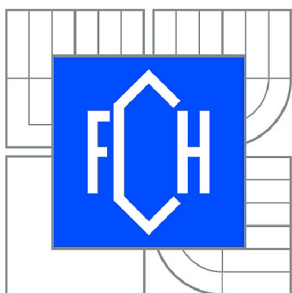


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

ELEMENTÁRNÍ ANALÝZA RŮZNÝCH ODRŮD ČERNÉHO BEZU

ELEMENTAL ANALYSIS OF THE DIFFERENT VARIETIES OF ELDERBERRY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. KRISTÝNA JEŠKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL DIVIŠ, Ph.D.

BRNO 2014



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce:	FCH-DIP0826/2013	Akademický rok: 2013/2014
Ústav:	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka):	Bc. Kristýna Ješková	
Studijní program:	Chemie a technologie potravin (N2901)	
Studijní obor:	Potravinářská chemie a biotechnologie (2901T010)	
Vedoucí práce	doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.	
Konzultanti:		

Název diplomové práce:

Elementární analýza různých odrůd černého bezu

Zadání diplomové práce:

- 1) vypracování literární rešerše k zadané problematice
- 2) optimalizace metody ICP-OES pro stanovení vybraných analytů v černém bezu
- 3) příprava vzorků různých odrůd černého bezu k analýze
- 4) analýza vzorků různých odrůd černého bezu pomocí ICP-OES
- 5) zpracování naměřených výsledků, diskuse a formulace závěru práce

Termín odevzdání diplomové práce: 9.5.2014

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

Bc. Kristýna Ješková
Student(ka)

doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.
Vedoucí práce

doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2014

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá elementární analýzou různých odrůd černého bezu (*Sambucus nigra L.*). V teoretické části je uvedena botanická charakteristika černého bezu, včetně jeho rozšíření a místa výskytu, možnosti sběru jednotlivých částí bezu černého a jeho využití v potravinářství a v kosmetologii. Velká část je věnována výskytu a vlastnostem minerálních látek v potravinách, dále potom metodám, které jsou vhodné pro prvkovou analýzu a možnostem rozkladu biologického materiálu.

Cílem experimentální části bylo provést analýzu plodů šlechtěných odrůd černého bezu a šťáv z těchto plodů, za účelem kvantitativního stanovení vybraných prvků (Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, P, Ca, Na a K) pomocí techniky ICP-OES. Celkem bylo zkoumáno 24 odrůd, z toho 6 odrůd bylo sklizeno ve dvou různých sezónách 2011 a 2013. Naměřené koncentrace prvků v různých odrůdách černého bezu byly navzájem porovnány za použití statistických metod. Zkoumány byly také rozdíly mezi obsahem prvků v plodech a ve šťávě, získané lisováním plodů a vliv sezónních podmínek na obsah prvků v plodech i ve šťávě jednotlivých odrůd černého bezu.

KLÍČOVÁ SLOVA

bez černý (*Sambucus nigra L.*), šťáva, plody bezu černého, elementární analýza, ICP-OES,

ABSTRACT

This work deals with the elemental analysis of different elderberry (*Sambucus nigra L.*) cultivars. In the theoretical part the botanical characteristics of elderberry, including its extension and places of occurrence, the possibilities of collecting the various parts of the elderberry and its use in food and cosmetics is described. A large part is devoted to the occurrence and characteristics of minerals in food, and to the methods that are suitable for elemental analysis and decomposition of biological material.

The aim of the experimental part was to analyze different cultivars of elderberry and juice made from this cultivars, and to determine concentration of selected elements (Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, P, Ca, Na and K) using ICP-OES. The total amount of 24 cultivars was analysed from which 6 varieties were harvested in two different seasons in 2011 and 2013. Measured concentrations of elements in different varieties of elderberry were mutually compared using statistical methods. The differences between the content of elements in fruits and juice, obtained by pressing the fruit, and the effect of seasonal conditions on the content of elements in the fruit juice from different elderberry cultivars were studied.

KEY WORDS

black elderberry (*Sambucus nigra L.*), juice, fruits of elderberry, elementary analysis, ICP-OES

JEŠKOVÁ, K. *Elementární analýza různých odrůd černého bezu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2014. 80 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje byly správně a úplně citovány. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěla poděkovat doc. Ing. Pavlu Divišovi, Ph.D za ochotu, trpělivost, pomoc a odborné vedení při psaní této práce. Dále bych chtěla poděkovat Výzkumnému a šlechtitelskému ústavu ovocnářskému v Holovousích s.r.o. za poskytnutí vzorků šlechtěných odrůd černého bezu. Tato práce vznikla za podpory projektu Centra materiálového výzkumu na FCH VUT v Brně – udržitelnost a rozvoj , č. L01211 a projektu Aplikace progresivních postupů pro zabezpečení zvyšování kvality a bezpečnosti potravin při výrobě a kontrole, č. FCH-S-14-2325.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	TEORETICKÁ ČÁST	8
2.1	Botanická charakteristika bezu černého <i>Sambucus nigra L.</i>	8
2.2	Další zástupci rodu <i>Sambucus</i>	8
2.3	Rozšíření a místa výskytu bezu černého	10
2.4	Části bezu černého a jejich účinky na lidský organismus.....	11
2.4.1	Květy (<i>Flores sambuci</i>).....	11
2.4.2	Listy (<i>Folia sambuci</i>).....	11
2.4.3	Plody (<i>Fructus sambuci</i>).....	12
2.4.4	Kůra (<i>Cortex sambuci</i>).....	13
2.4.5	Kořen (<i>Radix sambuci</i>)	13
2.5	Využití bezu černého (<i>Sambucus nigra L.</i>).....	14
2.6	Šlechtění.....	14
2.7	Obsahové látky černého bezu (<i>Sambucus nigra L.</i>).....	14
2.8	Mínérální látky	14
2.8.1	Esenciální prvky	15
2.8.1.1	Sodík	15
2.8.1.2	Draslík	15
2.8.1.3	Hořčík	16
2.8.1.4	Vápník.....	16
2.8.1.5	Fosfor	17
2.8.1.6	Železo.....	17
2.8.1.7	Zinek	18
2.8.1.8	Měď	19
2.8.1.9	Mangan.....	19
2.9	Techniky pro prvkovou analýzu v biologické matrici	20
2.9.1	Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem	20
2.9.1.1	Zavádění vzorku do plazmatu.....	20
2.9.1.2	Zdroj plazmatu	21
2.9.1.3	Monochromátor	22
2.9.1.4	Detektor	22
2.9.1.5	Interference v ICP-OES.....	23
2.10	Rozklad biologického materiálu pro stanovení jednotlivých prvků.....	23
2.10.1	Metoda suchého rozkladu	24
2.10.2	Metoda mokrého rozkladu	24
2.10.3	Uzavřený mikrovlnně podporovaný rozklad.....	24
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	25
3.1	Popis vzorků.....	25
3.2	Laboratorní vybavení	25
3.2.1	Chemikálie	25
3.2.2	Pomůcky.....	26
3.2.3	Přístroje	26
3.3	Příprava vzorků.....	26

3.4	Příprava kalibračních roztoků	26
3.5	Prvková analýza metodou ICP-OES	27
3.6	Statistické charakteristiky	27
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	31
4.1	Optimalizace metody ICP-OES	31
4.1.1	Výběr vhodných vlnových délek	31
4.1.2	Otáčky peristaltické pumpy	31
4.1.3	Optimalizace tlaku na zmlžovači	32
4.1.4	Výtěžnost.....	33
4.1.5	Limity detekce.....	33
4.2	Analýza šlechtěných odrůd bezu černého (<i>Sambucus nigra L.</i>)	34
4.2.1	Analýza šťáv z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013	34
4.2.1.1	<i>Výsledky analýzy šťáv z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011...</i>	<i>34</i>
4.2.1.2	<i>Výsledky analýzy šťáv z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013...</i>	<i>38</i>
4.2.2	Analýza plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013	41
4.2.2.1	<i>Výsledky analýzy plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011.</i>	<i>41</i>
4.2.2.2	<i>Výsledky analýzy plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013.</i>	<i>44</i>
4.2.2.3	<i>Výsledky analýzy šťáv a plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných pouze v jednom roce (2011 nebo 2013)</i>	<i>47</i>
4.2.3	Porovnání koncentrace analyzovaných prvků ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013	53
4.2.3.1	<i>Výsledky porovnání šťáv a plodů odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011</i>	<i>53</i>
4.2.3.2	<i>Výsledky porovnání šťáv a plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013</i>	<i>58</i>
4.2.4	Porovnání koncentrace analyzovaných prvků ve šťávách z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013	62
4.2.4.1	<i>Výsledky porovnání šťáv z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013</i>	<i>62</i>
4.2.5	Porovnání koncentrace analyzovaných prvků v plodech z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013	68
4.2.5.1	<i>Výsledky porovnání plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013</i>	<i>68</i>
5	ZÁVĚR	73
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	75
7	SEZNAM ZKRATEK	80

1 ÚVOD

Černý bez (*Sambucus nigra L.*) je známý už od pradávna a využíval se především pro své léčivé účinky. Starověcí lékaři popisovali blahodárnost této rostliny ve svých spisech a ve středověku se o bezu černém psalo jako o rostlině čarovné, kouzelné a posvátné. Bez černý, společně s bezem červeným, chebdím a kanadským lze řadit do čeledi zimolezovitých (*Caprifoliaceae*). Všechny tyto druhy mají dosti podobné účinky na lidský organismus, avšak nejvyužívanějším je právě bez černý. Místem výskytu černého bezu je střední Evropa, kde se jeho severní vegetační hranice táhne oblastí jihu Švédska až do Litvy. Dále se bez černý vyskytuje v Austrálii, Jižní Americe, Severní Africe, v západní, střední a Malé Asii, Íránu a Západní Sibiři. Šlechtěním bezu černého lze zlepšit jeho celkové vlastnosti a získat odrůdy, které jsou uplatitelné v různých odvětvích průmyslu a v porovnání s planými odrůdami mají lepší chemické i sensorické vlastnosti. V České republice se pěstováním a výzkumem šlechtěných odrůd bezu černého zabývá Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský v Holovousích s.r.o, který poskytl vzorky bezu pro tuto diplomovou práci. V dnešní době se pozornost konzumenta obrací na používání přírodních látek, a také ke zdravému životnímu stylu, a tak neustále roste zájem o začlenění bezu černého jak do potravinářského, tak i kosmetického průmyslu. V potravinářství se z bezu černého připravuje sirup nebo šťáva, povidla a bezinkové víno. Šťávou z bezu černého se v dnešní době dobarvují červená vína a jogurty. V kosmetice lze z bezu černého připravit čistící pleťovou vodu, napařovací lázeň nebo koupel. Nálev z listí bezu černého úspěšně odpuzuje komáry. Šťáva i plody bezu černého jsou bohatým zdrojem cukrů, organických kyselin, anthokyanů, vitamínů a minerálních látek.

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu vybraných prvků (Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, P, Ca, Na a K) ve šťávách a v plodech různých odrůd černého bezu (*Sambucus nigra L.*). Pro stanovení jednotlivých prvků ve šťávách a v plodech různých odrůd černého bezu byla použita technika optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES), jejíž hlavní předností je možnost multielementární analýzy a dobré detekční limity.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Botanická charakteristika bezu černého (*Sambucus nigra L.*)

Ve světě se nachází přibližně 20 druhů rodu bez (*Sambucus*). Tyto druhy se řadí do čeledi zimolezovitých (*Caprifoliaceae*) a jsou rozšířeny především v mírném a tropickém pásu. Bez černý (*Sambucus nigra L.*), bez hroznatý (*Sambucus racemosa L.*) a bez chebdí (*Sambucus ebulus L.*), jsou původními druhy na území Střední Evropy. Bez černý (*Sambucus nigra L.*) je známý pod lidovými názvy, jako jsou bezinky, psí bez, smradlavý bez, smradinky či kozičky. Vědecky příbuzný název pro druh bezu je *Sambucus L.*, který pochází z řeckého slova „Sambux“, což je barvivo, které se nachází v plodech bezu černého.

Bez černý je všeobecně známý keř. Kůra bezu černého je v mládí zelenavě šedá a bradavičnatá, ve stáří má pak světle šedohnědou barvu s podélným rozpraskáním. Letorosty jsou dužnaté a sytě zelené. Mladé větve mají silně vyvinutou houbovitou dřev bělavé barvy, s nápadnými čočkovými jizvami. Listy bezu černého mají dvě až tři jařma, jsou vstřícné, lichozpeřené, z vrchní strany tmavozelené, vespod světlejší a na okrajích nepravidelně pilovité, rašící v dubnu. Po rozemnutí listy mírně, specificky zapáchají. Květy bezu černého jsou drobné, žlutavě bílé a mohou až nepříjemně vonět. Tvoří ploché složené chocholiky, které jsou zprvu vzpřímené, po odkvětu převislé. Součástí je pětizubý kalich, čtyř až pětidílná koruna, která může mít v průměru až osm milimetrů, pět tyčinek a dvou až třípouzdrý podkvětní semeník s trojdílnou bliznou. Doba květenství je v květnu až v červnu. Plodenství jsou nící a stopky mají červeně fialovou barvu. Plody jsou kulaté trojsemenné peckovičky, mající až šest milimetrů v průměru. Jejich barva je černofialová s purpurově červenou šťavnatou dužinou a dozrávají v srpnu až v září. Plody nemají nijak nápadnou vůni a vynikají slabě kyselou chutí [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

2.2 Další zástupci rodu *Sambucus*

Bez chebdí (*Sambucus ebulus L.*) (*obr. 1*) je „plevelovitá“ rostlina, která se řadí do skupiny vysokých trvalek a roste hlavně v teplejších oblastech. Bez chebdí může dorůstat výšky až dvou metrů a často bývá zaměňován právě s bezem černým (*Sambucus nigra L.*). Květy bezu chebdí jsou drobné, s bílou až narůžovělou barvou, červenými, v pozdějším stádiu černými prašníky a tvoří plochá a bohatá květenství. Květy mají velmi výraznou vůni po hořkých mandlích, která je permanentní i v sušeném stavu. Plody bezu chebdí chutnají nasládle až hořce, mají pronikavý zápach, nejsou požitelné a mohou vyvolat průjem či zvracení. Plody jsou černé peckovice, nachází se na černých stopkách a obsahují tři semena. Oproti plodům bezu černého jsou plody bezu chebdí poněkud větší a tvrdší a jsou vztyčeny vzhůru [2, 3, 4, 5].



Obr. 1 Bez chebdí (Sambucus ebulus L.) [8]

Bez červený (*Sambucus racemosa L.*) se může nazývat též hroznovitý nebo v lidovém nářečí bez divoký, putující strom či horský bez (*obr. 2*). Latinský název „racemosa“ je odvozen od tvaru plodů, které jsou hroznovité. Listy bezu červeného jsou lichozpeřené a řapíkaté, tvořeny dvěma až třemi jámy podlouhlých lístků. Květy bezu červeného se nacházejí v kulovitých až vejčitých, hroznovitých květenstvích, mají zelenožlutou barvu, jsou malé a poměrně brzy opadávají. Plody mají od poloviny července velmi nápadnou červenou barvu a kulatý tvar. Ve zpracované formě plody chutnají hořce až kyselě a jejich dužina obsahuje esenciální olej, který je zcela neškodný, proto jsou vhodné pro přípravu marmelád, sirupů či rosolů. Bez červený roste v lesích, na pasekách a řídkých porostech, ale také v horských oblastech. Bez červený je rozšířen po celé Evropě a Asii, kde byl v minulosti hojně vysazován u venkovských stavení [1, 3, 5].



Obr. 2 Bez červený (Sambucus racemosa L.) [9]

Bez kanadský (*Sambucus canadensis* L.) (obr. 3) je dva až tři metry vysoký keř s visutými větvemi. Bez kanadský je rozšířen v Severní Americe a Evropě, kde je součástí živých plotů. Listy bezu kanadského jsou tři až pět laločnaté, sbíhající se do ostrých hrotů. Květy mají světle žlutou barvu a tvoří vrcholíky. Bez kanadský je často zaměňován s bezem černým, od něhož se liší květenstvím i velkými plody, které mají purpurově červenou barvu. Bez kanadský se šlechtí v různých kultivarech a hodí se vysazovat do méně úrodných míst, protože dobře snáší i horší podmínky [1].



Obr. 3 Bez kanadský (*Sambucus canadensis* L.) [10]

2.3 Rozšíření a místa výskytu bezu černého

Bez černý se nachází v Evropě, kde jeho severní vegetační hranice vede oblastí jihu Švédska až do Litvy. Současně se bez černý nachází v Jižní Americe, Austrálii, západní, střední a Malé Asii, Severní Africe, Západní Sibiři a v Íránu. Původně se bez černý vyskytoval v lužních lesích na záplavové půdě, ve světlých a listnatých lesích, v pobřežních křovinách a odedávna byl vysazován také u venkovských stavení jako léčivá bylina. V dnešní době se bez černý vyskytuje u zdí, plotů, na rumištích a skládkách, v zanedbaných zahradách a parcích od nížin až po podhůří. Rozrůstání bezu černého je způsobeno jeho semeny, které roznáší ptactvo nebo kořenovými výmladky. Bez černý lze řadit mezi nenáročné keře, které mohou snášet i poměrně špatné půdní podmínky. Bez černý vyhledává půdy bohaté na humus, vlhké a s velkým obsahem dusíku. Bez černý se nachází i na kamenitých místech, které jsou zarostlé křovím, v roklinách a kopcích [1, 4, 5, 11, 12].

2.4 Části bezu černého a jejich účinky na lidský organismus

Je málo léčivých rostlin, které se mohou využít tak mnohostranně, jako právě bez černý. Ke vhodným účelům se zpracovávají květy, listy, kůra, plody i kořen.

2.4.1 Květy (*Flores sambuci*)

Květy bezu černého (*Flores sambuci*) (obr. 4a, 4b) se sbírají zhruba od počátku května až do června. Sbírají se celá květenství (vrcholíky) před úplným rozkvetem i s hlavní stopkou, za slunečního počasí, jelikož jsou květy na déšť velmi citlivé a vlhké mohou snadno opadat. Zahradnickými nůžkami se velmi opatrně odstřihují celá květenství a květy se ukládají do košů, či papírových sáčků. K sušení nasbíraných květů je nejvhodnější stinné místo. Květy se rozprostírají buď na papír nebo do tenké vrstvy na lískách. Další možností je květy zavěsit na šňůry. Pokud jsou květy dobře usušené, jsou velmi lehce oddělitelné od stopky květenství. Správně usušené květy mají bledě žlutou barvu a příjemnou vůni, přičemž tmavé zbarvení je nežádoucí a takovéto květy není dobré používat. Pro skladování usušených květů je vhodná nádoba z tmavého skla, která je dobře uzavíratelná.

„Bezinkový květ“ je součástí mnoha léčivých bylinkových směsí, které bývají potopudné i projímavé. Květy bezu černého se také mohou využívat při léčbě horních cest dýchacích v kombinaci s květy lipovými. Často jsou využívány odvary, používané jako kloktadla, při léčbě zánětu dásní, mandlí a nosohltanu. V lidovém lékařství se květy doporučují proti bolestem zubů, uší a mohou jimi být vyplachovány i zanícené oči. Čaj z květů bezu černého bývá používán proti nespavosti a bolestem hlavy. Květy kromě lékařských účelů mohou sloužit i k přípravě osvěžujících nápojů, či pokrmů [1, 2, 13, 14, 15].



Obr. 4a Květy *Sambucus nigra* [16]



Obr. 4b Květy *Sambucus nigra* [17]

2.4.2 Listy (*Folia sambuci*)

Listy bezu černého (*Folia sambuci*) (obr. 5a, 5b) se sbírají v době od dubna do října. Sušení probíhá v místnostech, ve kterých je dostatečný přísun čerstvého vzduchu. Bezové listy mají močopudné a projímavé účinky a užívají se k léčbě nanejvýše dva měsíce. Na přípravu čaje se používají listy čerstvé nebo sušené, pokrájené. Listy bezu černého pomáhají pročišťovat pokožku a odstraňují nepříjemný tělesný pach. Sušením listů se účinek na lidský organismus může velmi snížit a po delším skladování i zcela vytratit. Ve větší míře se listy mohou používat při revmatických obtížích, pro zábal kloubů a na zevní použití jsou určeny tzv. „suché zábaly“. [1, 2, 13, 18].



Obr. 5a Listy *Sambucus nigra* [19]



Obr. 5b Listy *Sambucus nigra* [20]

2.4.3 Plody (*Fructus sambuci*)

Bezové plody, nazývány též bezinky (*Fructus sambuci*) (obr. 6a, 6b) dozrávají v srpnu, ale sbírají se i v září, či v říjnu. Plody je vhodné sbírat tam, kde nejsou vystaveny stálému slunci. Sběr plodů je vhodné provádět po dešti, kdy jsou omyté a obsahují menší množství vody. Plody černého bezu jsou zralé, jestliže mají modročernou barvu. Plody se mohou sbírat pomocí vidličky, borůvkového hřebenu, ale nejlépe se trhají rukou. Šťáva z plodů bezu černého zanechává na oděvu a pokožce černé skvrny, proto je vhodné při sběru používat rukavice. Sbírané bezinky se v co nejkratším intervalu suší, aby nedošlo k jejich zplsnivění. Optimální teplota sušení je do 40 °C. Dobře usušené plody mají nakysle sladkou, svíravou chuť.

Ze zdravotního hlediska mají čerstvé plody projímavý účinek, usušené naopak způsobují zácpu. Plody mají blahodárny vliv na celou nervovou soustavu, využívají se při bolestech trojklaného nervu, páteře, při migrénách, bolestech kloubů a jsou schopny i mírně snižovat krevní tlak [1, 2, 4, 13, 16, 18].



Obr. 6a Plody *Sambucus nigra* [21]



Obr. 6b Plody *Sambucus nigra* [22]

2.4.4 Kůra (*Cortex sambuci*)

Kůra bezu černého (*Cortex sambuci*) (obr. 7a, 7b) se sbírá v březnu a v dubnu. Lýko neboli spodní kůra chutná zprvu sladce, poté přechází do chuti hořké až ostré. Kůru je nejvhodnější sušit ve stínu nebo při umělé teplotě do 40 °C. Kůra se sbírá především pro lékařské účely. Z lékařského hlediska má bezová kůra velmi podobné účinky jako listy. Kůra působí močopudně a je s velkým úspěchem používána při vodnatelnosti. Z kůry se varí čaje a odvary, ale při požití většího množství může vyvolat zvracení nebo průjem [1, 2].



Obr. 7a Kůra *Sambucus nigra* [23]



Obr. 7b Kůra *Sambucus nigra* [24]

2.4.5 Kořen (*Radix sambuci*)

Kořen bezu černého (*Radix sambuci*) účinkuje ze všech drog nejsilněji. Z lékařského hlediska se kořen používá jako kloktadlo, proti vodnatelnosti, zácpě a je silně močopudný. Při užívání kořene je potřeba dbát velké opatrnosti, protože nevhodným používáním může dojít až ke smrtelné otravě [1].

2.5 Využití bezu černého (*Sambucus nigra L.*)

Pozornost konzumenta se v dnešní době obrací na používání přírodních látek, a také ke zdravému životnímu stylu. Neustále roste zájem o začlenění bezu černého jak do potravinářského, tak i do kosmetického průmyslu. V potravinářství se z bezu černého připravuje sirup nebo šťáva, která by se však měla čerstvá co nejdříve spotřebovat, jelikož při delším uchovávání ztrácí účinky mnoha obsahových látek. Populární jsou i povidla, která se vyrábějí z plodů. Pokud se zralé plody smíchají s cukrem a nechají se zkvasit za malého přídavku alkoholu, získá se bezinkové víno. Ze sušených květů, plodů a kořene se připravuje nálev. Kůru a kořen je vhodné kombinovat i s jinými plody nebo bylinami. Šťávou z bezu černého se v dnešní době dobarvují červená vína a jogurty. Černý bez má široké možnosti použití i v kosmetice. Pleťová voda z bezu je vynikajícím přípravkem k čištění problematické pleti, má zklidňující účinky a stahuje póry. Velmi účinná je i napařovací lázeň, která má čistící účinky, obsahové látky pronikají hluboko do pokožky a pára otevírá póry v kůži. Nálev z listů bezu černého úspěšně odpuzuje komáry. Koupel z květů černého bezu zmírňuje otékání nohou a snižuje celkovou zátěž [1, 2].

2.6 Šlechtění

Neustále se zvyšující poptávka na našem trhu po bezu černém (*Sambucus nigra L.*) je způsobena využíváním tohoto keře v potravinářském, kosmetickém i ve farmaceutickém průmyslu. V České republice se ke šlechtění využívají odrůdy Haschberg, Pregarten, Donau, Hamburg, Sambu, Sampo, Samdal, Samyl, Finn Sam, Samocco, Genofte a další [1].

2.7 Obsahové látky černého bezu (*Sambucus nigra L.*)

Bez černý je velmi bohatým zdrojem metabolitů, obsahuje zejména různé druhy cukrů, organické kyseliny, třísloviny, triterpeny a vitamíny. Dalšími významnými látkami černého bezu jsou sliz, glykosidy, silice, třísloviny, esenciální oleje, flavonoidy a minerální látky [1, 2].

2.8 Minerální látky

Složení potravin z chemického hlediska může být sledováno jako látkové složení, což znamená zastoupení jednotlivých sloučenin nebo jako elementární složení, tj. obsah jednotlivých prvků. Kyslík, uhlík, vodík, dusík, fosfor a síra jsou hlavními konstitučními prvky organických látek a bývají nazývány jako organogenní prvky. Chemické prvky, které jsou obsaženy v potravinách se nazývají minerální látky.

