.	0,472	0,245	0,080	34
	2.	0,495	0,233	0,092	5
	3.	0,441	0,211	0,072	5
	4.	0,460	0,210	0,071	13
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris 'Červená kulatá'	1.	0,475	0,214	0,073	7
	2.	0,451	0,183	0,063	5
	3.	0,462	0,209	0,072	5
	4.	0,414	0,178	0,058	13
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris 'PABLO F1'	1.	0,475	0,214	0,073	7
	2.	0,453	0,181	0,063	9
	3.	0,474	0,194	0,067	10
	4.	0,456	0,187	0,062	20
<i>B. vulgaris</i> L. gr. cicla Mangold 'LUCULLUS'	1.	0,376	0,474	0,279	0
	2.	0,223	0,307	0,156	0
	3.	0,250	0,326	0,174	0
	4.	0,384	0,481	0,288	0
<i>B. vulgaris</i> L. gr. rapacea 'MONRO'	1.	0,483	0,610	0,333	0
	2.	0,451	0,5710	0,319	0
	3.	0,499	0,642	0,369	0
	4.	0,449	0,557	0,292	0
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris 'LIBERO'	1.	0,406	0,163	0,055	23
	2.	0,477	0,191	0,063	23

	3.	0,440	0,182	0,650	22
	4.	0,438	0,178	0,058	27
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘MONORUBRA’	1.	0,494	0,214	0,070	25
	2.	0,335	0,167	0,052	23
	3.	0,473	0,212	0,065	23
	4.	0,421	0,211	0,060	27

Naměřené koncentrace betaninu různých odrůd cukrové řepy *B. vulgaris* L. gr. altissima se pohybují v rozmezí od 0,0185 mg/100ml do 0,1251 mg/100ml a koncentrace vulgaxanthinu – I od 0,1041 mg/100ml do 0,2932 mg/100ml. Nejnižší celkový obsah betalainů ze stanovených odrůd cukrové řepy je 0,1292 mg/100ml, naměřeno u odrůdy *B. vulgaris* L. gr. altissima ‘MERAK’ a nejvyšší celkový obsah betalainů ze stanovených odrůd cukrové řepy je 0,4183 mg/100ml, naměřeno u odrůdy *B. vulgaris* L. gr. altissima ‘LABONITA KWS’. Celková průměrná koncentrace betaninu všech stanovených odrůd cukrové řepy je 0,0763 mg/100 ml, celková průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I všech stanovených odrůd cukrové řepy je 0,1840 mg/100 ml. Celková průměrná koncentrace betalainů všech čtyř stanovených odrůd cukrové řepy je 0,2603 mg/100 ml.

Odrůda *B. vulgaris* L. gr. altissima ‘LABONITA KWS’ obsahuje průměrnou koncentraci betaninu 0,0977 mg/100 ml a průměrnou koncentraci vulgaxanthinu – I 0,2305 mg/100 ml, celková průměrná koncentrace betalainů této odrůdy je 0,3282 mg/100 ml, což je ze zkoumaných odrůd cukrové řepy nejvyšší obsah betalainů. U odrůdy *B. vulgaris* L. gr. altissima ‘ESPERANZA’ byla naměřena průměrná koncentrace betaninu 0,0826 mg/100 ml a průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I 0,2049 mg/100 ml, celková průměrná koncentrace betalainů této odrůdy je tedy 0,2874 mg/100 ml. Odrůda *B. vulgaris* L. gr. altissima ‘CARUSO’ obsahuje průměrnou koncentraci betaninu 0,0662 mg/100 ml a průměrnou koncentraci vulgaxanthinu – I 0,1456 mg/100 ml, celková průměrná koncentrace betalainů této odrůdy cukrovky je tedy 0,2118 mg/100 ml, což je ze zkoumaných odrůd cukrové řepy nejnižší obsah betalainů. Odrůda *B. vulgaris* L. gr. altissima ‘MERAK’ obsahuje průměrnou koncentraci betaninu 0,0586 mg/100 ml a průměrnou koncentraci vulgaxanthinu – I 0,1549 mg/100 ml a celková průměrná koncentrace betalainů této odrůdy je 0,2135 mg/100 ml. Stanovené hodnoty kultivaru ‘MERAK’ jsou velice proměnlivé, neboť koeficient variability obsahu betaninu je 64,61 % a koeficient variability obsahu vulgaxanthinu – I je 45,89 % (viz. Tab. 7 a 8).

Naměřené koncentrace celkových betalainů u stanovených různých odrůd salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris se pohybují od 1,5132 mg/100 ml do 11,6073 mg/100 ml, naměřené betaniny stanovených odrůd červené řepy se pohybují od 1,2904 mg/100 ml do 10,3625 mg/100 ml a naměřené vulgaxanthiny – I těchto odrůd se pohybují v rozmezí 0,1320 – 2,0790 mg/100 ml. Nejnižší celkový obsah betalainů ze stanovených odrůd červené řepy je 1,5132 mg/100 ml odpovídající odrůdě *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'Červená kulatá' a nejvyšší celkový obsah betalainů ze stanovených odrůd červené řepy je 11,6073 mg/100 ml naměřený u odrůdy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'MONORUBRA'. Celková průměrná koncentrace betaninu všech stanovených odrůd červené řepy je 5,5631 mg/100 ml, celková průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I všech stanovených odrůd červené řepy je 0,6529 mg/100 ml. Celková průměrná koncentrace betalainů všech pěti stanovených odrůd salátové řepy je 6,216 mg/100 ml.

Nejvyšší průměrný obsah betalainů ze stanovených odrůd červené řepy je 10,3035 mg/100 ml naměřený u odrůdy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'MONORUBRA'. Celková průměrná koncentrace betaninu této odrůdy je 8,8563 mg/100 ml a celkový průměrný obsah vulgaxanthinu – I této odrůdy červené řepy je 1,4472 mg/100 ml. Nejnižší průměrný obsah betalainů ze stanovených odrůd červené řepy je 2,6748 mg/100 ml naměřený u *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'Červená kulatá'. Celková průměrná koncentrace betaninu odrůdy 'Červená kulatá' je 2,4042 mg/100 ml a celková průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I této odrůdy je 0,2706 mg/100 ml. Koeficient variability obsahu betaninu kultivaru 'Červená kulatá' je 59,99 % a obsahu vulgaxanthinu – I je 55,97 % (viz. Tab. 7 a 8), což značí značnou nesourodost naměřených hodnot. *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'LIBERO' má průměrný naměřený obsah betalainů 9,4623 mg/100 ml, průměrná koncentrace betaninu u této odrůdy je 8,8241 mg/100 ml a průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I u této stanovené odrůdy je 0,6382 mg/100 ml. Průměrná koncentrace betalainů u *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'PABLO F1' je 4,8326 mg/100 ml. Průměrná koncentrace betaninu u odrůdy 'PABLO F1' je 4,4662 mg/100 ml a průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I této odrůdy je 0,3664 mg/100 ml. *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'KAHIRA' obsahuje průměrnou koncentraci betalainů 3,8069 mg/100 ml, z čehož průměrná koncentrace betaninu u této odrůdy je 3,2648 mg/100 ml a průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I je 0,5421 mg/100 ml. Tato odrůda má také značnou nesourodost naměřených hodnot, koeficient variability obsahu betaninu je 49,36 % a koeficient variability obsahu vulgaxanthinu – I je 62,45 % (viz. Tab. 7 a 8).

U krmné řepy, tedy *B. vulgaris* L. gr. rapacea, byla stanovena pouze jedna odrůda *B. vulgaris* L. gr. rapacea 'MONRO', u této odrůdy bylo naměřeno, ze čtyř různých stanovení, rozmezí celkových betalainů od 0,4195 mg/100 ml do 0,5026 mg/100 ml, tj. průměrná koncentrace betalainů je 0,4598 mg/100 ml. Průměrná koncentrace betaninu stanovené krmné řepy 'MONRO' je 0,1464 mg/100 ml a průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I této odrůdy je 0,3134 mg/100 ml.

U mangoldu, tj. *B. vulgaris* L. gr. cicla, byla též stanovena pouze jedna odrůda *B. vulgaris* L. gr. cicla 'LUCULLUS'. Ze čtyř různých stanovení této odrůdy byla naměřena průměrná koncentrace betalainů 0,2835 mg/100 ml vyplývající z rozmezí naměřených hodnot od 0,2437 mg/100 ml do 0,3214 mg/100 ml. Průměrná koncentrace betaninu této odrůdy je 0,0821 mg/100 ml a průměrná hodnota vulgaxanthinu – I je 0,2014 mg/100 ml (viz. Tab. 2).

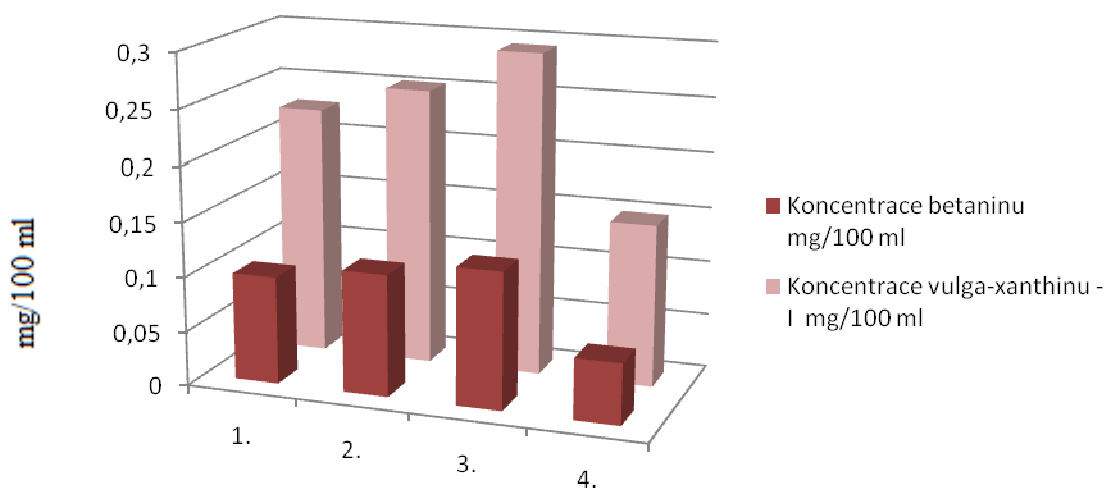
Dle celkových průměrných koncentrací betalainů jednotlivých odrůd řepy klesá obsah betalainů od *B. vulgaris* L. 'MONORUBRA' > 'LIBERO' > 'PABLO F1' > 'KAHIRA' > 'Červená kulatá' > 'MONRO' > 'LABONITA KWS' > 'ESPERANZA' > 'LUCULLUS' > 'CARUSO' > 'MERAK'.

Tab. 2: Statistické průměrné koncentrace betaninu, vulgaxanthinu – I a celková koncentrace betalainů zástupců *Beta vulgaris* L.

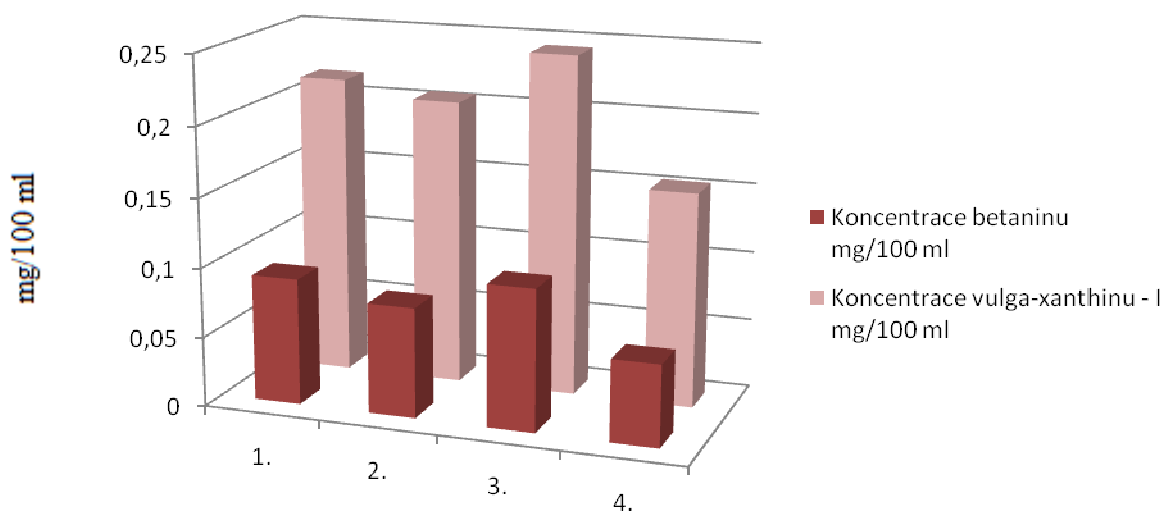
Odrůda	Vzorek č.	Koncentrace betaninu mg/100 ml	Průměrná koncentrace betaninu mg/100 ml	Koncentrace vulgaxanthinu - I mg/100 ml	Průměrná koncentrace vulgaxanthinu - I mg/100 ml	Celková koncentrace betalainů mg/100 ml
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima ‘LABONITA KWS’	1.	0,0987	0,0977	0,2278	0,2305	0,3265
	2.	0,1114		0,2527		0,3641
	3.	0,1251		0,2932		0,4183
	4.	0,0557		0,1483		0,2040
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima ‘ESPERANZA’	1.	0,0909	0,0826	0,2159	0,2049	0,3068
	2.	0,0791		0,2054		0,2845
	3.	0,1016		0,2441		0,3457
	4.	0,0586		0,1540		0,2126
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima ‘CARUSO’	1.	0,0840	0,0662	0,1997	0,1456	0,2837
	2.	0,0664		0,1325		0,1989
	3.	0,0606		0,1239		0,1845
	4.	0,0537		0,1263		0,1800
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima ‘MERAK’	1.	0,0625	0,0586	0,1472	0,1549	0,2097
	2.	0,1085		0,2577		0,3662
	3.	0,0185		0,1107		0,1292
	4.	0,0449		0,1041		0,1490
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘KAHIRA’	1.	4,3416	3,2648	0,9630	0,5421	5,3046
	2.	1,9700		0,2460		2,2160
	3.	1,8035		0,2910		2,0945
	4.	4,9439		0,6682		5,6121
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘Červená kulatá’	1.	1,2904	2,4042	0,2228	0,2706	1,5132
	2.	1,8965		0,1320		2,0285
	3.	1,9060		0,2415		2,1475
	4.	4,5240		0,4862		5,0102
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘PABLO F1’	1.	2,7510	4,4662	0,3465	0,3664	3,0975
	2.	3,4308		0,2070		3,6378
	3.	3,9790		0,2920		4,2710
	4.	7,7040		0,6200		8,3240
<i>B. vulgaris</i> L. gr. cicla Mangold ‘LUCULLUS’	1.	0,0948	0,0821	0,2266	0,2014	0,3214
	2.	0,0655		0,1782		0,2437
	3.	0,0743		0,1764		0,2507
	4.	0,0938		0,2242		0,3180
<i>B. vulgaris</i> L. gr. rapacea ‘MONRO’	1.	0,1466	0,1464	0,3176	0,3134	0,4642
	2.	0,1290		0,2905		0,4195
	3.	0,1564		0,3462		0,5026

	4.	0,1534		0,2992		0,4526
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘LIBERO’	1.	7,8913	8,8241	0,5313	0,6382	8,4226
	2.	9,3094		0,6463		9,9557
	3.	8,0652		0,5896		8,6548
	4.	10,0305		0,7857		10,8162
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘MONORUBRA’	1.	10,3625	8,8563	1,1500	1,4472	11,5125
	2.	6,3618		1,2834		7,6452
	3.	9,1724		1,2765		10,4489
	4.	9,5283		2,0790		11,6073

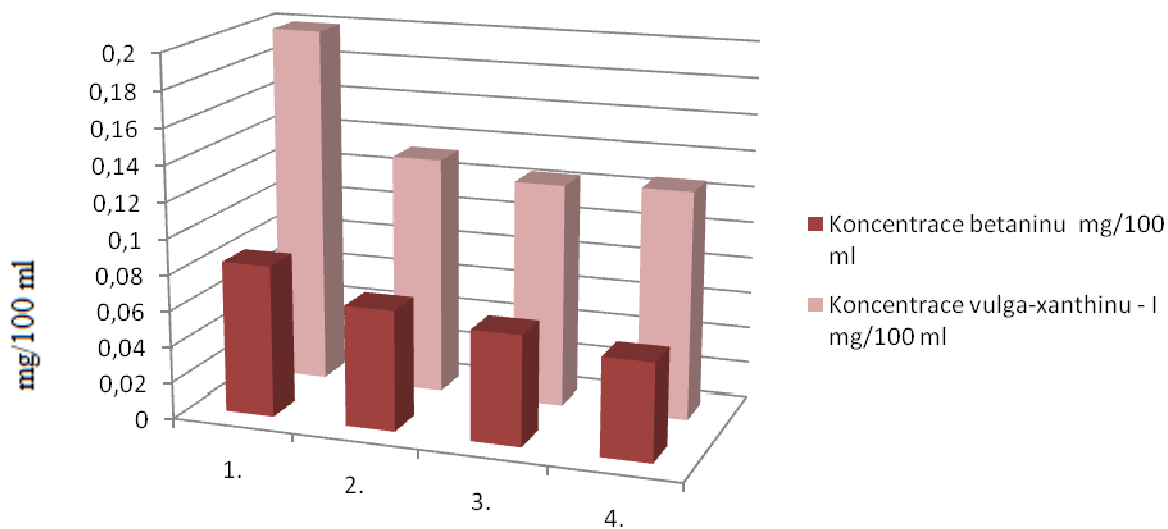
V grafickém znázornění koncentrací betaninu a vulaxanthinu – I u jednotlivých odrůd *B. vulgaris* L. je zřetelný poměr mezi jednotlivými betalainy a také jsou patrné rozdíly u jednotlivých stanovení v rámci jedné odrůdy. Přehledy jednotlivých stanovení koncentrací betalainu a vulgaxanthinu – I stanovených odrůd jsou graficky znázorněny v Grafech 8 – 18.



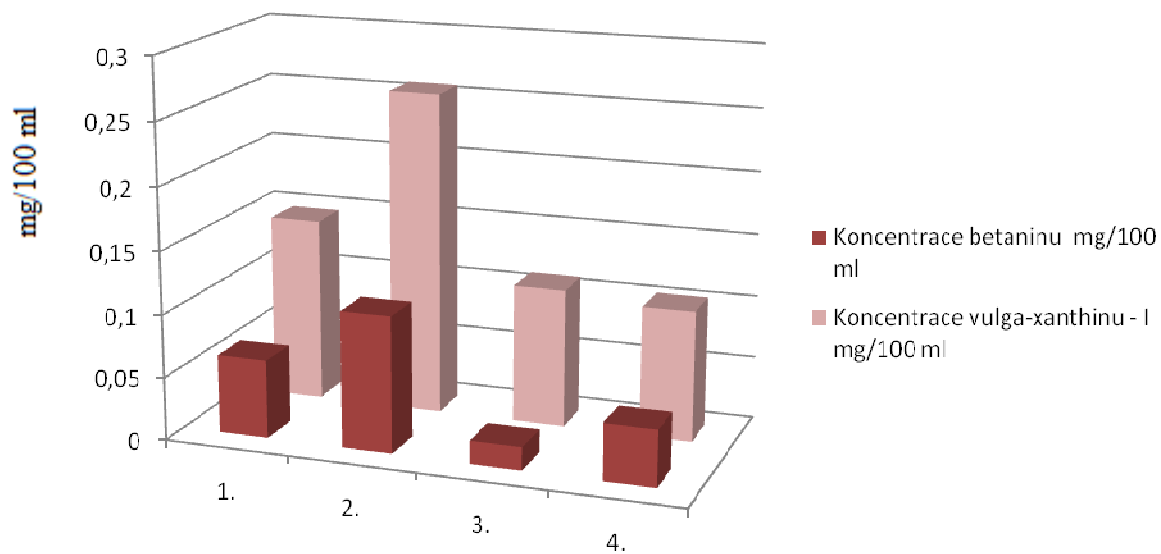
Graf 8: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. altissima ‘LABONITA KWS’.



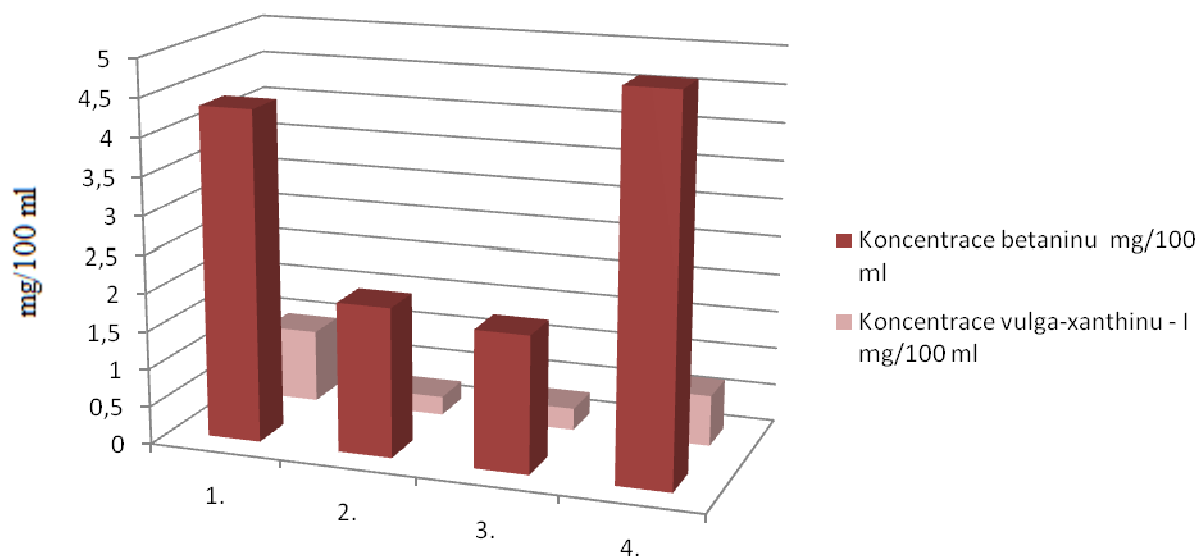
Graf 9: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. altissima 'ESPERANZA'.