Minerální látky se dále mohou klasifikovat podle různých kritérií. Podle množství se minerální látky dělí do tří skupin. První skupinu tvoří majoritní minerální prvky, které se v potravinách vyskytují v množství setin až jednotek hmotnostních procent. Do skupiny makroelementů se řadí sodík, draslík, hořčík, vápník, chlor, fosfor a síra. Druhou skupinu tvoří minoritní minerální prvky, které se v potravinách vyskytují v menším množství a tvoří přechod mezi majoritními a stopovými prvky. Mezi zástupce mikroelementů patří železo a zinek. Poslední skupinu představují stopové prvky, které jsou zastoupeny v nejnižších koncentracích a zástupci jsou hliník, arsen, bor, kadmium, kobalt, chrom, měď, fluor, rtuť, jod, mangan, molybden, nikl, olovo, selen a cín. Z fyziologického hlediska lze minerální látky v potravinách rozdělit do tří skupin. Do první skupiny se řadí esenciální

prvky, což jsou prvky nezbytné pro život a organismus je musí přijímat v potravě v určitém množství, aby byly zajištěny důležité biologické funkce. Mezi esenciální prvky patří všechny prvky majoritní a řada prvků stopových. Další skupinu tvoří prvky toxické, které ve formě svých sloučenin nebo v elementární formě vykazují toxické účinky. K významným toxickým prvkům patří olovo, kadmium, rtuť a arsen. Poslední skupinu zastupují neesenciální prvky, které jsou fyziologicky indiferentní, či prvky, u nichž není známa biologická funkce a nejsou ani výrazně toxické [25, 26, 28].

2.8.1 Esenciální prvky

K tomu, aby byl prvek zařazen mezi esenciální pro větší skupinu živočichů, musí splňovat následující podmínky:

- prvek je přítomen ve všech zdravých tkáních těla
- koncentrace prvku ve stejných tkáních těl různých biologických druhů je podobná
- úplný a dlouhodobý nedostatek prvku z diety má za následek smrt organismu
- opakovaným přidáním prvku do deficitní diety se fyziologický stav vrací do normálu
- vyloučení prvku z diety vede opakovaně k fyziologickým abnormalitám

Prvky, které nesplňují všechny výše uvedené podmínky, ale jsou u nich prokázány příznivé účinky na lidský organismus, se označují jako funkčně prospěšné, nepatří však do skupiny prvků esenciálních [25].

2.8.1.1 Sodík

Latinský i anglický název *Sodium* má prapůvod v latinském slově „sodanum“, což označovalo lék proti bolestem hlavy. Sodík je nejzastoupenějším alkalickým kovem v zemské kůře. V lidském těle se nachází kolem 70 – 100 g sodíku, a to převážně v extracelulárním prostoru. Hlavní funkcí sodíku v organismu je udržovat společně s chloridem, jako protiontem, osmotický tlak uvnitř buněk a acidobazickou rovnováhu. Kromě toho je sodík společně s draslíkem potřebný pro aktivaci některých enzymů, například α -amylasy. Resorpce sodíku v trávicím traktu je rychlá a její účinnost je 90 % při obvyklém složení stravy. Z těla je sodík vylučován především močí, ovšem značné množství se odvádí i potem. Dlouhodobý nadměrný příjem sodíku může způsobit hypertenzi, naopak nedostatek tohoto prvku vyvolává poruchu ledvin, svalovou slabost a nepravidelnou srdeční činnost. Pro dospělého člověka je minimální potřebná denní dávka sodíku 500 mg, avšak skutečná dávka sodíku přijímaná potravou je často podstatně vyšší. Dávka sodíku by neměla překročit 2,4 g za den, s výjimkou těžce pracujících osob. V potravinách se sodík vyskytuje ve formě volných iontů a jeho přirozený obsah je velmi proměnlivý. V mnoha potravinách rostlinného původu se sodík řadí spíše k minoritním prvkům. Solením lze obsah sodíku v potravinách zvýšit o několik řádů [25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

2.8.1.2 Draslík

Draslík se spolu se sodíkem podílí na udržování rovnováhy tekutin a elektrolytů v buňkách a v tkáních. Draslík reguluje krevní tlak a udržuje správný srdeční rytmus. Celkový obsah draslíku v lidském těle činí 140 – 180 g. Resorpce draslíku je stejně jako u sodíku velmi vysoká a činí 90 %. Draslík vyrovnává účinky nadměrného příjmu sodíku a je nezbytný

pro šíření nervových vzruchů. Krevní hladinu draslíku řídí hormony. V lidském těle je zásoba draslíku udržována ve svalech a v játrech. Ke ztrátám draslíku dochází při konzumaci alkoholu, cukrů, sladkostí a kávy. Draslík může při nadměrném příjmu působit močopudně, potlačuje stahy srdečního svalu a tím může dojít k selhání srdce. K raným příznakům nedostatku draslíku patří apatie, slabost, pomatenost a nadměrná žízeň. Dlouhodobý nedostatek draslíku způsobuje nepravidelný tep a jiné srdeční a dýchací potíže. Pro dospělého člověka minimální doporučená denní dávka draslíku činí 2000 mg. U dětí se množství pohybuje v rozmezí 500 – 1200 mg. Draslík se nachází ve většině potravin rostlinného původu. Zvláště bohatým zdrojem draslíku jsou avokádo, ořechy, semena, luštěniny, celozrné obilniny, rajčata a čerstvé ovoce [1, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32].

2.8.1.3 Hořčík

Obsah hořčíku v lidském těle činí u dospělého člověka asi 25 – 40 g a z tohoto množství připadá asi 60 % na obsah v kostře. Vysoké koncentrace hořčíku se nachází též v pankreatu a v játrech. V krvi a extracelulárních tekutinách je obsaženo pouze jedno procento z celkového množství hořčíku v organismu. Místem, kde se hořčík vstřebává, je především tenké střevo a v malém množství tlusté střevo. Z lidského organismu je hořčík vylučován převážně močí, dále pak kůží a to v závislosti na vnější teplotě, fyzické zátěži a velikosti povrchu těla. Doporučená denní dávka hořčíku činí u žen 300 mg, u mužů 350 mg a u dětí 50 – 200 mg. Hořčík je nezbytný pro všechny metabolické děje, při kterých se tvoří nebo hydrolyzuje ATP, účastní se stabilizace makromolekul DNA a je nutný pro aktivaci fosfatasy a fosfotransferasy. Pro fotosyntetizující organismy je tento kov esenciální a společně s vápníkem, hořčík ovlivňuje permeabilitu biologických membrán a dráždivost buněk. Nedostatek hořčíku vede ke zvýšené dráždivosti, velký nadbytek naopak způsobuje útlum nervové činnosti. Deficit hořčíku může být způsoben jeho nedostatečným obsahem v přijímaných potravinách, jeho zvýšenou spotřebou nebo zvýšenými ztrátami do moči a stolice. Projevem deficitu hořčíku je svalová slabost, závratě, psychické deprese a křeče dolních končetin. K nadbytku hořčíku za normálních podmínek nedochází. Hlavním zdrojem hořčíku je ovoce, zelenina, obilniny, kešu ořechy, pivovarské kvasinky mandle a arašidy [1, 25, 27, 29, 30, 32].

2.8.1.4 Vápník

Vápník je hlavní minerální složkou lidského těla a jeho celkový obsah činí přibližně 1500 g. Z 99 % je vápník obsažen v kostech a zubech ve formě fosforečnanu vápenatého. Zbylé 1 % vápníku se podílí na stavbě a činnosti buněk a na srážení krve. Resorpce vápníku probíhá společně s hořčíkem v tenkém střevě. Doporučená denní dávka vápníku činí asi 800 mg, u dětí je to 400 – 1200 mg a u těhotných žen 1200 mg. Díky přirozeným regulačním systémům se nadměrné množství vápníku v těle vyskytuje jen málokdy a to v důsledku nemoci nebo předávkováním vitamínem D. Pokud však tělo potřebuje větší množství vápníku než se mu dostává, může se vápník vyvazovat z kostí. Mezi látky zabraňující vstřebávání vápníku nebo jeho nadměrné vylučování patří káva, čaj, pšeničné otruby a soli, ale podobné účinky mají také potraviny, obsahující kyselinu šťavelovou, jako je špenát a rebarbora. Vápník je nezbytný pro dobrou činnost nervů a svalů. Přípravky s obsahem vápníku se používají při léčbě svalových křečí, nemocných zad a kostí. Nedostatek vápníku velmi často plyne z nedostatku vitamínu D a u dětí může způsobit křivici, vybočenost

kolen a ptačí hrud'. U dospělých jedinců vyvolává deficit vápníku osteomalacii. Vápník se vyskytuje v potravinách živočišného původu a lze ho najít především v sýrech, mléce, mléčných výrobcích, sóji, vaječném žloutku a jogurtu [1, 25, 29, 31, 33, 34].

2.8.1.5 Fosfor

Tělo dospělého člověka obsahuje přibližně 420– 840 g fosforu, z tohoto množství se 80 – 85 % nachází v zubech a v kostech. Fosfor se také vyskytuje v tkáních, krvi, svalovině a v nervové tkáni. V lidském těle fosfor zastává funkci stavební, funkci energetického metabolismu a funkce aktivační, regulační a katalytické. Resorpce fosforu probíhá v tenkém střevě a společně s exkrecí je závislá na obsahu vápníku ve střevě a naopak. Je-li jeden z prvků přítomen v nadbytku, zvýší se exkrece druhého prvku. Stupeň resorpce fosforu je závislý na složení stravy, věku a zdravotním stavu konzumenta. U novorozenců probíhá resorpce z mateřského mléka z 85– 90 %, u starších dětí a dospělých jedinců je to z 50 –70 %. Doporučené denní množství pro dospělého jedince činí 1200 mg a u dětí 300 –800 mg. Doporučených denních dávek je při běžném složení potravy bez problémů dosaženo. K deficitu fosforu může docházet v důsledku dlouhodobého užívání antacidových léků. Nerovnováha mezi vápníkem a fosforem bývá ve většině případů způsobena stravou a vysokým obsahem tuků v potravinách. Při nadměrném přísunu fosforu klesá také vstřebávání hořčíku. Nedostatek fosforu bývá velmi vzácný. Fosfor se nachází ve všech rostlinných a živočišných bílkovinách a navíc se fosfáty přidávají do celé řady potravin. Bohatým zdrojem fosforu jsou ořechy, sýry a mléčné výrobky [25, 27, 29].

2.8.1.6 Železo

Celkový obsah železa v lidském těle dospělého jedince činí 3– 5 g. Nejvíce železa se nachází v krvi, játrech a slezině, nižší koncentrace lze najít v ledvinách, srdci a kosterním svalstvu a velmi malé množství železa je obsaženo v pankreatu a mozku. Nepatrné množství celkového železa v lidském těle je obsaženo i v enzymech. Funkce železa v organismu souvisí s tím, v jakých sloučeninách je obsaženo (*tabulka 1*). V první řadě jde o účast železa na transportu kyslíku krevním řečištěm, skladování kyslíku ve svalové tkáni a katalýze oxidačně-redukčních reakcí. Hlavními hemovými proteiny se schopností vazby kyslíku jsou hemoglobin, což je barvivo červených krvinek a myoglobin, barvivo svalových tkání. Oxymyoglobin slouží jako tkáňová zásobárna kyslíku. Dalším významným typem sloučenin železa jsou proteiny s železem a sírou a do této skupiny řadíme rubredoxiny a ferredoxiny, což jsou látky, které působí jako přenašeče elektronů reverzibilní změnou mocenství železa. Proteiny se železem a sírou se nacházejí u mnoha organismů, příkladem jsou aerobní a anaerobní bakterie, řasy, houby, vyšší rostliny a živočichové. V krevní plazmě je obsažen nehemový protein transferin, který slouží jako transportní forma železa. Zásobními formami železa jsou ferritin a hemosiderin, které se vyskytují zejména v játrech, slezině a kostní dřeni [25, 29, 30].

Tabulka 1 Sloučeniny železa vyskytující se v lidském těle [25]

Sloučenina	Množství v g	Obsah Fe v g	% celkového množství Fe
hemoglobin	900	3,0	60 – 70
myoglobin	40	0,13	3 – 5
ferritin	2 – 4	0,4 – 0,8	7 – 15
transferrin	10	0,004	0,1
katalasa	5	0,004	0,1
cytochrom c	0,8	0,004	0,1

Z běžné potravy se v trávicím traktu vstřebává 5–15 % přítomného železa. Účinnost vstřebávání není závislá na množství železa, ale může být ovlivňována tvorbou komplexů železa. Vstřebávání železa v organismu je regulováno a při jeho nedostatku může účinnost stoupnout až na 30–60 %. Během trávení pravděpodobně dochází k částečné redukci trojmocného železa, které je obsaženo v potravě, na železo dvojmocné. Železnaté ionty se vstřebávají ve dvanáctníku a v části lačnicku. Mezi nejdůležitější látky, které zvyšují resorpci železa ze stravy, patří kyselina askorbová, organické kyseliny, aminokyseliny a sacharidy. Doporučená denní dávka železa u dospělého člověka činí 15 mg u žen a 10 mg u mužů. Nedostatečný příjem železa z potravy může vést k anémii a ke snížení imunity. Při nadbytku příjmu železa může docházet ke hromadění hemosiderinu v játrech. V živočišných tkáních převažují hemové formy železa. Jedná se především o mléko, mléčné výrobky a vejce. V rostlinách bývá železo vázáno v různých komplexech. Dalšími potravinami bohatými na železo jsou vnitřnosti, luštěniny, kakao a čaj. Dostatečné množství železa obsahují ryby, drůbež, cereálie, špenát, petržel a ořechy [25, 30, 33, 34].

2.8.1.7 Zinek

Tělo dospělého člověka obsahuje 1,4 – 3,0 g zinku. Vysoká koncentrace zinku se nachází v kůži, vlasech, nehtech, očních tkáních, játrech, ledvinách, slezině, mužských pohlavních orgánech, v krvi a krevní plazmě, kde je vázán na sérový albumin. V červených krvinkách je zinek obsažen zejména v enzymu karbonátanhydratase. Zinek se vyskytuje v tělech všech organismů, je součástí 200 metaloenzymů a je nezbytný pro jejich katalytickou funkci. Resorpce zinku v trávicím ústrojí probíhá v celém tenkém střevě. Účinnost resorpce se pohybuje kolem 30 % a je regulována buňkami střevní sliznice. Vstřebávání zinku je jednodušší u osob s nižší tělesnou hmotností a v případě nižší saturace organismu zinkem. Stupeň resorpce zinku je rozvněž závislý na složení stravy. Při perorálním podávání vysokých dávek zinku se resorpce snižuje. Zinek se z organismu vylučuje stolicí a do střevního obsahu se dostává z vylučované žluči a pankreatické šťávy. Resorpci zinku zvyšuje vysoký obsah bílkovin a aminokyselin, opačný účinek má kyselina fytová a vláknina. Doporučená denní dávka zinku se pohybuje u dospělého jedince mezi 12 – 15 mg. Deficit zinku může nastat při dlouhodobém přijímání nízkých dávek z potravy a má za následek zpomalený růst, nedostatečný vývoj pohlavních orgánů, ztrátu chuti, změny na kůži a vypadávání vlasů a nehtů. Ve vyšších dávkách je zinek toxický. Perorální podání 2 g zinku a vyšších množství má za následek podráždění sliznic trávicího ústrojí a zvracení, avšak přijetí tak vysoké dávky potravou je vyloučeno. Zinek je antagonistou mědi. Zinek se nachází v potravinách rostlinného i živočišného původu a ve velké míře je obsažen v korýších, mléku, mléčných

výrobciích, žitných klíčkových vločkách, pšeničných otrubách, máku a v semenech dýně [25, 30, 33, 34, 35, 36].

2.8.1.8 Měď

V těle dospělého člověka je 100 – 180 mg mědi a lze ji najít v játrech, ledvinách, svalstvu, mozku a v plicích. V jaterních buňkách je většina mědi navázána na molekuly enzymu superoxiddismutasy, v mozkové tkáni je obsažen metaloprotein cerebropuprein a v krvi je více než 90 % mědi obsaženo v plazmě. Měď se vstřebává především v duodenální části trávicího ústrojí. Stupeň resorpce je v rozmezí 25 – 70 % a dochází k němu dvěma mechanismy. Prvním mechanismem je aktivní transport, který převažuje při nedostatku mědi v organismu a druhým je prostá difúze. Z těla je měď vylučována stolicí a část resorbované mědi je pak vyloučena žlučí. Doporučená denní dávka mědi přijatá potravou činí 2 – 5 mg. Měď podporuje růst a vývoj kostí, nervové soustavy, mozku a také se podílí na tvorbě červených krvinek. Významné účinky má měď při poruchách srdečního rytmu a chrání tkáň před poškozením volnými radikály. Nedostatek mědi se projevuje anémií, osteoporózou, šedivěním vlasů, může mít za následek špatné vstřebávání železa a zkrácený život červených krvinek. S deficitem mědi je spojen Mankensův syndrom, při kterém dochází ke snížené absorpci mědi, ztrátám mědi v moči a k abnormálnímu transportu mědi v buňkách. Nadměrný přísun mědi blokuje vstřebávání zinku v tenkém střevě a naopak. Zvýšený příjem mědi může způsobit jaterní cirhózu. Akutní otrava mědí nastává při požití vody, která je jí vysoce kontaminovaná nebo při požití kyselé potraviny, která byla dlouhodobě skladovaná v měděných nádobách, a projevuje se nevolností, zvracením, bolestí žaludku a svalů. Vysoký obsah mědi se nachází v mase, játrech, luštěninách, kávě, černém čaji, celozrnném pečivu a v pivovarských kvasnicích. Nižší koncentrace mědi lze najít v mléce, ale biologická využitelnost mědi z mateřského mléka je velmi vysoká [25, 30, 31, 32, 36].

2.8.1.9 Mangan

Lidský organismus obsahuje přibližně 10 – 20 mg manganu. Vyšší koncentrace manganu se nachází v kostech, játrech, pankreatu, ledvinách a nižší koncentrace lze sledovat v mozku, slezině, srdci a plicích. Minimální množství manganu se nachází v kosterním svalstvu. Většina manganu v krvi je zastoupena v erythrocytech a v krevní plazmě je mangan navázán na β_1 -globulin. Resorpce manganu probíhá v celé části tenkého střeva a je velmi podobná resorpci železa, přičemž vysoká koncentrace železa, vápníku a fosforu může blokovat jeho vstřebávání. Mangan má celou řadu metabolických funkcí, má vliv na centrální nervovou soustavu a je součástí enzymů pyruvátkarboxylasy a arginasy. Za účasti manganu probíhá část světelné fáze fotosyntézy. Mangan je velmi důležitý pro tvorbu hormonu štítné žlázy tyroxinu, správné trávení, využívání živin z potravy a ulehčuje ukládání vápníku a fosforu do kostí. Nedostatek manganu může způsobit deformitu kostí, závratě a nesoustředěnost. Nadbytek manganu může způsobit poškození mozku, má vliv na centrální nervovou soustavu a je schopen inhibovat tvorbu hemoglobinu. Doporučená denní dávka manganu činí u dospělého člověka 2 – 5 mg. Zdrojem manganu jsou především celozrné obilniny, ořechy, luštěniny, listová zelenina, čaj, mandle, pšeničné klíčky a sójové boby [25, 28, 29, 30, 32, 33, 36].

2.9 Techniky pro prvkovou analýzu v biologické matrici

Ke stanovení obsahu významných prvků v potravinách se nejčastěji využívají spektrální techniky, jakými jsou atomová absorpční spektrometrie s elektrochemickou atomizací (GF-AAS), hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) a optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). Srovnání spektrálních technik uvádí *tabulka 2* [37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48].

Tabulka 2 Srovnání jednotlivých spektrálních technik

Technika	Detekční limity	Prvky	Výhody	Nevýhody
ICP-OES	ppb - ppm ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ - $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	většina kovů, vybrané nekovy	multiprvková, rychlá metoda, vysoká TDS tolerance	relativně malá citlivost, složité interference
ICP-MS	ppt ($\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$)	většina kovů i nekovů	rychlá, velmi citlivá multielementární technika, dobrá kontrola interferencí, velký dynamický rozsah	nízká tolerance pro látky, rozpuštěné v matrici
GF-AAS	ppt - ppb ($\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$ - $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	většina kovů (Pb, Ni, Cd, Co, Cu, As, Se)	citlivá metoda, malý počet interferencí	limitovaný dynamický rozsah, jednoprvková metoda

2.9.1 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Principem metody je zavádění vzorku do plazmového zdroje, kde v prostředí plazmatu (nejčastěji generovaného z plynu argonu), dochází k odpaření vzorku a k zániku chemických vazeb v molekulách přítomných sloučenin, jednotlivé prvky se atomizují a u těchto atomů následuje excitace elektronů do vyšších energetických hladin. Tento stav je vysoce nestabilní a dochází k okamžité deexcitaci zpět na nižší energetické hladiny atomu, při které dochází k emisi fotonu o přesně definované vlnové délce, která je dána právě rozdílem energie obou hladin a je typická pro každý prvek. Emitované záření je vedeno na monochromátor, který dokáže rozdělit záření na jednotlivé vlnové délky a fotony tohoto rozděleného světla následně dopadají na detektor, kde dochází k převedení světelného signálu na elektrický. Konkrétní vlnová délka záření odpovídá jednomu určitému přechodu elektronů, který je charakteristický vždy pro jediný prvek. Intenzita elektrického signálu pak odpovídá množství daného prvku ve vzorku [37, 38, 49].

2.9.1.1 Zavádění vzorku do plazmatu

Pro správný průběh rozkladu vzorku, jeho atomizaci s následnou excitací a deexcitací elektronu, je nutné vzorek nejprve dodat ve vhodné formě do plazmatu. Důležité je, v jakém skupenství se vzorek nachází.

a) Kapalné vzorky

Zmlžovače, které jsou závislé na průtoku nosného plynu se nazývají pneumatické a využívají kinetické energie proudícího plynu, vytékajícího z trysky podstatně rychleji, než proudí kapalina směrem k tomuto ústí. Kapalina je transportována k ústí vytékajícího plynu buď nuceně, například peristaltickým čerpadlem nebo častěji přímo sacím efektem plynové trysky. Uspořádání kapiláry s nosným plynem a kapiláry s kapalinou bývá buď souosé nebo pravouhlé. Dále existují zmlžovače, které nejsou závislé na průtoku nosného plynu a patří mezi ně hydraulický vysokotlaký zmlžovač, který umožňuje zmlžování roztoků vhnáním kapaliny pod tlakem přímo do mlžné komory nebo proti tuhé překážce. U těchto zmlžovačů je nutné použití vysokotlakých čerpadel, kde přívod roztoku bývá pod tlakem 10 až 40 MPa. Jelikož se využívá velmi malých průměrů kapilár na přívod vzorku (10 – 30 μm), mají tyto systémy často potíže se vzorky s vyšším obsahem rozpuštěných solí nebo nečistotami. Dalším druhem zmlžovače je termosprej, který pracuje na principu nárazového ohřevu kapaliny vzorku nad bod varu, čímž dochází k expanzi přehřátých par v ústí křemenné kapiláry, která se postupně směrem ke svému konci zužuje ze 150 μm až na 25 μm . Posledním typem zmlžovače, nezávislého na průtoku plynu, je ultrazvukový zmlžovač, který využívá akustické energie, působící na kapalinu vzorku [37, 38, 49].

b) Pevné vzorky

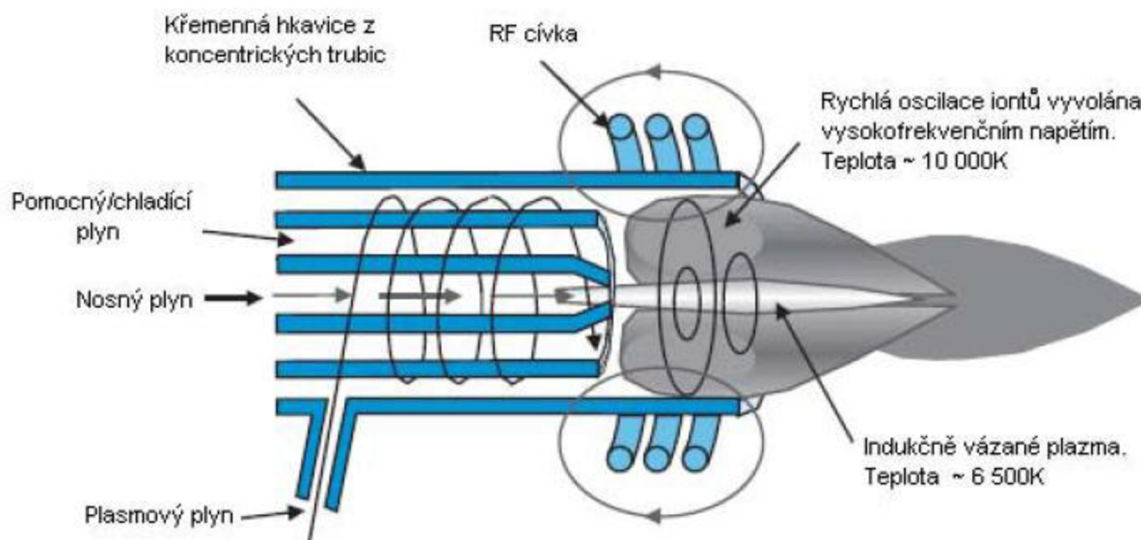
Pevné vzorky je nutné vhodným způsobem převést do hlavice s plazmatem. Nejčastěji se tak děje ve formě suchého aerosolu, který je vytvářen pomocí elektrotermického zahřívání, jiskrovou a laserovou ablací nebo pneumatickým převáděním práškových materiálů. Jakým způsobem je aerosol vytvářen a převáděn do hlavice, záleží na vlastnostech a formě pevného vzorku [49].

c) Suspenze

Technika zmlžování suspenzí zaujímá významné místo v přímé analýze celé řady pevných materiálů, které se nachází ve vhodné práškovité formě nebo které lze do této formy snadno převést. Obvykle jde o analýzu obtížně rozložitelných prášků pro keramické materiály, a geologických materiálů. Suspenzní technika obchází pracnou přípravu vzorku k analýze na mokré cestě a zároveň minimalizuje nebezpečí ztrát analytu a kontaminaci vzorku [49].

2.9.1.2 Zdroj plazmatu

U ICP je plazma tvořeno v plazmové hlavici (*obr 8*). Výboj, potřebný pro vytvoření plazmatu, je nejčastěji iniciován v hlavici vysokofrekvenčním jiskrovým výbojem z Teslova transformátoru nebo indukčně zahřátým uhlíkem. Následně vytvořené elektrony z daného plynu (nejčastěji argonu) jsou urychlovány a usměřňovány vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem a díky tomu dochází k další ionizaci atomů plynu, což má za následek vytvoření nepřetržitého výboje. Generátor plazmatu se skládá ze tří základních částí, kterými jsou zdroj stejnosměrného napětí, vysokofrekvenční oscilátor a indukční cívka pro generování výboje. Pro generování plazmatu se nejčastěji využívá vzácných plynů (Ar, He). Existují však i plazmové zdroje, které pracují s molekulárními plyny (O_2 , N_2 nebo H_2) nebo se směsí argonu a těchto molekulárních plynů [37, 49].



Obr. 8 Schéma plazmové hlavice [37]

2.9.1.3 Monochromátor

Aby bylo možné zaznamenat signál určitého prvku, je nutné odlišit monochromatické záření o určité vlnové délce od záření, které je emitované složkami nedisociovaných molekul, radikálů a ostatních prvků obsažených ve vzorku. Monochromátory z polychromatického záření emitovaného zdrojem vydělí monochromatické záření bez toho, aby došlo k rozložení spektra. Na tomto principu pracují různé optické filtry, které využívají absorpce, rozptylu, polarizace nebo interference záření. Výhodou těchto filtrů je jednoduchost a tím i jejich poměrně nízká cena. Naproti tomu jejich nevýhoda je ve schopnosti pracovat pouze v omezeném rozsahu vlnových délek (desítky až stovky nanometrů) a tím i výrazné omezení užití v ICP. Disperzní monochromátory dokáží rozložit záření na prostorově uspořádané spektrum. Z tohoto spektra je pak možné mechanicky zvětšováním a zmenšováním štěrbin vydělit úzké oblasti spektra, kde lze pootáčením popřípadě posuvem štěrbin skenovat postupně jednotlivé vlnové délky záření. Dnes se již u ICP využívá u těchto typů monochromátorů difrakčních mřížek, ať už dutých nebo rovinných. Použití optických hranolů je využito jen u speciálních případů [37, 38, 49].

2.9.1.4 Detektor

U metody ICP-OES je potřebné převést světelný signál na signál elektrický, což umožňují fotodetektory. Prvním typem detektorů jsou fotodiody. Při absorpci fotonu dochází k vytvoření dvojice elektron-díra a tím k postupnému toku elektrického proudu směrem k příslušné elektrodě. Fotodiody musejí být často chlazeny, aby nedocházelo k termickému šumu, který vzniká zahřátím, při vedení elektrického proudu. Teploty, na které je nutné chladit, se pohybují až k $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Fotonásobiče jsou nejčastěji používanými detektory při spektrální analýze. Jedná se o speciálně vakuovanou fotonku se zesilovacím prvkem, založeném na toku elektronů sekundární emisí. Principem je uvolnění elektronu, který byl vyražen dopadem fotonu na fotokatodu. Vyražený elektron je urychlen elektrickým

polem mezi fotokatodou a dynodou, z které jsou vyraženy další elektrony. Elektrony následně narážejí na další dynody a výsledkem je zesílený proud elektronů, který dopadá na anodu. Dynody bývají obvykle v počtu 8 až 14 a bývají zhotoveny ve formě plíšku nebo sítěky s vrstvou schopnou produkovat sekundární elektrony (GaP, BeCu a jiné). Dalšími detektory jsou diodová pole (diode array), které využívají seskupení několika set až tisíc fotodiod, které zcela pokrývají vymezený prostor vlnových délek. Při dopadu fotonu na fotodiodu dojde k fotoelektrickému jevu (vznik páru elektron-díra). Vzniklý proud vybije kondenzátor, který je spojený s fotodiodou a výsledkem je hodnota proudu, potřebná pro opětovné nabití kondenzátoru, která je převedena počítačem na signál z detektoru. Detektor se snímačem CCD (Charge Coupled Device), obsahuje diskrétní čtvercové výseky (pixely), které tvoří jednotlivé body výsledného obrazu a každý pixel má pak citlivost fotonásobiče. Při dopadu fotonu na pixel dochází k akumulaci vzniklého náboje, kde s počtem dopadajících fotonů roste i množství naakumulovaného náboje. Postupně je tento náboj přenášen na výstupní čip a zde je konvertován na elektrický signál (napětí) [37, 38, 49].

2.9.1.5 Interference v ICP-OES

U ICP-OES lze rozlišit spektrální a nespektrální interference, kdy míra jejich uplatnění a exaktní detekovatelnost je různá.

a) Nespektrální interference

Nespektrální interference většinou tvoří snadno ionizovatelné prvky. Mechanismus těchto interferencí doposud není uspokojivě popsán a liší se v jednotlivých zónách plazmatu u atomových a iontových čar. V počáteční zářivé zóně dochází zpravidla ke zvyšování intenzity emise, oproti tomu v analytické zóně lze zaznamenat mírné depresivní vlivy. Další výrazné nespektrální interference lze pozorovat při zmlžování roztoků s vyšším obsahem minerálních kyselin. Nespektrálním interferencím se dá zabránit použitím metody vnitřního standardu. Metoda vnitřního standardu je rovněž vhodná pro eliminaci interferencí transportu a účinnosti zmlžování [37].

b) Spektrální interference

Spektrální interference jsou zásadním problémem ICP-OES, zejména jsou-li ve vzorku přítomny vyšší koncentrace prvků s komplexním emisním spektrem nebo intenzivními emisními čarami. Předpokladem úspěšné analýzy těchto vzorků, je použití disperzních prvků s dostatečným rozlišením. Spektrální interference se dělí do několika skupin: skutečný překryv dvou nebo více čar, čáry jsou nerozlišeny v důsledku malé rozlišovací schopnosti spektrometru, částečný překryv analytické čáry křídlem rozšířené interferující čáry, záření pozadí a rozptyl světla. Pozadí v ICP plazmatu je tvořeno pásovou molekulární emisí, čárovou emisí atomů a rekombinačním zářením radikálů [37, 38].

2.10 Rozklad biologického materiálu pro stanovení jednotlivých prvků

Ve stopové analýze je rozklad biologického materiálu společně se vzorkováním a manipulací se vzorkem jedním z nejkritičtějších kroků. Metody rozkladu lze rozdělit do dvou následujících skupin:

- rozklad na suché cestě
- rozklad na mokré cestě

Rozdělení do těchto dvou skupin závisí na chemických činidlech, teplotě, tlaku a zařízeních, která se při daném rozkladu uplatňují. V dnešní době je nejvyužívanější metoda mokrého rozkladu, která je následována suchým otevřeným rozkladem [50, 51].

2.10.1 Metoda suchého rozkladu

Tato metoda se dále dělí, v závislosti na teplotě, na rozklad za vysoké teploty (450 – 500 °C) a na rozklad při nízké teplotě (200 – 400 °C). Rozklady za těchto dvou teplot lze provádět za normálního nebo zvýšeného tlaku. Látky, které obsahují organickou matici, se při suchém rozkladu rozkládají při nižší teplotě, pomocí oxidačních a pomocných činidel, působením tepelné energie, postupným a pomalým spalováním. Celkový postup rozkladu se stává ze čtyř částí, kterými jsou sušení, spalování, spopelnění a loužení. K loužení se používají především minerální kyseliny, jako jsou kyselina dusičná nebo kyselina chlorovodíková. Metoda suchého rozkladu je poměrně nenáročná, ale má určité nevýhody, jelikož může docházet ke ztrátě prchavých kovů (As, Cd, Hg, Pb, Se) a prvků neprchavých (Cr, Fe). Další nevýhodou této metody je, že většina organických látek se rozkládá až při teplotách 300 – 700 °C, proto nemusí být rozklad při takovýchto teplotách dostatečný [50, 51].

2.10.2 Metoda mokrého rozkladu

Tato metoda patří k nejrozšířenějším metodám používaných rozkladů. Klasický mokrý rozklad probíhá ve směsi koncentrovaných minerálních kyselin za atmosferického tlaku a biologická matrice se oxiduje vhodnými činidly. V prvním kroku dochází ke kyselé hydrolyze a k rozrušení struktury vzorku, následně dochází k oxidaci meziproductů. Nejpožívanější kyselinou mokrého rozkladu je kyselina dusičná, která se následně rozkládá na páry oxidu dusíku. Další poměrně často používanou kyselinou je kyselina sírová, vyjimečně lze použít i kyselinu fluorovodíkovou. Oproti suchému rozkladu se při tomto typu rozkladu využívá nižších teplot z důvodu bodu varu oxidačních činidel nebo jejich směsí [51].

2.10.3 Uzavřený mikrovlnně podporovaný rozklad

Nejčastěji se tento rozklad používá pro přípravu organických vzorků, které se následně využívají pro prvkovou analýzu, metodami ICP-MS, ICP-OES a AAS. Podstatou tohoto rozkladu je absorpce mikrovlnné energie v objemu látky, čímž tak dochází k růstu teploty a tlaku [51]. Výhodou tohoto rozkladu je nižší pravděpodobnost kontaminace, snížená spotřeba chemických rozkladných činidel a lepší hygiena práce. Nevýhodou mikrovlnného rozkladu je zvýšené bezpečnostní riziko, nemožnost dodatečně přidávat činidla a nízká hmotnost navážky [51].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Popis vzorků

K analýze byly použity vzorky šlechtěných odrůd bezu černého (*Sambucus nigra L.*), sesbírány koncem léta roku 2011 a 2013. Všechny vzorky k analýze poskytl Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský v Holovousích s.r.o.. Šlechtěné odrůdy bezu černého byly pěstovány v obci Holovousy, na vysoce jílovitě půdě. Průměrná roční teplota v této lokalitě byla 8,14 °C, průměrný roční úhrn srážek činil 654,7 mm (z toho 378,8 mm za vegetační období). Jednotlivé odrůdy byly zastoupeny třemi keři, pěstovanými ve sponu 3 x 2 m. Jednotlivé odrůdy uvádí *tabulka 3*.

Tabulka 3 Vzorky šlechtěných odrůd bezu černého použité pro analýzu

Druh	Rok	Odrůda
Bez černý (<i>Sambucus nigra L.</i>)	2011	Albida
		Bohatka
		Dana
		Heidegg
		Mammut
		Sambo
		Sambu 1
		Sambu 3
		Samdal
		Sampo 1
		Sampo 2
	2013	Albida
		Aurea
		Bohatka
		Dana
		Heidegg
		Mammut
		Pregarten
		Sambo
		Sambu
		Sampo
		Samyl
Weihenstephan		

3.2 Laboratorní vybavení

3.2.1 Chemikálie

- ultračistá deionizovaná voda, vyrobená stanicí ELGA Pure Lab Classic (Veolia Water systems Ltd., UK)
- kyselina dusičná 67 %, p.a.+ (Analytika, Praha, Česká republika)
- standardy jednotlivých prvků o koncentraci 1 g·l⁻¹ (Astasol, Analytika, Česká republika)

3.2.2 Pomůcky

- plastové zkumavky 10 ml
- odměrné baňky (25 ml, 50 ml a 100 ml)
- kádinky
- Erlenmeyerovy baňky
- mikropipety
- filtrační nálevka
- filtrační papír

3.2.3 Přístroje

- analytické laboratorní a digitální váhy AND HA-202M (A a D Company, Tokio, Japonsko)
- mrazicí box
- jednotka pro přípravu ultračisté a deionizované vody Pure Lab Classic UV (Elga, Marlow, Velká Británie)
- mlýnek na ovoce Tutti Frutti
- třepačka
- odpařovací topná deska
- centrifuga
- autosampler
- ICP-OES model Ultima 2 (Horiba Jobin Yvon)

3.3 Příprava vzorků

Sesbírané plody jednotlivých šlechtěných odrůd bezu černého byly uchovány v igelitových pytlích v mrazničce při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro přípravu surové šťávy byly vzorky rozmrazeny při laboratorní teplotě, odstokovány a pomocí ručního mlýnku na ovoce z nich byla získána šťáva, která byla pomocí centrifugy odstředěna a následně zfiltrována. Do odměrných baněk (25 ml a 50 ml) byla napipetována získaná šťáva v množství 1 ml a následně zvážena na analytických vahách. Odměrné baňky byly doplněny deionizovanou vodou na požadovaný objem. Takto připravená šťáva byla ihned použita k analýze. Celé plody určené pro analýzu byly rozmrazeny za laboratorní teploty a odstokovány. Na analytických vahách bylo naváženo $1,000 \pm 0,300\text{ g}$ bobulí, které byly převedeny do Erlenmeyerovy baňky. K takto připraveným plodům bylo napipetováno 20 ml 67 % HNO_3 . Erlenmeyerovy baňky, obsahující plody, byly umístěny na třepačku po dobu dvou hodin a následně přesunuty na odpařovací topnou desku, kde došlo k jejich rozkladu. Rozložená matrice byla kvantitativně převedena do 100 ml odměrných baněk, které byly doplněny deionizovanou vodou na požadovaný objem a ihned použity k analýze.

Při přípravě vzorků, standardů i při vlastní analýze byla použita ultračistá deionizovaná voda, získaná pomocí přístroje Pure Lab Classic. Důvodem použití této ultračisté deionizované vody je to, že při práci s ICP-OES se musí použít taková voda, která je zbavena veškerých nežádoucích iontů, částic, organických nečistot a mikroorganismů, které by mohly výrazně ovlivňovat výsledky.

3.4 Příprava kalibračních roztoků

Emisní spektrometry bývají v případě analýzy vzorku s komplikovanou matricí většinou kalibrovány metodou standardního přídatku. V této diplomové práci byla použita kalibrace

ve vodném prostředí, neboť šťávy černého bezu byly naředěny deionizovanou vodou v poměru 1:25 a 1:50. Do odměrných baněk 25 ml a 50 ml byly přidány jednotlivé standardy prvků (Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, P, Ca, Na a K) tak, aby jejich výsledná koncentrace v roztoku byla $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Draslík a fosfor byly přidány v 10krát větším množství. Pomocí deionizované vody byl obsah odměrných baněk doplněn na požadovaný objem. U vodných kalibračních roztoků pro analýzu plodů bezu černého byly do 100 ml odměrné baňky napipetovány jednotlivé standardy prvků (Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, P, Ca, Na a K) tak, aby byla jejich výsledná koncentrace stejně jako u šťáv $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Draslík a fosfor byly opět přidány v 10krát větším množství. Ke standardům bylo přidáno 20 ml 67 % HNO_3 a potřebné množství deionizované vody na výsledný objem 100 ml.

3.5 Prvková analýza metodou ICP-OES

Měření bylo provedeno na přístroji ICP-OES, model Ultima 2 na Fakultě chemické, Vysokého učení technického v Brně. Přesné parametry nastavení přístroje pro analýzu uvádí *tabulka 4*. Před každým měřením byl proveden performance test, kterým byla ověřena správná funkčnost přístroje, pomocí základních roztoků naředěných standardů kovů Zn, Mn, Fe, Mg, P, Ca, Na a K (Astasol, Analytika, Česká republika).

Tabulka 4 Parametry nastavení přístroje ICP-OES

Přístroj	ICP-OES model Ultima 2 (Horiba Jobin Yvon)
Otáčky peristaltické pumpy	$20 \text{ otáček} \cdot \text{min}^{-1}$
Tlak na zmlžovači	0,29 MPa
Výkon generátoru	1200 W
Průtok plazmového plynu	$13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$
Průtok pomocného plynu	$0,2 - 0,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ *

* průtok $0,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ byl zvolen pro stanovení mikroprvků, průtok $0,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ byl zvolen pro stanovení makroprvků

3.6 Statistické charakteristiky

Každý vzorek byl 3krát analyzován a získané výsledky byly analyticky a statisticky zpracovány v programu Microsoft Office Excel 2007 a v programu XLSTAT.

Skutečnou hodnotu dané veličiny (μ) nelze určit zcela přesně, jelikož je každé měření zatíženo řadou chyb. Tyto chyby mohou vznikat nesprávně zvolenou metodou, tlakem, teplotou, vlhkostí vzduchu, stavem měřicího přístroje, parametry nastavení měřicího přístroje, popřípadě osobou, která dané měření provádí. Z tohoto důvodu musí být součástí každého měření důkladné zhodnocení všech chyb, které mohly teoreticky při měření vzniknout. Všechny výsledky analýz jsou zatíženy malými nepravidelnými odchylkami od skutečné hodnoty. Tyto nahodilé chyby ovlivňují přesnost neboli reprodukovatelnost stanovení a lze je určit statisticky ze souboru opakovaných analýz.

Skutečné hodnotě se nejvíce blíží **aritmetický průměr** (\bar{x}) všech výsledků:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

\bar{x} aritmetický průměr
 n počet opakování měření
 x_i naměřená veličina

Základní charakteristikou nahodilých chyb je **směrodatná odchylka** (σ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

σ směrodatná odchylka
 \bar{x} aritmetický průměr
 n počet opakování měření
 x_i naměřená veličina

Charakteristikou relativní hodnoty nahodilé chyby je **relativní směrodatná odchylka** (s_r ; **RSD**):

$$s_r = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

s_r relativní směrodatná odchylka
 σ směrodatná odchylka
 \bar{x} aritmetický průměr

Výtěžnost (recovery) udává poměr koncentračního množství analytu získaného danou analytickou metodou k přijaté referenční hodnotě:

$$R_e = \frac{n_{II}}{n_I} \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

n_{II} koncentrační množství analytu
 n_I přijatá referenční hodnota

Mez detekce (LOD - limit of detection) je absolutní množství nebo koncentrace analytu, které poskytuje analytický signál rovný trojnásobku směrodatné odchylky (σ) signálu pozadí (slepého pokusu):

$$LOD = 3 \cdot \sigma \quad (5)$$

Množství analyzovaného prvku v bezu černém se vypočítalo podle následujícího vztahu:

$$X_{elem} = \frac{c \cdot V}{m} \quad (6)$$

X_{elem}	obsah prvku vyjádřený v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
c	koncentrace prvku ve stanoveném roztoku v $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$
V	celkový objem naředěné šťávy v dm^{-3}
m	hmotnost navážky v kg

ANOVA (Analysis of variance) je analýza, při níž sledované hodnoty náhodné veličiny jejího rozdělení kolísají kolem střední hodnoty s příslušnou variabilitou. Kolísání vzniká příčinou různých vlivů (faktorů), kde každý z vlivů působící na proměnnou přispívá k této celkové variabilitě svým dílem. Působící vlivy jsou náhodné nebo systematické. Tento test funguje na principu porovnání středních hodnot. Celkový rozptyl se rozdělí do skupin (tříd) odpovídajících různým sledovaným faktorům. Při analýze se sledují příspěvky jednoho nebo několika málo vybraných faktorů. Vzájemným srovnáváním rozptylů a středních hodnot vhodně vypočtených z naměřených výsledků lze určit, které z uvažovaných faktorů jsou pro variabilitu náhodné veličiny významné, a které jsou nevýznamné. ANOVA je test, který předpokládá normální rozdělení, náhodnost a nezávislost náhodných vlivů, náhodné chyby mají normální rozdělení a v jednotlivých třídách je stejná variabilita kolem průměru.

Podle počtu sledovaných faktorů se rozeznává jednofaktorová ANOVA (One-Way) a dvoufaktorová ANOVA (Two-way). Two-way ANOVA je výhodná z toho důvodu, že je schopná zjistit, zda mezi faktory existuje interakce (vzájemná závislost) a testují se tyto hypotézy: $H_0 = \mu = \mu_1 = \dots = \mu_n$ (všechny střední hodnoty jsou stejné a tím sledovaný faktor nemá vliv na náhodnou veličinu) a H_A : Alespoň jedna střední hodnota je různá a tím sledovaný faktor má vliv na náhodnou veličinu.

Tukeyova metoda mnohonásobného porovnání se používá v případě vyváženého třídění, tedy pokud $n_1 = \dots = n_r = n$. Z hlediska síly testu a případné robustnosti k porušení předpokladu analýzy rozptylu je u tohoto testu doporučen stejný počet pozorování. Pro různé počty pozorování n_i a n_j ve srovnávaných skupinách i a j byla vytvořena i modifikace tohoto testu, která se v počítačových programech používá pod názvem Tukey HSD. V obou případech se testuje nulová hypotéza $H_0 = \mu_i = \mu_j$, oproti alternativní hypotéze $H_1 = \mu_i \neq \mu_j$. Nulová hypotéza tedy tvrdí, že střední hodnoty porovnávaných skupin i a j se neliší a testové kritérium má tvar:

$$Q = \frac{\left| \hat{\mu}_i - \hat{\mu}_j \right|}{S_*} \quad (7)$$

kde směrodatná odchylka S_* je pro shodné počty pozorování n ve skupinách i a j ve tvaru:

$$S_* = \sqrt{\frac{S_E}{n \cdot (N - 1)}} \quad (8)$$

a testové kritérium Q se porovná s tabelovanou kritickou hodnotou $q_{1-\alpha}(I, N - I)$, která se nazývá studentizované rozpětí. Pokud je hodnota testovaného kritéria Q menší než kritická hodnota, potom se nezamítá nulová hypotéza o rovnosti středních hodnot obou porovnávaných skupin. Tento test se musí provést pro všechny možné kombinace skupin.

F-test se řadí mezi parametrické testy a testuje rozdíl dvou rozptylů. Testem lze rozhodnout, zda má pokusný zásah vliv na proměnlivost (rozptyl σ^2) zkoumané náhodné veličiny. F -test je také důležitý pro porovnání přesnosti dvou metod měření. V F -testu lze testovat nulovou hypotézu $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Výpočet F -testu vychází z dat dvou výběrových souborů, které jsou předmětem srovnávání. O každém z těchto souborů se předpokládá, že pochází z populace s Gaussovým normálním rozdělením s parametry μ a σ^2 . Důležité je rovněž zvolit hladinu významnosti, díky níž lze vyhledat odpovídající kritickou hodnotu pro F -test. Výsledek F -testu se následně porovná s tabelovanou kritickou hodnotou, a je-li $F > F_{krit}$, nulová hypotéza se zamítá a rozptyly obou souborů se statisticky významně liší (tj. výběry pochází ze dvou různých základních souborů s rozdílnými rozptyly (σ_1^2, σ_2^2)) a pokud je hladina významnosti 95%, tak $p < 0,05$. Je-li $F < F_{krit}$, nulovou hypotézu tedy nelze zamítnout a rozptyly obou souborů se statisticky významně neliší (tj. výběry pochází ze stejného základního souboru se společným rozptylem (σ^2)) a $p > 0,05$.

T-test se stejně jako F -test řadí mezi parametrické testy a testuje rozdíl dvou středních hodnot μ . Výpočet testovacího kritéria t vychází z odhadů parametrů μ a σ^2 u výběrových souborů σ a s^2 . Vypočtené testovací kritérium se následně porovná s tabulkovou kritickou hodnotou. Dvojvýběrový t -test se používá pro hodnocení experimentů, kde není známa střední hodnota základního souboru a porovnávají se pouze dva soubory výběrových dat. Nepárový t -test porovnává data, která jsou tvořena dvěma nezávislými výběry. Testovaná nulová hypotéza má tvar $H_0 : \mu_1 = \mu_2$. Výpočet testu vychází z odhadu parametrů obou srovnávaných populací (tj. aritmetického průměru a výběrového rozptylu u pokusného a kontrolního výběru). Protože testované soubory mohou pocházet z populací, které mají stejný nebo různý rozptyl hodnot sledované veličiny, je nejprve nutné otestovat rozdíl rozptylů obou souborů pomocí F -testu. Podle výsledku F -testu se zvolí odpovídající postup pro nepárový test. Pokud je $t < t_{1-\alpha}$, nulová hypotéza H_0 se nezamítá a střední hodnota pokusného souboru se neliší od střední hodnoty kontrolního souboru, $p > 0,05$ a rozdíl je statisticky nevýznamný. Je-li $t > t_{1-\alpha}$, nulová hypotéza H_0 se zamítá a střední hodnota pokusného souboru se liší od střední hodnoty kontrolního souboru, $p < 0,05$ a rozdíl je statisticky významný.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Optimalizace metody ICP-OES

Významnou roli při hledání optimálních parametrů ICP-OES hraje matrice vzorku. Je nutné brát v úvahu, že podmínky pro vodné roztoky a pro organická rozpouštědla se výrazně liší. Optimální podmínky pro analýzu závisí na příkonu energie do plazmatu, průtoku plynů, množství a složení vzorku transportovaného do plazmatu a výšce pozorování.

4.1.1 Výběr vhodných vlnových délek

Vhodné vlnové délky jednotlivých prvků byly převzaty z normy ČSN EN ISO 11885, která se týká jakostí vod a stanovením vybraných prvků optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem [52]. Vlnové délky byly vybrány tak, aby se dosáhlo co největší citlivosti, a aby množství interferencí bylo co nejmenší. Hodnoty vlnových délek jednotlivých prvků uvádí *tabulka 5*.