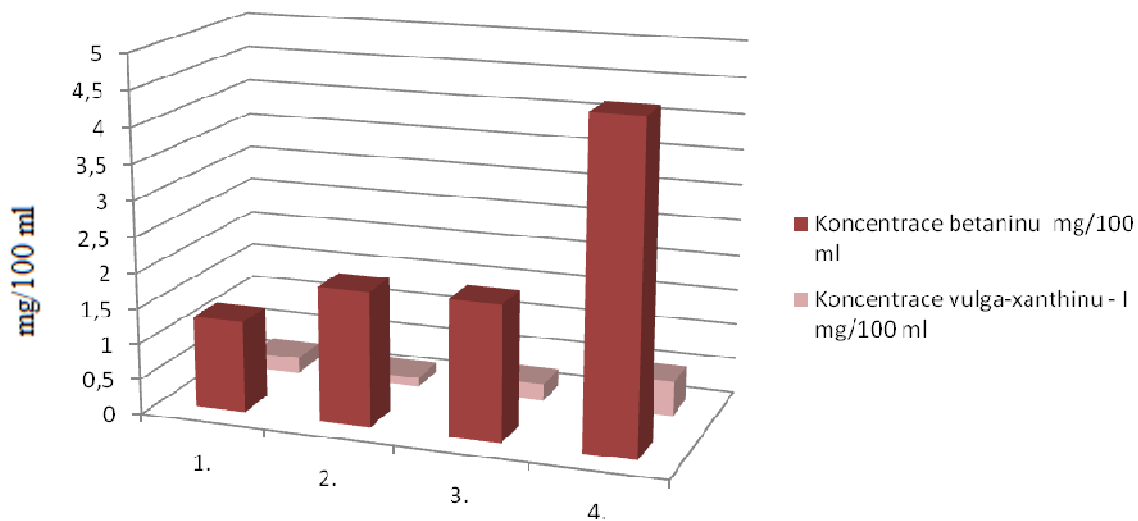
Graf 10: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. altissima 'CARUSO'.



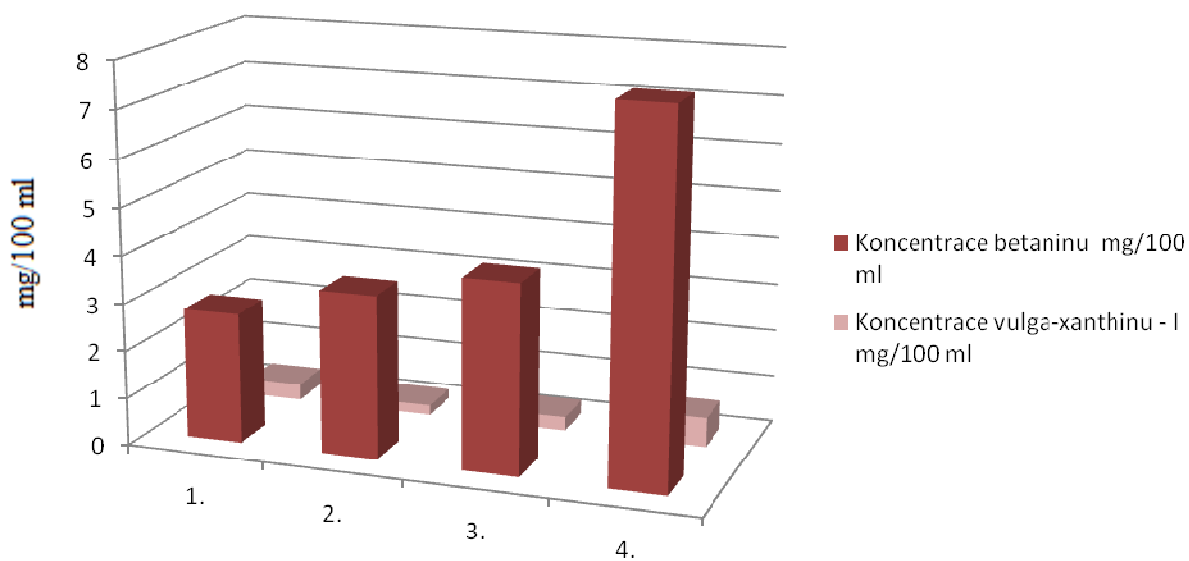
Graf 11: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. altissima 'MERAK'.



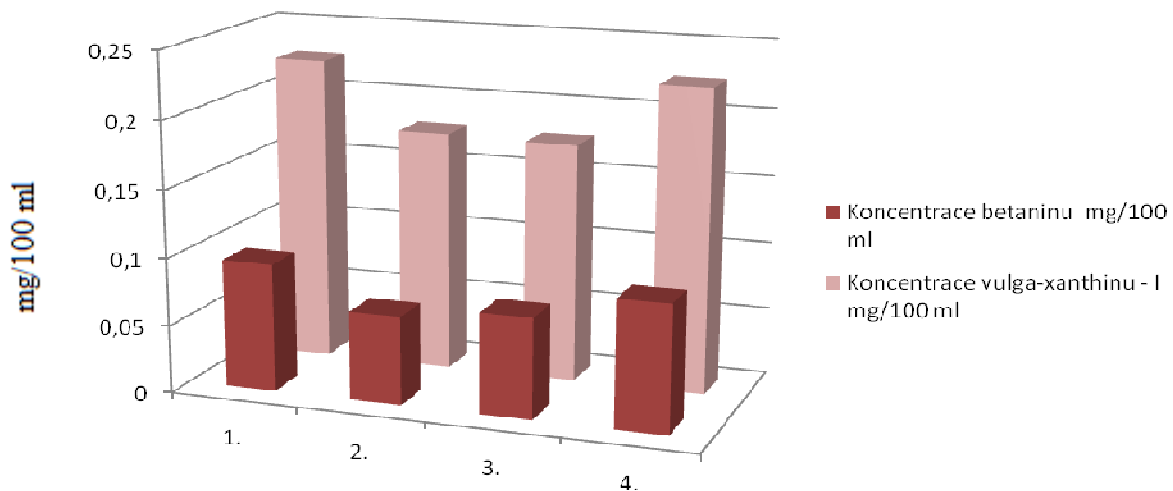
Graf 12: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'KAHIRA'.



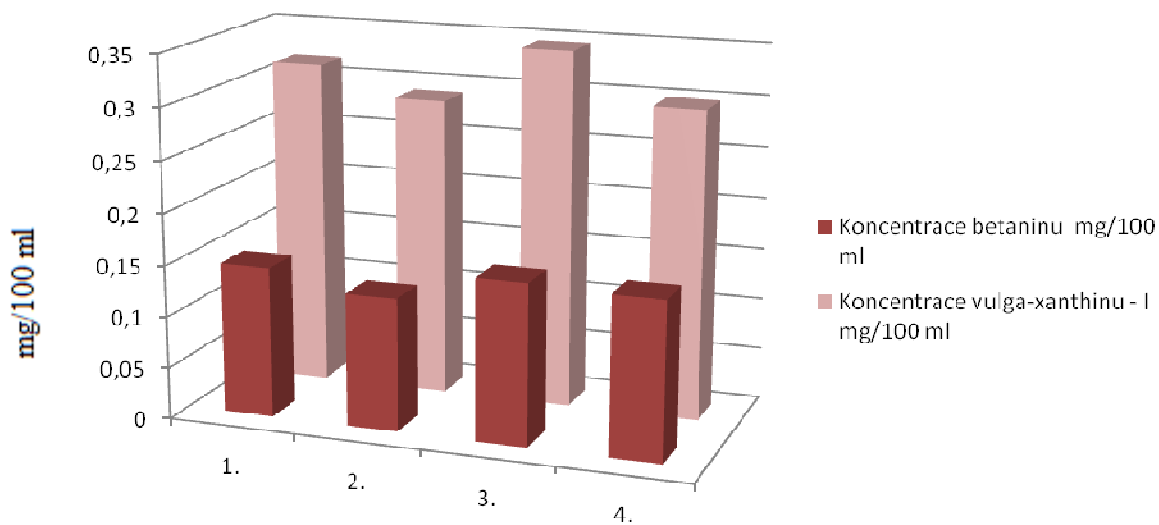
Graf 13: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'Červená kulatá'.



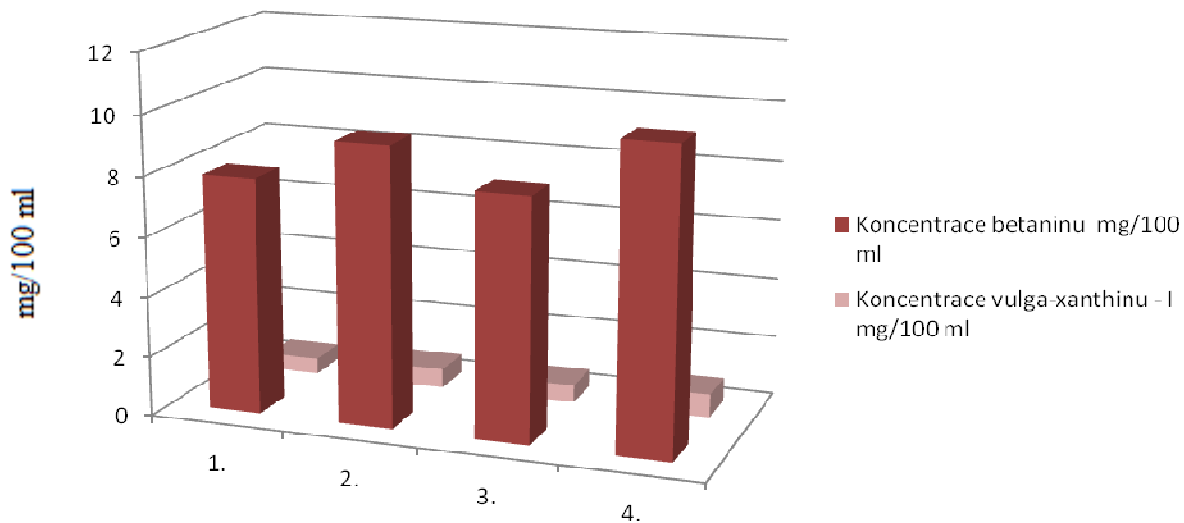
Graf 14: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'PABLO F1'.



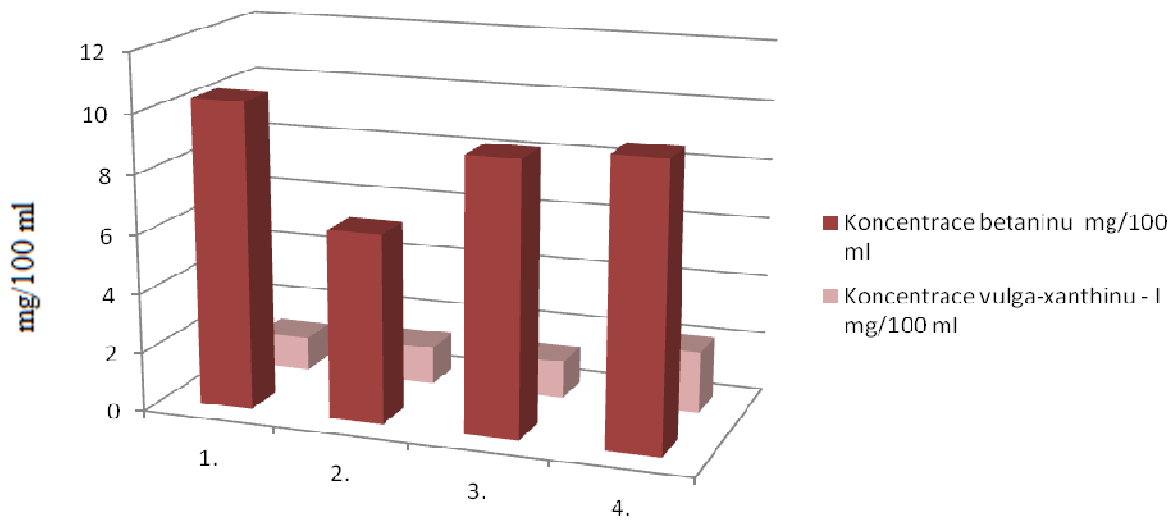
Graf 15: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – *I B. vulgaris* L. gr. cicla Mangold 'LUCULLUS'.



Graf 16: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – *I B. vulgaris* L. gr. rapacea 'MONRO'.

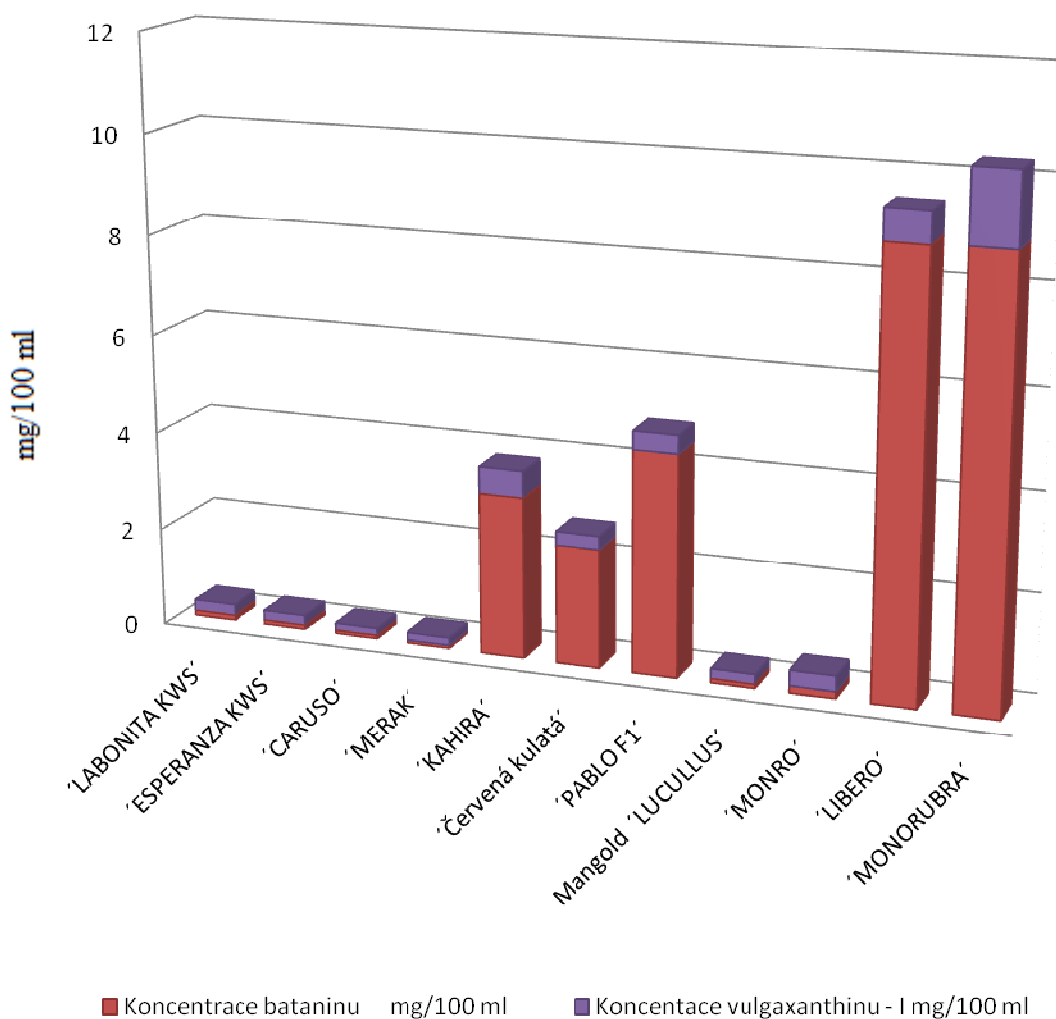


Graf 17: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'LIBERO'.



Graf 18: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'MONORUBRA'.

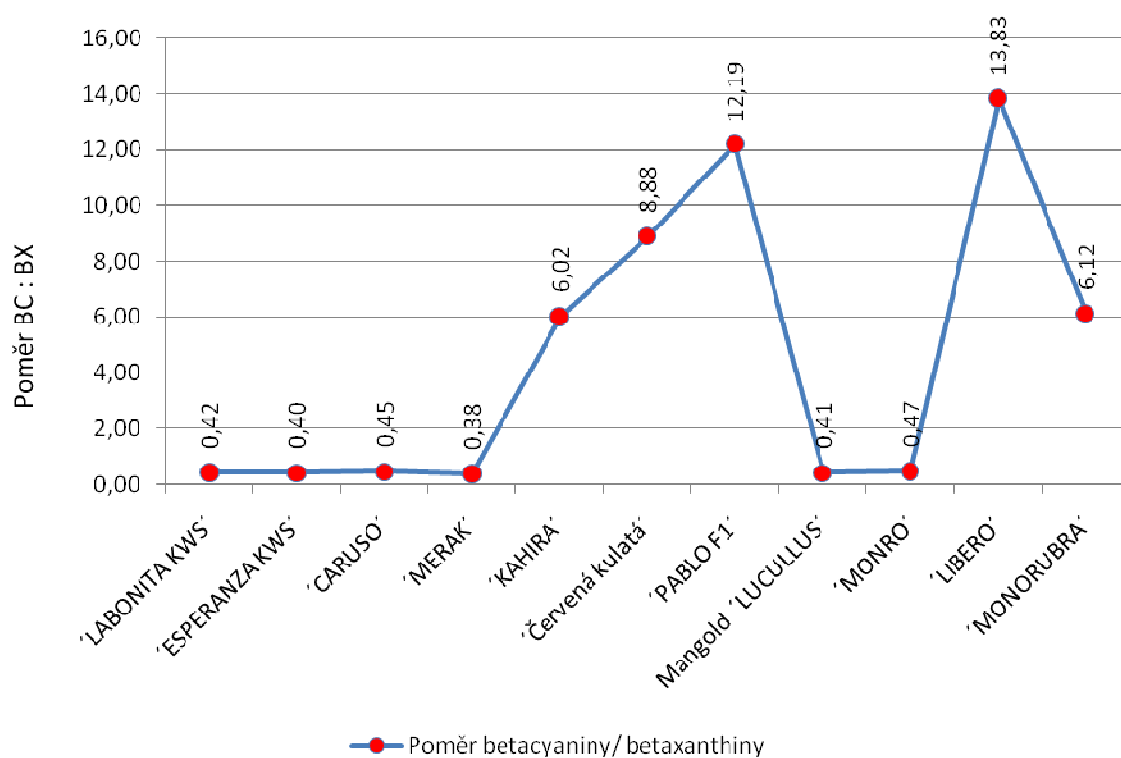
V Grafu 19 jsou přehledně zobrazeny průměrné koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I jednotlivých odrůd *B. vulgaris* L. Je zde patrný vysoký obsah betaninu u odrůd červené (salátové) řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris, dále je nápadný také vyšší obsah vulgaxanthinu – I u těchto odrůd. U ostatních odrůd jsou obsahy betalainů zanedbatelné v porovnání s odrůdami červené řepy.



Graf 19: Porovnání obsahů betalainů jednotlivých odrůd *B. vulgaris* L.

5.1.3 Poměr obsahu betacyaninů : betaxanthinů

Poměry obsahů betacyaninů a betaxanthinů (BC:BX) jednotlivých odrůd *B. vulgaris* L. jsou rozděleny do dvou skupin. Jedna skupina zahrnuje všechny odrůdy cukrové řepy, krmnou řepu a mangold a poměr BC:BX této skupiny má velice malé rozpětí, pohybuje se od 0,41 do 0,47. Druhou skupinu poměrů BC:BX zahrnuje pouze odrůdy červené řepy a rozpětí těchto poměrů se pohybuje od 6,02 do 13,83. Graf 20 velmi jasně zobrazuje poměry stanovovaných odrůd.



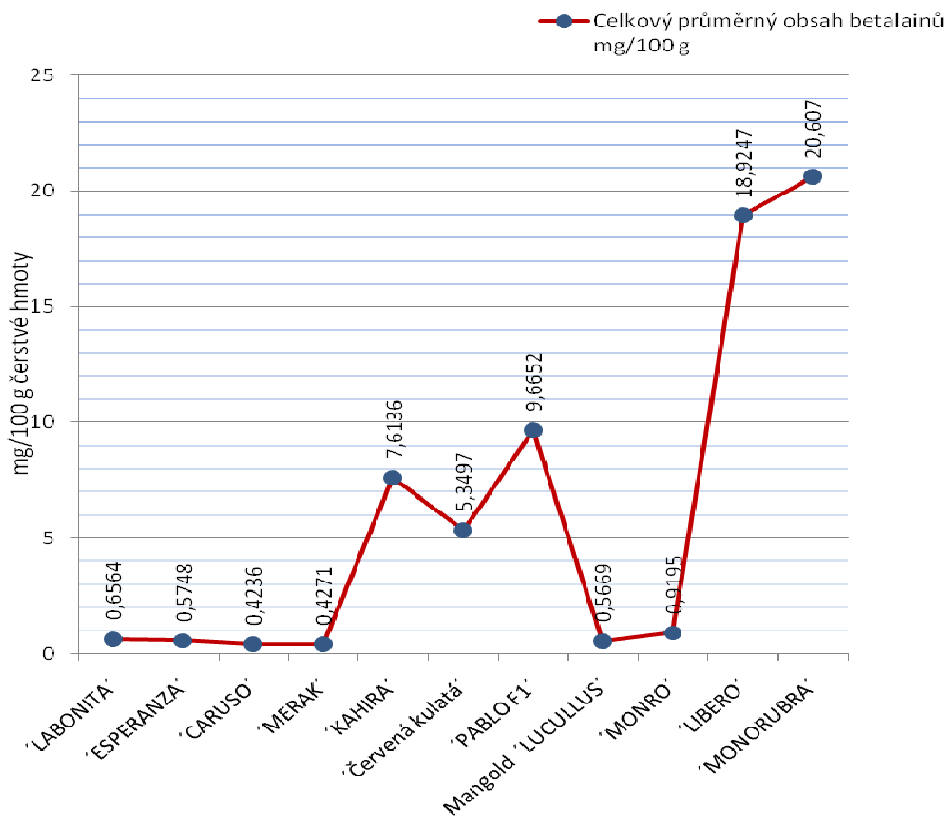
Graf 20: Poměr obsahu BC : BX odrůd *B. vulgaris* L.