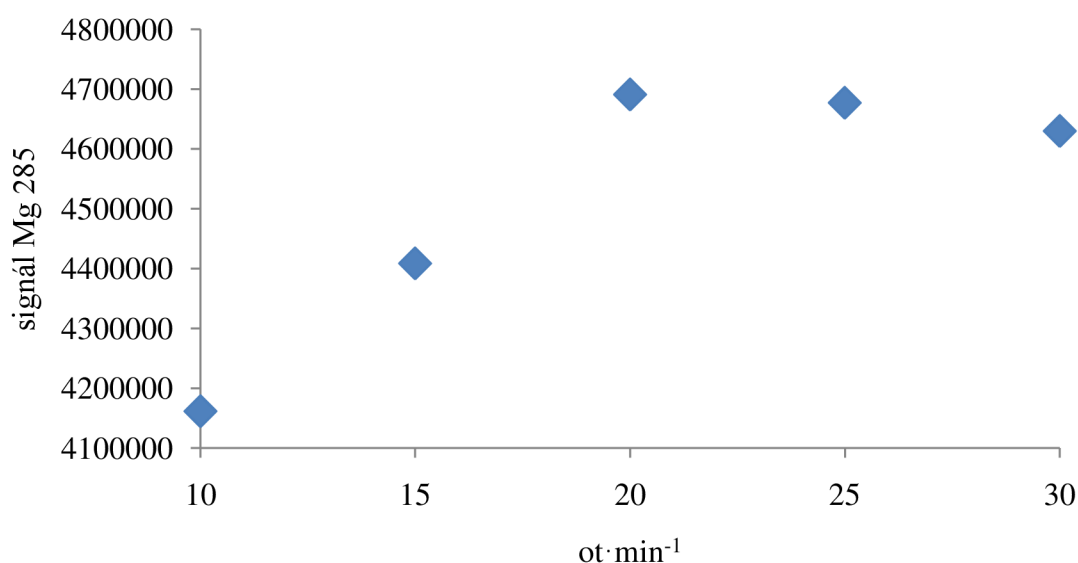
Tabulka 5 Vybrané vlnové délky jednotlivých prvků

Prvek	Vlnová délka [nm]
Zn	206,191
Mn	257,610
Fe	259,940
Mg	285,213
Cu	324,750
P	213,618
Ca	422,673
Na	588,900
K	766,490

4.1.2 Otáčky peristaltické pumpy

Cílem této optimalizace bylo zjistit, při jakých otáčkách je odezva signálu co nejvyšší. Zkoumaným prvkem byl hořčík, při vlnové délce 285 nm. Dosažené výsledky uvádí *graf 1*, ze kterého je patrné, že nejvyšší odezva signálu odpovídá dvaceti otáčkám za minutu. Při nižších otáčkách klesá účinnost zmlžování a tím se do plazmatu dostává menší množství vzorku.

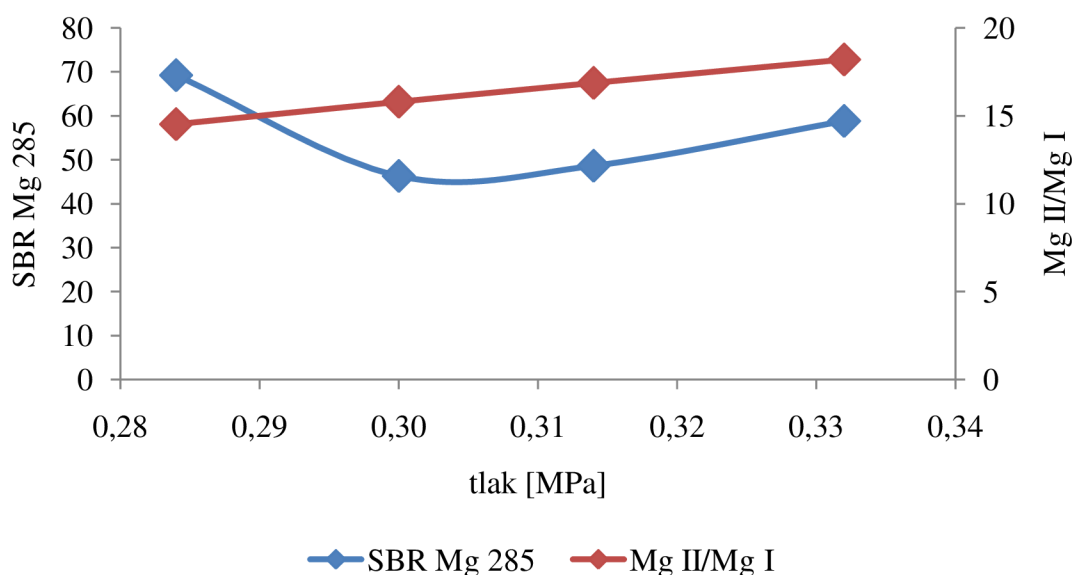
Graf 1 Závislost signálu na otáčkách peristaltické pumpy



4.1.3 Optimalizace tlaku na zmlžovači

K nalezení optimálních podmínek analýzy se také jako optimalizační kritéria používají parametry poměru signálu a pozadí. Pro testování účinnosti příkonu energie do plazmatu, se využívá poměru iontové a atomární čáry hořčíku, přičemž by tento poměr neměl být menší než 7. V grafu 2 je patrné, že na ose x je uveden tlak v MPa, osa y vyjadřuje poměr signálu ku pozadí a vedlejší osa y udává poměr signálu hořčíku při vlnové délce 285 nm, ku signálu hořčíku při vlnové délce 279 nm. Na základě provedených pokusů byl jako optimální zvolen tlak na zmlžovači 0,29 MPa.

Graf 2 Optimalizace tlaku na zmlžovači



4.1.4 Výtěžnost

Výtěžnost (recovery) testuje rozdíl, který byl určen z paralelních stanovení vzorků od srovnávacího vzorku se známým obsahem stanovované složky. Pro zjištění výtěžnosti u šťáv šlechtěných odrůd černého bezu, byly do odměrných baněk 25 ml a 50 ml napipetovány jednotlivé standardy kovů (Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, P, Ca, Na a K) tak, aby jejich výsledná koncentrace v roztoku byla $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Draslík a fosfor byly přidány v 10krát větším množství, a k takto připraveným standardům byl přidán 1 ml čerstvé šťavy odrůd bezu černého. Pomocí deionizované vody byl obsah odměrných baněk doplněn na požadovaný objem.

Z dosažených výsledků výtěžnosti vyplývá, že při ředění 1:25 byly hodnoty recovery indexu u některých prvků výrazně vyšší, ale pro mikroprvky byly tyto hodnoty akceptovatelné (91 – 100 %). Ředění 1:50 zpřesnilo výtěžnost u problémových prvků (88 – 106 %), ale prvky obsažené ve vzorku v nižších koncentracích, již při tomto ředění nebyly detekovatelné. Hodnota recovery indexu by měla odpovídat $100 \pm 10 \%$. Naměřené výsledky uvádí *tabulka 6*. Provedený test výtěžnosti potvrdil, že pro analýzu ředěných šťáv černého bezu lze použít kalibraci ve vodném prostředí.

Tabulka 6 Hodnoty recovery testu stanovovaných prvků

Ředění	Prvek	Výtěžnost [%]
1:25	Zn	95,0
	Mn	100,0
	Fe	95,0
	Mg	158,0
	Cu	100,0
	P	113,0
	Ca	127,0
	Na	127,0
	K	133,6
1:50	Zn	91,2
	Mn	106,0
	Fe	92,0
	Mg	103,0
	Cu	91,0
	P	94,0
	Ca	103,0
	Na	106,0
	K	88,0

4.1.5 Limity detekce

Stanovením limitů detekce bylo zjištěno, jaká nejmenší koncentrace analytu vyvolá odezvu měřicího přístroje a je rozpoznatelná od vnějších vlivů. Stanovené limity detekce plně postačují pro analýzu zkoumaných vzorků. Výsledné limity detekce pro analyzované prvky uvádí *tabulka 7*.

Tabulka 7 Limity detekce analyzovaných prvků

Prvek	Limit detekce [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]
Zn	3,0
Mn	3,0
Fe	3,0
Mg	5,0
Cu	4,0
P	85,0
Ca	4,0
Na	40,0
K	155,0

4.2 Analýza šlechtěných odrůd bezu černého (*Sambucus nigra L.*)

Cílem analýzy bylo zjistit obsah 9 prvků (Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, P, Ca, Na, a K), ve šlechtěných odrůdách černého bezu, technikou ICP-OES. Hlavní pozornost byla soustředěna na šest shodných odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011 a 2013. Těmito odrůdami byly: Albida, Bohatka, Dana, Heidegg, Mammut a Sambo. U těchto odrůd byl analyzován obsah prvků zvláště ve šťávě a v plodech. U dosažených výsledků bylo provedeno statistické porovnání.

U odrůd Aurea, Pregarten, Sambu, Sampo, Weihenstephan, Sambu 1, Sambu 3, Samdal, Sampo 1 a Sampo 3 nemohlo být provedeno porovnání, neboť tyto odrůdy byly vypěstovány pouze v jednom daném roce (2011 nebo 2013). Obsah prvků v těchto odrůdách uvádí *tabulka 12*.

4.2.1 Analýza šťáv z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013

Ve šťávě šesti šlechtěných odrůd černého bezu z let 2011 a 2013 byla naměřena koncentrace jednotlivých prvků. Obsah prvků v těchto odrůdách byl následně mezi sebou porovnán pomocí statistických metod (ANOVA a Tukeyho mnohonásobné porovnání) na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Výsledky analýzy uvádí *tabulky 8 a 9*.

4.2.1.1 Výsledky analýzy šťáv z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011

Zinek

Obsah zinku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvyšší koncentrace zinku byla zjištěna u odrůdy Albida $7,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejnižší obsah zinku byl naměřen u odrůdy Dana $1,67 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Koncentrace zinku byly porovnatelné u odrůd Heidegg $3,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a Mammut $3,37 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší povolené množství zinku v ovocných šťávách je dáno směrnici č.298/1997 Sb., a pohybuje se okolo $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Z legislativního hlediska je tedy obsah zinku ve šťávě u odrůdy Albida vysoký. U ostatních odrůd již hodnota $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ překročena nebyla.

Mangan

Obsah manganu byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Ve všech analyzovaných bezových šťávách nebyl obsah manganu příliš vysoký. Nejvíce manganu obsahovala šťáva odrůdy Albida $5,24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ve šťávách odrůd Heidegg, Mammut a Sambo se průměrný obsah manganu pohyboval okolo

2,9 mg·kg⁻¹. Nejnižší koncentrace manganu byla zjištěna u odrůdy Dana 2,33 mg·kg⁻¹. Doporučená denní dávka manganu se v závislosti na věku člověka pohybuje okolo 2 – 5 mg.

Železo

Obsah železa byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvyšší obsah železa byl zjištěn u odrůdy Mammut 28,3 mg·kg⁻¹. Koncentrace železa byly porovnatelné u odrůd Bohatka 16,86 mg·kg⁻¹, Dana 15,6 mg·kg⁻¹ a Sambo 15,9 mg·kg⁻¹. Nejméně železa obsahovala odrůda Heidegg 9,6 mg·kg⁻¹. Doporučená denní dávka železa se v závislosti na věku člověka pohybuje v rozmezí 7 – 15 mg.

Hořčík

Obsah hořčíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Prakticky všechny odrůdy obsahovaly hořčík v poměrně vysokých koncentracích. Nejvyšší obsah hořčíku měla odrůda Sambo 417 mg·kg⁻¹. Velmi podobný obsah hořčíku měly odrůdy Albida 356 mg·kg⁻¹, Bohatka 344 mg·kg⁻¹ a Heidegg 342 mg·kg⁻¹. Nejméně hořčíku obsahovala odrůda Dana 280 mg·kg⁻¹. Doporučená denní dávka hořčíku se pohybuje v rozmezí 300 – 350 mg.

Měď

Obsah mědi byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Množství mědi bylo ve všech šťávách šlechtěných odrůd velmi malé. Nejvíce mědi obsahovala odrůda Heidegg 1,43 mg·kg⁻¹. U zbylých pěti odrůd bylo množství mědi dosti podobné a pohybovalo se okolo 0,42 mg·kg⁻¹. Doporučená denní dávka mědi se pohybuje v závislosti na věku člověka v rozmezí 2 – 5 mg. Je nutné brát v úvahu, že měď může ve vyšších koncentracích nepříznivě působit na zdraví člověka. Z tohoto důvodu je obsah mědi v potravinách přísně kontrolován a legislativně ošetřen. U ovocných šťáv je nejvyšší přípustné množství mědi stanoveno na 5 mg·kg⁻¹, stejně jako v případě zinku. Z dosažených výsledků lze říci, že žádná šťáva toto množství nepřekročila.

Fosfor

Obsah fosforu byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Všechny analyzované šťávy obsahovaly poměrně vysoké množství fosforu. Nejvíce fosforu obsahovala odrůda Sambo 648 mg·kg⁻¹. Podobné množství fosforu bylo zjištěno u odrůd Bohatka 460 mg·kg⁻¹ a Mammut 452 mg·kg⁻¹. Nejméně fosforu obsahovala odrůda Dana 381 mg·kg⁻¹. Doporučená denní dávka fosforu činí u dospělého člověka 1200 mg.

Vápník

Obsah vápníku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvíce vápníku obsahovala šťáva odrůdy Heidegg 245 mg·kg⁻¹. Stejně množství vápníku bylo zjištěno u odrůd Bohatka a Sambo 165 mg·kg⁻¹. Nejméně vápníku se vyskytovalo u odrůdy Albida 77 mg·kg⁻¹. Doporučená denní dávka vápníku se pohybuje okolo 800 – 1200 mg.

Sodík

Obsah sodíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Všechny šťávy analyzovaných odrůd obsahovaly malé množství sodíku. Největší obsah sodíku byl zjištěn u odrůdy Albida $21,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně sodíku obsahovaly odrůdy Bohatka $15,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $16,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka sodíku je u dospělého člověka 500 mg.

Draslík

Obsah draslíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Ve všech šesti analyzovaných šťávách byl zjištěn poměrně vysoký obsah draslíku. Koncentrace draslíku byly porovnatelné u odrůd Albida $4814 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Mammut $4375 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $4704 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně draslíku obsahovala odrůda Heidegg $2470 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka draslíku činí 2 g.

Tabulka 8 Obsah analyzovaných prvků ve šlívách z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011

Prvek	Odrůda*					
	Albida	Bohatka	Dana	Heidegg	Mammut	Sambo
Zn	7,8 ± 0,3 ^a	1,97 ± 0,20 ^c	1,67 ± 0,15 ^c	3,80 ± 0,10 ^b	3,37 ± 0,15 ^b	1,90 ± 0,15 ^c
Mn	5,24 ± 0,20 ^a	3,99 ± 0,21 ^b	2,33 ± 0,11 ^d	2,94 ± 0,20 ^c	2,88 ± 0,15 ^{cd}	2,87 ± 0,15 ^{cd}
Fe	17,2 ± 0,3 ^b	16,86 ± 0,23 ^b	15,6 ± 0,5 ^b	9,6 ± 0,4 ^c	28,3 ± 0,7 ^a	15,9 ± 0,6 ^b
Mg	356 ± 1 ^b	344 ± 7 ^b	280 ± 4 ^d	342 ± 3 ^b	318 ± 2 ^c	417 ± 1 ^a
Cu	0,50 ± 0,10 ^b	0,37 ± 0,10 ^b	0,37 ± 0,10 ^b	1,43 ± 0,15 ^a	0,37 ± 0,10 ^b	0,50 ± 0,10 ^b
P	559 ± 7 ^b	460 ± 10 ^c	381 ± 10 ^d	240 ± 7 ^e	452 ± 13 ^c	648 ± 5 ^a
Ca	77 ± 5 ^d	165 ± 11 ^c	207 ± 7 ^b	245 ± 13 ^a	103 ± 5 ^d	165 ± 6 ^c
Na	21,2 ± 0,4 ^a	15,3 ± 0,5 ^c	20 ± 1 ^{ab}	17 ± 1 ^{bc}	19,5 ± 0,4 ^{ad}	16,1 ± 0,4 ^c
K	4814 ± 176 ^a	3941 ± 41 ^b	3526 ± 95 ^c	2470 ± 74 ^d	4375 ± 2 ^a	4704 ± 202 ^a

* všechny naměřené koncentrace jsou uvedeny v mg·kg⁻¹

- hodnoty ve stejném řádku s různým indexem jsou statisticky významně odlišné (p < 0,05)

4.2.1.2 Výsledky analýzy šťáv z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013

Zinek

Obsah zinku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvyšší koncentrace zinku byla zjištěna u odrůdy Albida $2,37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší obsah zinku byl naměřen u odrůdy Mammut $0,95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Koncentrace zinku byly porovnatelné u odrůd Bohatka $1,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Heidegg $1,70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Dana $1,98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Z legislativního hlediska je obsah zinku ve šťávách všech šesti odrůd přípustný.

Mangan

Obsah manganu byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Ve všech analyzovaných bezových šťávách nebyl obsah manganu příliš vysoký. Nejvíce manganu obsahovala šťáva odrůdy Dana $1,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Ve šťávách odrůd Albida, Bohatka a Sambo, se průměrný obsah manganu pohyboval okolo $1,34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace manganu byla zjištěna u odrůdy Mammut $0,95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka manganu se v závislosti na věku člověka pohybuje okolo 2 – 5 mg.

Železo

Obsah železa byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvyšší obsah železa byl zjištěn u odrůdy Dana $61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Koncentrace zinku byly porovnatelné u odrůd Bohatka $13,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Mammut $11,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka železa se v závislosti na věku člověka pohybuje v rozmezí 7 – 15 mg.

Hořčík

Obsah hořčíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Prakticky všechny odrůdy obsahovaly hořčík v poměrně vysokých koncentracích. Nejvyšší obsah hořčíku měla odrůda Albida $386 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Velmi podobný obsah hořčíku měly odrůdy Bohatka $284 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Dana $294 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Mammut $265 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně hořčíku obsahovala odrůda Heidegg $246 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka hořčíku se pohybuje v rozmezí 300 – 350 mg.

Měď

Obsah mědi byl u jednotlivých odrůd bezu černého podobný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky nevýznamný ($p > 0,05$). Obsah mědi byl ve všech šťávách šlechtěných odrůd velmi malý. Průměrná koncentrace mědi ve všech šťávách jednotlivých odrůd byla $0,32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka mědi se pohybuje v závislosti na věku člověka v rozmezí 2 – 5 mg.

Fosfor

Obsah fosforu byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Všechny analyzované šťávy obsahovaly poměrně vysoké množství fosforu. Nejvíce fosforu obsahovala odrůda Mammut $516 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Koncentrace fosforu byly porovnatelné u odrůd Bohatka $424 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Dana $403 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně

fosforu obsahovala odrůda Albida $326 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka fosforu činí u dospělého člověka 1200 mg.

Vápník

Obsah vápníku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvíce vápníku obsahovala šťáva odrůdy Bohatka $164 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stejně množství vápníku bylo zjištěno u odrůd Dana a Heidegg $141 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně vápníku obsahovala odrůda Mammut $63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka vápníku se pohybuje okolo 800 – 1200 mg.

Sodík

Obsah sodíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Všechny šťávy analyzovaných odrůd obsahovaly malé množství sodíku. Největší obsah sodíku byl zjištěn u odrůdy Albida $17,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně sodíku obsahovala odrůda Heidegg $6,86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Koncentrace sodíku byly porovnatelné u odrůd Dana $13,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Mammut $12,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $12,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka sodíku je u dospělého člověka 500 mg.

Draslík

Obsah draslíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Ve všech šesti analyzovaných šťávách byl zjištěn poměrně vysoký obsah draslíku. Podobně vysoké množství draslíku obsahovaly odrůdy Heidegg $3862 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Mammut $3925 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $3775 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně draslíku bylo analyzováno u odrůdy Albida $2822 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Bohatka $2721 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka draslíku činí 2 g.

Tabulka 9 Obsah analyzovaných prvků ve šlívách z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013

	Odrůda*					
Prvek	Albida	Bohatka	Dana	Heidegg	Mammut	Sambo
Zn	2,37 ± 0,10 ^a	1,30 ± 0,05 ^{cd}	1,98 ± 0,10 ^{ab}	1,70 ± 0,16 ^{bc}	0,95 ± 0,16 ^d	1,36 ± 0,10 ^{cd}
Mn	1,37 ± 0,10 ^{abc}	1,20 ± 0,14 ^{abc}	1,50 ± 0,11 ^a	0,99 ± 0,10 ^{bc}	0,95 ± 0,16 ^c	1,45 ± 0,15 ^{ab}
Fe	20,2 ± 0,3 ^d	13,5 ± 0,4 ^{de}	61 ± 2 ^a	43,21 ± 0,33 ^b	11,8 ± 0,5 ^e	34 ± 4 ^c
Mg	386 ± 4 ^a	284 ± 7 ^{cd}	294 ± 8 ^c	246 ± 4 ^e	265 ± 3 ^d	342 ± 5 ^b
Cu	0,32 ± 0,05 ^a	0,31 ± 0,05 ^a	0,25 ± 0,10 ^a	0,31 ± 0,05 ^a	0,50 ± 0,10 ^a	0,25 ± 0,10 ^a
P	326 ± 4 ^e	424 ± 8 ^c	403 ± 9 ^{cd}	389 ± 8 ^d	516 ± 14 ^a	464 ± 8 ^b
Ca	120 ± 7 ^b	164 ± 5 ^a	141 ± 8 ^{ab}	141 ± 13 ^{ab}	63 ± 2 ^c	133 ± 4 ^b
Na	17,8 ± 0,8 ^a	8,77 ± 0,20 ^c	13,0 ± 0,6 ^b	6,86 ± 0,30 ^d	12,3 ± 0,6 ^b	12,9 ± 0,5 ^b
K	2822 ± 9 ^c	2721 ± 55 ^c	3175 ± 64 ^b	3862 ± 60 ^a	3925 ± 153 ^a	3775 ± 83 ^a

* všechny naměřené koncentrace jsou uvedeny v mg·kg⁻¹

- hodnoty ve stejném řádku s různým indexem jsou statisticky významně odlišné (p < 0,05)

4.2.2 Analýza plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013

V plodech šesti šlechtěných odrůd černého bezu z let 2011 a 2013 byla analyzována koncentrace prvků. Obsah prvků v jednotlivých odrůdách byl následně mezi sebou porovnán, pomocí statistických metod stejně tak, jako u šťáv. Výsledky analýzy uvádí *tabulky 10 a 11*.

4.2.2.1 Výsledky analýzy plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011

Zinek

Obsah zinku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvyšší koncentrace zinku byla zjištěna u odrůdy Albida $11,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší obsah zinku byl naměřen u odrůdy Bohatka $5,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Koncentrace zinku byly porovnatelné u odrůd Dana $6,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Mammut $6,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Mangan

Obsah manganu byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Ve všech analyzovaných plodech odrůd bezu černého nebyl obsah manganu příliš vysoký. Nejvíce manganu obsahovala odrůda Albida $9,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V plodech odrůd Dana, Heidegg, Mammut a Sambo se průměrný obsah manganu pohyboval okolo $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka manganu se v závislosti na věku člověka pohybuje v rozmezí 2 – 5 mg.

Železo

Obsah železa byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvyšší obsah železa byl zjištěn u odrůdy Mammut $29,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Koncentrace železa byly porovnatelné u odrůd Albida $17,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bohatka $19 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Dana $17,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně železa obsahovala odrůda Heidegg $14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka železa se v závislosti na věku člověka pohybuje v rozmezí 7 – 15 mg.

Hořčík

Obsah hořčíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Prakticky všechny odrůdy obsahovaly hořčík v poměrně vysokých koncentracích. Nejvyšší obsah hořčíku měla odrůda Sambo $739 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Velmi podobný obsah hořčíku měly odrůdy Albida $575 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Mammut $572 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně hořčíku obsahovala odrůda Heidegg $408 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka hořčíku se pohybuje v rozmezí 300 – 350 mg.

Měď

Obsah mědi byl u jednotlivých odrůd bezu černého podobný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky nevýznamný ($p > 0,05$). Obsah mědi byl ve všech plodech šlechtěných odrůd velmi malý a v průměru činil $1,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka mědi se pohybuje v závislosti na věku člověka v rozmezí 2 – 5 mg.

Fosfor

Obsah fosforu byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Všechny plody obsahovaly poměrně vysoké množství fosforu. Nejvíce fosforu obsahovaly odrůdy Sambo $1131 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Mammut $1077 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Podobné množství fosforu bylo zjištěno u odrůd Albida $872 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Dana $823 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Heidegg $818 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka fosforu činí u dospělého člověka 1200 mg.

Vápník

Obsah vápníku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvíce vápníku obsahovala odrůda Sambo $1528 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Podobné množství vápníku bylo zjištěno u odrůd Albida $1008 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Bohatka $1080 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně vápníku obsahovala odrůda Dana $885 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka vápníku se pohybuje okolo 800 – 1200 mg.

Sodík

Obsah sodíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Všechny plody analyzovaných odrůd obsahovaly poměrně malé množství sodíku. Největší obsah sodíku byl zjištěn u odrůdy Heidegg $146 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně sodíku obsahovaly odrůdy Bohatka $18,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Mammut $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $19,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka sodíku je u dospělého člověka 500 mg.

Draslík

Obsah draslíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Ve všech šesti analyzovaných odrůdách byl zjištěn poměrně vysoký obsah draslíku. Podobné množství draslíku bylo zjištěno u odrůd Albida $4979 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Heidegg $4673 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Mammut $4924 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně draslíku obsahovala odrůda Bohatka $4461 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka draslíku činí 2 g.