5.1.4 Obsah betalainů v mg/100 g čerstvé váhy

Celkové obsahy betalainů vybraných odrůd vztažených na váhu čerstvé řepné hmoty jsou v rozmezí:

cukrová řepa 'LABONITA KWS' od 0,4080 mg do 0,8366 mg/ 100 g čerstvé váhy,
cukrová řepa 'ESPERANZA' od 0,4252 mg do 0,6914 mg/100 g čerstvé váhy,
cukrová řepa 'CARUSO' od 0,3600 mg do 0,5674 mg/100 g čerstvé váhy,
cukrová řepa 'MERAK' od 0,2584 mg do 0,7324 mg/100 g čerstvé váhy,
salátová řepa 'KAHIRA' od 4,1890 mg do 11,2242 mg/100 g čerstvé váhy,
salátová řepa 'Červená kulatá' od 3,0264 mg do 10,0204 mg/100 g čerstvé váhy,
salátová řepa 'PABLO F1' od 6,1960 mg do 16,6480 mg/100 g čerstvé váhy,
salátová řepa 'LIBERO' od 16,8452 mg do 21,6324 mg/100 g čerstvé váhy,
salátová řepa 'MONORUBRA' od 15,2904 mg do 23,2146 mg/100 g čerstvé váhy,
mangold 'LUCULLUS' od 0,4874 mg do 0,6428 mg/100 g čerstvé váhy a
krmná řepa 'MONRO' od 0,8390 mg do 1,0052 mg/100 g čerstvé váhy.

Průměrný obsah betalainů stanovených odrůd *B. vulgaris* L. jsou včetně hodnot uvedeny v Grafu 21.



Graf 21: Průměrný obsah betalainů stanovených odrůd *B. vulgaris* L.

5.1.5 Obsah betalainů v %

Průměrný obsah betalainů, tj betacyaninů (betaninu) a betaxanthinů (vulgaxanthinu – I), stanovených kultivarů *B. vulgaris* L. v % je shrnut v Tab. 3. Kultivary cukrové řepy *B. vulgaris* L. gr. altissima obsahují průměrně 0,00016 % betacyaninů a 0,00037 % betaxanthinů. Odrůda 'LABONITA KWS' obsahuje 0,0002 % betacyaninů a 0,0005 % betaxanthinů, 'ESPERANZA' obsahuje 0,0002 % betacyaninů a 0,0004 % betaxanthinů, 'CARUSO' obsahuje 0,0001 % betacyaninů a 0,0003 % betaxanthinů a 'MERAK' obsahuje 0,0001 % betacyaninů a 0,0003 % betaxanthinů.

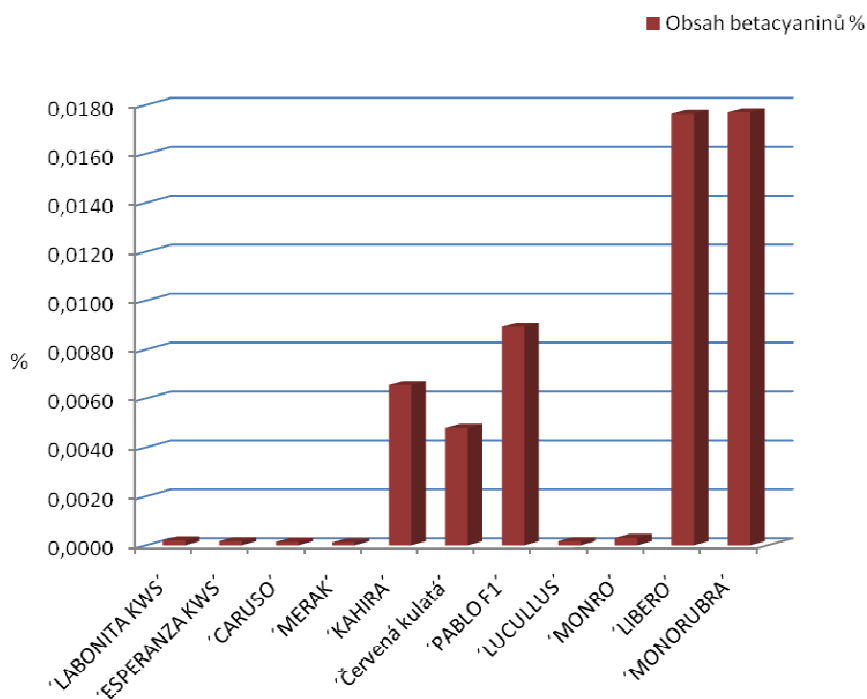
Tab. 3: Průměrný obsah betacyaninů a betaxanthinů v % kultivarů *B. vulgaris* L.

Odrůda	Obsah betacyaninů %	Obsah betaxanthinů %
'LABONITA KWS'	0,0002	0,0005
'ESPERANZA'	0,0002	0,0004
'CARUSO'	0,0001	0,0003
'MERAK'	0,0001	0,0003
'KAHIRA'	0,0065	0,0011
'Červená kulatá'	0,0048	0,0005
'PABLO F1'	0,0089	0,0007
'LUCULLUS'	0,0002	0,0004
'MONRO'	0,0003	0,0006
'LIBERO'	0,0176	0,0013
'MONORUBRA'	0,0177	0,0029

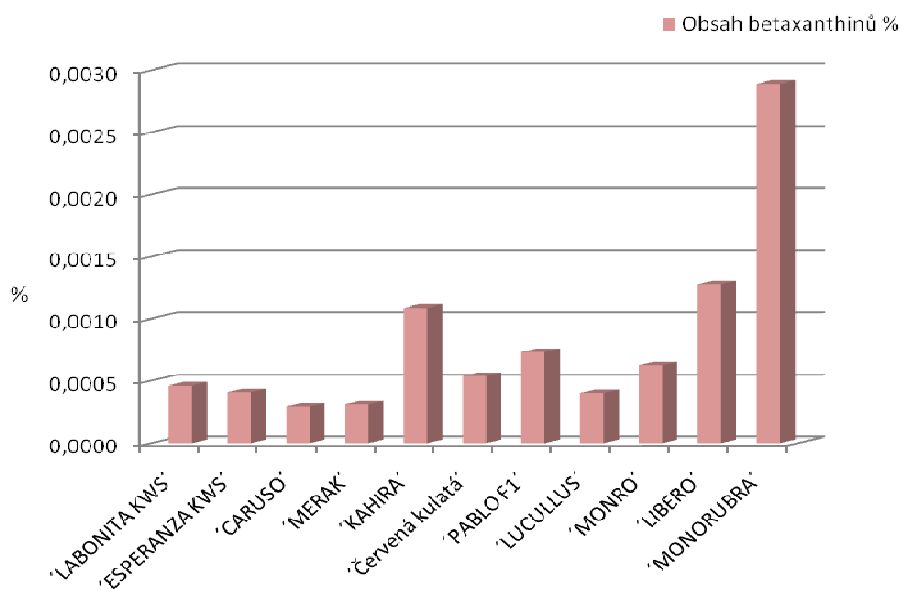
Odrůdy salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris obsahují průměrně 0,0111 % betacyaninů a 0,0013 % betaxanthinů. Kultivar 'KAHIRA' obsahuje 0,0065 % betacyaninů a 0,0011 % betaxanthinů, 'Červená kulatá' obsahuje 0,0048 % betacyaninů a 0,0005 % betaxanthinů, 'PABLO F1' obsahuje 0,0089 % betacyaninů a 0,0007% betaxanthinů, 'LIBERO' obsahuje 0,0176 % betacyaninů a 0,0013 % betaxanthinů. Největší obsah betalainů ze všech stanovených kultivarů *B. vulgaris* L. má salátová řepa 'MONORUBRA', která obsahuje 0,0177 % betacyaninů a 0,0029 % betaxanthinů. Krmná řepa 'MONRO' obsahuje 0,0003 % betacyaninů a 0,0006 % betaxanthinů, se svými obsahy betalainů se řadí na místo

po salátové řepě. Mangold 'LUCULLUS' obsahuje 0,0002 % betacyaninů a 0,0004 % beaxanthinů.

Názorné zobrazení obsahu betacyaninů a betaxanthinů stanovených odrůd *B. vulgaris* L. je přehledně graficky shrnuto v Grafu 22 a Grafu 23.

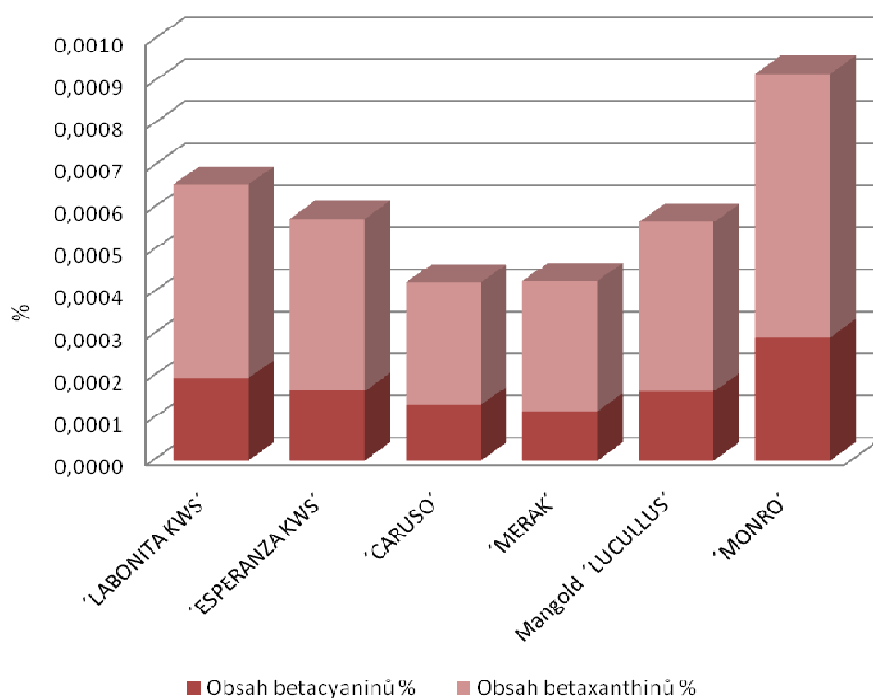


Graf 22: Obsah betacyaninů v % odrůd *B. vulgaris* L.

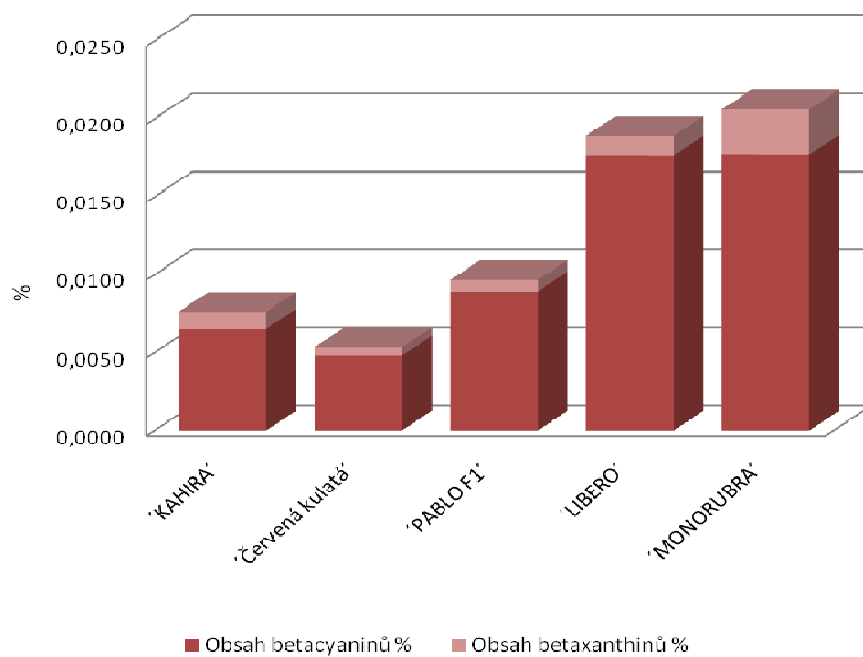


Graf 23: Obsah betaxanthinů v % odrůd *B. vulgaris* L.

Přehledný rozdíl mezi obsahy betalainů u jednotlivých stanovených odrůd cukrové řepy *B. vulgaris* L. gr. altissima, krmné řepy *B. vulgaris* L. gr. rapacea a mangoldu *B. vulgaris* L. gr. cicla je zobrazen v Grafu 24. Obsah betalainů jednotlivých odrůd červené řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris je shrnut v Grafu 25.



Graf 24: Obsah betalainů (rozdělení betacyaninů a betaxanthinů) v % - cukrová řepa 'LABONITA KWS', 'ESPERANZA', 'CARUSO', 'MERAK', 'mangold 'LUCULLUS' a krmná řepa 'MONRO'.



Graf 25: Obsah betalainů (rozdělení betacyaninů a betaxanthinů) v % – salátová řepa 'KAHIRA', 'Červená kulatá', 'PABLO F1', 'LIBERO' a 'MONORUBRA'.

5.1.6 Změny obsahu betalainů filtrováním

Dále je porovnávána analýza deseti odrůd *B. vulgaris* L., které byly stanoveny ve dvou krocích. Nejprve byla naměřena světelná absorpce u vzorků řepného extraktu, které nebyly filtrované přes mikrofiltr Target PVDF 0,45 µm a poté byly vzorky přefiltrovány přes tento mikrofiltr a opět byla změřena světelná absorpce. Vypočítané koncentrace betalainů těchto rozdílných vzorků jsou uvedeny v Tab. 4, včetně rozdílných hodnot.

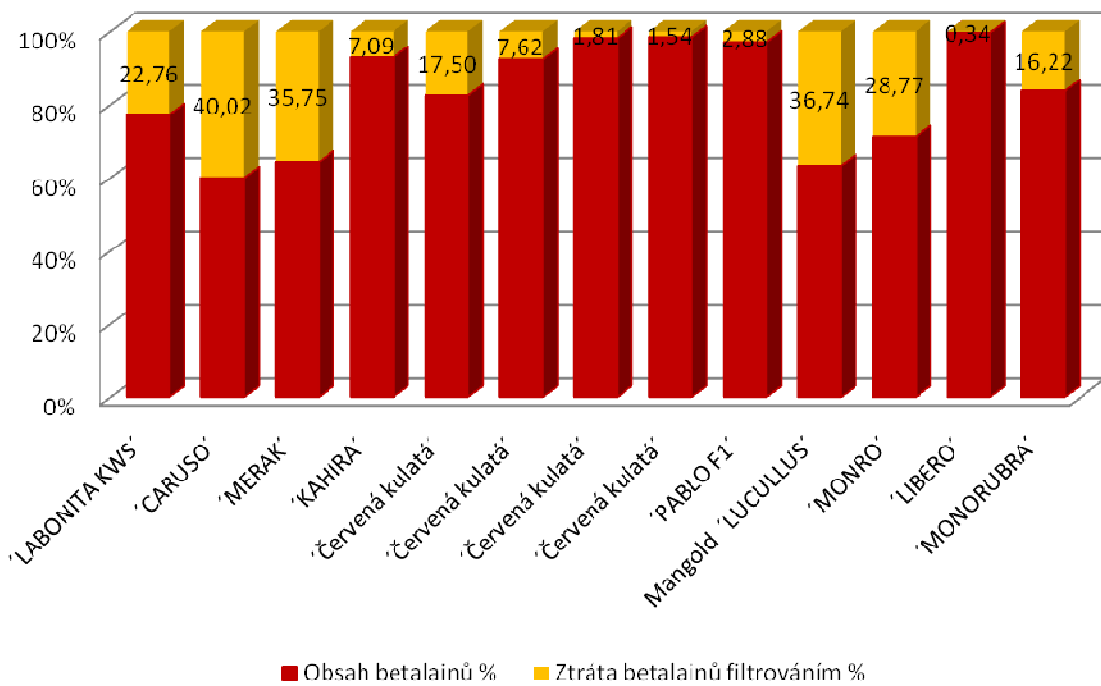
U každé odrůdy byl tímto způsobem stanoven jeden pár koncentrací, u odrůdy salátové řepy 'Červená kulatá' byly stanoveny čtyři párové hodnoty těchto koncentrací. Je patrné, že přefiltrované vzorky obsahují menší koncentrace než vzorky nefiltrované.

Např. u kultivaru *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'LIBERO' je koncentrace betaninu nefiltrovaného vzorku 10,0305 mg/100 ml a koncentrace přefiltrovaného vzorku 10,0590 mg/100 ml. Rozdíl je i v koncentracích naměřených vzorků vulgaxanthinů – I, které mají u odrůdy 'LIBERO' rozdíl 0,0087 mg/100 ml. Rozdíly naměřených rozdílných koncentrací betaninu se pohybují od 0 mg/100 ml ('Červená kulatá') do 1,8313 mg/100 ml ('MONORUBRA') a vulgaxanthinu – I od 0,0087 mg/100 ml ('LIBERO') do 0,4158 mg/100 ml ('MONORUBRA'). Odrůda 'MONORUBRA' má dle naměřených výsledků nejvyšší rozdíl v nefiltrovaných vzorkách a vzorkách filtrovaných přes mikrofiltr.

Graf 26 znázorňuje ztrátu betalainů řepných vzorků přefiltrováním přes mikrofiltr. Z tohoto grafu je především patrné, že největší ztráty při filtrování extraktů přes mikrofiltr vznikly u odrůd cukrové řepy 'CARUSO' a 'MERAK', dále jsou viditelné ztráty u mongoldu 'LUCULLUS' a krmné řepy 'MONRO'. Nejmenší procentuální ztráty mají odrůdy červené (salátové) řepy, konkrétně 'Červená kulatá', 'PABLO F1' a 'LIBERO'. Vysoké procentuální ztráty mají kultivary 'CARUSO', 'MERAK', 'LUCULLUS' a 'MONRO', které činí od 28,77 % do 40,02 %. Průměrné ztráty filtrováním jsou 16,85 %. Ztráty způsobené filtrováním jednotlivých odrůd jsou uvedeny v % a vyčísleny v Grafu 26, ve kterém představují žlutou část sloupců.

Tab. 4: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I ve vzorkách filtrovaných mikrofiltrem 0,45µm, nefiltrovaných a jejich rozdíl.

Odrůda	Vzorek filtrovaný mikrofiltrem 0,45µm x nefiltrovaný	Koncentrace betaninu mg/100 ml	Rozdíl koncentrace betaninu mg/100 ml	Koncentrace vulgaxanthinu - I mg/100 ml	Rozdíl koncentrace vulgaxanthinu - I mg/100 ml
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima ‘LABONITA KWS’	filtrovaný	0,0557	0,0146	0,1483	0,0455
	nefiltrovaný	0,0703		0,1938	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima ‘CARUSO’	filtrovaný	0,0537	0,0206	0,1263	0,0995
	nefiltrovaný	0,0743		0,2258	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. altissima ‘MERAK’	filtrovaný	0,0449	0,0147	0,1041	0,0682
	nefiltrovaný	0,0596		0,1723	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘KAHIRA’	filtrovaný	4,9439	0,3061	0,6682	0,1223
	nefiltrovaný	5,2500		0,7905	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘Červená kulatá’	filtrovaný	4,5240	0,7036	0,4862	0,3594
	nefiltrovaný	5,2276		0,8456	
	filtrovaný	1,2904	0,0860	0,2228	0,0388
	nefiltrovaný	1,3764		0,2616	
	filtrovaný	2,7370	0,0140	0,3465	0,0427
	nefiltrovaný	2,7510		0,3892	
	filtrovaný	1,9060	0,0000	0,2415	0,0335
	nefiltrovaný	1,9060		0,2750	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘PABLO F1’	filtrovaný	7,7040	0,2314	0,6200	0,0158
	nefiltrovaný	7,9354		0,6358	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. cicla Mangold ‘LUCULLUS’	filtrovaný	0,0938	0,0381	0,2242	0,1466
	nefiltrovaný	0,1319		0,3708	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. rapacea ‘MONRO’	filtrovaný	0,1534	0,0352	0,2992	0,1476
	nefiltrovaný	0,1886		0,4468	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘LIBERO’	filtrovaný	10,0305	0,0285	0,7770	0,0087
	nefiltrovaný	10,0590		0,7857	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘MONORUBRA’	filtrovaný	9,5283	1,8313	2,0790	0,4158
	nefiltrovaný	11,3596		2,4948	



Graf 26: Ztráta obsahu betalainů extraktů odrůd *B. vulgaris* L. filtrovaných přes mikrofiltr uvedená v %.

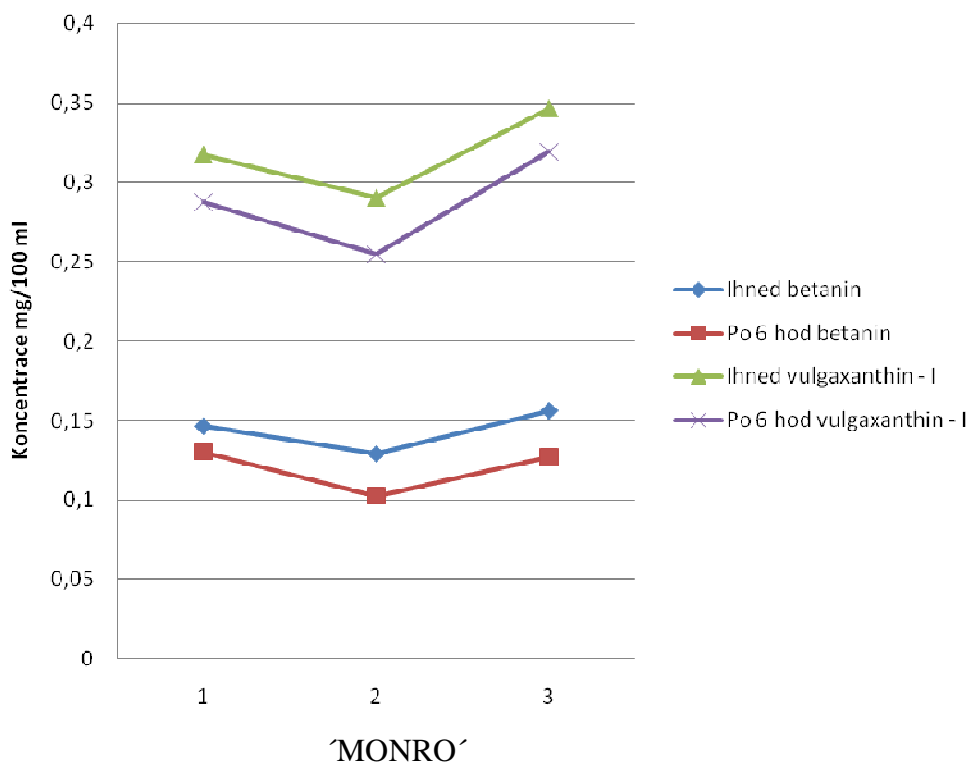
5.1.7 Změna obsahu betalainů po 6 hod. skladování

Rozdíl mezi měřením spektrofotometrické analýzy vzorků řepného extraktu provedeného okamžitě a měřením provedeným po 6 hodinách světelného působení při teplotě 22 °C je uvedeno v Tab. 5. Takto byla stanovena trojice vzorků od dvou odrůd *B. vulgaris* L., krmné řepy 'MONRO' a červené (salátové) řepy 'LIBERO'.