Tabulka 10 Obsah analyzovaných prvků v plodech z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011

	Odrůda*					
Prvek	Albida	Bohatka	Dana	Heidegg	Mammut	Sambo
Zn	11,3 ± 0,4 ^a	5,1 ± 0,4 ^d	6,6 ± 0,4 ^{bc}	5,4 ± 0,4 ^{cd}	6,4 ± 0,4 ^{bcd}	7,1 ± 0,4 ^b
Mn	9,5 ± 0,4 ^a	5,9 ± 0,5 ^b	4,7 ± 0,4 ^{bc}	3,6 ± 0,4 ^c	3,9 ± 0,4 ^c	3,8 ± 0,4 ^c
Fe	17,6 ± 0,4 ^{bc}	19 ± 1 ^b	17,7 ± 0,6 ^{bc}	14 ± 0,6 ^d	29,8 ± 0,4 ^a	16,1 ± 0,4 ^{cd}
Mg	575 ± 13 ^b	448 ± 11 ^c	419 ± 1 ^d	408 ± 6 ^d	572 ± 5 ^b	739 ± 6 ^a
Cu	1,8 ± 0,4 ^a	1,94 ± 0,18 ^a	1,9 ± 0,4 ^a	1,8 ± 0,4 ^a	2,0 ± 0,4 ^a	1,9 ± 0,4 ^a
P	872 ± 23 ^b	735 ± 21 ^c	823 ± 17 ^b	818 ± 31 ^{bc}	1077 ± 5 ^a	1131 ± 36 ^a
Ca	1008 ± 32 ^{bc}	1080 ± 64 ^b	885 ± 12 ^c	906 ± 20 ^c	938 ± 15 ^c	1528 ± 30 ^a
Na	53 ± 1 ^b	18,8 ± 0,8 ^d	34 ± 1 ^c	146 ± 5 ^a	20 ± 1 ^d	19,0 ± 0,9 ^d
K	4979 ± 68 ^b	4461 ± 211 ^c	4397 ± 50 ^c	4673 ± 114 ^{bc}	4924 ± 50 ^b	5494 ± 62 ^a

* všechny naměřené koncentrace jsou uvedeny v mg·kg⁻¹

- hodnoty ve stejném řádku s různým indexem jsou statisticky významně odlišné (p < 0,05)

4.2.2.2 Výsledky analýzy plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013

Zinek

Obsah zinku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvyšší koncentrace zinku byla zjištěna u odrůdy Bohatka $3,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Podobné zastoupení zinku měly odrůdy Heidegg $1,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Mammut $2,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $1,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Mangan

Obsah manganu byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Ve všech analyzovaných bezových plodech nebyl obsah manganu příliš vysoký. Nejvíce manganu obsahovala odrůda Albida $8,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V plodech odrůd Bohatka, Dana, Mammut a Sambo byl průměrný obsah manganu velmi podobný a činil $6,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace manganu byla zjištěna u odrůdy Heidegg $4,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka manganu se v závislosti na věku člověka pohybuje okolo 2 – 5 mg.

Železo

Obsah železa byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvyšší obsah železa byl zjištěn u odrůdy Dana $84,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Koncentrace železa byly porovnatelné u odrůd Heidegg $46,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $44,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka železa se v závislosti na věku člověka pohybuje v rozmezí 7 – 15 mg.

Hořčík

Obsah hořčíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Prakticky všechny odrůdy obsahovaly hořčík v poměrně vysokých koncentracích. Nejvyšší obsah hořčíku obsahovala odrůda Albida $636 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Velmi podobný obsah hořčíku byl zjištěn u odrůd Mammut $526 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $533 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bohatka $403,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Heidegg $396 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně hořčíku obsahovala odrůda Dana $426 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka hořčíku se pohybuje v rozmezí 300 – 350 mg.

Měď

Obsah mědi byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Největší obsah mědi byl zjištěn u odrůdy Mammut $2,97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Koncentrace železa byly stejné u odrůd Albida, Bohatka, Heidegg a Sambo $1,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka mědi se pohybuje v závislosti na věku člověka v rozmezí 2 – 5 mg.

Fosfor

Obsah fosforu byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Všechny analyzované plody obsahovaly poměrně vysoké množství fosforu. Nejvíce fosforu obsahovala odrůda Mammut $1337 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Podobné množství fosforu bylo zjištěno u odrůd Sambo $1234 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Albida $1230 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Bohatka $997 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Heidegg $983 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka fosforu činí u dospělého člověka 1200 mg.

Vápník

Obsah vápníku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Nejvíce vápníku obsahovaly plody odrůdy Sambo $1009 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Podobné množství vápníku bylo zjištěno u odrůd Albida $977 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Dana $944 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně vápníku se vyskytovalo u odrůd Heidegg $585 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Mammut $574 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka vápníku se pohybuje okolo 800 – 1200 mg.

Sodík

Obsah sodíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Všechny plody analyzovaných odrůd obsahovaly poměrně malé množství sodíku. Největší obsah sodíku byl zjištěn u odrůdy Albida $35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně sodíku obsahovaly odrůdy Bohatka $13,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Heidegg $13,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Mammut $13,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka sodíku je u dospělého člověka 500 mg.

Draslík

Obsah draslíku byl u jednotlivých odrůd bezu černého odlišný a rozdíl dosažených hodnot byl statisticky významný ($p < 0,05$). Ve všech šesti analyzovaných odrůdách byl zjištěn poměrně vysoký obsah draslíku. Podobně vysoké množství draslíku se vyskytovalo u odrůd Mammut $4201 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Sambo $4221 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejméně draslíku bylo nalezeno u odrůdy Albida $3165 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a Bohatka $2953 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doporučená denní dávka draslíku činí 2 g.

Tabulka 11 Obsah analyzovaných prvků v plodech z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013

Prvek	Odrůda*					
	Albida	Bohatka	Dana	Heidegg	Mammut	Sambo
Zn	3,3 ± 0,4 ^a	3,4 ± 0,4 ^a	2,86 ± 0,22 ^b	1,9 ± 0,4 ^c	2,0 ± 0,4 ^c	1,9 ± 0,4 ^c
Mn	8,1 ± 0,4 ^a	6,3 ± 0,4 ^b	6,2 ± 0,4 ^b	4,7 ± 0,4 ^c	5,4 ± 0,4 ^{bc}	6,7 ± 0,4 ^b
Fe	21 ± 2 ^c	16,5 ± 0,4 ^d	84,7 ± 0,4 ^a	46,6 ± 0,4 ^b	12,4 ± 0,4 ^e	44,3 ± 0,4 ^b
Mg	636 ± 3 ^a	403 ± 5 ^d	426 ± 2 ^c	396 ± 5 ^d	526 ± 2 ^b	533 ± 1 ^b
Cu	1,9 ± 0,4 ^a	1,9 ± 0,4 ^a	2,4 ± 0,4 ^b	1,9 ± 0,4 ^a	2,97 ± 0,4 ^b	1,9 ± 0,4 ^a
P	1230 ± 19 ^b	997 ± 16 ^d	1085 ± 16 ^c	983 ± 17 ^d	1337 ± 21 ^a	1234 ± 12 ^b
Ca	977 ± 23 ^{ab}	885 ± 25 ^b	944 ± 45 ^{ab}	585 ± 38 ^c	574 ± 28 ^c	1009 ± 33 ^a
Na	35 ± 3 ^a	13,0 ± 0,4 ^c	18,3 ± 0,6 ^b	13,7 ± 0,4 ^c	13,4 ± 0,4 ^c	13 ± 0,4 ^c
K	3165 ± 34 ^{cd}	2953 ± 7 ^d	3199 ± 101 ^c	3863 ± 8 ^b	4201 ± 53 ^a	4221 ± 86 ^a

* všechny naměřené koncentrace jsou uvedeny v mg·kg⁻¹

- hodnoty ve stejném řádku s různým indexem jsou statisticky významně odlišné (p < 0,05)

4.2.2.3 Výsledky analýzy šťáv a plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných pouze v jednom roce (2011 nebo 2013)

Zinek

Obsah zinku ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu nebyl příliš vysoký. Největší množství zinku obsahovala odrůda Sampo 2 2,68 mg·kg⁻¹. Nejméně zinku obsahovala odrůda Samyl 0,62 mg·kg⁻¹. V porovnání se šesti hlavními analyzovanými odrůdami z let 2011 a 2013, je obsah zinku téměř srovnatelný, kromě odrůdy Albida, z roku 2011. V plodech jednotlivých odrůd byl obsah zinku téměř srovnatelný s plody odrůd černého bezu vypěstovaných v roce 2011. Množstvím zinku v plodech se lišila pouze odrůda Albida. Plody šesti odrůd černého bezu, vypěstovaných v roce 2013, měly podstatně nižší obsah zinku než ostatní odrůdy.

Mangan

Nejvyšší obsah manganu ve šťávách černého bezu byl zjištěn u odrůdy Sambu 1 2,32 mg·kg⁻¹. Nejnižší množství manganu obsahovala odrůda Albida 0,99 mg·kg⁻¹. V porovnání se šesti odrůdami černého bezu, pěstovanými v letech 2011 a 2013, byl obsah manganu dosti podobný, lišila se pouze odrůda Albida z roku 2011. Nejvyšší obsah manganu v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl zjištěn u odrůdy Pregarten 6,5 mg·kg⁻¹. Nejméně manganu v plodech obsahovala odrůda Sampo 1 3 mg·kg⁻¹. V porovnání se šesti odrůdami černého bezu, vypěstovanými v roce 2011 a 2013, byl obsah manganu téměř srovnatelný.

Železo

Nejvyšší obsah železa ve šťávách černého bezu se vyskytoval u odrůdy Weihenstephan 30,4 mg·kg⁻¹. Nejméně železa obsahovala šťáva odrůdy Sampo 1 11,0 mg·kg⁻¹. V porovnání se šťávami šesti odrůd černého bezu z roku 2011 a 2013, byl obsah železa téměř srovnatelný, kromě odrůdy Dana 61 mg·kg⁻¹. Nejvyšší množství železa v plodech černého bezu obsahovala odrůda Sampo 36 mg·kg⁻¹. Nejméně železa se vyskytovalo v plodech odrůdy Samdal 14,97 mg·kg⁻¹. V porovnání s plody šesti odrůd černého bezu, vypěstovaných v roce 2011 a 2013, byl obsah železa srovnatelný. Vyjimku tvoří odrůdy Dana 84,7 mg·kg⁻¹, Heidegg 46,6 mg·kg⁻¹ a Sambo 44,3 mg·kg⁻¹, vypěstované v roce 2013.

Hořčík

Nejvyšší obsah hořčíku ve šťávách odrůd černého bezu, byl zjištěn u odrůdy Weihenstephan 409 mg·kg⁻¹. Nejméně hořčíku obsahovala šťáva odrůdy černého bezu Samyl 260 mg·kg⁻¹. V porovnání se šťávami šesti šlechtěných odrůd černého bezu, obsahovaly hořčík v podobném množství odrůdy Sambo 417 mg·kg⁻¹ (2011) a Mammut 265 mg·kg⁻¹. Plody ostatních odrůd černého bezu obsahovaly poměrně vysoké množství hořčíku. Nejvyšší koncentraci hořčíku obsahovaly plody odrůdy Weihenstephan 566 mg·kg⁻¹. Nejméně hořčíku bylo zjištěno u plodů odrůdy černého bezu Sambu 367 mg·kg⁻¹. V porovnání se šesti odrůdami černého bezu, vypěstovanými v roce 2011 a 2013, bylo množství hořčíku v plodech ostatních odrůd v nepatrném množství nižší.

Měď

Nejvíce mědi bylo zjištěno ve šťávě černého bezu odrůdy Sampo 2 0,93 mg·kg⁻¹. Stejně množství mědi obsahovaly šťávy odrůd Aurea, Pregarten, Sambu, Samyl, Weihenstephan,

Sambu 1, Samdal a Sampo 1 $0,37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V porovnání se šťávami šesti šlechtěných odrůd černého bezu, byl obsah mědi téměř srovnatelný. Rozdíl byl zaznamenán pouze u odrůdy Heidegg $1,43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (2011). Nejvyšší množství mědi obsahovaly plody odrůdy šlechtěného bezu Pregarten $3,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmenší množství mědi bylo zjištěno u plodů odrůdy černého bezu Samyl $2,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stejnou koncentraci mědi obsahovaly šťávy odrůd černého bezu Aurea, Sambu 3, Samdal, Sampo 1 a Sampo 2 $2,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná koncentrace mědi byla v porovnání s plody černého bezu, vypěstovanými v roce 2011 vyšší, a u odrůd černého bezu vypěstovaných v roce 2013, byla koncentrace mědi podobná.

Fosfor

Obsah fosforu byl u ostatních odrůd černého bezu, vypěstovaných v roce 2011 nebo 2013 poměrně vysoký. Nejvyšší množství fosforu obsahovala šťáva odrůdy šlechtěného bezu Samdal $629 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmeně fosforu bylo zjištěno u šťávy odrůdy Aurea $421 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V porovnání se šťávami šesti šlechtěných odrůd, vypěstovaných v roce 2011, byl obsah fosforu u ostatních odrůd černého bezu vyšší a u odrůd, vypěstovaných v roce 2013, byl obsah fosforu srovnatelný. Nejvyšší množství fosforu obsahovaly plody odrůdy černého bezu Weihenstephan $1619 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmeně fosforu obsahovaly plody odrůdy Sampo 1 $780 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V porovnání s plody šesti šlechtěných odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011 a 2013, byl obsah fosforu podstatně vyšší.

Vápník

Nejvíce vápníku bylo zjištěno u šťávy odrůdy černého bezu Sampo 2 $252 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmenší množství vápníku obsahovala šťáva odrůdy černého bezu Sambu 1 $130 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V porovnání se šesti šťávami odrůd černého bezu, vypěstovaných v letech 2011 a 2013, byl obsah vápníku v průměru stejný. Svou koncentrací vápníku se lišila odrůda Mammuth (2013) $63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvyšší obsah vápníku v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl zjištěn u odrůdy Sampo 2 $951 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmeně vápníku obsahovaly plody odrůdy černého bezu Pregarten $462 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V porovnání s plody šesti šlechtěných odrůd černého bezu, vypěstovaných v letech 2011 a 2013, byl obsah vápníku u odrůd bezu černého, vypěstovaných pouze v jednom roce (2011 nebo 2013) menší.

Sodík

Nejmeně sodíku obsahovala šťáva odrůdy černého bezu Samdal $20,80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmeně sodíku obsahovala odrůda Aurea $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Ve srovnání se šťávou šesti odrůd černého bezu, vypěstovaných v letech 2011 a 2013, byl obsah sodíku podobný. Největší množství sodíku obsahovala ve svých plodech odrůda černého bezu Pregarten $39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmenší množství sodíku obsahovaly plody odrůdy Aurea $16,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V porovnání s plody šesti šlechtěných odrůd černého bezu je obsah sodíku u ostatních odrůd, vypěstovaných pouze v jednom roce (2011 nebo 2013), podstatně nižší.

Draslík

Koncentrace draslíku byla ve šťávách i v plodech šlechtěných odrůd černého bezu vysoká. Největší množství draslíku bylo zjištěno u šťávy odrůdy Samdal $4415 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejmeně draslíku obsahovala šťáva odrůdy černého bezu Aurea $2928 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V porovnání se šťávami šesti šlechtěných odrůd černého bezu, vypěstovaných v roce 2011 a 2013 byl obsah draslíku v průměru podobný. Větší množství draslíku obsahovaly odrůdy Albida (2011) $4814 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

a Sambo (2011) $4704 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvíce draslíku obsahovaly plody odrůdy Weihenstephan $4461 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší koncentrace draslíku byla zjištěna u plodů odrůdy šlechtěného bezu Sambu $3112 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V porovnání s plody šesti šlechtěných odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011, byl obsah draslíku u ostatních odrůd, vypěstovaných pouze v jednom roce 2011 nebo 2013 nižší. U plodů šesti odrůd černého bezu byl obsah draslíku v průměru velmi podobný s plody ostatních odrůd bezu černého, vypěstovaných pouze v jednom roce.

Tabulka 12 Obsah analyzovaných prvků v plodech a šťávě z ostatních odrůd černého bezu

Prvek		Odrůda*										
		Aurea	Pregarten	Sambu	Sampo	Samyl	Weihen*	Sambu 1	Sambu 3	Samdal	Sampo 1	Sampo 2
Zn	šťáva	1,20	1,37	1,36	1,62	0,62	1,37	1,83	1,5	1,5	2,08	2,68
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,16	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,2	1,0	0,10
	plody	10,8	4,24	8,6	10,7	3,2	4,5	5,9	5,7	6,3	6,14	6,7
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,6	0,18	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,6
Mn	šťáva	0,99	1,61	1,61	1,62	1,12	1,62	2,32	2	2,3	1,88	2,07
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1	1,0	0,12
	plody	5,3	6,5	5,2	6,2	5,9	6,4	4,1	4,4	4,4	3	3,3
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1	0,4
Fe	šťáva	17	26	13,1	29,5	14,2	30,4	15,0	11,3	8,97	11,0	12,6
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		1	1	0,4	0,5	0,4	0,9	0,4	0,4	0,8	0,16	0,4
	plody	19,3	30	16	36	15,25	35,6	20,7	15,5	14,97	16,03	20,7
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,7	1	1	1	0,10	0,4	0,4	0,4	0,4	0,24	0,10

* Weihenstephan (šlechtěná odrůda bezu černého)

* všechny naměřené koncentrace jsou uvedeny v mg·kg⁻¹

Tabulka 12 Obsah analyzovaných prvků v plodech a šťávě z ostatních odrůd černého bezu

Prvek	Odrůda*											
		Aurea	Pregarten	Sambu	Sampo	Samyl	Weihen*	Sambu 1	Sambu 3	Samdal	Sampo 1	Sampo 2
Mg	šťáva	319	295	296	365	260	409	315	387	321	295	314
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		7	5	2	5	2	6	4	3	4	5	10
	plody	381	437	367	470	370	566	388	442	515	380	394
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		5	8	2	4	7	13	7	11	7	5	11
Cu	šťáva	0,37	0,37	0,37	0,46	0,37	0,37	0,37	0,44	0,37	0,37	0,93
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,10	0,10	0,10	0,16	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,11	0,15
	plody	2,4	3,5	3,3	3,3	2,3	2,5	2,27	2,4	2,4	2,4	2,4
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
P	šťáva	421	567,47	465	507	612	504	673	468	629	446	491
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		2	0,10	8	4	11	8	15	8	19	5	6
	plody	873	1007	1088	119	1176	1619	775	890	998	780	808
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		22	17	29	37	3	32	16	27	18	7	18

* Weihenstephan (šlechtěná odrůda bezu černého)

* všechny naměřené koncentrace jsou uvedeny v mg·kg⁻¹

Tabulka 12 Obsah analyzovaných prvků v plodech a šťávě z ostatních odrůd černého bezu

Prvek	Odrůda*											
		Aurea	Pregarten	Sambu	Sampo	Samyl	Weihen*	Sambu 1	Sambu 3	Samdal	Sampo 1	Sampo 2
Ca	šťáva	181	138	179	180	160	180	130	171	183	149	252
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		11	9	13	9	2	7	5	9	6	5	8
	plody	931	462	782	855	554	962	889	744	886	703	951
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		12	6	51	23	15	51	82	37	39	63	28
Na	šťáva	10	35,2	10,3	12,72	17,6	15,3	19,7	20,2	20,80	15,4	12,9
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		1	0,4	0,6	0,20	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,29	0,6
	plody	16,1	39	12,5	19	21,3	17,2	23,4	25,2	26,4	20,7	18,8
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,5	2	0,4	1	0,7	0,8	0,3	0,5	0,6	0,7	0,4
K	šťáva	2928	3623	2929	3616	3613	4125	3525	3492	4415	3442	3754
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		42	100	35	51	42	68	205	83	65	26	38
	plody	3343	3955	3112	3978	3848	4461	3820	4191	4447	3809	3805
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		60	15	53	67	15	125	63	123	61	212	49

* Weihenstephan (šlechtěná odrůda bezu černého)

* všechny naměřené koncentrace jsou uvedeny v mg·kg⁻¹

4.2.3 Porovnání koncentrace analyzovaných prvků ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013

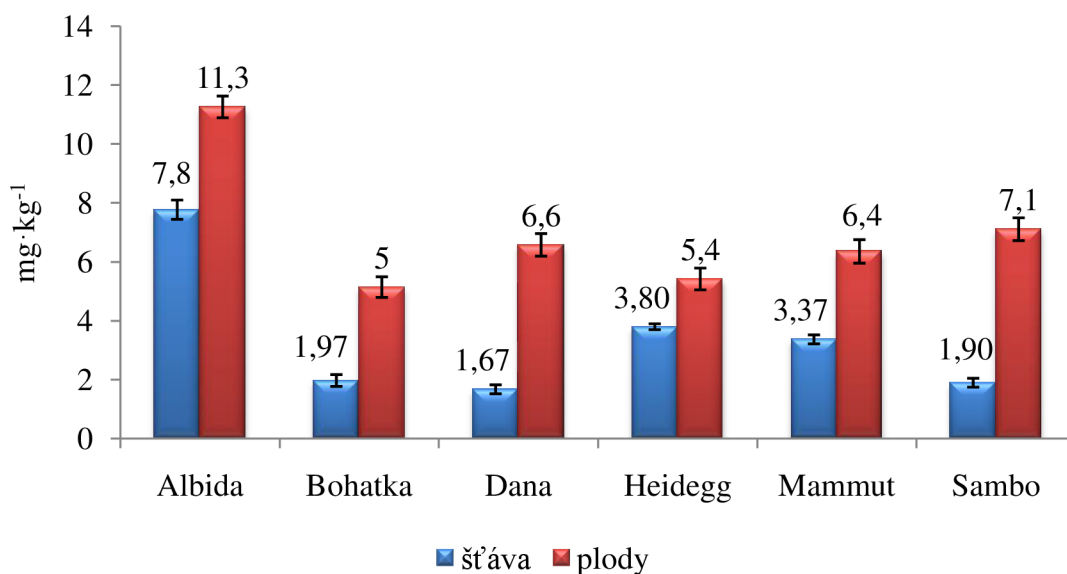
Koncentrace analyzovaných prvků ve šťávách a v plodech šlechtěných odrůd černého bezu z let 2011 a 2013 byla porovnána u každé odrůdy pomocí *F*-testu a *T*-testu. *F*-test zhodnotil významnost rozdílu rozptylů analyzovaných prvků ve šlechtěných odrůdách, na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. *T*-test, týkající se rozptylu hodnot určil, zda existuje mezi šťávou a plody z hlediska obsahu jednotlivých prvků statisticky významný rozdíl, na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

4.2.3.1 Výsledky porovnání šťáv a plodů odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011

Zinek

Rozdíl obsahu zinku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu zinku ve šťávách a v plodech uvádí graf 3.

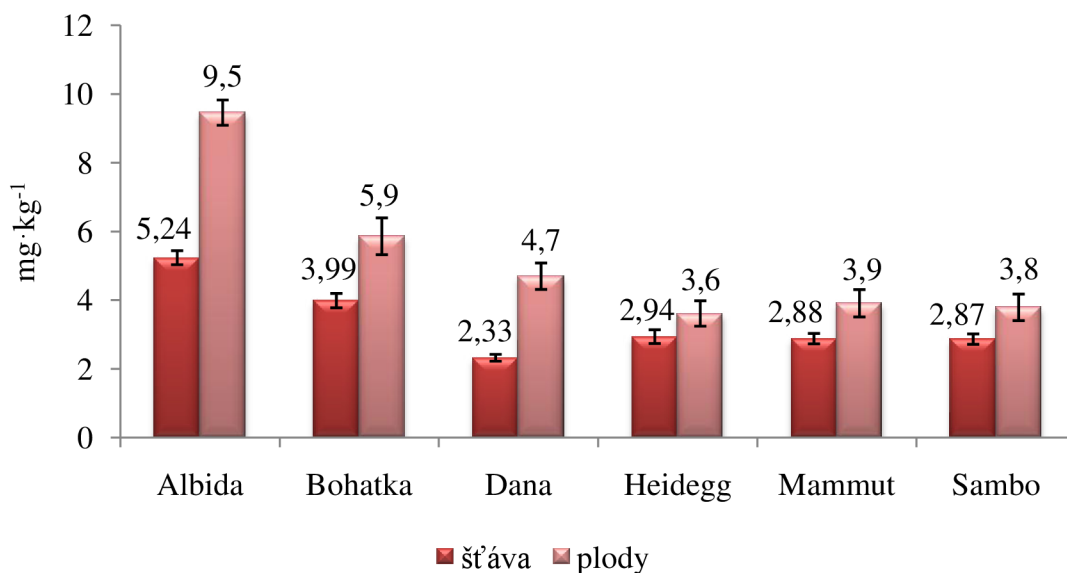
Graf 3 Množství zinku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011



Mangan

Rozdíl obsahu manganu v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka, Dana, Mammut a Sambo byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu manganu byl zjištěn pouze ve šťávě a v plodech odrůdy Heidegg ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu manganu ve šťávách a v plodech uvádí *graf 4*.

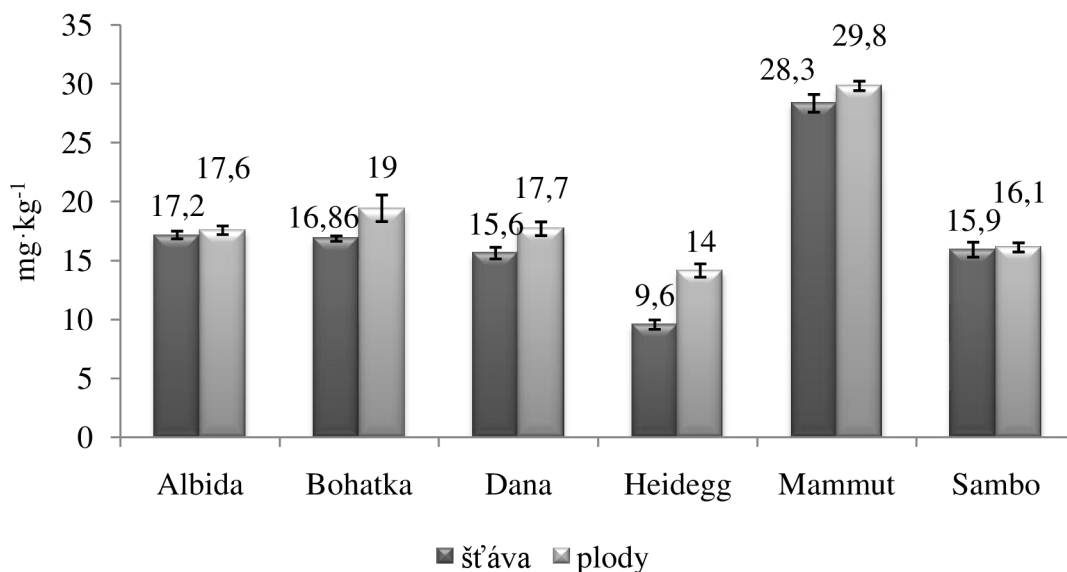
Graf 4 Množství manganu ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011



Železo

Rozdíl obsahu železa ve šťávách a v plodech šlechtěných odrůd Bohatka, Dana, Heidegg a Mammut byl statisticky významný ($p < 0,05$). U šťáv a plodů šlechtěných odrůd Albida a Sambo byl zjištěn statisticky nevýznamný rozdíl v obsahu železa ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu železa ve šťávách a v plodech uvádí *graf 5*.