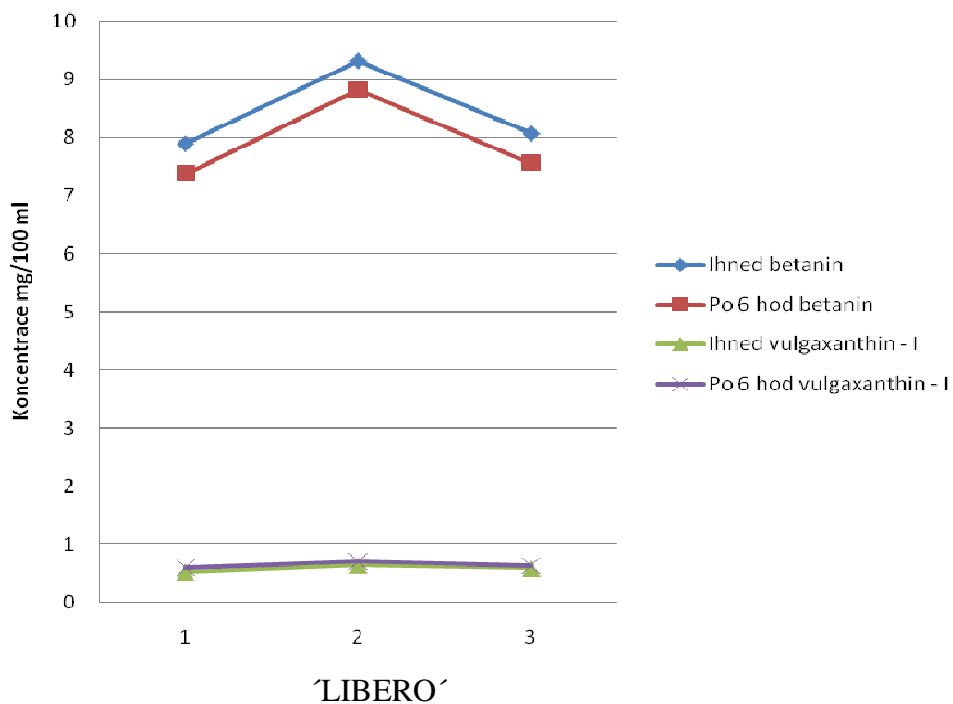
Množství průměrné koncentrace degradovaných betalainů u krmné řepy 'MONRO' je 0,0241 mg/100 ml., o toto množství se po 6 hodinách světelného a tepelného působení snížila koncentrace betalainů. Průměrná koncentrace vulgaxanthinu – I u této odrůdy se po 6 hodinách snížila o 0,0310 mg/100 ml. Odrůda salátové řepy 'LIBERO' měla ztráty průměrné koncentrace betalainů po 6 hod. u betaninu 0,4998 mg/100 ml a u vulgaxanthinu – I byl nárůst pigmentů o 0,0559 mg/100 ml. Vše je názorně zobrazeno v Grafech 27 a 28, z nichž je patrné, jak jsou rozdíly v degradacích pigmentů jednotlivých betalainů u každého vzorku téměř jednotné, tj. mezi spojnicemi je téměř konstantní rozdíl. Viditelnou odchylku tvoří vzorek č. 1 u odrůdy 'MONRO' v rozdílu koncentrací betaninu (viz. Graf 27). Odrůda 'LIBERO' má téměř stejné ztráty (viz. Graf 28), jak u betaninu, tak u vulgaxanthinu – I, ale koncentrace vulgaxanthinu – I s časem neklesala, nýbrž rostla.

Tab. 5: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I ve vzorcích stanovených bez prodloužení, stanovených po 6 hod. a jejich rozdíl.

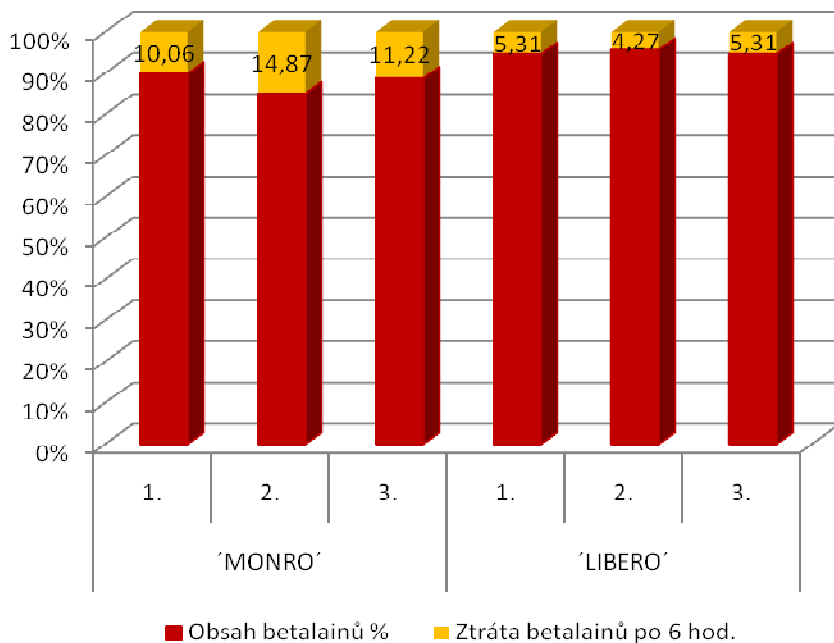
Odrůda	Vzorek stanovovaný ihned x po 6 hod.	Koncentrace betaninu mg/100 ml	Ztráta betaninu mg/100 ml	Koncentrace vulgaxanthinu - I mg/100 ml	Ztráta vulgaxanthinu - I mg/100 ml
<i>B. vulgaris</i> L. gr. rapacea 'MONRO'	ihned	0,1466	-0,0166	0,3176	-0,0301
	po 6 hod.	0,1300		0,2875	
	ihned	0,1290	-0,0264	0,2905	-0,0360
	po 6 hod.	0,1026		0,2545	
	ihned	0,1564	-0,0294	0,3462	-0,0270
	po 6 hod.	0,1270		0,3192	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris 'LIBERO'	ihned	7,8913	-0,5147	0,5313	0,0671
	po 6 hod.	7,3766		0,5984	
	ihned	9,3094	-0,4815	0,6463	0,0567
	po 6 hod.	8,8279		0,7030	
	ihned	8,0652	-0,5032	0,5896	0,0440
	po 6 hod.	7,5620		0,6336	



Graf 27: Degradace pigmentů betalainů 3 vzorků odrůdy 'MONRO' po 6 hod. skladování.



Graf 28: Degradace pigmentů betalainů 3 vzorků odrůdy 'LIBERO' po 6 hod. skladování.



Graf 29: Ztráta obsahu betalainů extraktů odrůd *B. vulgaris* L. 'MONRO' a 'LIBERO' po 6 hod. uskladnění uvedená v %.

Ztráta obsahu betalainů po 6 hodinách světelného a tepelného působení je zobrazena v Grafu 29., kde je vztažena na 100 % celku. Množství degradovaných betalainů v % vůči objemu všech stanovených betalainů je označeno v Grafu 29 žlutou barvou a vyčísleno, červeně jsou zobrazeny betalainy naměřené po 6 hod. skladování vzorků. Naměřené ztráty jsou velmi malé, pohybují od 4,27 % do 14,87 %. Kultivar 'MONRO' má průměrnou ztrátu způsobenou 6 hod. uskladněním 12,05 %. Kultivar 'LIBERO' má průměrnou ztrátu vlivem 6 hod. uskladnění 4,96 %.

5.1.8 Změna obsahu betalainů po 24 hod. skladování

V Tab. 6 jsou zaznamenány koncentrace betalainů, tedy betaninu a vulgaxanhinu – I, vzorků vybraných řepných extraktů stanovených ihned a stanovených po 24 hod. Tyto vzorky byly na 24 hodin uskladněny ve tmě při teplotě cca 7 °C a poté spektrofotometricky stanoveny.

Dle naměřených hodnot jsou koncentrace betalainů naměřené po 24 hodinách vyšší než koncentrace stanovené ihned po izolaci. Rozdíly průměrných koncentrací betaninu se pohybují v rozmezí od 0,0215 mg/100 ml do 0,3087 mg/100 ml. Rozdíly průměrných koncentrací vulgaxanthinu – I jsou od 0,1114 mg/100 ml do 0,7712 mg/100 ml.

Tab. 6: Koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I ve vzorcích stanovených bez prodlení, stanovených po 24 hod. a jejich rozdíl.

Odrůda	Vzorek stanovovaný ihned x po 24 hod.	Koncentrace betaninu mg/100 ml	Rozdíl koncentrací betaninu mg/100 ml	Koncentrace vulgaxanthinu - I mg/100 ml	Rozdíl koncentrací vulgaxanthinu - I mg/100 ml
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘KAHIRA’	ihned	1,9700	0,1124	0,2460	0,2712
	po 24 hod.	2,0824		0,5172	
	ihned	1,8035	0,0733	0,2910	0,1356
	po 24 hod.	1,8768		0,4266	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘Červená kulatá’	ihned	1,3764	0,0428	0,2616	0,1344
	po 24 hod.	1,4192		0,3960	
	ihned	2,7370	0,2502	0,3892	0,2220
	po 24 hod.	2,9872		0,6112	
	ihned	1,9060	0,0650	0,2750	0,1828
	po 24 hod.	1,9710		0,4578	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. vulgaris ‘PABLO F1’	ihned	3,4308	0,3087	0,2070	0,0837
	po 24 hod.	3,7395		0,2907	
	ihned	2,7510	-0,6222	0,3465	-0,1365
	po 24 hod.	2,1288		0,2100	
	ihned	3,9790	0,1504	0,2920	0,1744
	po 24 hod.	4,1294		0,4664	
<i>B. vulgaris</i> L. gr. cicla Mangold ‘LUCULLUS’	ihned	0,0743	0,0215	0,1764	0,1165
	po 24 hod.	0,0958		0,2929	
	ihned	0,0655	0,0244	0,1782	0,1114
	po 24 hod.	0,0899		0,2896	

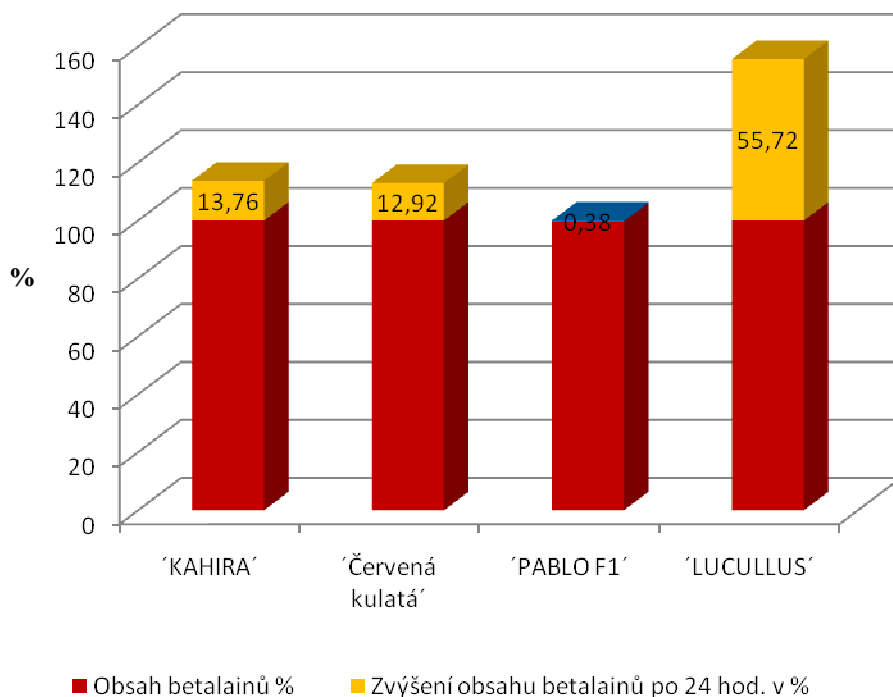
U jediného druhého vzorku odrůdy 'PABLO F1' byly naměřené hodnoty po 24 hodinách uchování v chladu u koncentrace betaninu o 0,6222 mg/100 ml nižší než hodnoty naměřené ihned po izolaci. Koncentrace vulgaxanthinu - I u tohoto vzorku byla také nižší po 24 hod. než ihned a to o 0,1365 mg/100 ml.

Přírůstek obsahu betalainů odrůd salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris po 24 hod. skladován v temnu a chladu vztažených na 100 % celku je zobrazen v Grafu 30. Celek, tj. 100 %, tvoří obsah betalainů naměřený bez prodlení u vybraných odrůd, nárůst obsahu betalainů po 24 hod. uskladnění je v Grafu 30 zobrazen žlutou barvou a tvoří procentuální poměr k betalainům naměřeným ve vzorcích bez prodlení.

Odrůdy 'KAHIRA' a 'Červená kulatá' mají téměř stejný procentuální nárůst obsahu betalainů po 24 hod. skladování, hodnoty jsou 13,76 %, resp. 12,92 %.

Nejvyšší poměr obsahu betalainů stanovených ihned a po 24 hod. je u mangoldu 'LUCULLUS', kde je vzrůst obsahu betalainů po 24 hod. o 52,72 %.

U jediné odrůdy 'PABLO F1' došlo ke snížení obsahu betalainů po 24 hod. skladování poměr vzhledem k celkovým betalainům je 0,38 % a je v Grafu 30 zabrazen modře.

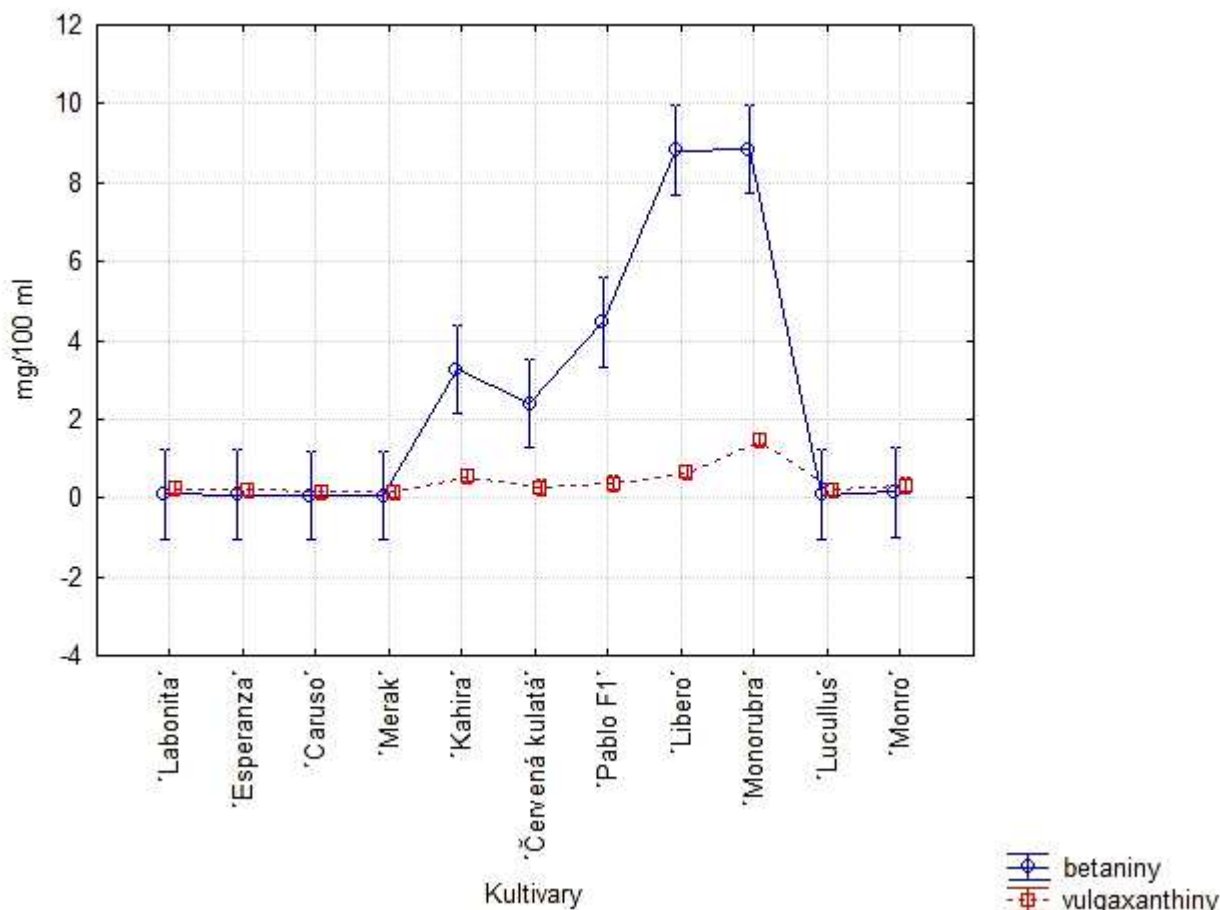


Graf 30: Přírůstek obsahu betalainů odrůd *B. vulgaris* L. 'KAHIRA', 'Červená kulatá', 'PABLO F1' a 'LUCULLUS' po 24 hod. uskladnění uvedená v %.

5.2 Vyhodnocení statistických hypotéz

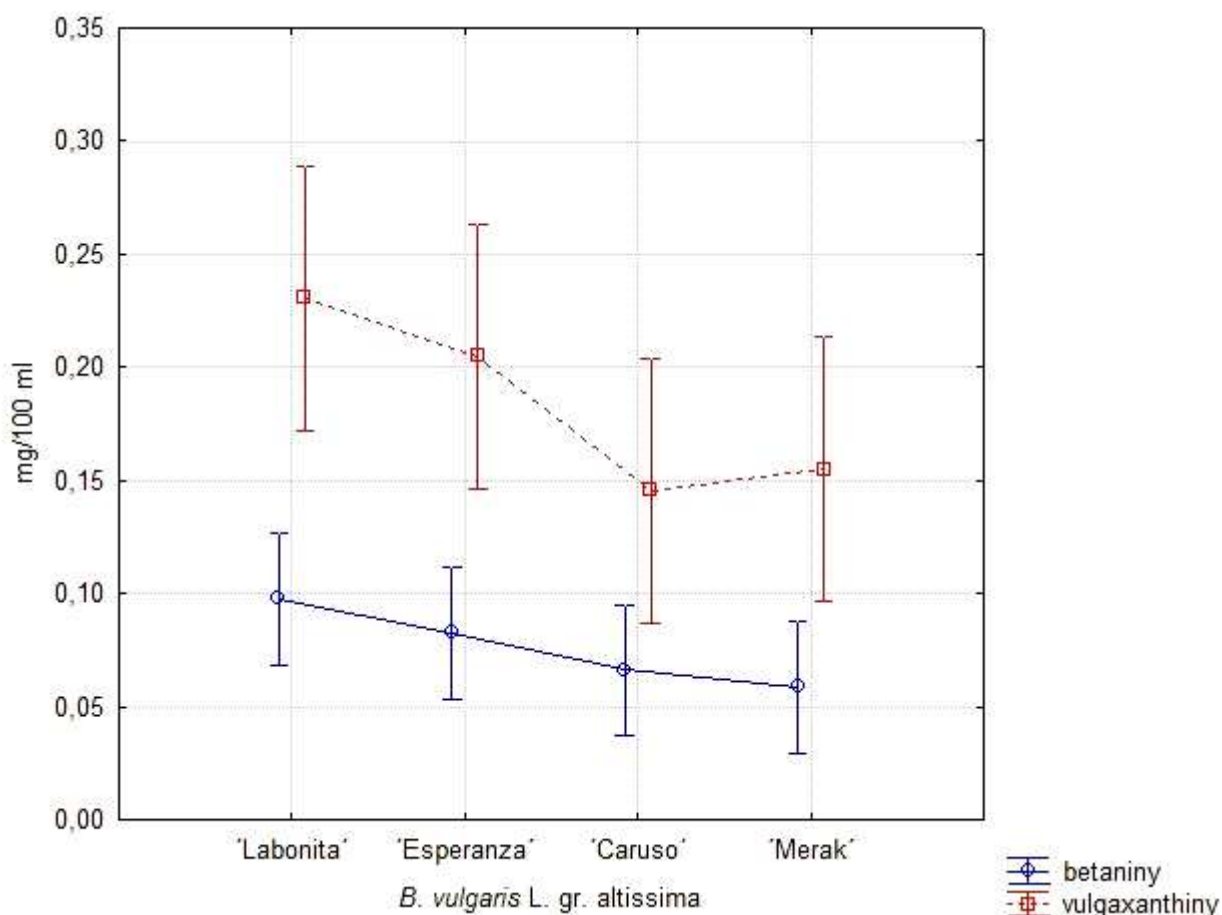
Vzhledem k hladině významnosti „p“ pro stanovení betaninu všech odrůd řepy *B. vulgaris* L. výrazně nižší (viz. Tab. 9) než stanovená hodnota $\alpha = 0,05$ je přijata alternativní hypotéza, podle které se na hladině významnosti α minimálně jedna dvojice z porovnávaných obsahů betaninů významně statisticky liší dle Kruskal - Wallisova testu (Tab. 11). Je prokázáno, že obsahem betaninu se mezi sebou významně liší odrůdy 'LIBERO', 'MONORUBRA' a 'MERAK', 'CARUSO'.

Pro stanovení obsahu vulgaxanthinu – I je též přijata alternativní hypotéza na základě neparametrického testu (Tab. 12), kde je statisticky pokázán rozdíl odrůdy 'MERAK' a odrůd 'MONORUBRA' a 'CARUSO'. Schematicky znázorněno v Grafu 31.



Graf 31: Graficky znázorněný obsah betaninu a vulgaxanthinu – I všech stanovených kultivarů *B. vulgaris* L.

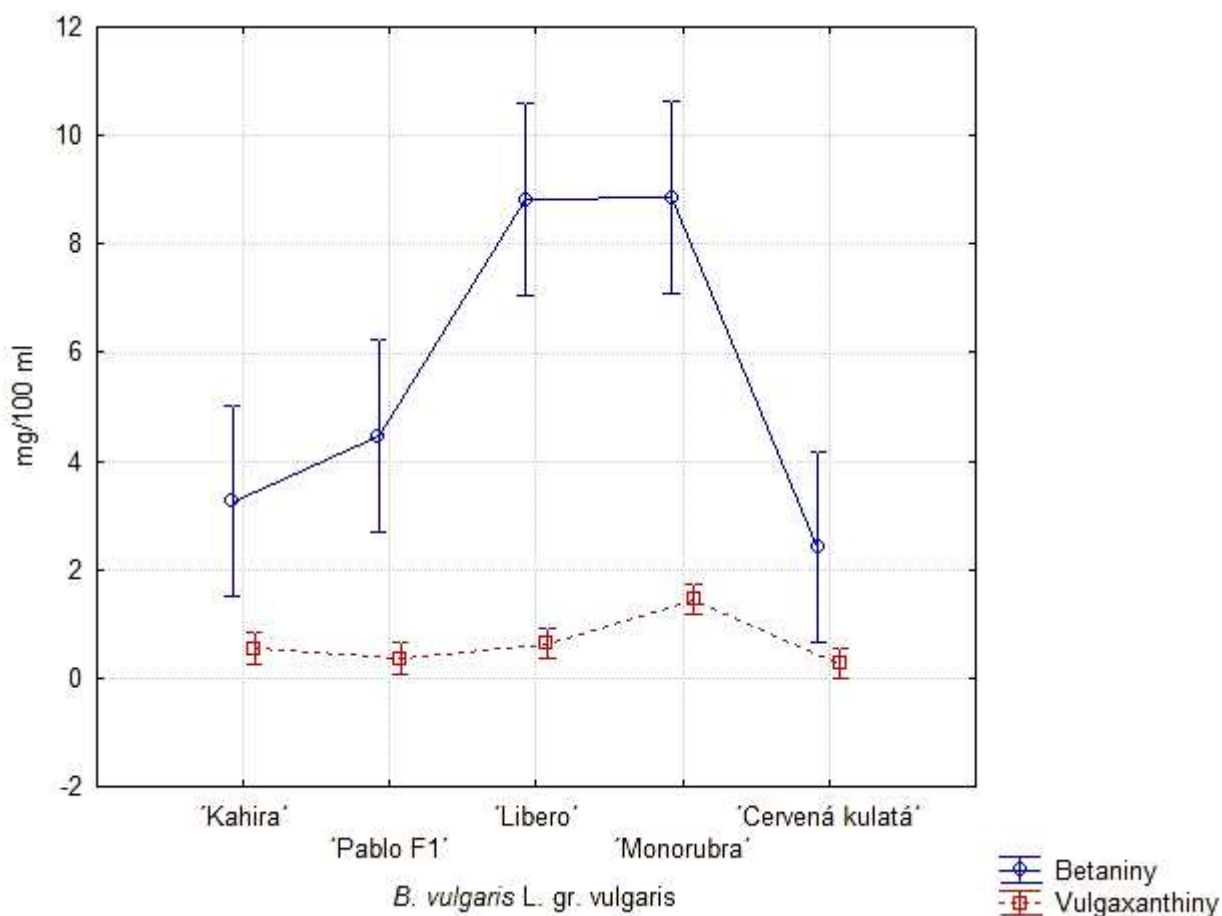
Ve skupině kultivarů cukrové řepy *B. vulgaris* L. gr. altissima je přijata nulová hypotéza, tzn. obsahy betaninu ve stanovené skupině kultivarů cukrové řepy se statisticky průkazně neliší (Tab. 13 – 16). Totéž platí také pro stanovení obsahu vulgaxanthinu – I ve skupině stanovovaných kultivarů cukrové řepy (Tab. 17 – 20). Znázorněno v Grafu 32.



Graf 32: Graficky znázorněný obsah betaninu a vulgaxanthinu – I stanovených kultivarů *B. vulgaris* L. gr. altissima.

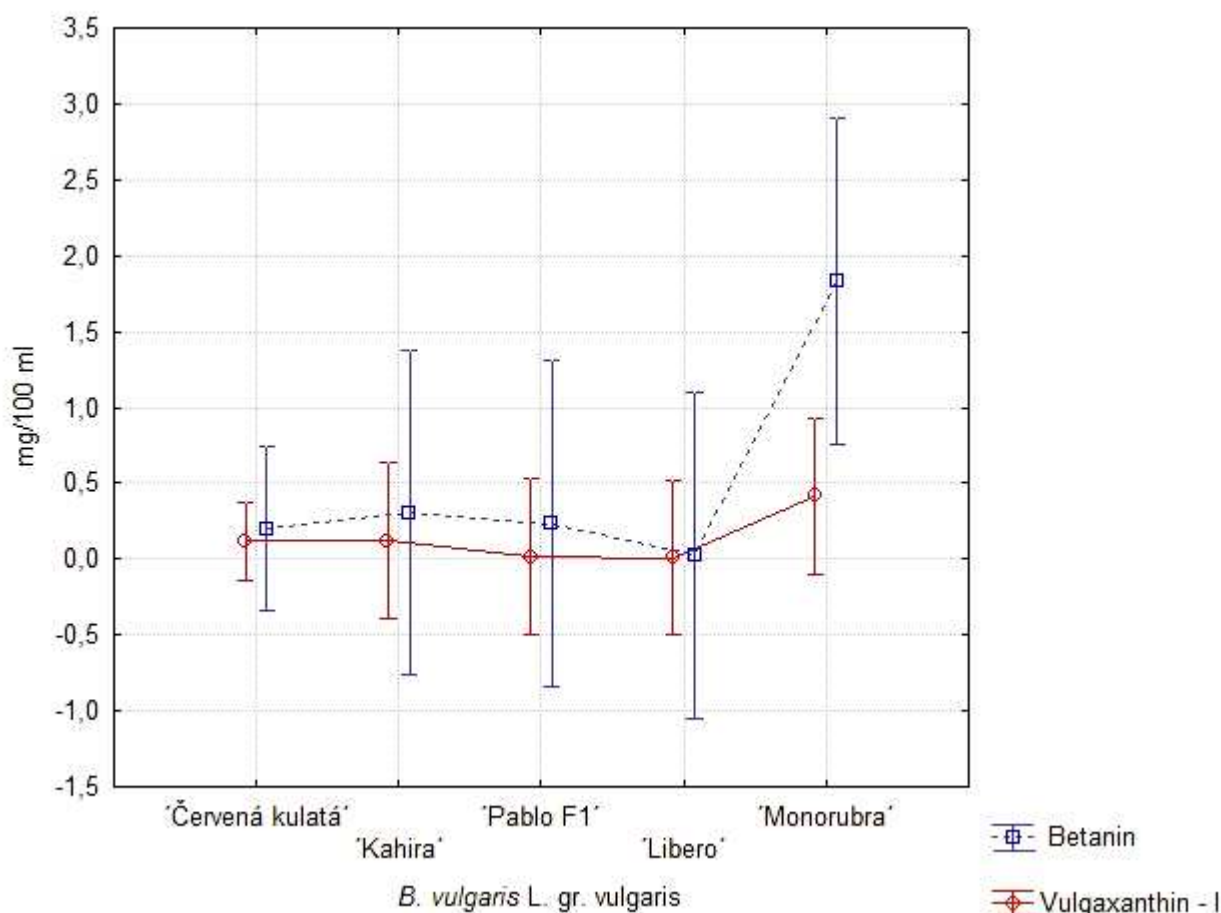
Ve skupině kultivarů salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris pro obsah betaninu je přijata alternativní hypotéza, tzn. obsahy betaninu ve stanovované skupině salátové řepy se statisticky průkazně liší (Tab. 22). Odrůdy 'Červená kulatá', 'KAHIRA' a 'PABLO F1' se mezi sebou významně neliší, též odrůdy 'LIBERO' a 'MONORUBRA', které se mezi sebou také významně statisticky neliší. Tyto skupiny kultivarů salátové řepy se mezi sebou významně statisticky liší (Tab. 23 – 24). Schematicky znázorněno v Grafu 33.

Ve skupině kultivarů salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris pro obsah vulgaxanthinu - I je také přijata alternativní hypotéza, tzn. obsahy vulgaxanthinu - I ve stanovené skupině salátové řepy se statisticky průkazně liší (Tab. 26). Odrůda 'MONORUBRA' se svým obsahem vulgaxanthinu – I významně statisticky liší od ostatních kultivarů (Tab. 27 a 28). Schematicky znázorněno v Grafu 33.



Graf 33: Graficky znázorněný obsah betaninu a vulgaxanthinu – I stanovených kultivarů *B. vulgaris* L. gr. vulgaris.

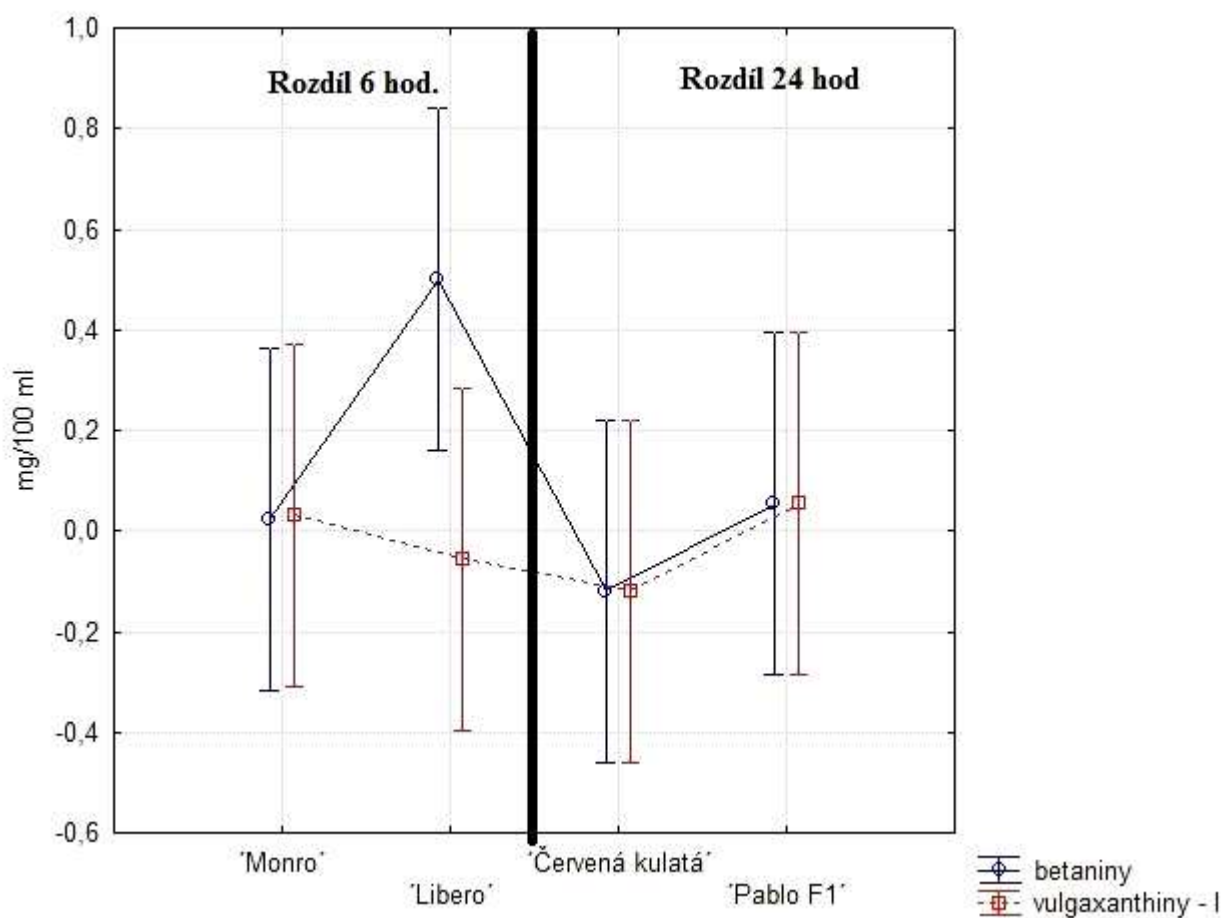
Mezi vzorky salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris filtrovanými pomocí mikrofiltru vůči nefiltrovaným vzorkům nebyl statisticky prokázán rozdíl v obsahu betaninu, tj. byla přijata nulová hypotéza u všech stanovených kultivarů salátové řepy (Tab. 30 – 32). Mezi vzorky filtrovanými přes mikrofiltr vzhledem k nefiltrovaným vzorkům salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris nebyl statisticky prokázán rozdíl v obsahu vulgaxanthinu - I (Tab. 34 – 36). Schematické znázornění v Grafu 34.



Graf 34: Graficky znázorněný rozdíl filtrování obsahu betaninu a vulgaxanthinu – I stanovených kultivarů *B. vulgaris* L. gr. vulgaris .

Stanovení obsahu betaninu bez prodlení a stanovení obsahu betaninu po 6 hod. skladování kultivaru krmné řepy *B. vulgaris* L. gr. rapacea 'MONRO' a salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'LIBERO' se statisticky významně liší, tzn. je přijata alternativní hypotéza (Tab. 38 – 40). Stanovení obsahu vulgaxanthinu - I bez prodlení a stanovení obsahu vulgaxanthinu - I po 6 hod. odrůdy krmné řepy 'MONRO' a salátové řepy 'LIBERO' se také významně statisticky liší (Tab. 42 – 44). Schematicky znázorněno v Grafu 35.

Stanovení obsahu betaninu bez prodlení a stanovení obsahu betaninu po 24 hod. uchování v chladu a temnu kultivarů salátové řepy *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'Červená kulatá' a 'PABLO F1' se statisticky významně neliší, tzn. je přijata nulová hypotéza (Tab. 46 – 48). Stanovení obsahu vulgaxanthinu - I bez prodlení a stanovení obsahu vulgaxanthinu - I po 24 hod. kultivarů salátové řepy 'Červená kulatá' a 'PABLO F1' se také významně statisticky neliší (Tab. 50 – 52). Schematicky znázorněno v Grafu 35.



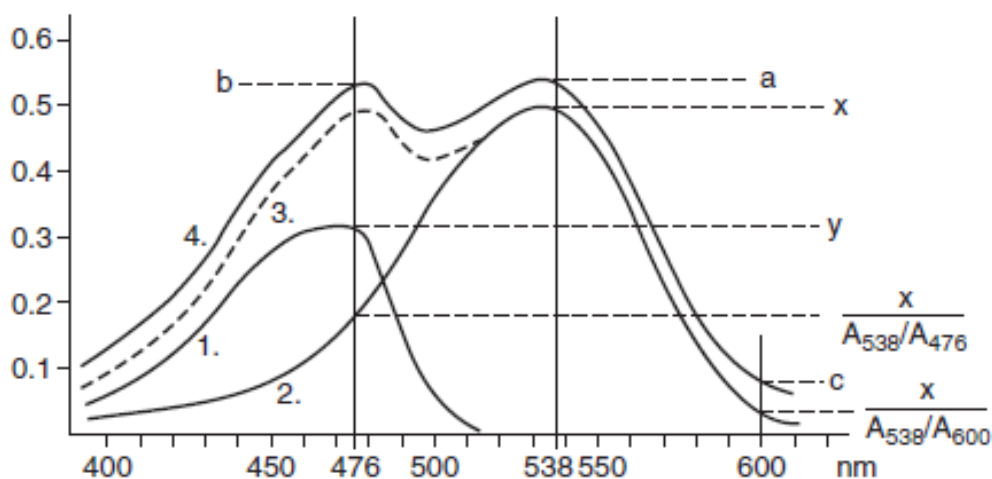
Graf 35: Graficky znázorněný rozdíl prodlení stanovení obsahu betaninu a vulgaxanthinu – I vybraných dvojic kultivarů *B. vulgaris* L.

6 Diskuze

Většina odborných publikací zabývajících se betalainy *Beta vulgaris* L. a jiných rostlin se více soustředí na jejich funkční vlastnosti, stabilitu, činnost volných radikálů a další vlastnosti (Stinting et Carle, 2004; Azeredo, 2006; Pucher et al., 1937), než na kvantitativní stanovení jednotlivých betalainů.

Kvantitativní analýza se používá ke stanovení celkového pigmentu obsaženého barviva a k určení jejich barevné síly. Dle von Elbe (2001) je použití relativně rychlé metody pro kvantifikaci obsaženého celkového pigmentu velice důležité nejen pro vývoj nových orůd řepy vhodných pro produkci pigmentů. Současné kultivary řepy používané pro zeleninovou produkci obsahují relativně nízký celkový pigment.

Stanovené absorpční spektrum řepné šťávy má pouze jedno zřetelné maximum a to je maximum při vlnové délce 538 nm, které znázorňuje obsažené betaniny ve vybraném vzorku kultivaru 'MONRO'. V Grafu 7 je méně patrné maximum při vlnové délce 476 nm, které by odpovídalo vulgaxanthinu – I. Tato křivka je pouze mírně rozšířena v rozmezí hodnot 450 nm – 500 nm. Správný průběh absorpčního spektra pro řepnou šťávu obecně, znázorňuje von Elbe (2001) v Grafu 36, kde znázorňuje také spektra izolovaného betaninu, vulgaxanthinu – I, a spektrum směsi betaninu a vulgaxanthinu – I. Spektrum stanovovaného vzorku řepné šťávy kultivaru 'MONRO' by se lépe projevilo při měření vlnových délek po 20 nm úsecích.



Graf 36: Absorpční spektra betaninu a vulgaxanthinu – I v řepné šťávě. Spektrum 1 – vulgaxanthin – I; 2 – betanin; 3 – betanin + vulgaxanthin – I; 4 – řepná šťáva (von Elbe, 2001).

Ke stanovení betaninu a vulgaxanthinu - I byla využita metoda, kterou uvádí von Elbe (2001). Touto metodou byly stanoveny koncentrace betaninu a vulgaxanthinu – I z hypokotylu vybraných druhů rodu *Beta* L. U pěti odrůd červené (salátové) řepy (‘KAHIRA’, ‘Červená kulatá’, ‘PABLO F1’, ‘LIBERO’ a ‘MONORUBRA’) byly stanoveny koncentrace betacyaninů od 1,2904 mg/50 g čerstvé váhy (tj. 2,5808 mg/ 100 g) do 10,3625 mg/50 g čerstvé váhy (tj. 20,725 mg/100 g čerstvé váhy), koncentrace betaxanthinů odrůd salátové řepy je v rozmezí od 0,264 mg do 4,158 mg/100 g čerstvé váhy. V bulvách červené řepy, odrůdy ‘Reglo’, ‘Rubia’, ‘Boldary’, ‘Garnet’ a ‘Monoking Explorer’ naměřili Goldman et al. (1996) množství betacyaninů od 80 mg do 180 mg/100 g čerstvé váhy a množství betaxanthinů od 25 mg do 55 mg/100 g čerstvé váhy. Rozdíl v porovnání se stanovenými vzorky salátové řepy je značný a může být způsoben rozdílem stanovovaných částí řepy, Goldman et al. (1996) stanovovali betalainy v bulvách, narozdíl od tohoto pokusu, kde byl stanoven hypokotyl s částí přízemní růžice listů řepy, které zcela jistě snižují obsah těchto pigmentů.

Czapski et al. (2009) ve svém experimentu se salátovou řepou, resp. řepnou šťávou, kultivaru ‘Czerwona Kula 2002’ stanovili množství červených pigmentů (betacyaninů) od 0,57 mg/ml do 1,37 mg/ml a množství žlutých pigmentů (betaxanthinů) od 0,40 mg/ml do 0,61 mg/ml. Pro porovnání, v této experimentální práci bylo stanoveno u kultivaru ‘Červená kulatá’ množství betacyaninů (betaninu) od 0,0129 mg/ml do 0,0452 mg/ml a množství betaxanthinů (vulgaxanthinu – I) od 0,0013 mg/ml do 0,0049 mg/ml. Ostatních 11 odrůd červené řepy (‘Ceryl’, ‘Chrobry’, ‘Nochowski’, ‘Noe 21’, ‘Noe 694’, ‘Noe 904’, ‘Noe Pol’, ‘Okragly Ciemnoczerwony’, ‘Opolski’ a ‘Wodan’), které uvádí Czapski et al. (2009), obsahuje množství betaxanthinů v rozmezí od 0,62 mg/ml do 1,63 mg/ml a množství betaxanthinů v rozmezí od 0,31 mg/ml do 0,95 mg/ml dle odrůdy. V tomto stanovení byly naměřeny hodnoty betacyaninů různých kultivarů červené (salátové) řepy od 0,013 mg/ml do 0,10 mg/ml a hodnoty betaxanthinů kultivarů červené řepy od 0,0013 mg/ml do 0,021 mg/ml. Hodnoty se opět liší o jeden řád, což je zcela jistě způsobeno stanovovanými částmi bulvy řepy.