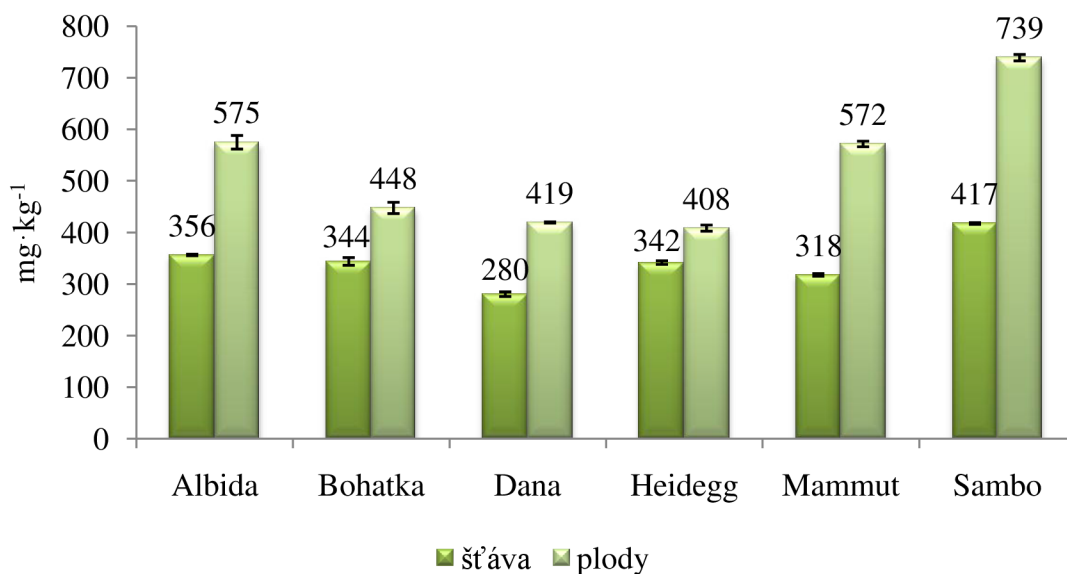
Graf 5 Množství železa ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011



Hořčík

Rozdíl obsahu hořčíku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu hořčíku ve šťávách a v plodech uvádí *graf 6*.

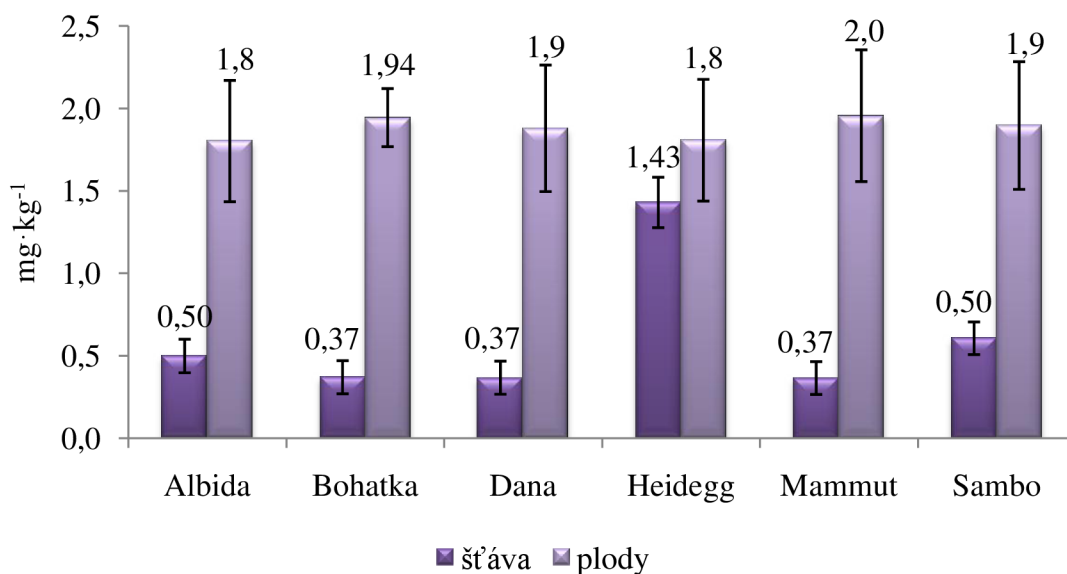
Graf 6 Množství hořčíku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011



Měď

Rozdíl obsahu mědi v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka, Dana, Mammut a Sambo byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu mědi byl pouze ve šťávě a v plodech odrůdy Heidegg ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu mědi ve šťávách a v plodech uvádí *graf 7*.

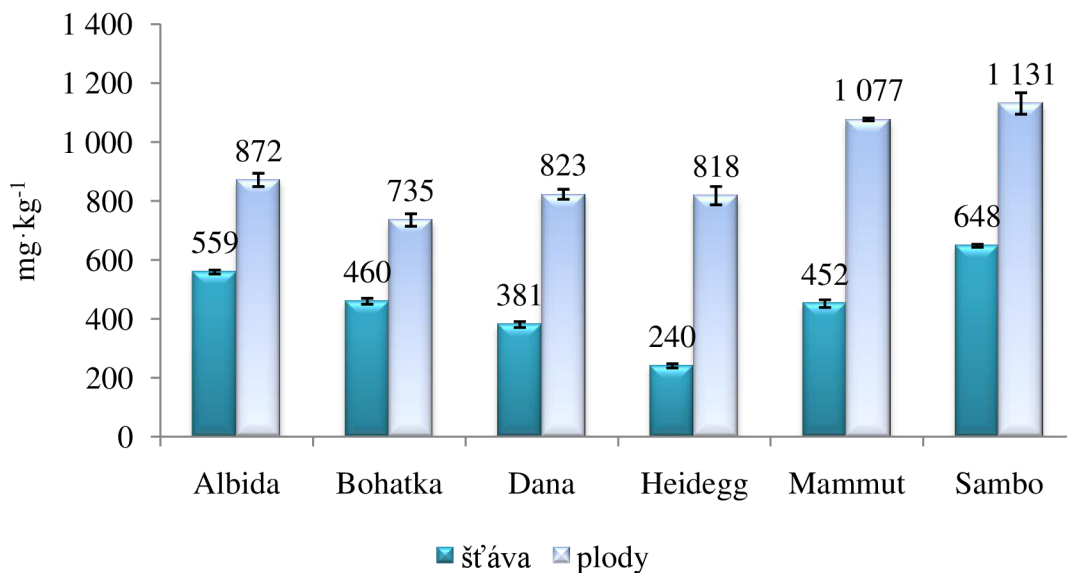
Graf 7 Množství mědi ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011



Fosfor

Rozdíl obsahu fosforu v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu fosforu ve šťávách a v plodech uvádí graf 8.

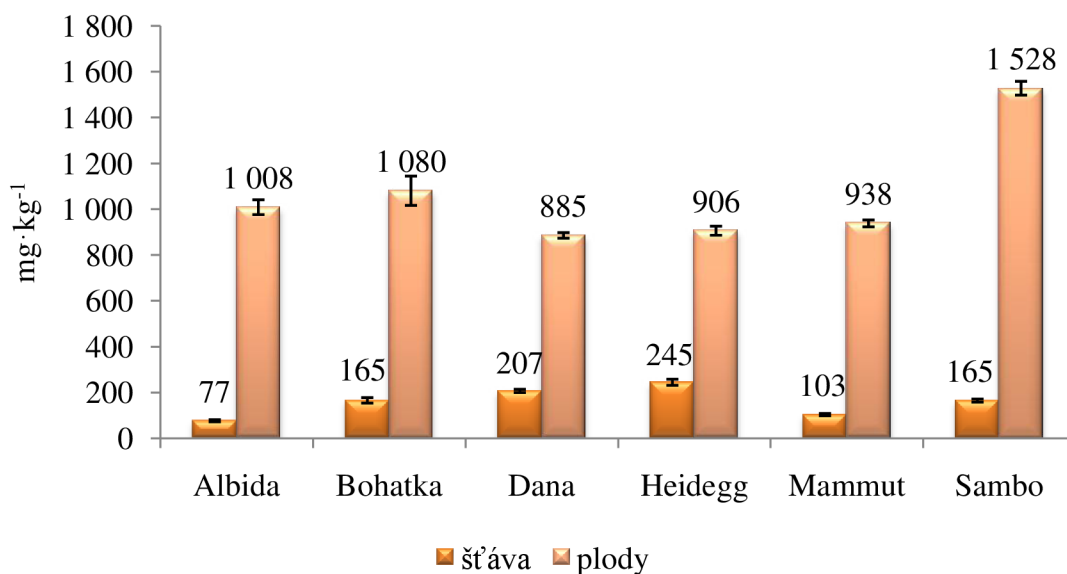
Graf 8 Množství fosforu ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011



Vápník

Rozdíl obsahu vápníku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu vápníku ve šťávách a v plodech uvádí graf 9.

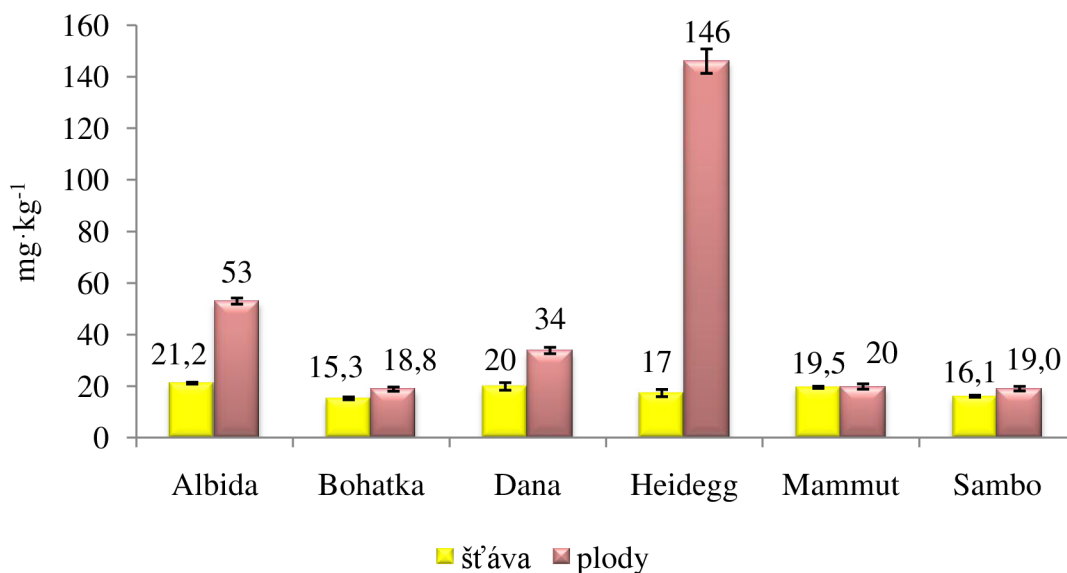
Graf 9 Množství vápníku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011



Sodík

Rozdíl obsahu sodíku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka, Dana, Heidegg a Sambo byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu mědi byl pouze ve šťávě a v plodech odrůdy Mammut ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu sodíku ve šťávách a v plodech uvádí *graf 10*.

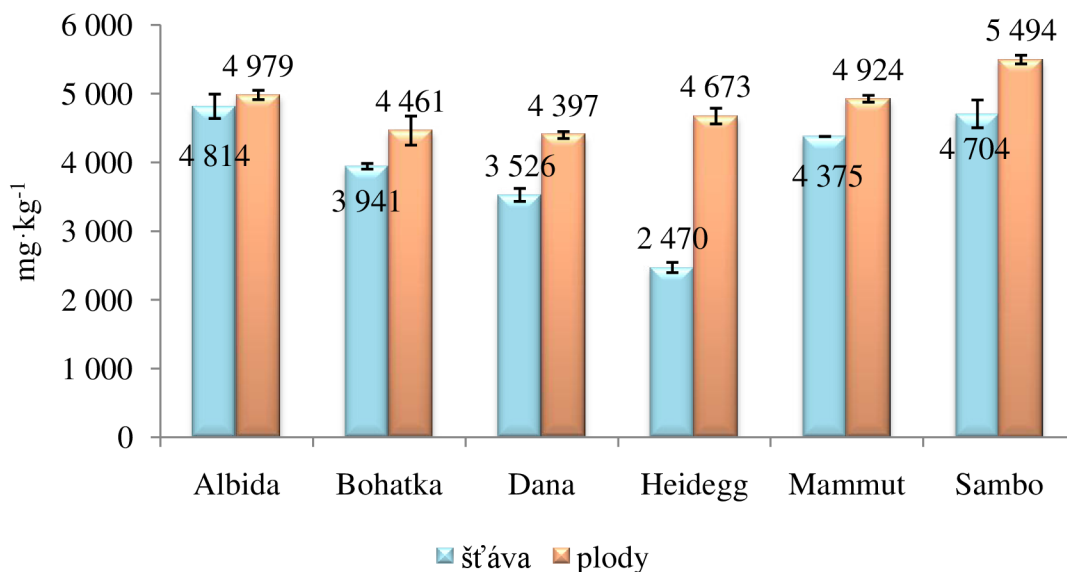
Graf 10 Množství sodíku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011



Draslík

Rozdíl obsahu draslíku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu draslíku ve šťávách a v plodech uvádí *graf 11*.

Graf 11 Množství draslíku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011

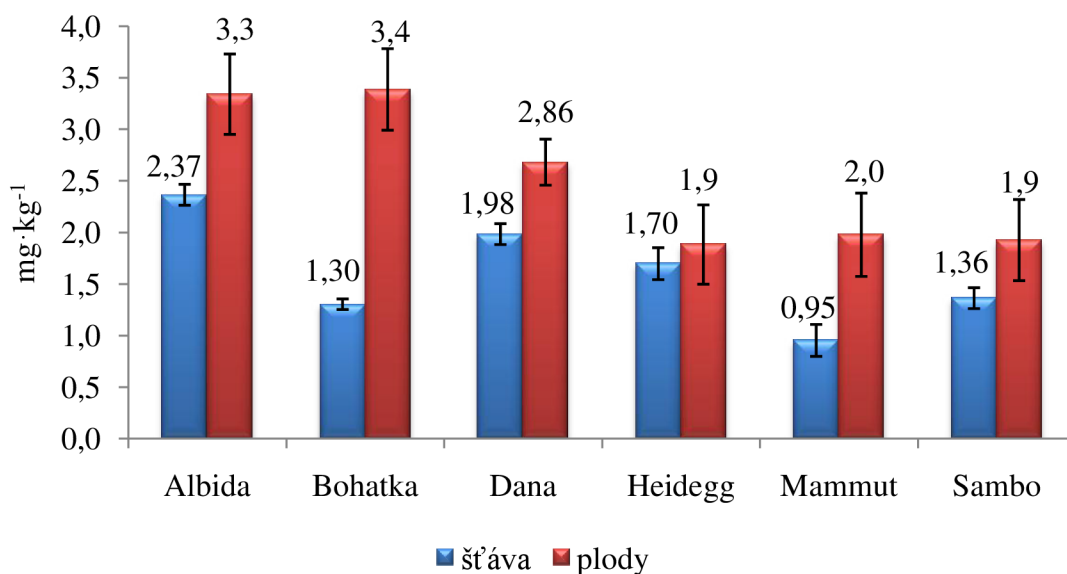


4.2.3.2 Výsledky porovnání šťáv a plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013

Zinek

Rozdíl obsahu zinku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka a Mammut byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu zinku byl ve šťávách a v plodech odrůd Dana, Heidegg a Sambo ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu zinku ve šťávách a v plodech uvádí graf 12.

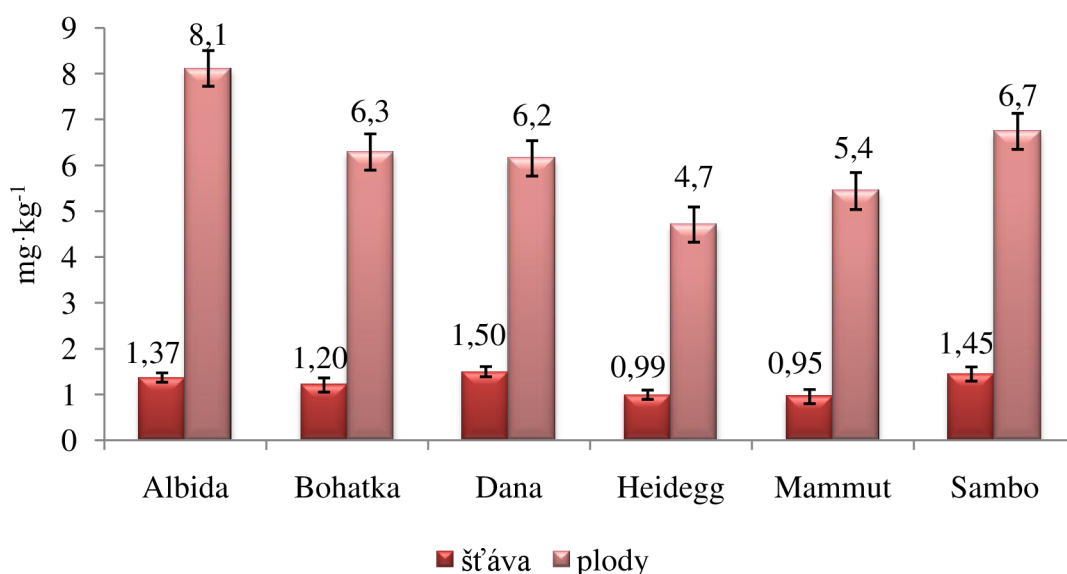
Graf 12 Množství zinku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



Mangan

Rozdíl obsahu manganu v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu manganu ve šťávách a v plodech uvádí graf 13.

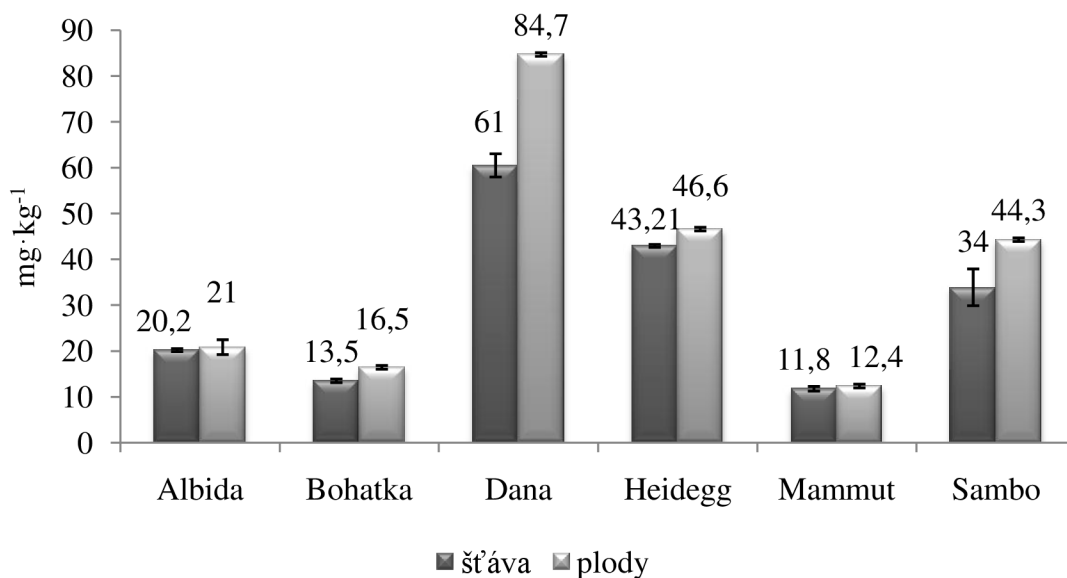
Graf 13 Množství manganu ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



Železo

Rozdíl obsahu železa v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Bohatka, Dana, Heidegg a Sambo byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu železa byl pozorován pouze ve šťávách a v plodech odrůd Albida a Mammut ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu železa ve šťávách a v plodech uvádí *graf 14*.

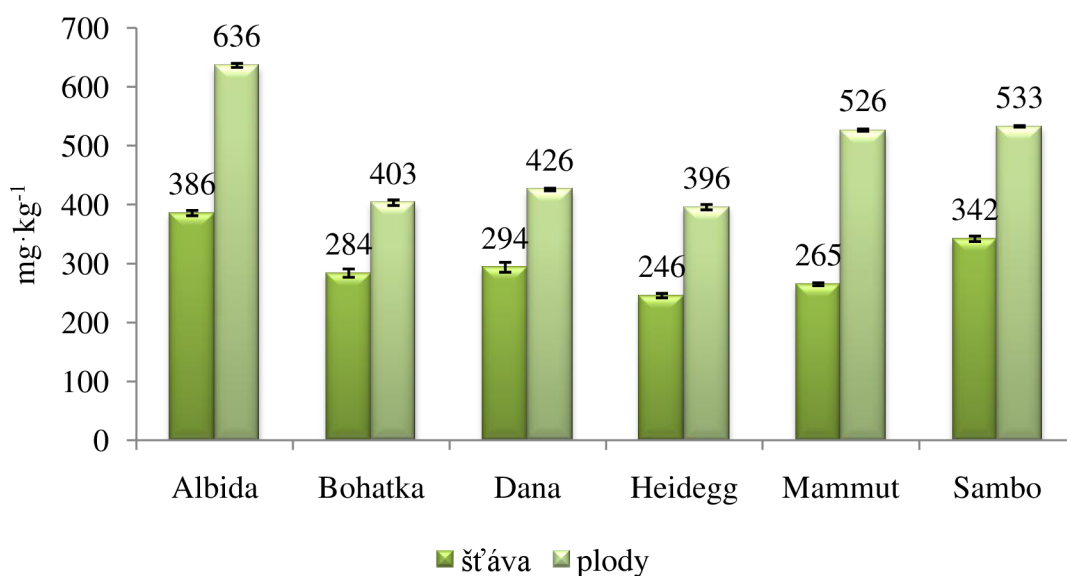
Graf 14 Množství železa ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



Hořčík

Rozdíl obsahu hořčíku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu hořčíku ve šťávách a v plodech uvádí *graf 15*.

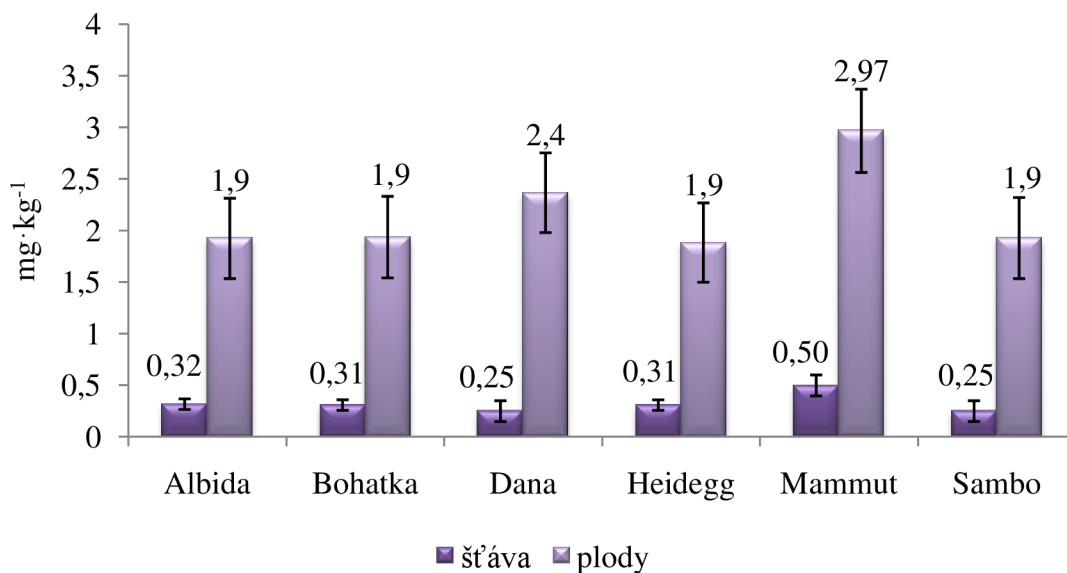
Graf 15 Množství hořčíku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



Měď

Rozdíl obsahu mědi v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu mědi ve šťávách a v plodech uvádí *graf 16*.

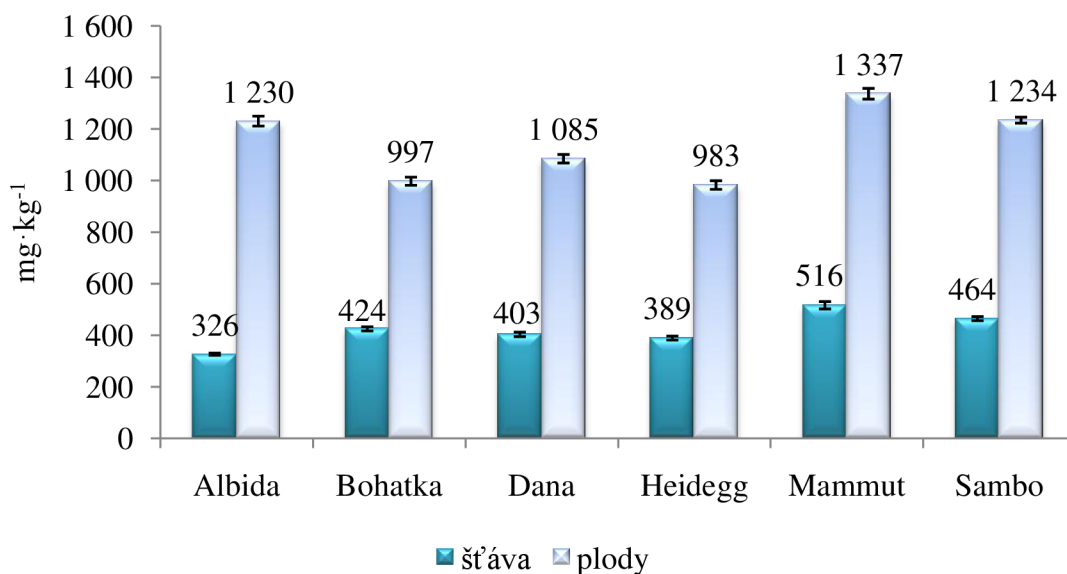
Graf 16 Množství mědi ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



Fosfor

Rozdíl obsahu fosforu v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu fosforu ve šťávách a v plodech uvádí *graf 17*.