Prostřednictvím selektivního šlechtitelského procesu se celkový pigment (tj. betacyaniny + betaxanthiny) na gram řepné tkáně několikanásobně zvýšil, jak uvádí Goldman et al. (1996). Ve výběrovém procesu je důležité, co nejrychleji stanovit celkový obsah, jak betacyaninů, tak betaxanthinů, k čemuž je určena mimo jiné také metoda dle von Elbe (2001).

Jak již bylo uvedeno, řepná šťáva a řepný extrakt jsou známy obsahem nejen betaninu a vulgaxanthinu – I, ale obsahují také jiné pigmenty, např. isobetainin, prebetainin, vulgaxanthin – II. Do výpočtu celkových betalainů jsou zahrnuty pouze obsahy betaninu a vulgaxanthinu – I, neboť tyto pigmenty tvoří přibližně 95 % celkového obsahu. Ostatní pigmenty mají světelnou absorpci podobnou nebo velmi blízkou k absorpci betaninu a vulgaxanthinu – I a chyba ve výpočtu je zanedbatelná (von Elbe, 2001). Dle tohoto tvrzení je rozmezí obsahu celkových betalainů u stanovených odrůd červené (salátové) řepy od 3,0264 mg/100 g do 23,2146 mg/100 g čerstvé váhy. Stanovené hodnoty jsou výrazně nižší, proti jiným zjištěným hodnotám. Pro srovnání, červená (salátová) řepa stanovená Kannerem et al. (2001) obsahovala 300 – 600 mg/kg (tj. 30 – 60 mg/100g) betaninu v bulvě, což jsou také nižší hodnoty, než které uvádí Goldman et al. (1996).

Nejvyšší procentuální obsah betacyaninů analyzovaných v hypokotylu a části listové růžice červené (salátové) řepy 'MONORUBRA' byl 0,0177 % a obsah betaxanthinů byl 0,0029 % čerstvé váhy. Dle Nilssona (1970) se obsah betacyaninů v bulvách červené řepy pohybuje od 0,04 % do 0,21 % a obsah betaxanthinů od 0,02 % do 0,14 %, liší se však v závislosti na kultivaru. Gasztonyi et al. (2001) analyzovali u odrůd 'Bonel', 'Favorit' a 'Rubin' nejvyšší obsah betacyaninů - 0,08 %, a odrůda 'Nero' měla nejnižší obsah betacyaninů – 0,06 %. Koncentrace čistého betaninu potřebného k získání požadovaného odstínu k barvení potravin je poměrně malý, zřídka kdy vyšší než 50 mg/kg, tj. 0,005 % (Delgado-Vargas et al., 2000). Dle Goldmana et al. (1996), může být koncentrace betacyaninů v řepné šťávě v rozmezí 0,10 - 0,18 % pro použití v potravinářském průmyslu, což považuje také za relativně nízkou koncentraci.

Azeredo (2006) udává nejvyšší poměr mezi obsahem betacyaninů a betaxanthinů 2,08 u odrůdy červené řepy 'Rubin' a na základě tohoto poměru považuje tuto odrůdu za nejvhodnější k výrobě potravinového barviva. V experimentu byl poměr BC:BX všech pěti odrůd vyšší než 6,0. Tyto odrůdy jsou tedy velmi vhodné pro výrobu potravinového barviva. Goldman et al. (1996) naměřili poměr BC:BX odrůd červené řepy ('Reglo', 'Rubia', 'Boldary', 'Garnet' a 'Monoking Explorer') od 2,5 do 3,5.

Pro stanovení koncentrací pomocí spektrofotometrické absorpční analýzy, bylo třeba mít připravený vzorek velmi čistý, tj. čirý. Ing. Pivec (2012, pers.comm.) z Katedry chemie Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze tedy doporučil po provedené centrifugaci vzorku navíc tento vzorek následně přefiltrovat přes

mikrofiltr o citlivosti 0,45 μm . Přefiltrované vzorky již vypadaly čiré oproti „nefiltrovaným“, a proto byl tento krok přidán ke standardní metodě stanovení obsahu betalainů této experimentální práce. Je provedeno porovnání filtrovaných a nefiltrovaných vzorků, dle naměřených hodnot je patrné, že nefiltrované vzorky řepných extraktů mají vyšší obsah betalainů. Není však prokazatelné, čím je tento vyšší obsah betalainů u nefiltrovaných vzorků způsoben. Jeden z důvodů naměření vyšších koncentrací může být mírné zakalení nefiltrovaných vzorků, což může mít za následek zkreslení naměřených hodnot absorpční spektrofotometrie a tím pádem i výpočtu koncentrací.

Důvodem stanovení nižších hodnot koncentrací filtrovaných vzorků přes mikrofiltr může být zachycení betalainů v mikrofiltru, neboť v metodě stanovení dle von Elbe (2001) není tento krok popsán, ale je zde uvedeno, že stanovovaný vzorek musí být čirý. Von Elbe (2001) upozorňuje na to, že spektrofotometrické stanovení je použitelné pro čerstvou řepnou šťávu nebo řepný extrakt. Také uvádí, že pokud budou vzorky vystaveny podmínkám, které by mohly mít za následek degradaci pigmentů, je třeba opatrnosti, neboť opravy provedené v metodě pro přítomnost nečistot nemusí být dostatečné pro zachycení rozkladných produktů.

Je známo, že betalainy jsou velmi nestálé pigmenty. Von Elbe (2001) uvádí, že výtažky z řepné tkáně je nutné neprodleně stanovit, z důvodu rozkladu betalainových pigmentů. Také udává, že vzorky mohou být uloženy až 24 hod. v chladničce, delší skladování však již nedoporučuje. Von Elbe (2001) také doporučuje provedení extrakce v dusíkové atmosféře, tím by se ještě více zabránilo rozpadu pigmentů. Toto stanovení však nebylo prováděno v dusíkové atmosféře.

Získané hodnoty stanovených koncentrací betalainů vše potvrzují. Je nutné po extrahování vzorků ihned provést spektrofotometrické stanovení, zjistil již dříve Rybáček et al. (1985), z důvodu následné nežádoucí degradace betalainových pigmentů, neboť šťávy s vysokým obsahem aminokyselin rychle a silně tmavnou. Stanovením vzorků již po 6 hodinách se degradace betalainů potvrdila. Odrůda červené řepy 'LIBERO' měla mnohem větší ztráty průměrné koncentrace betalainů po 6 hod. než předcházející odrůda krmné řepy 'MONRO', což je především způsobeno velmi rozdílnou koncentrací betalainů červené a krmné řepy. Je patrné, že jsou rozdíly v degradacích pigmentů jednotlivých betalainů u každého vzorku téměř jednotné, tj. mají téměř konstantní rozdíl. Malou odchylku tvoří vzorek č. 1 u odrůdy 'MONRO' v rozdílu koncentrací betaninu. Odrůda 'LIBERO' má téměř stejné

ztráty jak u betaninu, tak u vulgaxanthinu – I, ale u vulgaxanthinu – I koncentrace pigmentů s časem neklesala, nýbrž rostla.

Singer et von Elbe (1980) zjistili, že betacyaniny u salátové řepy jsou více stabilní než betaxanthiny, a to jak při pokojové teplotě, tak po zahřátí. Betacyaniny jsou více náchylné k degradaci než betaxanthiny (Wasserman et al., 1984). V experimentu nebyl tento výrok potvrzen jak u krmné řepy 'MONRO', tak také u červené řepy 'LIBERO'. Je možné, že u krmné řepy je tento rozdíl způsoben vyšším obsahem vulgaxanthinu – I, než betaninu, salátová řepa obsahuje více betaninu než vulgaxanthinu – I.

Von Elbe (2001) ve své metodě stanovení betalainů v řepné šťávě uvádí, že analyzované vzorky mohou být uloženy v chladném prostředí až 24 hod. Delší skladování však nedoporučuje. Při stanovení vzorků řepných extraktů po delší časové prodlevě, tj. 24 hod. uskladnění ve tmě a chladu, vyšly stanovené spektrofotometrické hodnoty vyšší než hodnoty, které byly stanoveny ihned po izolaci, což je v rozporu se stanovením hodnot po 6 hod. Myslím si, že vyšší naměřené hodnoty obsahu betalainů po 24 hod. vzhledem ke stanovení obsahu betalainů po 6 hod. jednoznačně způsobilo zakalení vzorků, které bylo způsobeno degradací betalainů a jiných složek řepné šťávy, především látek obsahujících sacharózu a aminokyseliny.

Rybáček et al. (1985) tvrdí, že šťávy s vysokým obsahem aminokyselin rychle a silně tmavnou a to vysvětluje naměřené vyšší hodnoty v experimentu. Vzorky po 24 hod. uskladnění byly již mírně tmavší (zakalené), což zřejmě způsobil rozpad betalainů a dalších obsažených látek. Důkazem tvrzení Rybáčka et al. (1985) je 55 % nárůst obsahu betalainových pigmentů mangoldu 'LUCULLUS' po 24 hod. skladování. Mangold 'LUCULLUS' obsahuje velké množství aminokyselin, které podléhají tmavnutí.

Na závěr, jen pro zajímavost, přidávám porovnání obsahů betalainů kořene plevelné řepy (*B. vulgaris* L.), které stanovila ve své Diplomové práci v červenci 2012 Romana Vindušková (2013). Stanovení obsahu pigmentů plevelné řepy bylo měřeno současně se zde uvedenou experimentální prací, ve stejné laboratoři a za použití stejné metodiky dle von Elbe (2001), kterou jsem poskytla.

Kořen plevelné řepy dle stanovení Vinduškové (2013) obsahuje betaniny v rozmezí od 0,091 mg/100 ml do 0,178 mg/100 ml a obsah vulgaxanthinů se pohybuje od 0,036 mg/100 ml do 0,77 mg/100 ml. Průměrný obsah betalainů pro kořen plevelné řepy je 0,184 mg/100 ml.

7 Závěr

Cílem této práce bylo spektrofotometrické stanovení betacyaninů a betaxanthinů izolovaných z hypokotylu několika vybraných zástupců rodu *Beta* L. vypěstovaných v polních podmínkách.

- Předkládaná práce je přehled ucelených informací o betalainech, jejich charakteristika, chemická struktura, výskyt v rostlinných zdrojích i potravinách, popsány jsou také faktory ovlivňující jejich stabilitu a antioxidační účinky.
- Spektrofotometrickou analýzou bylo zjištěno, že betacyaniny (betanin) obsahují nejen odrůdy červené (salátové) řepy, ale také cukrová řepa, krmná řepa a mangold, přestože nemají typické červené zbarvení.
- Experimentální prací byla stanovena koncentrace celkových betalainů, tj. betacyaninů (betaninu) a betaxanthinů (vulgaxanthinu – I) v mg /100 ml, v mg /100 g čerstvé váhy a v % u jedenácti různých kultivarů *Beta vulgaris* L.
- Graficky je velmi názorně zobrazen rozdíl obsahů betalainů mezi jednotlivými zástupci rodu *Beta* L. a je také rozdíl mezi jednotlivými skupinami.
- Statisticky bylo prokázáno, že se navzájem liší obsahy betaninu i obsahy vulgaxanthinu – I kultivarů *B. vulgaris* L.
- Ve skupině kultivarů cukrové řepy nebyl statisticky prokázán rozdíl obsahu betaninu a obsahu vulgaxanthinu – I. Ve skupině kultivarů salátové řepy byla statisticky prokázána odlišnost mezi kultivary v obsahu betaninu i vulgaxanthinu – I.
- Rozdíl mezi vzorky salátové řepy fitrovanými mikrofiltrem vůči nefiltrovaným vzorkům nebyl statisticky prokázán.
- Statistický rozdíl stanovení obsahu betaninu / vulgaxanthinu – I po 6 hod. uskladnění vůči okamžitému stanovení obsahů pigmentů kultivaru krmné řepy 'MONRO' a salátové řepy 'LIBERO' byl potvrzen.
- Rozdíl mezi obsahem betaninu / vulgaxanthinu – I kultivarů salátové řepy 'Červená kulatá' a 'PABLO F1' po 24 hod. vůči stanovení obsahů pigmentů bez prodloužení nebyl statisticky potvrzen.
- Uvedená analýza může být inspirací pro experimentování a zjišťování těchto chemických látek u jiných rostlin.

Informace zde předložené byly pro mne velkým přínosem a věřím, že budou přínosem také pro ostatní botaniky a chemiky.

8 Seznam literatury

- Attoe, E. L., von Elbe, J. H. 1981. Photochemical degradation of betanine and selected anthocyanins. *Journal of Food Science*. 46. 1934-1937.
- Attoe, E. L., von Elbe, J. H. 1982. Degradation kinetics of betanine in solutions as influenced by oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 30. 708-712.
- Attoe, E. L., von Elbe, J. H. 1984. Oxygen involvement in betanin degradation. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A*. 179. 232-236.
- Attoe, E. L., von Elbe, J. H. 1985. Oxygen involvement in betanine degradation: effect of antioxidants. *Journal of Food Science*. 50. 106-110.
- Azeredo, H. M. C. 2006. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 44. 2365-2376.
- Bedářová, Z. 2012. Osiva-semena. Zelenina [online]. Copyright. [cit 2013-02-17]. Dostupné z <<http://osiva-semena.cz/49-zelenina>>.
- Cai, Y., Sun, M., Corke, H. 2003. Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51. 2288-2294.
- Cai, Y., Sun, M., Corke, H. 2005. Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends in Food Science and Technology*. 16. 370-376.
- Czapski, J. 1990. Heat stability of betacyanins in red beet juice and in betanin solutions. *European Food Research and Technology*. 191. 275-278.
- Czapski, J., Mikolajczyk, K., Kaczmarek, M. 2009. Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and contents of its betalain pigments. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 59. 119-122.
- ČHMÚ. 2012. Archiv Čáslav [online]. InMeteo. 17. března 2013 [cit 2013-03-17]. Dostupné z <<http://www.in-pocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=caslav>>.
- Danihelka, J., Chrtek, J. Jr., Kaplan, Z. 2012. Checklist of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia* 84. 647–811.
- Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R., Paredes-López, O. 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 40. 173-289.

- Escribano, J., Pedreño, M. A., Garcia-Carmona, F., Muñoz, R. 1998. Characterization of the antiradical activity of betalains from *Beta vulgaris* L. roots. *Phytochemical Analysis*. 9. 124-127.
- Gasztonyi, M. N., Danood, H., Hajos, M. T., Biacs, P. 2001. Comparison of red beet (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) varieties on the basis of their pigment components. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 81. 932- 933.
- Goldman, I. L., Eagen, K. A., Breitbach, D. N., Gabelman, W. H. 1996. Simultaneous selection is effective in increasing betalain pigment concentration but not total dissolved solids in red beet. *Journal American of Horticultural Science*. 121. 23-26.
- Hatlestad, G. J., Sunnadeiya, R. M., Akhavan, A., Gonzales, A., Goldman, I. L., McGrath, J. M., Lloyd, A. M. 2012. The beet *R* locus encodes a new cytochrome P450 required for red betalain production. *Nature Genetics*. 44. 816-820.
- Hejny, S., Slavík, B. (eds.). 2003. *Květena České republiky 2*. Academia. Praha. 540 s. ISBN: 8020010890.
- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., Carle, R. 2004. Impact of thermal treatment on colour and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. *Journal of Food Science*. 69. C491-C498.
- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., Carle, R. 2006. Betalain stability and degradation – structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science*. 71. R41-R50.
- Huang, A. S., von Elbe, J. H. 1985. Kinetics of the degradation and regeneration of betanine. *Journal of Food Science*. 50. 1115-1120.
- Huang, A. S., von Elbe, J. H. 1986. Stability comparison of two betacyanine pigments – amaranthine and betanine. *Journal of Food Science*. 51. 670-674.
- Huang, A. S., von Elbe, J. H. 1987. Effect of pH on the degradation and regeneration of betanine. *Journal of Food Science*. 52. 1689-1693.
- Jackman, R. L. and Smith, J. L. 1996. *Anthocyanins and betalains. Natural food colourants*. London. Blackie Academic and Professional. 244-309.
- Kanner, J., Harel, S., Granit, R. 2001. Betalains – a new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49. 5178-5185.
- Kapadia, G. J., Tokuda, H., Konoshima, T., Nishino, H. 1996. Chemoprevention of lung and skin cancer by *Beta vulgaris* (beet) root extract. *Cancer Letters*. 100. 211-214.

- Kapadia, G. J., Azuine, M. A., Sridhar, R. 2003. Chemoprevention of DMBA – induced UV-B promoted, NOR-I-induced TPA promoted skin carcinogenesis, and DEN-induced phenobarbital promoted liver tumors in mice by extract of beetroot. *Pharmaceutical Research*. 47. 141-148.
- Kearsley, M. W., Katsaboxakis, K. Z. 1980. Stability and use of natural colours in foods. *Journal of Food Technology*. 15. 501-514.
- KWS. 2012. Cukrovka. Katalog odrůd cukrovky 2012/2013. KWS. Velké Meziříčí. 16 s.
- Lu, G., Edwards, C. G., Fellmann, J. K., Mattinson, D. S., Navazio, J. 2003. Biosynthetic origin of geosmin in red beets (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51. 1026-1029.
- Leathers, R. R., Davin, C., Zryd, J. P. 1992. Betalain producing cell cultures of *Beta vulgaris* L. var. Bikores Monogerm (red beet). *In vitro cellular and Developmental Biology* 28. 39-45.
- Mabry, T. J., Wyler, H., Parikh, I., Dreiding, A. S. 1967. The conversion of betanidin and betanin to neobetanidin derivatives. *Tetrahedron*. 23. 3111-3127.
- Mapy.cz, s.r.o. [online]. NAVTEQ 1. dubna 2013 [cit 2013-04-02]. Dostupné z http://mapy.cz/#x=15.397484&y=49.794046&z=7&d=coor_15.404099%2C49.787547_1&q=nov%25C3%25A1%2520ves%2520u%2520le%25C5%25A1tiny&qp=15.159869_49.735902_15.471525_49.863997_10 >.
- Mizrahi, Y., Nerd, A., Nobel, P. S. 1997. Cacti as crops. *Horticultural Reviews*. 18. 291-320.
- Náprstek, R. 2013. E162 - Betanin (Betalainová červen) [online]. *Zdravapotravina.cz*. [cit 2013-02-22]. Dostupné z < <http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek?prisada=E162> >.
- Nilsson, T. 1970. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. vulgaris var. rubra L.). *Lantbrukshögskolans Annaler*. 36. 179- 219.
- Netzel, M., Stintzing, F. C., Quaas, D. 2005. Renal excretion of antioxidative constituents from red beet in humans. *Food Research International*. 38. 1051-1058.
- Pedreño, M. A., Escribano, J. 2001. Correlatin between antiradical activity and stability of betanin forom *Beta vulgaris* L. roots under different pH, temperature and light conditions. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 81. 627-631.
- Pivec, V. 17. července 2012, pers. comm.

- Pohl, M., Března, J., Drašner, F., Jirků, M., Macháček, J., Popelka, F., Rosecký, J., Houznar, s., Toman, A. 1996. Vysočina - Okresy Havlíčkův Brod, Jihlava, Pelhřimov, Třebíč a Žďár nad Sázavou. Informační a metodické centrum. Žďár nad Sázavou. 57 s.
- Pucher, G. W., Cuertis, L. C., Vickery, H. B. 1937. The red pigment of the root of the beet (*Beta vulgaris*). Departments of Biochemistry and Genetics of the Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven. 61-70.
- Reposam, s.r.o. 2013. Řepa salátová. Libero RZ [online]. Copyright. [cit 2013-02-17]. Dostupné z <<http://www.reposam.cz/osiva-zeleniny/korenova-zelenina/repasalatova/libero/>>.
- Robinson, T., 1963. The organic constituents of higher plants. Burgess Publishing. Minneapolis. p. 292.
- Rybáček, V., Bureš, J., Friml, M., Hlaváček, J., Chochola, J., Kohout, V., Kutina, J., Minx, L., Myšák, J., Pulkrábek, J., Řimsa, V., Schmidt, L., Šimek, M., Šroller, J., Vokřál, M., 1985. Cukrovka. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 480 s.
- Saguy, I., Kopelman, I. J., Mizrahi, S. 1978. Thermal kinetic degradation of betanin and betalamic acid. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 26. 360-362.
- Saguy, I., Goldman, M., Bord, A., Cohen, E. 1984. Effect of oxygen retained on beet powder on the stability of betanin and vulgaxanthine-I. Journal of Food Science. 49. 99-101.
- Sapers, G. M., Hornstein, J. S. 1979. Varietal differences in colorant properties and stability of red beet pigments. Journal of Food Science. 44. 1245-1248.
- Schwartz, S. J., von Elbe, J. H. 1983. Identification of betanin degradation products. European Food Research and Technology. 176. 448-453.
- Selgen, a.s. 2013. Krmná řepa. Monro [online]. Selgen. [cit 2013-02-17]. Dostupné z <<http://selgen.cz/okopaniny/krmna-repa-2/monro/>>.
- Singer, J. W., von Elbe, J. H. 1980. Degradation rates of vulgaxanthine – I. Journal of Food Science. 45. 489-491.
- Spears, K. 1988. Developments in food colourings: the natural alternatives. TIB-TECH 6. 283-288.
- Stafford, H. A. 1994. Anthocyanins and Betalains: evolution of the mutually exclusive pathways. Plant Science. 101. 91-98.
- Stehlík, V. 1982. Biologie druhů, variet a forem řep rodu *Beta* L. Academia. Praha. 448 s.