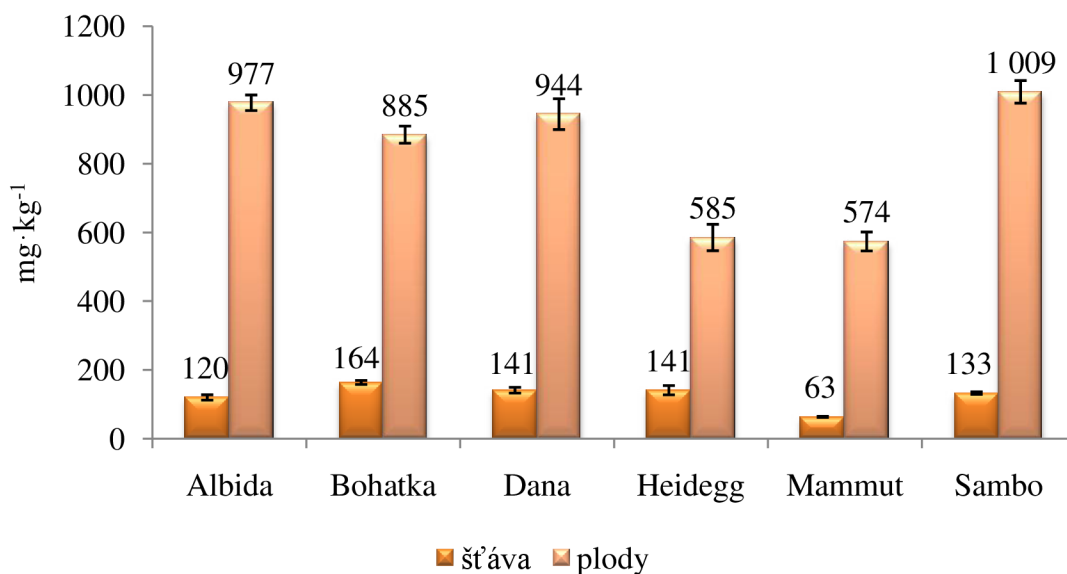
Graf 17 Množství fosforu ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



Vápník

Rozdíl obsahu vápníku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu vápníku ve šťávách a v plodech uvádí *graf 18*.

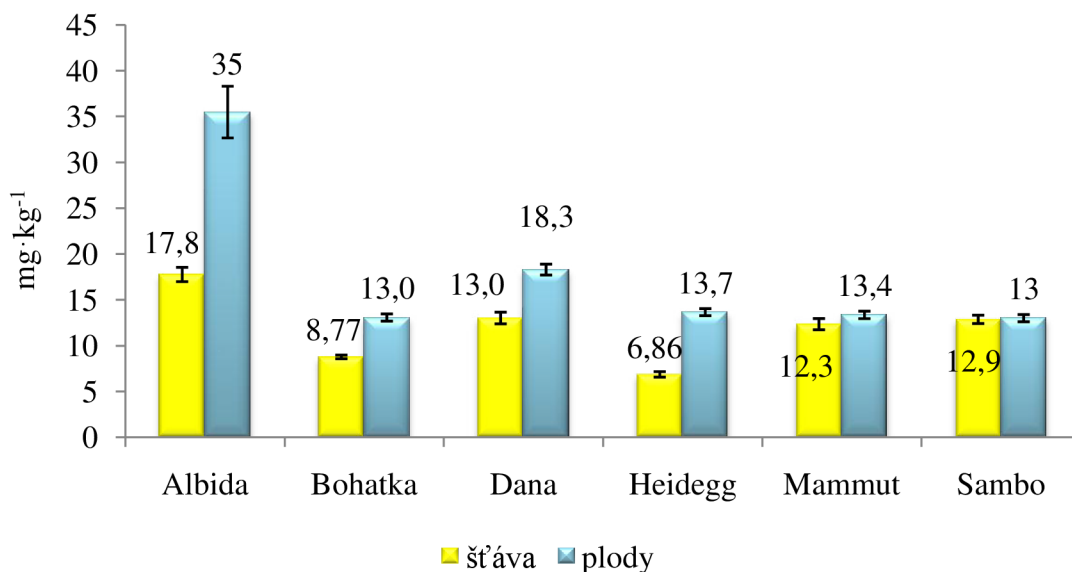
Graf 18 Množství vápníku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



Sodík

Rozdíl obsahu sodíku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka, Dana, Heidegg a Mammut byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu sodíku byl pozorován pouze ve šťávě a v plodech odrůdy Sambo ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu sodíku ve šťávách a v plodech uvádí *graf 19*.

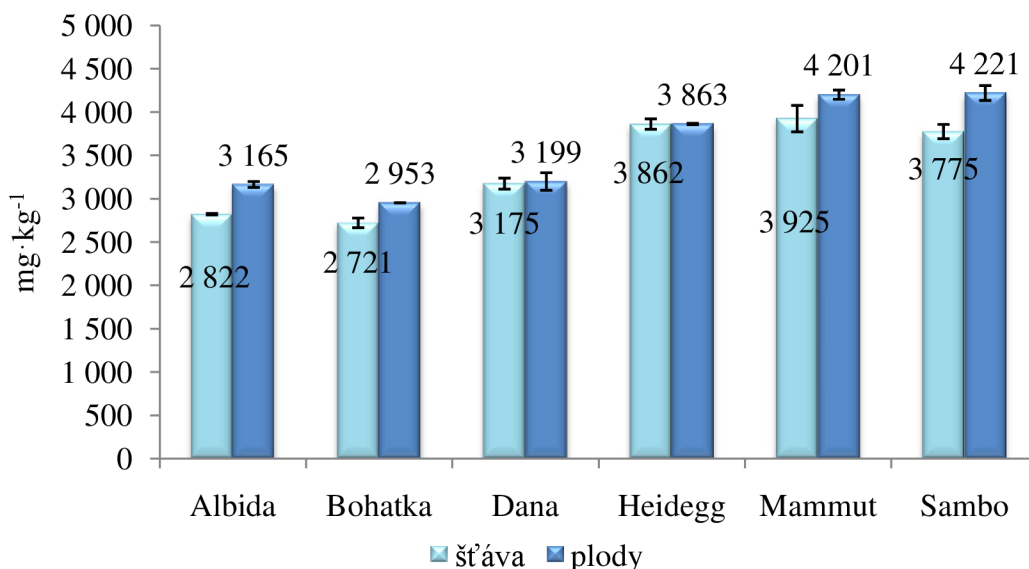
Graf 19 Množství sodíku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



Draslík

Rozdíl obsahu draslíku v plodech a ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka, Mammut a Sambo byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu draslíku byl pozorován pouze ve šťávách a v plodech odrůd Dana a Heidegg ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu draslíku ve šťávách a v plodech uvádí *graf 20*.

Graf 20 Množství draslíku ve šťávách a v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2013



4.2.4 Porovnání koncentrace analyzovaných prvků ve šťávách z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013

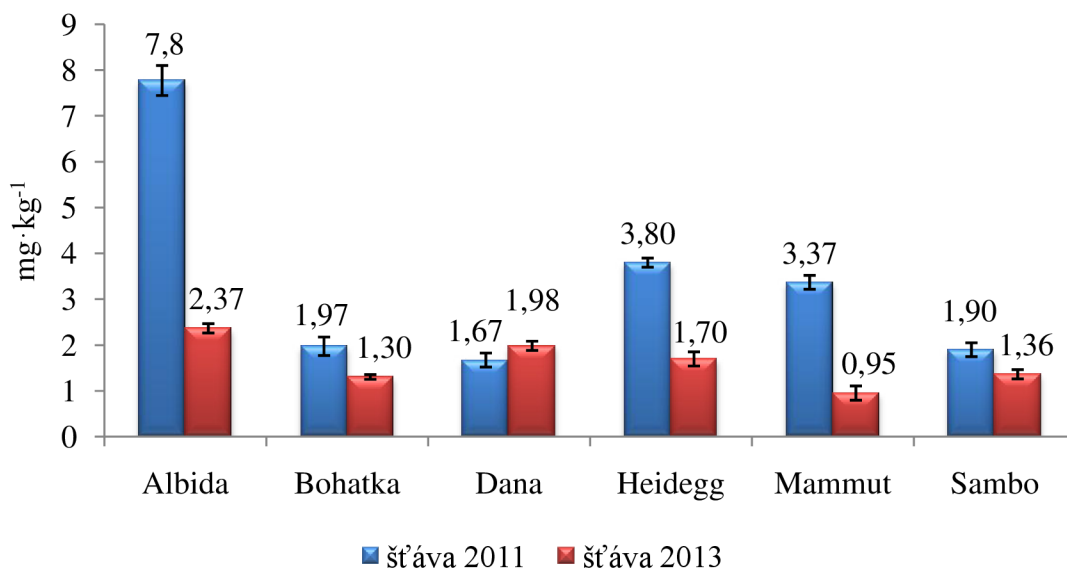
Výsledná koncentrace analyzovaných prvků ve šťávách z let 2011 a 2013 byla statisticky porovnána stejným způsobem, jako při porovnávání šťáv a plodů odrůd černého bezu z let 2011 a 2013, na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

4.2.4.1 Výsledky porovnání šťáv z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013

Zinek

Rozdíl obsahu zinku ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka, Heidegg a Mammut byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu zinku byl pozorován ve šťávách odrůd Dana a Sambo ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu zinku ve šťávách uvádí *graf 21*.

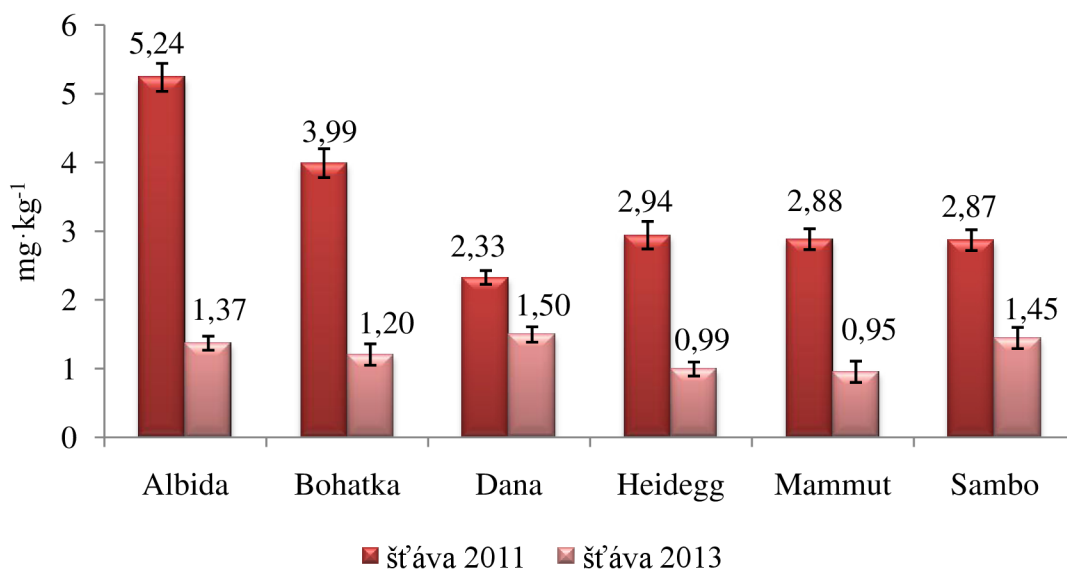
Graf 21 Množství zinku ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Mangan

Rozdíl obsahu manganu ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu manganu ve šťávách uvádí graf 22.

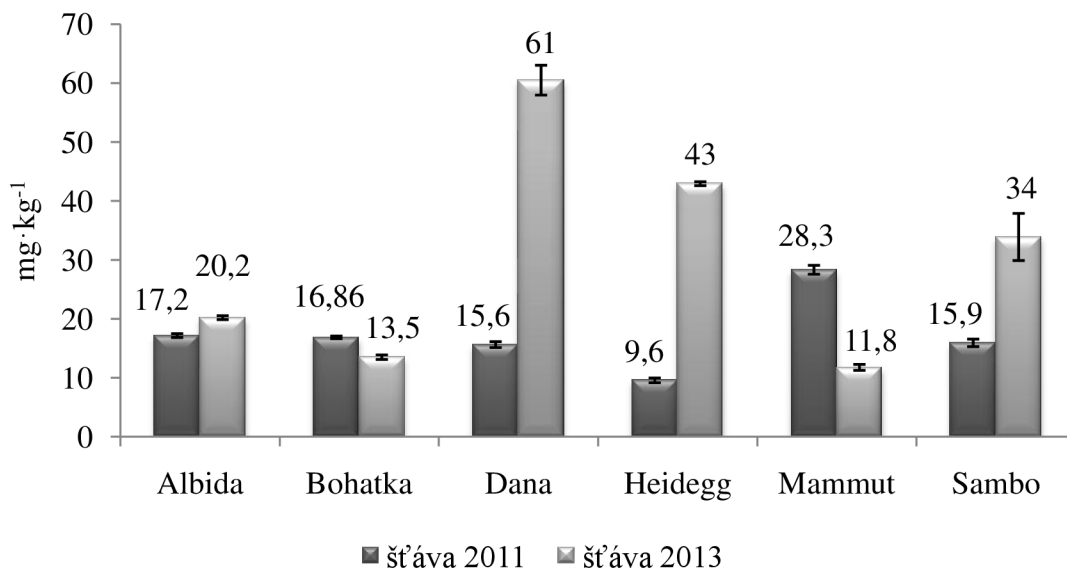
Graf 22 Množství manganu ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Železo

Rozdíl obsahu železa ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu železa ve šťávách uvádí graf 23.

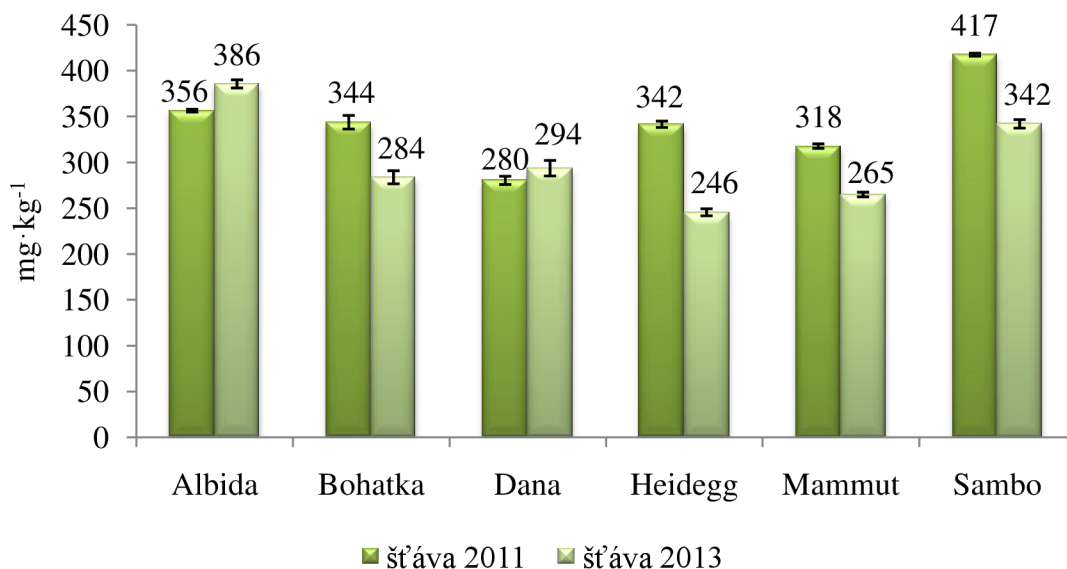
Graf 23 Množství železa ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Hořčík

Rozdíl obsahu hořčíku ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu hořčíku ve šťávách uvádí graf 24.

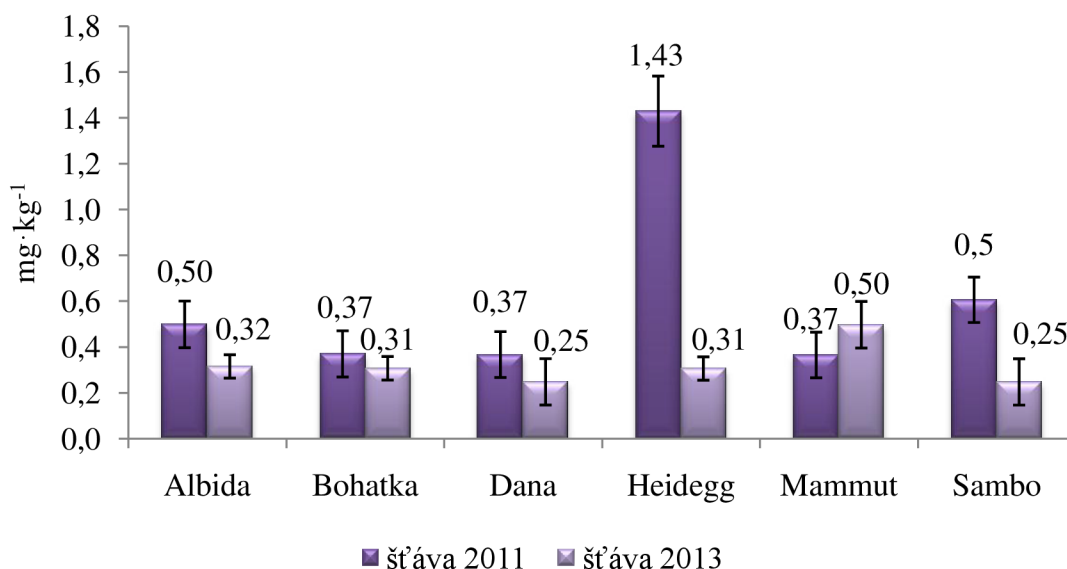
Graf 24 Množství hořčíku ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Měď

Rozdíl obsahu mědi ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka, Dana, Mammut a Sambo byl statisticky nevýznamný ($p > 0,05$). Statisticky významný rozdíl obsahu mědi byl pozorován pouze ve šťávách odrůdy Heidegg ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu mědi ve šťávách uvádí *graf 25*.

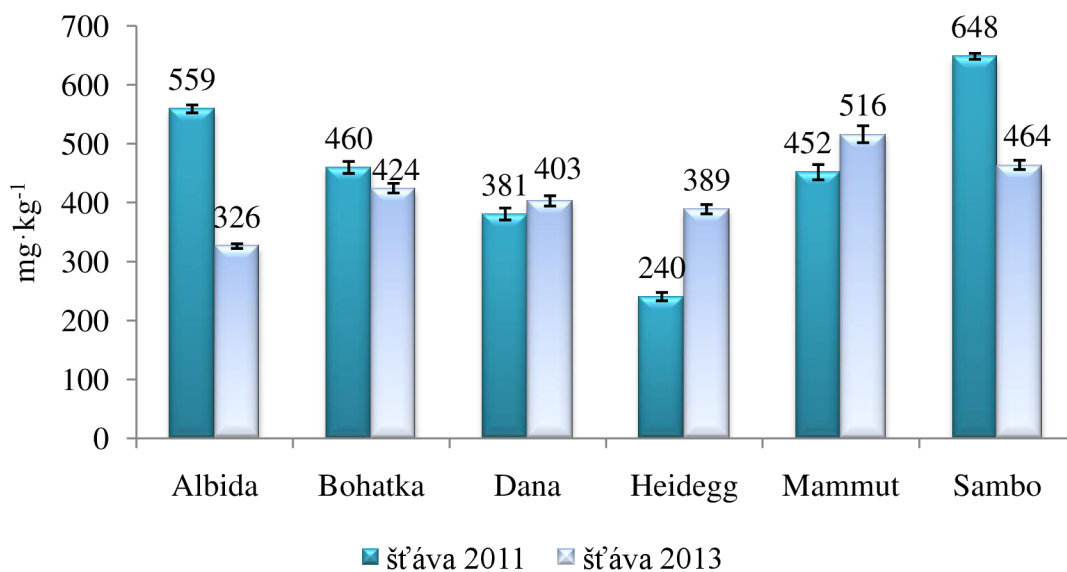
Graf 25 Množství mědi ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Fosfor

Rozdíl obsahu fosforu ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu fosforu ve šťávách uvádí *graf 26*.

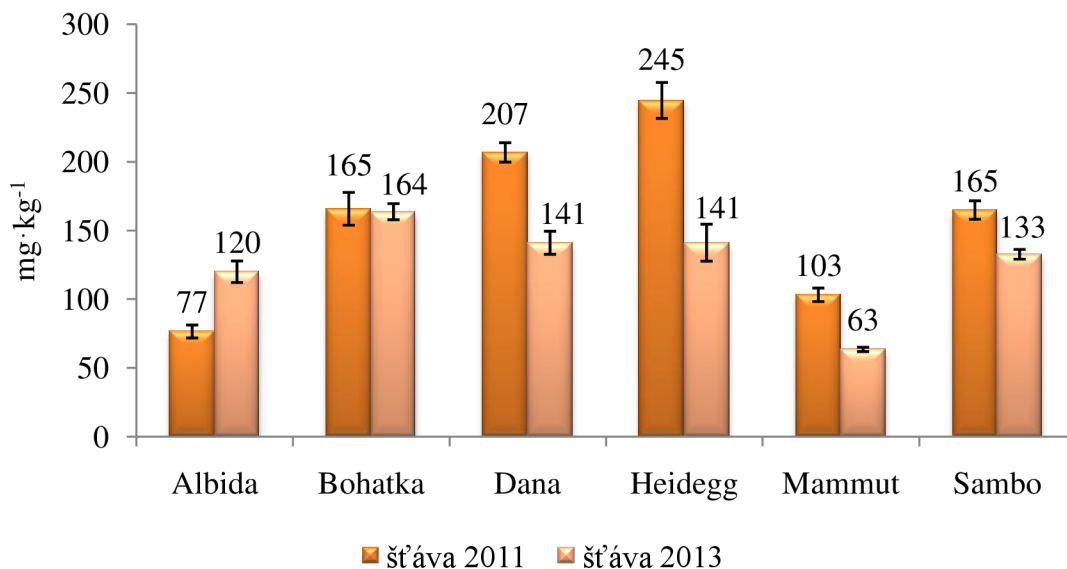
Graf 26 Množství fosforu ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Vápník

Rozdíl obsahu vápníku ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu vápníku ve šťávách uvádí graf 27.

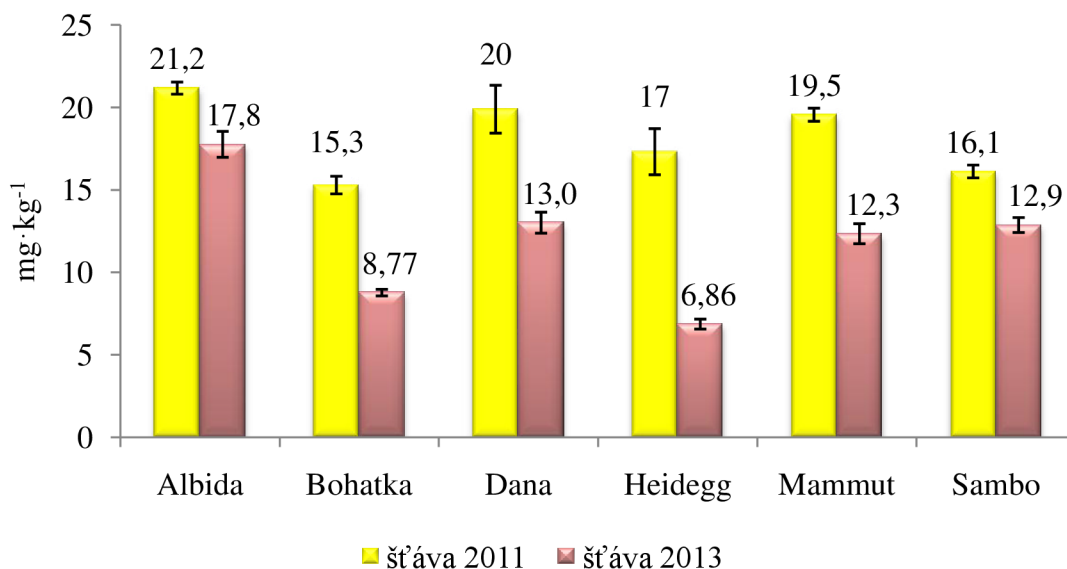
Graf 27 Množství vápníku ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Sodík

Rozdíl obsahu sodíku ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu sodíku ve šťávách uvádí graf 28.