- Stintzing, F. C., Carle, R. 2004. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*. 15. 19-38.
- Stintzing, F. C., Carle, R. 2006. Cactus fruits – more than colour. *Fruit Processing*. 16. 166-171.
- Stintzing, F. C., Schieber, A., Carle, R. 2002. Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear (*Opuntia ficus-indica*(L.) Mill.) by high-performance liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50. 2302-2307.
- Stintzing, F. C., Schieber, A., Carle, R. 2003. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juice. *European Food Research and Technology*. 216. 303-311
- Strack, D., Vogt, T., Schliemann, W. 2003. Recent advances in betalain research. *Phytochemistry*. 62. 247-269.
- Strube GmbH & Co. KG. 2009. Databáze odrůd. Caruso [online]. Copyright. [cit 2013-02-17]. Dostupné z < http://www.strube.cz/prehled_odrud/?n=5-10-57&sortId=10 >.
- Tesoriere, L., Butera, D., D'Arpa, D. 2003. Increased resistance to oxidation of betalain-enriched human low density lipoproteins. *Free Radical Research*. 37. 689-696.
- Tesoriere, L., Allegra, M., Butera, D., Livrea, M. A. 2004. Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: Potential health effect of betalains in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. 80. 941-945.
- Timerlake, C. F., Henry, B. S. 1986. Plant pigments as natural food colours. *Endeavour* 10. 31-36.
- ÚKZUZ. Databáze odrůd [online]. ÚKZUZ. 17. února 2013 [cit 2013-02-17]. Dostupné z < <http://nou.ukzuz.cz/ido/> >.
- Vindušková, R. 2013. Betalainy plevelné řepy (*Beta vulgaris* L.): možnost včasné detekce na pozemcích. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 55 s.
- von Elbe, J. H., 2001. Betalains. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. F3.1.1 – F3.1.7.
- von Elbe, J. H., Attoe, E. L. 1985. Oxygen involvement in betanine degradation – Measurement of active oxygen species and oxidation-reduction potentials. *Food Chemistry*. 16. 49-67.

- von Elbe, J. H., Maing, L., Amundsen, C. H. 1974. Colour stability of betanin. *Journal of Food Science*. 39. 334-337.
- Wasserman, B. P., Eiberger, L. L., Guilfooy, M. P. 1984. Effect of hydrogen peroxide and phenolitic compounds on horseradish peroxidase-catalysed decolorization of betalain pigments. *Journal of Food Science*. 49. 536-538.
- Wyler, H., Dreiding, A. S. 1984. Deuterierung von betanidin und indicaxanthin. (E/Z) - stereoisomerie in betalainen. *Helvetica Chimica Acta*. 67. 1793-1800.
- Zrýd, J. P., Christinet, L. 2003. Betalain pigments. Department of Plant Molecular Biology. Université de Lausanne. Switzerland.

9 Seznam příloh:

Seznam tabulek

TAB. 1: NAMĚŘENÉ HODNOTY SVĚTELNÉ ABSORBANCE PŘI VLNOVÝCH DÉLKÁCH 538, 476 A 600 NM ZÁSTUPCŮ *BETA VULGARIS* L.

TAB. 2: STATISTICKÉ PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE BETANINU, VULGAXANTHINU – I A CELKOVÁ KONCENTRACE BETALAINŮ ZÁSTUPCŮ *BETA VULGARIS* L.

TAB. 3: PRŮMĚRNÝ OBSAH BETACYANINŮ A BETAXANTHINŮ V % KULTIVARŮ *B. VULGARIS* L.

TAB. 4: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I VE VZORKÁCH FILTROVANÝCH MIKROFILTREM 0,45 μ m, NEFILTROVANÝCH A JEJICH ROZDÍL.

TAB. 5: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I VE VZORKÁCH STANOVENÝCH BEZ PRODLENÍ, STANOVENÝCH PO 6 HOD. A JEJICH ROZDÍL.

TAB. 6: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I VE VZORKÁCH STANOVENÝCH BEZ PRODLENÍ, STANOVENÝCH PO 24 HOD. A JEJICH ROZDÍL.

TAB. 7: POPISNÉ STATISTIKY PRO OBSAH BETANINU.

TAB. 8: POPISNÉ STATISTIKY PRO OBSAH VULGAXANTHINU – I.

TAB. 9: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ BETANINY.

TAB. 10: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ VULGAXANTHINY.

TAB. 11: KRUSKAL-WALLISŮV TEST PRO BETANIN.

TAB. 12: KRUSKAL-WALLISŮV TEST PRO VULGAXANTHIN – I.

TAB. 13: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ KULTIVARŮ CUKROVÉ ŘEPA BETANINY.

TAB. 14: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – CUKROVÁ ŘEPA BETANINY.

TAB. 15: TUKEYŮV TEST: OBSAH BETANINŮ CUKROVÁ ŘEPA.

TAB. 16: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁROZNĚNÍ: OBSAH BETANINŮ CUKROVÁ ŘEPA.

TAB. 17: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ KULTIVARŮ CUKROVÉ ŘEPA VULGAXANTHINY.

TAB. 18: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI - CUKROVÁ ŘEPA VULGAXANTHINY.

TAB. 19: TUKEYŮV TEST: OBSAH VULGAXANTHINŮ CUKROVÁ ŘEPA.

TAB. 20: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁROZNĚNÍ: OBSAH VULGAXANTHINŮ CUKROVÁ ŘEPA.

TAB. 21: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ – SALÁTOVÁ ŘEPA BETANINY.

TAB. 22: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – SALÁTOVÁ ŘEPA BETANINY.

TAB. 23: TUKEYŮV TEST – SALÁTOVÁ ŘEPA BETANINY.

TAB. 24: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁROZNĚNÍ – SALÁTOVÁ ŘEPA BETANINY.

TAB. 25: : TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ – SALÁTOVÁ ŘEPA VULGAXANTHINY.

TAB. 26: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – SALÁTOVÁ ŘEPA VULGAXANTHINY.

TAB. 27: TUKEYŮV TEST – SALÁTOVÁ ŘEPA VULGAXANTHINY.

TAB. 28: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁROZNĚNÍ – SALÁTOVÁ ŘEPA VULGAXANTHINY.

TAB. 29: LEVENĚŮV TEST HOMOGENITY – ROZDÍL VE FILTROVÁNÍ – BETANINY.

TAB. 30: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – ROZDÍL VE FILTROVÁNÍ - BETANINY.

- TAB. 31: TUKEYŮV TEST – ROZDÍL VE FILTROVÁNÍ – BETANINY.
- TAB. 32: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ – ROZDÍL VE FILTROVÁNÍ – BETANINY.
- TAB. 33: LEVENEŮV TEST HOMOGENITY – ROZDÍL VE FILTROVÁNÍ – VULGAXANTHINY.
- TAB. 34: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – ROZDÍL VE FILTROVÁNÍ – VULGAXANTHINY.
- TAB. 35: TUKEYŮV TEST – ROZDÍL VE FILTROVÁNÍ – VULGAXANTHINY.
- TAB. 36: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ – ROZDÍL VE FILTROVÁNÍ – VULGAXANTHINY.
- TAB. 37: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ – BETANINY STANOVENÉ IHNED A PO 6 HOD.
- TAB. 38: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – BETANINY STANOVENÉ IHNED A PO 6 HOD.
- TAB. 39: TUKEYŮV TEST – BETANINY STANOVENÉ IHNED A PO 6 HOD.
- TAB. 40: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ – BETANINY STANOVENÉ IHNED A PO 6 HOD.
- TAB. 41: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ – VULGAXANTHINY STANOVENÉ IHNED A PO 6 HOD.
- TAB. 42: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – VULGAXANTHINY STANOVENÉ IHNED A PO 6 HOD.
- TAB. 43: TUKEYŮV TEST – VULGAXANTHINY STANOVENÉ IHNED A PO 6 HOD.
- TAB. 44: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ – VULGAXANTHINY STANOVENÉ IHNED A PO 6 HOD.
- TAB. 45: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ – BETANINY STANOVENÉ IHNED A PO 24 HOD.
- TAB. 46: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – BETANINY STANOVENÉ IHNED A PO 24 HOD.
- TAB. 47: TUKEYŮV TEST – BETANINY STANOVENÉ IHNED A PO 24 HOD.
- TAB. 48: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ – BETANINY STANOVENÉ IHNED A PO 24 HOD.
- TAB. 49: TESTY HOMOGENITY ROZPTYLŮ – VULGAXANTHINY STANOVENÉ IHNED A PO 24 HOD.
- TAB. 50: JEDNOROZMĚRNÉ TESTY VÝZNAMNOSTI – VULGAXANTHINY STANOVENÉ IHNED A PO 24 HOD.
- TAB. 51: TUKEYŮV TEST – VULGAXANTHINY STANOVENÉ IHNED A PO 24 HOD.
- TAB. 52: TUKEYŮV TEST, SCHEMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ – VULGAXANTHINY STANOVENÉ IHNED A PO 24 HOD.

Seznam grafů:

- GRAF 1: NEJVYŠŠÍ A NEJNIŽŠÍ DENNÍ TEPLoty V PRŮBĚHU KVĚTNA 2012. ZDROJ: ČHMÚ (2012).
- GRAF 2: DENNÍ SRÁŽKOVÉ ÚHRNY V PRŮBĚHU KVĚTNA 2012. ZDROJ: ČHMÚ (2012).
- GRAF 3: : NEJVYŠŠÍ A NEJNIŽŠÍ DENNÍ TEPLoty V PRŮBĚHU ČERVNA 2012. ZDROJ: ČHMÚ (2012).
- GRAF 4: DENNÍ SRÁŽKOVÉ ÚHRNY V PRŮBĚHU ČERVNA 2012. ZDROJ: ČHMÚ (2012).
- GRAF 5: NEJVYŠŠÍ A NEJNIŽŠÍ DENNÍ TEPLoty V PRŮBĚHU ČERVENCE 2012. ZDROJ: ČHMÚ (2012).
- GRAF 6: DENNÍ SRÁŽKOVÉ ÚHRNY V PRŮBĚHU ČERVENCE 2012. ZDROJ: ČHMÚ (2012).
- GRAF 7: ABSORPČNÍ SPEKTRUM ŘEPNÉHO EXTRAKTU.
- GRAF 8: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA 'LABONITA KWS'.
- GRAF 9: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA 'ESPERANZA'.
- GRAF 10: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA 'CARUSO'.
- GRAF 11: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA 'MERAK'.
- GRAF 12: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'KAHIRA'.
- GRAF 13: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'ČERVENÁ KULATÁ'.
- GRAF 14: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'PABLO F1'.
- GRAF 15: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. CICLA MANGOLD 'LUCULLUS'.
- GRAF 16: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. RAPACEA 'MONRO'.
- GRAF 17: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'LIBERO'.
- GRAF 18: KONCENTRACE BETANINU A VULGAXANTHINU – I *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'MONORUBRA'.
- GRAF 19: POROVNÁNÍ OBSAHŮ BETALAINŮ JEDNOTLIVÝCH ODRŮD *B. VULGARIS* L.
- GRAF 20: POMĚR OBSAHU BC : BX ODRŮD *B. VULGARIS* L.
- GRAF 21: PRŮMĚRNÝ OBSAH BETALAINŮ STANOVENÝCH ODRŮD *B. VULGARIS* L.
- GRAF 22: OBSAH BETACYANINŮ V % ODRŮD *B. VULGARIS* L.
- GRAF 23: OBSAH BETAXANTHINŮ V % ODRŮD *B. VULGARIS* L.
- GRAF 24: OBSAH BETALAINŮ (ROZDĚLENÍ BETACYANINŮ A BETAXANTHINŮ) V % – CUKROVÁ ŘEPA 'LABONITA KWS', 'ESPERANZA', 'CARUSO', 'MERAK', 'MANGOLD 'LUCULLUS' A KRMNÁ ŘEPA 'MONRO'.
- GRAF 25: OBSAH BETALAINŮ (ROZDĚLENÍ BETACYANINŮ A BETAXANTHINŮ) V % – SALÁTOVÁ ŘEPA 'KAHIRA', 'ČERVENÁ KULATÁ', 'PABLO F1', 'LIBERO' A 'MONORUBRA'.
- GRAF 26: ZTRÁTA OBSAHU BETALAINŮ EXTRAKTŮ ODRŮD *B. VULGARIS* L. FILTROVANÝCH PŘES MIKROFILTR UVEDENÁ V %.
- GRAF 27: DEGRADACE PIGMENTŮ BETALAINŮ 3 VZORKŮ ODRŮDY 'MONRO' PO 6 HOD. SKLADOVÁNÍ.
- GRAF 28: DEGRADACE PIGMENTŮ BETALAINŮ 3 VZORKŮ ODRŮDY 'LIBERO' PO 6 HOD. SKLADOVÁNÍ.
- GRAF 29: ZTRÁTA OBSAHU BETALAINŮ EXTRAKTŮ ODRŮD *B. VULGARIS* L. 'MONRO' A 'LIBERO' PO 6 HOD. USKLADNĚNÍ UVEDENÁ V %.
- GRAF 30: PŘÍRŮSTEK OBSAHU BETALAINŮ ODRŮD *B. VULGARIS* L. 'KAHIRA', 'ČERVENÁ KULATÁ', 'PABLO F1' A 'LUCULLUS' PO 24 HOD. USKLADNĚNÍ UVEDENÁ V %.
- GRAF 31: GRAFICKY ZNÁZORNĚNÝ OBSAH BETANINU A VULGAXANTHINU – I VŠECH STANOVENÝCH KULTIVARŮ *B. VULGARIS* L.

GRAF 32: GRAFICKY ZNÁZORNĚNÝ OBSAH BETANINU A VULGAXANTHINU – I STANOVENÝCH KULTIVARŮ *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA.

GRAF 33: GRAFICKY ZNÁZORNĚNÝ OBSAH BETANINU A VULGAXANTHINU – I STANOVENÝCH KULTIVARŮ *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS.

GRAF 34: GRAFICKY ZNÁZORNĚNÝ ROZDÍL FILTROVÁNÍ OBSAHU BETANINU A VULGAXANTHINU – I STANOVENÝCH KULTIVARŮ *B.*

VULGARIS L. GR. VULGARIS .

GRAF 35: GRAFICKY ZNÁZORNĚNÝ ROZDÍL PRODLENÍ STANOVENÍ OBSAHU BETANINU A VULGAXANTHINU – I VYBRANÝCH DVOJIC

KULTIVARŮ *B. VULGARIS* L.

GRAF 36: ABSORPČNÍ SPEKTRA BETANINU A VULGAXANTHINU – I V ŘEPNÉ ŠŤÁVĚ. SPEKTRUM 1 – VULGAXANTHIN – I; 2 – BETANIN; 3

– BETANIN + VULGAXANTHIN – I; 4 – ŘEPNÁ ŠŤÁVA (VON ELBE, 2001).

Seznam fotografií:

- FOTO 1: OBALOVANÁ SEMENA KULTIVARŮ *B. VULGARIS* L.
- FOTO 2: SEMENA KULTIVARŮ 'MONRO', 'MONORUBRA' A 'LIBERO'.
- FOTO 3: VZCHÁZEJÍCÍ KULTIVARY ŘEPY.
- FOTO 4: ZAPOJENÝ POROST KULTIVARŮ ŘEPY.
- FOTO 5: VYJEDNOCENÉ POROSTY KULTIVARŮ ŘEPY.
- FOTO 6: ROSTLINY KULTIVARŮ ŘEPY PŘED STANOVENÍM.
- FOTO 7: ZAPOJENÍ POROSTU V DOBĚ PŘED STANOVENÍM.
- FOTO 8: *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA 'LABONITA KWS'.
- FOTO 9: *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA 'ESPERANZA'.
- FOTO 10: *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA 'CARUSO'.
- FOTO 11: *B. VULGARIS* L. GR. ALTISSIMA 'MERAČ'.
- FOTO 12: *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'KAHIRA'.
- FOTO 13: *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'ČERVENÁ KULATÁ'.
- FOTO 14: *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'PABLO F1'.
- FOTO 15: *B. VULGARIS* L. GR. CICLA 'LUCULLUS' - MANGOLD.
- FOTO 16: *B. VULGARIS* L. GR. RAPACEA 'MONRO'.
- FOTO 17: *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'LIBERO'.
- FOTO 18: *B. VULGARIS* L. GR. VULGARIS 'MONORUBRA'.
- FOTO 19: 'LABONITA KWS'.
- FOTO 20: 'ESPERANZA'.
- FOTO 21: 'CARUSO'.
- FOTO 22: 'MERAČ'.
- FOTO 23: 'KAHIRA'.
- FOTO 24: 'ČERVENÁ KULATÁ'.
- FOTO 25: 'PABLO F1'.
- FOTO 26: 'LUCULLUS'.
- FOTO 27: 'MONRO'.
- FOTO 28: 'MONORUBRA'.
- FOTO 29: VZORKY KULTIVARU 'LABONITA KWS'.
- FOTO 30: VZORKY KULTIVARU 'ESPERANZA'.
- FOTO 31: VZORKY KULTIVARU 'CARUSO'.
- FOTO 32: VZORKY KULTIVARU 'KAHIRA'.
- FOTO 33: VZORKY KULTIVARU 'ČERVENÁ KULATÁ'.
- FOTO 34: VZORKY KULTIVARU 'PABLO F1'.
- FOTO 35: VZORKY KULTIVARU 'PABLO F1'.

FOTO 36: VZORKY KULTIVARU MANGOLD 'LUCULLUS'.

FOTO 37: VZORKY KULTIVARU 'MONRO'.

FOTO 38: VZORKY KULTIVARU 'LIBERO'.

FOTO 39: VZORKY KULTIVARU 'MONORUBRA'.

FOTO 40: SMĚS ČÁSTÍ ŘEPY K NAVÁŽENÍ.

FOTO 41: ŘEPNÉ EXTRAKTY ŘADY KULTIVARŮ - ZLEVA 'LABONITA KWS', 'ESPERANZA', 'CARUSO', 'MERAK', 'KAHIRA',
'ČERVENÁ KULATÁ', 'PABLO F1', 'LUCULLUS', 'MONRO', 'LIBERO' A 'MONORUBRA'.

FOTO 42: FILTRACE ZA SNÍŽENÉHO TLAKU POMOCÍ BÜCHNEROVY NÁLEVKY.

FOTO 43: KYVETY SE VZORKY EXTRAKTŮ.

FOTO 44: SPEKTROFOTOMETR HELIOS Г.

FOTO 45: *BETA VULGARIS* L.

Seznam obrázků:

OBR. 1: STRUKTURA ANTOKYANU (DELFINIDIN), BETACYANINU (BETANIDIN) A BETAXANTHINŮ. UPRAVENO PODLE ZRÝD ET CHRISTINET (2003).

OBR. 2: ZÁKLADNÍ STRUKTURA BETALAMOVÉ KYSELINY, BETACYANINŮ A BETAXANTHINŮ. UPRAVENO PODLE STRACK ET AL. (2003).

OBR. 3: TVORBA BETANINŮ Z BETANIDINU PROSTŘEDNICTVÍM AKTIVNÍ 5-*O*- AND 6-*O*-GLUKOSYLTRANSFERÁZY. UPRAVENO PODLE ZRÝD ET CHRISTINET (2003).

OBR. 4: VZNIK BETAXANTHINU. PŘEVZATO OD ZRÝD ET CHRISTINET (2003).

OBR. 5: SYNTÉZA CHROMOFORU (BETALAMOVÉ KYSELINY) Z L - DOPY A NÁSLEDNÁ SYNTÉZA BETACYANINŮ A BETAXANTHINŮ. UPRAVENO PODLE HATLESTAD ET AL. (2012).

OBR. 6: MAPA ČR, DETAIL NOVÉ VSI U LEŠTINY. ZDROJ: MAPY.CZ (2013).

Samostatné přílohy

Příloha č. 1: Fotografie

Autor fotografií: Silvie Vlková



Foto 1: Obalovaná semena kultivarů *B. vulgaris* L.



Foto 2: Semena kultivarů 'MONRO', 'MONORUBRA' a 'LIBERO'.



Foto 3: Vrcházející kultivary řepy.



Foto 4: Zapojený porost kultivarů řepy.



Foto 5: Vyjednocené porosty kultivarů řepy.



Foto 6: Rostliny kultivarů řepy před stanovením.



Foto 7: Zapojení porostu v době před stanovením.



Foto 8: *B. vulgaris* L. gr. altissima 'LABONITA KWS'. Foto 9: *B. vulgaris* L. gr. altissima 'ESPERANZA'.



Foto 10: *B. vulgaris* L. gr. altissima 'CARUSO'.

Foto 11: *B. vulgaris* L. gr. altissima 'MERA'.



Foto 12: *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'KAHIRA'.



Foto 13: *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'Červená kulatá'.



Foto 14: *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'PABLO F1'.



Foto 15: *B. vulgaris* L. gr. cicla 'LUCULLUS' - Mangold.



Foto 16: *B. vulgaris* L. gr. rapacea 'MONRO'.



Foto 17: *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'LIBERO'.



Foto 18: *B. vulgaris* L. gr. vulgaris 'MONORUBRA'.



Foto 19: 'LABONITA KWS'.



Foto 20: 'ESPERANZA'.



Foto 21: 'CARUSO'.



Foto 22: 'MERAČ'.



Foto 23: 'KAHIRA'.



Foto 24: 'Červená kulatá'.



Foto 25: 'PABLO F1'.



Foto 26: 'LUCULLUS'.



Foto 27: 'MONRO'.



Foto 28: 'MONORUBRA'.



Foto 29: Vzorok kultivaru 'LABONITA KWS'.



Foto 30: Vzorok kultivaru 'ESPERANZA'.



Foto 31: Vzorok kultivaru 'CARUSO'.



Foto 32: Vzorok kultivaru 'KAHIRA'.



Foto 33: Vzorok kultivaru 'Červená kulatá'.



Foto 34: Vzorok kultivaru 'PABLO F1'.



Foto 35: Vzorke kultivaru 'PABLO F1'.



Foto 36: Vzorke kultivaru mangold 'LUCULLUS'.



Foto 37: Vzorke kultivaru 'MONRO'.



Foto 38: Vzorke kultivaru 'LIBERO'.



Foto 39: vzorke kultivaru 'MONORUBRA'.



Foto 40: Směs částí řepy k navážení.

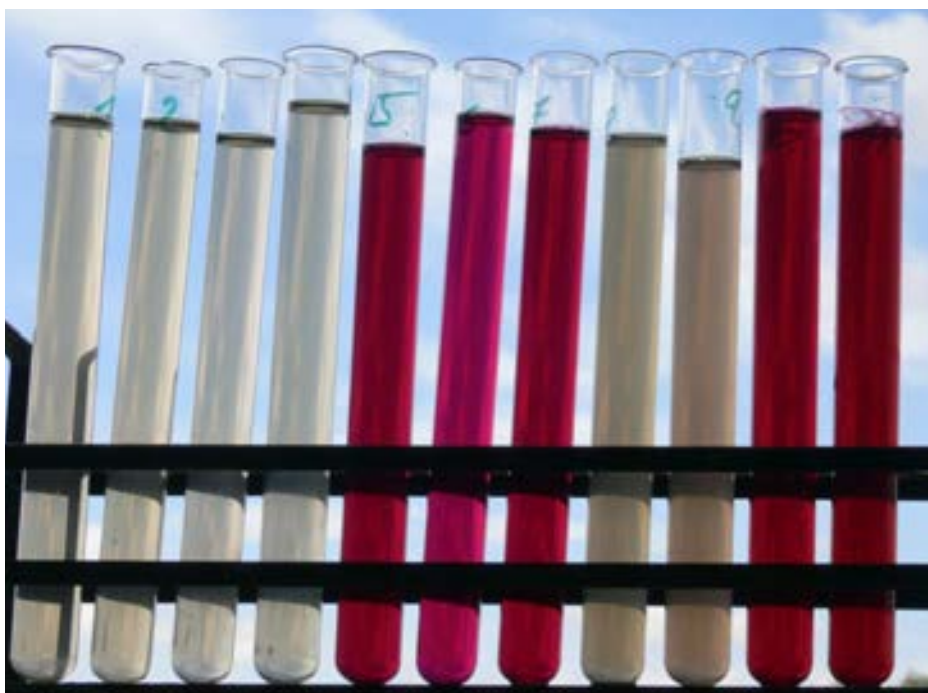


Foto 41: Řepné extrakty řady kultivarů - zleva 'LABONITA KWS', 'ESPERANZA', 'CARUSO', 'MERAČ', 'KAHIRA', 'Červená kulatá', 'PABLO F1', 'LUCULLUS', 'MONRO', 'LIBERO' a 'MONORUBRA'.



Foto 42: Filtrace za sníženého tlaku pomocí Büchnerovy nálevky.

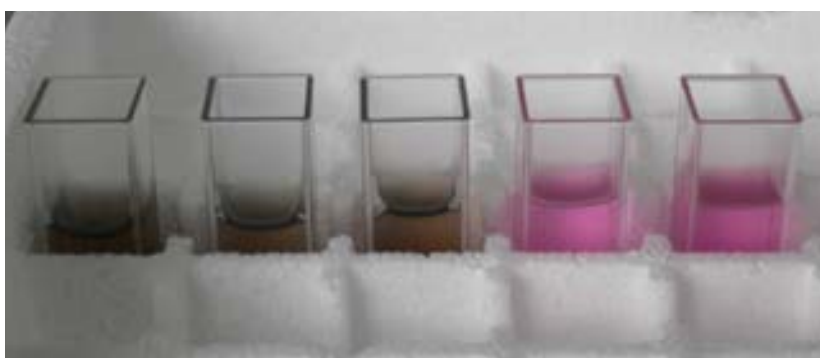


Foto 43: Kvyety se vzorky extraktů.



Foto 44: Spektrofotometr Helios γ.



Foto 45: *Beta vulgaris* L.

Příloha č. 2: Tabulky

Tab. 7: Popisné statistiky pro obsah betaninu.

Proměnná	Popisné statistiky (obsah betaninu)										
	N platných	Průměr	Int. spolehl. -95,000%	Int. spolehl. 95,000	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Koef.prom.	Směrod. Chyba
'Labonita'	4	0,097725	0,049958	0,14549	0,105050	0,055700	0,12510	0,000901	0,030019	30,71798	0,015010
'Esperanza'	4	0,082550	0,053236	0,11186	0,085000	0,058600	0,10160	0,000339	0,018422	22,31639	0,009211
'Caruso'	4	0,066175	0,045540	0,08681	0,063500	0,053700	0,08400	0,000168	0,012968	19,59614	0,006484
'Merak'	4	0,058600	-0,001649	0,11885	0,053700	0,018500	0,10850	0,001434	0,037863	64,61338	0,018932
'Kahira'	4	3,264750	0,700497	5,82900	3,155800	1,803500	4,94390	2,596927	1,611498	49,36054	0,805749
'Červená kulatá'	4	2,404225	0,109318	4,69913	1,901250	1,290400	4,52400	2,080022	1,442228	59,98723	0,721114
'Pablo F1'	4	4,466200	0,939725	7,99267	3,704900	2,751000	7,70400	4,911559	2,216204	49,62169	1,108102
'Lucullus'	4	0,082100	0,058957	0,10524	0,084050	0,065500	0,09480	0,000212	0,014544	17,71493	0,007272
'Monro'	4	0,146350	0,126823	0,16588	0,150000	0,129000	0,15640	0,000151	0,012272	8,38523	0,006136
'Libero'	4	8,824100	7,196959	10,45124	8,687300	7,891300	10,03050	1,045654	1,022572	11,58840	0,511286
'Monorubra'	4	8,856250	6,093645	11,61886	9,350350	6,361800	10,36250	3,014224	1,736152	19,60369	0,868076

Tab. 8: Popisné statistiky pro obsah vulgaxanthinu – I.

Proměnná	Popisné statistiky (obsah vulgaxanthinu - I)										
	N platných	Průměr	Int. spolehl. -95,000%	Int. spolehl. 95,000	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Koef.prom.	Směrod. Chyba
'Labonita'	4	0,230500	0,133326	0,327674	0,240250	0,148300	0,293200	0,003729	0,061069	26,49413	0,030534
'Esperanza'	4	0,204850	0,144968	0,264732	0,210650	0,154000	0,244100	0,001416	0,037633	18,37092	0,018816
'Caruso'	4	0,145600	0,087921	0,203279	0,129400	0,123900	0,199700	0,001314	0,036248	24,89575	0,018124
'Merak'	4	0,154925	0,041805	0,268045	0,128950	0,104100	0,257700	0,005054	0,071090	45,88678	0,035545
'Kahira'	4	0,542050	0,003391	1,080709	0,479600	0,246000	0,963000	0,114595	0,338519	62,45154	0,169259
'Červená kulatá'	4	0,270625	0,029610	0,511640	0,232150	0,132000	0,486200	0,022942	0,151465	55,96860	0,075733
'Pablo F1'	4	0,366375	0,082244	0,650506	0,319250	0,207000	0,620000	0,031884	0,178562	48,73737	0,089281
'Lucullus'	4	0,201350	0,157118	0,245582	0,201200	0,176400	0,226600	0,000773	0,027798	13,80558	0,013899
'Monro'	4	0,313375	0,274187	0,352563	0,308400	0,290500	0,346200	0,000607	0,024627	7,85877	0,012314
'Libero'	4	0,638225	0,464859	0,811591	0,617950	0,531300	0,785700	0,011870	0,108952	17,07105	0,054476
'Monorubra'	4	1,447225	0,769962	2,124488	1,279950	1,150000	2,079000	0,181156	0,425624	29,40968	0,212812

Tab. 9: Testy homogenity rozptylů betaniny.

	Hartleyů (F-max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	úv (SV)	P
betaniny	32614,00	0,359779	121,6087	10	0,00000

Tab. 10: Testy homogenity rozptylů vulgaxanthiny.

	Hartleyů (F-max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	úv (SV)	P
vulgaxanthiny	298,6863	0,482645	45,53973	10	0,000002

Tab. 11: Kruskal-Wallisův test pro betanin.

Kultivary	'Labonita' (R:14,750)	'Esperanza' (R:11,500)	'Caruso' (R:7,5000)	'Merak' (R:7,0000)	'Kahira' (R:30,750)	'Pablo F1' (R:32,500)	'Libero' (R:40,250)	'Monorubra' (R:40,500)	'Lucullus' (R:11,750)	'Monro' (R:22,500)	'Červená kulatá' (R:28,500)
'Labonita'		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,2746	0,2521	1,0000	1,0000	1,0000
'Esperanza'	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0852	0,0775	1,0000	1,0000	1,0000
'Caruso'	1,0000	1,0000		1,0000	0,5761	0,3254	0,0171	0,0154	1,0000	1,0000	1,0000
'Merak'	1,0000	1,0000	1,0000		0,4911	0,2746	0,0138	0,0124	1,0000	1,0000	0,9861
'Kahira'	1,0000	1,0000	0,5761	0,4911		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
'Pablo F1'	1,0000	1,0000	0,3254	0,2746	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
'Libero'	0,2746	0,0852	0,0171	0,0138	1,0000	1,0000		1,0000	0,0936	1,0000	1,0000
'Monorubra'	0,2521	0,0775	0,0154	0,0124	1,0000	1,0000	1,0000		0,0852	1,0000	1,0000
'Lucullus'	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0936	0,0852		1,0000	1,0000
'Monro'	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000
'Červená kulatá'	1,0000	1,0000	1,0000	0,9861	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

Tab. 12: Kruskal-Wallisův test pro vulgaxanthin – I.

Kultivary	'Labonita' (R:19,500)	'Esperanza' (R:14,500)	'Caruso' (R:6,2500)	'Merak' (R:8,5000)	'Kahira' (R:31,500)	'Pablo F1' (R:27,250)	'Libero' (R:36,250)	'Monorubra' (R:42,500)	'Lucullus' (R:14,000)	'Monro' (R:28,750)	'Červená kulatá' (R:18,500)
'Labonita'		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6234	1,0000	1,0000	1,0000
'Esperanza'	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9151	0,1128	1,0000	1,0000	1,0000
'Caruso'	1,0000	1,0000		1,0000	0,2990	1,0000	0,0526	0,0036	1,0000	0,7284	1,0000
'Merak'	1,0000	1,0000	1,0000		0,6234	1,0000	0,1237	0,0100	1,0000	1,0000	1,0000
'Kahira'	1,0000	1,0000	0,2990	0,6234		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
'Pablo F1'	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
'Libero'	1,0000	0,9151	0,0526	0,1237	1,0000	1,0000		1,0000	0,7865	1,0000	1,0000
'Monorubra'	0,6234	0,1128	0,0036	0,0100	1,0000	1,0000	1,0000		0,0936	1,0000	0,4529
'Lucullus'	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7865	0,0936		1,0000	1,0000
'Monro'	1,0000	1,0000	0,7284	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000
'Červená kulatá'	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4529	1,0000	1,0000	

Tab. 13: Testy homogenity rozptylů kultivarů cukrové řepy betaniny.

Cukrová řepa	Hartleyů (F- max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	úv (SV)	P
Betaniny	8,525325	0,504389	3,268064	3	0,352112

Tab. 14: Jednorozměrné testy významnosti – cukrová řepa betaniny.

Cukrová řepa	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	0,093056	1	0,093056	130,9567	0,000000
Kultivary	0,003656	3	0,001219	1,7148	0,216939
Chyba	0,008527	12	0,000711		

Tab. 15: Tukeyův test: obsah betaninů cukrová řepa.

Cukrová řepa	{1} (,09773)	{2} (,08255)	{3} (,06617)	{4} (,05860)
'Labonita'		0,850889	0,377874	0,215682
'Esperanza'	0,850889		0,820757	0,597237
'Caruso'	0,377874	0,820757		0,977112
'Merak'	0,215682	0,597237	0,977112	

Tab. 16: Tukeyův test, schematické znázornění: obsah betaninů cukrová řepa.

Cukrová řepa	betaniny Průměr	1
'Merak'	0,058600	****
'Caruso'	0,066175	****
'Esperanza'	0,082550	****
'Labonita'	0,097725	****

Tab. 17: Testy homogenity rozptylů kultivarů cukrové řepy vulgaxanthiny.

Cukrová řepa	Hartleyů (F-max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	úv (SV)	P
vulgaxanthiny	3,846316	0,438950	1,768689	3	0,621772

Tab. 18: Jednorozměrné testy významnosti - cukrová řepa vulgaxanthiny.

Cukrová řepa	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. èlen	0,541512	1	0,541512	188,1330	0,000000
Kultivary	0,019668	3	0,006556	2,2776	0,131758
Chyba	0,034540	12	0,002878		

Tab. 19: Tukeyův test: obsah vulgaxanthinů cukrová řepa.

Cukrová řepa	{1} (,23050)	{2} (,20485)	{3} (,14560)	{4} (,15493)
'Labonita'		0,904205	0,168272	0,244066
'Esperanza'	0,904205		0,434365	0,570864
'Caruso'	0,168272	0,434365		0,994565
'Merak'	0,244066	0,570864	0,994565	

Tab. 20: Tukeyův test, schematické znázornění: obsah vulgaxanthinů cukrová řepa.

Cukrová řepa	vulgaxanthiny Průměr	1
'Caruso'	0,145600	****
'Merak'	0,154925	****
'Esperanza'	0,204850	****
'Labonita'	0,230500	****

Tab. 21: Testy homogenity rozptylů – salátová řepa betaniny.

Salátová řepa	Hartleyů (F-max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	úv (SV)	P
Betaniny	4,697117	0,359864	1,574029	4	0,813452

Tab. 22: Jednorozměrné testy významnosti – salátová řepa betaniny.

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	618,9627	1	618,9627	226,7531	0,000000
Salátová řepa	151,7722	4	37,9431	13,9002	0,000062
Chyba	40,9452	15	2,7297		

Tab. 23: Tukeyův test – salátová řepa betaniny.

Salátová řepa	{1} (3,2647)	{2} (4,4662)	{3} (8,8241)	{4} (8,8562)	{5} (2,4042)
‘Kahira’		0,838510	0,002112	0,002006	0,944444
‘Pablo F1’	0,838510		0,014799	0,014017	0,427537
‘Libero’	0,002112	0,014799		1,000000	0,000627
‘Monorubra’	0,002006	0,014017	1,000000		0,000604
‘Červená kulatá’	0,944444	0,427537	0,000627	0,000604	

Tab. 24: Tukeyův test, schematické znázornění – salátová řepa betaniny.

Salátová řepa	Betaniny Průměr	1	2
‘Červená kulatá’	2,404225	****	
‘Kahira’	3,264750	****	
‘Pablo F1’	4,466200	****	
‘Libero’	8,824100		****
‘Monorubra’	8,856250		****

Tab. 25: : Testy homogenity rozptylů – salátová řepa vulgaxanthiny.

Salátová řepa	Hartleyů (F-max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	úv (SV)	P
Vulgaxanthiny	15,26106	0,499814	6,372325	4	0,173015

Tab. 26: Jednorozměrné testy významnosti – salátová řepa vulgaxanthiny.

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	8,525568	1	8,525568	117,6112	0,000000
Salátová řepa	3,486744	4	0,871686	12,0250	0,000140
Chyba	1,087342	15	0,072489		

Tab. 27: Tukeyův test – salátová řepa vulgaxanthiny.

Salátová řepa	{1} (,54205)	{2} (,36638)	{3} (,63822)	{4} (1,4472)	{5} (,27063)
‘Kahira’		0,883776	0,985638	0,002127	0,621761
‘Pablo F1’	0,883776		0,620442	0,000483	0,985872
‘Libero’	0,985638	0,620442		0,005459	0,343897
‘Monorubra’	0,002127	0,000483	0,005459		0,000276
‘Červená kulatá’	0,621761	0,985872	0,343897	0,000276	

Tab. 28: Tukeyův test, schematické znázornění – salátová řepa vulgaxanthiny.

Salátová řepa	Vulgaxanthiny Průměr	1	2
‘Červená kulatá’	0,270625	****	
‘Pablo F1’	0,366375	****	
‘Kahira’	0,542050	****	
‘Libero’	0,638225	****	
‘Monorubra’	1,447225		****

Tab. 29: Leveneův test homogenity – rozdíl ve filtrování – betaniny.

	PČ (Efekt)	PČ (Chyba)	F	P
F x N – Bet	0,031588	0,029498	1,070861	0,497546

Tab. 30: Jednorozměrné testy významnosti – rozdíl ve filtrování - betaniny.

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	1,588387	1	1,588387	13,96581	0,033411
"Prom1"	2,382438	4	0,595610	5,23687	0,102517
Chyba	0,341202	3	0,113734		

Tab. 31: Tukeyův test – rozdíl ve filtrování – betaniny.

Kultivary	{1} (,20090)	{2} (,30610)	{3} (,23140)	{4} (,02850)	{5} (1,8313)
‘Červená kulatá’		0,997923	0,999984	0,986729	0,085284
‘Kahira’	0,997923		0,999782	0,969174	0,175543
‘Pablo F1’	0,999984	0,999782		0,989785	0,157563
‘Libero’	0,986729	0,969174	0,989785		0,118973
‘Monorubra’	0,085284	0,175543	0,157563	0,118973	

Tab. 32: Tukeyův test, schematické znázornění – rozdíl ve filtrování – betaniny.

Kultivary	F x N - Bet Průměr	1
‘Libero’	0,028500	****
‘Červená kulatá’	0,200900	****
‘Pablo F1’	0,231400	****
‘Kahira’	0,306100	****
‘Monorubra’	1,831300	****

Tab. 33: Leveneův test homogenity – rozdíl ve filtrování – vulgaxanthiny.

	PČ (Efekt)	PČ (Chyba)	F	P
F x N – Vulg	0,007248	0,006457	1,122523	0,481419

Tab. 34: Jednorozměrné testy významnosti – rozdíl ve filtrování – vulgaxanthiny.

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	0,109184	1	0,109184	4,234386	0,131778
"Prom1"	0,110015	4	0,027504	1,066650	0,498897
Chyba	0,077356	3	0,025785		

Tab. 35: Tukeyův test – rozdíl ve filtrování – vulgaxanthiny.

Kultivar	{1} (,11860)	{2} (,12230)	{3} (,01580)	{4} (,00870)	{5} (,41580)
‘Červená kulatá’		1,000000	0,970833	0,963498	0,556926
‘Kahira’	1,000000		0,985467	0,981725	0,715390
‘Pablo F1’	0,970833	0,985467		1,000000	0,514781
‘Libero’	0,963498	0,981725	1,000000		0,502825
‘Monorubra’	0,556926	0,715390	0,514781	0,502825	

Tab. 36: Tukeyův test, schematické znázornění – rozdíl ve filtrování – vulgaxanthiny.

Kultivar	F x N - Vulg Průměr	1
'Libero'	0,008700	****
'Pablo F1'	0,015800	****
'Červená kulatá'	0,118600	****
'Kahira'	0,122300	****
'Monorubra'	0,415800	****

Tab. 37: Testy homogenity rozptylů – betaniny stanovené ihned a po 6 hod.

	Hartleyů (F-max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	ův (SV)	P
Rozdíl po 6 hod. betaniny	6,342532	0,863807	1,206072	1	0,272111

Tab. 38: Jednorozměrné testy významnosti – betaniny stanovené ihned a po 6 hod.

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	0,411759	1	0,411759	2502,766	0,000001
"kultivary"	0,339388	1	0,339388	2062,878	0,000001
Chyba	0,000658	4	0,000165		

Tab. 39: Tukeyův test – betaniny stanovené ihned a po 6 hod.

Kultivary	{1} (,02413)	{2} (,49980)
'Monro'		0,000291
'Libero'	0,000291	

Tab. 40: Tukeyův test, schematické znázornění – betaniny stanovené ihned a po 6 hod.

Kultivary	Rozdíl betaninů Průměr	1	2
'Monro'	0,024133	****	
'Libero'	0,499800		****

Tab. 41: Testy homogenity rozptylů – vulgaxanthiny stanovené ihned a po 6 hod.

	Hartleyů (F-max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	ův (SV)	P
Rozdíl po 6 hod. vulgaxanthiny	6,402966	0,864919	1,217129	1	0,269925

Tab. 42: Jednorozměrné testy významnosti – vulgaxanthiny stanovené ihned a po 6 hod.

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	0,000930	1	0,000930	12,0198	0,025654
"Kultivary"	0,011345	1	0,011345	146,6242	0,000267
Chyba	0,000309	4	0,000077		

Tab. 43: Tukeyův test – vulgaxanthiny stanovené ihned a po 6 hod.

Kultivary	{1} (,03103)	{2} (-,0559)
‘Monro’		0,000489
‘Libero’	0,000489	

Tab. 44: Tukeyův test, schematické znázornění – vulgaxanthiny stanovené ihned a po 6 hod.

Kultivary	Rozdíl vulgaxanthiny Průměr	1	2
‘Libero’	-0,055933	****	
‘Monro’	0,031033		****

Tab. 45: Testy homogenity rozptylů – betaniny stanovené ihned a po 24 hod.

	Hartleyů (F-max)	Cochran (C)	Bartlett (Chí-kv.)	úv (SV)	P
Rozdíl po 24 hod. betaniny	19,13133	0,950326	2,667093	1	0,102443

Tab. 46: Jednorozměrné testy významnosti – betaniny stanovené ihned a po 24 hod.

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	0,006331	1	0,006331	0,048503	0,836473
"Kultivary"	0,045258	1	0,045258	0,346723	0,587620
Chyba	0,522117	4	0,130529		

Tab. 47: Tukeyův test – betaniny stanovené ihned a po 24 hod.

Kultivary	{1} (-,1193)	{2} (,05437)
‘Červená kulatá’		0,587812
‘Pablo F1’	0,587812	

Tab. 48: Tukeyův test, schematické znázornění – betaniny stanovené ihned a po 24 hod.

Kultivary	Rozdíl betaninů Průměr	1
‘Červená kulatá’	-0,119333	****
‘Pablo F1’	0,054367	****

Tab. 49: Testy homogenity rozptylů – vulgaxanthiny stanovené ihned a po 24 hod.

	Hartleyů (F-max)	Cochranů (C)	Bartlett (Chí-kv.)	ův (SV)	P
Rozdíl po 24 hod. vulgaxanthiny	19,13133	0,950326	2,667093	1	0,102443

Tab. 50: Jednorozměrné testy významnosti – vulgaxanthiny stanovené ihned a po 24 hod.

	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Abs. člen	0,006331	1	0,006331	0,048503	0,836473
"Kultivary"	0,045258	1	0,045258	0,346723	0,587620
Chyba	0,522117	4	0,130529		

Tab. 51: Tukeyův test – vulgaxanthiny stanovené ihned a po 24 hod.

Kultivary	{1} (-,1193)	{2} (,05437)
‘Červená kulatá’		0,587812
‘Pablo F1’	0,587812	

Tab. 52: Tukeyův test, schematické znázornění – vulgaxanthiny stanovené ihned a po 24 hod.

Kultivary	Rozdíl vulgaxanthiny Průměr	1
‘Červená kulatá’	-0,119333	****
‘Pablo F1’	0,054367	****