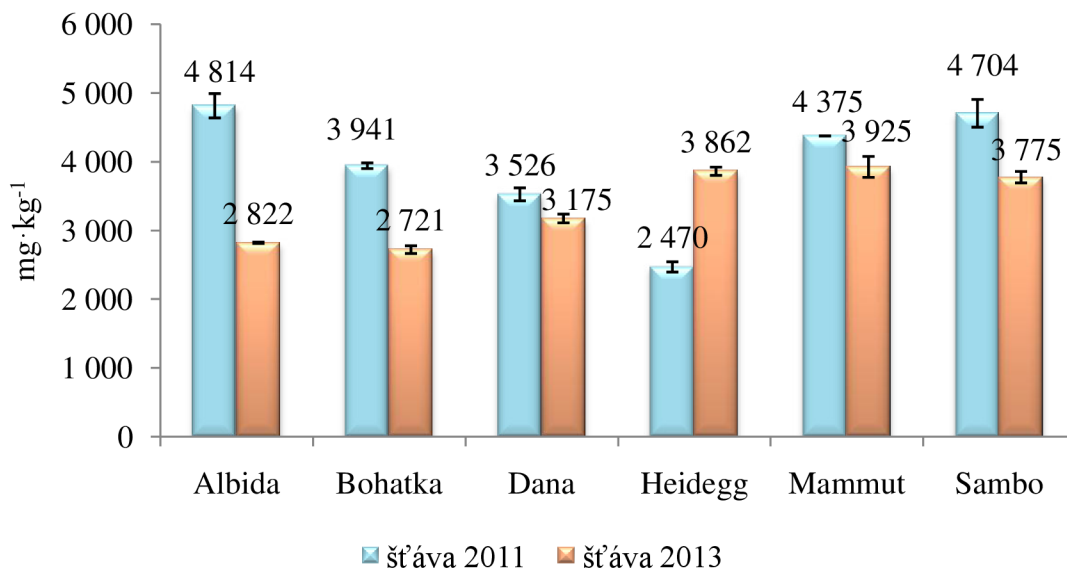
Graf 28 Množství sodíku ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Draslík

Rozdíl obsahu draslíku ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu draslíku ve šťávách uvádí graf 29.

Graf 29 Množství draslíku ve šťávách odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



4.2.5 Porovnání koncentrace analyzovaných prvků v plodech z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013

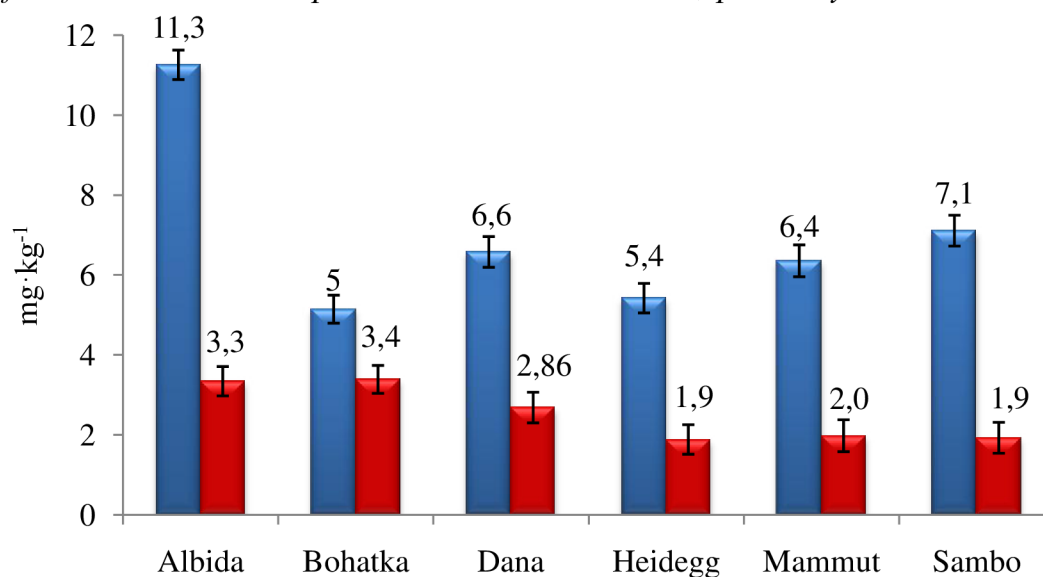
Koncentrace analyzovaných prvků v plodech, z let 2011 a 2013, byla rovněž statisticky porovnána pomocí dvou parametrických testů, na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

4.2.5.1 Výsledky porovnání plodů z odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013

Zinek

Rozdíl obsahu zinku v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu zinku v plodech uvádí *graf 30*.

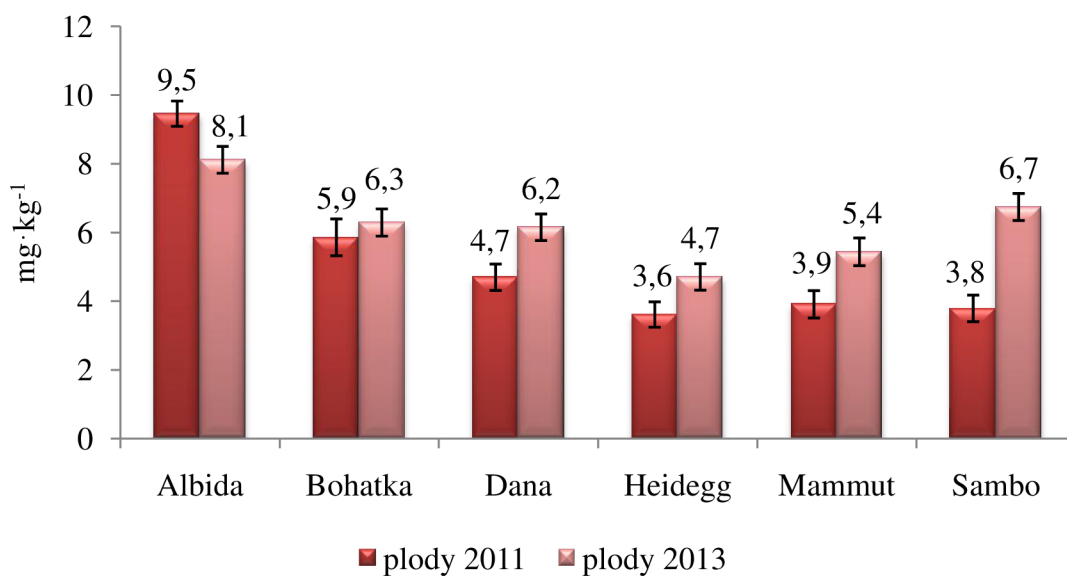
Graf 30 Množství zinku v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Mangan

Rozdíl obsahu manganu v plodech šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Dana, Heidegg, Mammut a Sambo byl statisticky významný ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl obsahu manganu byl pozorován v plodech odrůdy Bohatka ($p > 0,05$). Grafické porovnání obsahu manganu v plodech uvádí *graf 31*.

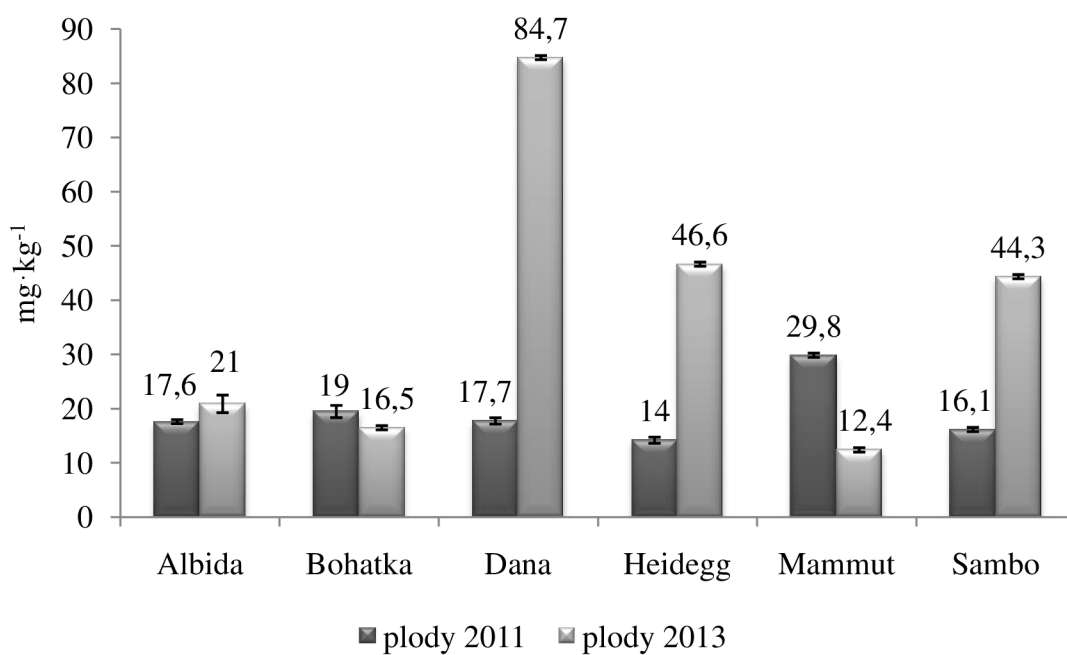
Graf 31 Množství manganu v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Železo

Rozdíl obsahu železa v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu železa v plodech uvádí graf 32.

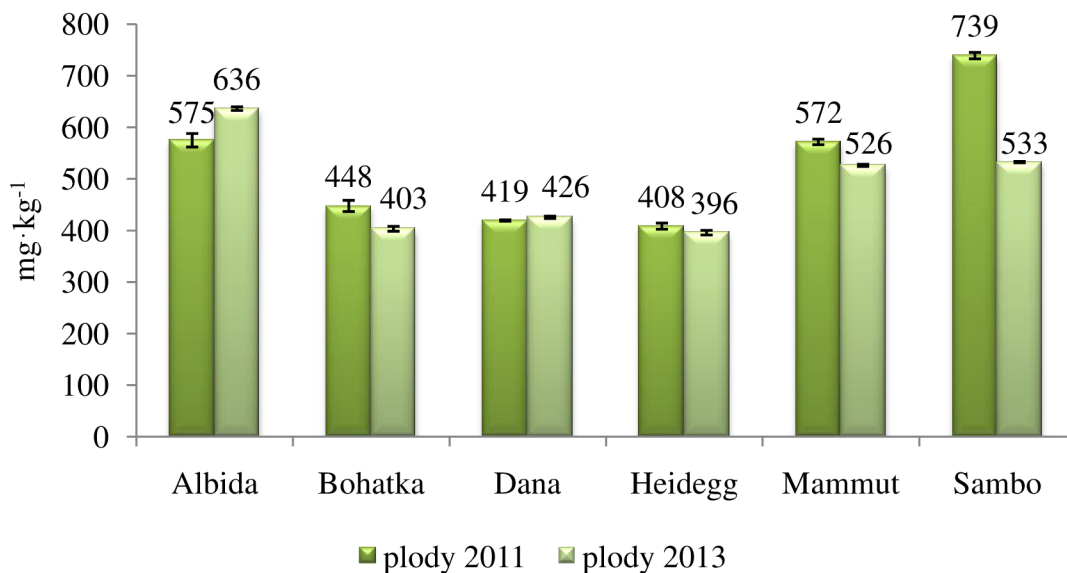
Graf 32 Množství železa v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Hořčík

Rozdíl obsahu hořčíku v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu hořčíku v plodech uvádí graf 33.

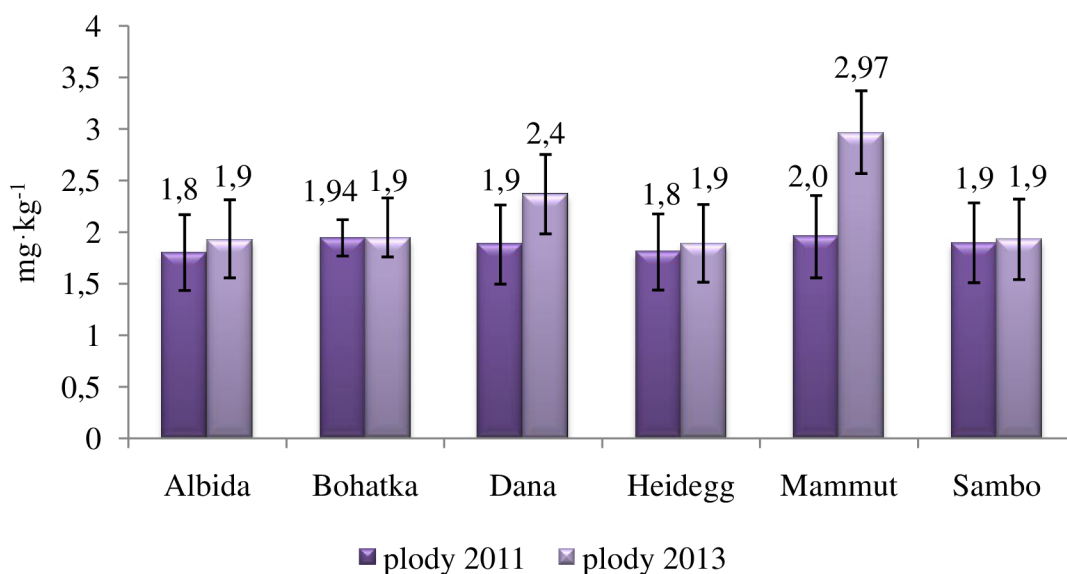
Graf 33 Množství železa v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Měď

Rozdíl obsahu mědi v plodech šlechtěných odrůd černého bezu Albida, Bohatka, Dana, Heidegg a Sambo byl statisticky nevýznamný ($p > 0,05$). Statisticky významný rozdíl obsahu mědi byl pozorován pouze v plodech odrůdy Mammut ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu mědi v plodech uvádí graf 34.

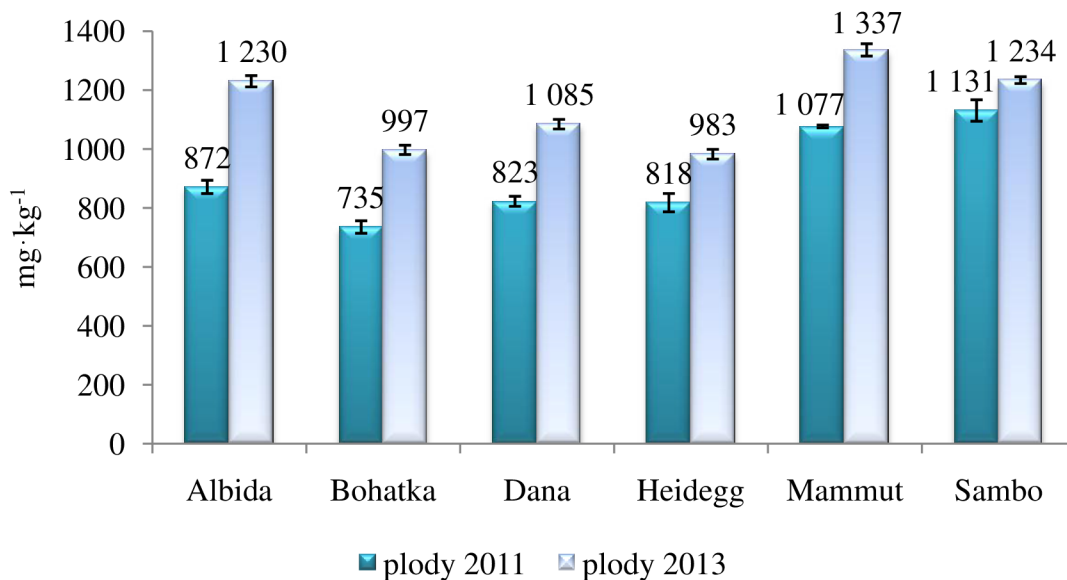
Graf 34 Množství mědi v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Fosfor

Rozdíl obsahu fosforu v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu fosforu v plodech uvádí graf 35.

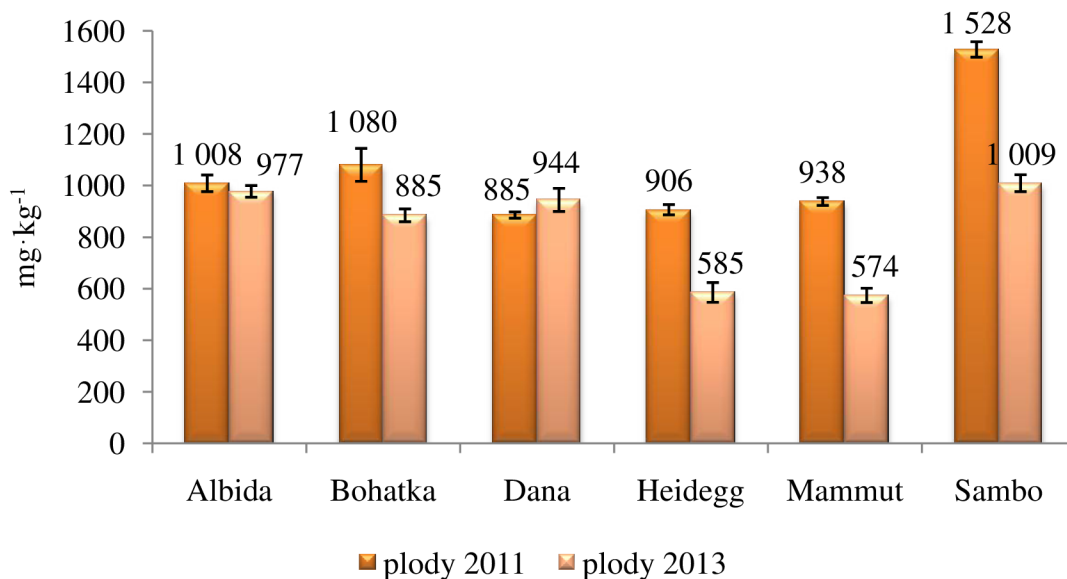
Graf 35 Množství fosforu v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Vápník

Rozdíl obsahu vápníku v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu vápníku v plodech uvádí graf 36.

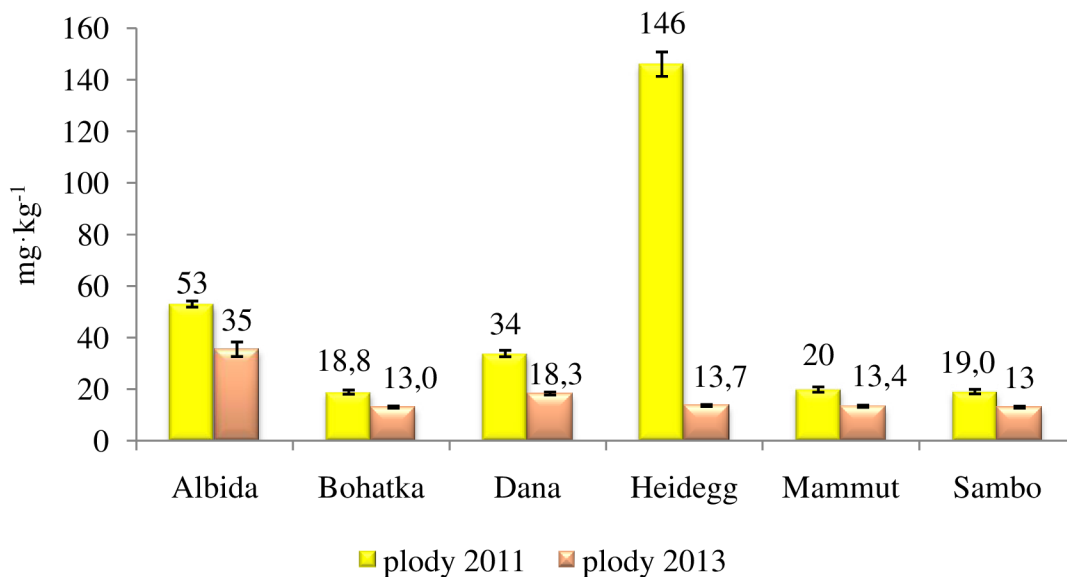
Graf 36 Množství vápníku v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



Sodík

Rozdíl obsahu sodíku v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu sodíku v plodech uvádí graf 37.

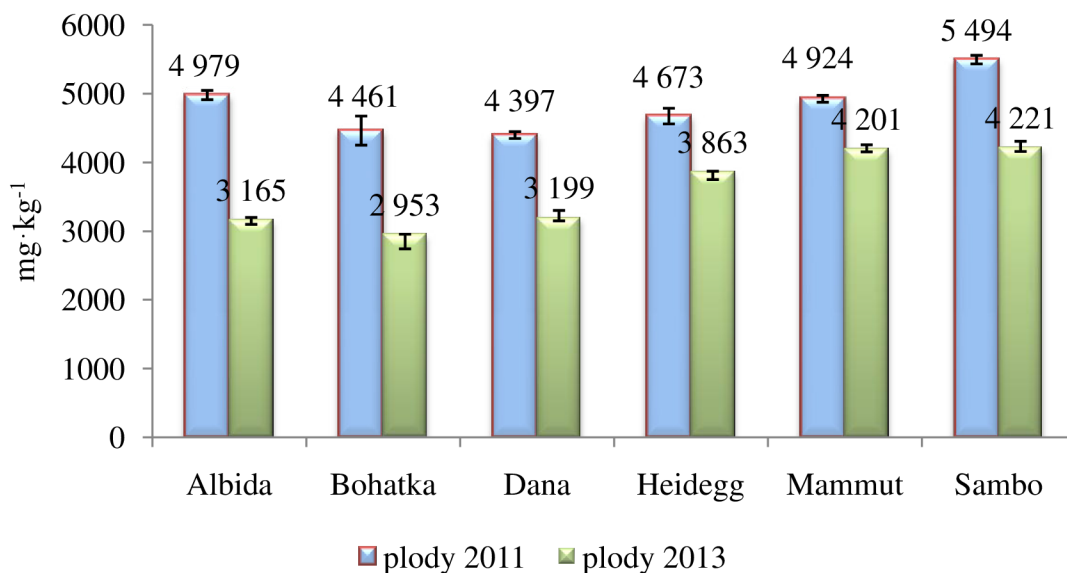
Graf 37 Množství sodíku v plodech odrůd černého bezu pěstovaných v roce 2011 a 2013



Draslík

Rozdíl obsahu draslíku v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl statisticky významný ($p < 0,05$). Grafické porovnání obsahu draslíku v plodech uvádí graf 38.

Graf 38 Množství draslíku v plodech odrůd černého bezu, pěstovaných v roce 2011 a 2013



5 ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce byla zpracována rešerše, která pojednává o bezu černém, jeho rozšíření a místech výskytu, sběru jednotlivých částí a jeho využití v potravinářském a v kosmetickém průmyslu. Popsány jsou také analyzované prvky, kterými byly Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, P, Ca, Na a K. Obsah jednotlivých prvků v potravinách je pro člověka velmi důležitý. U esenciálních prvků je stanovena doporučená denní dávka a pokud by docházelo ve výživě člověka k dlouhodobému nedostatku některého z prvků, mohlo by dojít ke zdravotním obtížím. Pro analýzu jednotlivých prvků v bezu černém byla vybrána a popsána technika optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES).

V experimentální části byla provedena optimalizace metody ICP-OES pro stanovení vybraných analytů v černém bezu. Optimalizace zahrnovala výběr vhodných vlnových délek, nastavení otáček peristaltické pumpy a tlaku na zmlžovači. Ověřena byla také výtěžnost a byly vypočítány limity detekce. Hlavním cílem experimentální části bylo analyzovat množství vybraných prvků ve šťávě a v plodech šlechtěných odrůd černého bezu, vypěstovaných v roce 2011 a 2013, přičemž hlavní pozornost byla soustředěna na šest shodných odrůd, vypěstovaných v těchto dvou letech.

Šťávy odrůd bezu černého, které byly vypěstovány v roce 2011, obsahovaly poměrně vysoké množství hořčíku, fosforu, vápníku a draslíku, v řádu stovek až tisíců $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší množství zinku ($7,8 \pm 0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), manganu ($5,24 \pm 0,20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a sodíku ($21,2 \pm 0,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) obsahovala odrůda Albida. Nejvyšší koncentrace železa byla zjištěna u odrůdy Mammut ($28,3 \pm 0,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Ve šťávách odrůd černého bezu, vypěstovaných v roce 2013, bylo zjištěno nejvyšší množství draslíku. Šťáva odrůdy Albida obsahovala nejvyšší množství zinku ($2,37 \pm 0,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), hořčíku ($386 \pm 4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a sodíku ($17,8 \pm 0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Vysoký obsah manganu ($1,50 \pm 0,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a železa ($61 \pm 2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), byl stanoven u odrůdy Dana. Odrůda Mammut obsahovala nejvyšší koncentraci fosforu ($516 \pm 14 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Obsah vápníku byl největší u šťávy odrůdy Bohatka ($164 \pm 5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Výsledná koncentrace mědi u jednotlivých šťáv šlechtěných odrůd byla malá, ale srovnatelná. Z hlediska porovnání koncentrace analyzovaných prvků ve šťávách šlechtěných odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011 a 2013 je patrné, že průměrný obsah zinku, manganu, hořčíku, mědi, fosforu, vápníku, sodíku a draslíku byl vyšší u šťáv bezu černého, vypěstovaných v roce 2011. Vyšší obsah železa byl pouze u šťáv šlechtěných odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2013. Rozdíly koncentrací analyzovaných prvků ve šťávách šlechtěných odrůd černého bezu, vypěstovaných v letech 2011 a 2013 mohou být způsobeny mnoha faktory, jako například vlastností půdy, zastoupením jednotlivých prvků v půdě, klimatickými podmínkami nebo stářím rostlin. Z dosažených výsledků vyplývá, že šťáva bezu černého je významným zdrojem minerálních látek a u většiny prvků by lehce pokryla denní doporučenou dávku, avšak samotná bezová šťáva je ze sensorického hlediska poměrně trpká a špatně konzumovatelná, a proto bývá v praxi často ředěna vodou či jinými ovocnými šťávami.

Plody šesti šlechtěných odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011, rovněž obsahovaly vysoký obsah hořčíku, fosforu, vápníku a draslíku. Nejvyšší obsah těchto prvků byl zjištěn u odrůdy Sambo. Nejvyšší množství zinku ($11,3 \pm 0,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a manganu ($9,5 \pm 0,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) bylo zjištěno v plodech šlechtěné odrůdy Albida. Železo bylo nejvíce zastoupeno v plodech odrůdy Mammut ($29,8 \pm 0,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Plody odrůdy Heidegg

obsahovaly přibližně 7krát vyšší množství sodíku než plody zbylých pěti odrůd. V porovnání s ostatními analyzovanými prvky, byla zjištěna koncentrace mědi u všech plodů šlechtěných odrůd velmi malá a její průměrná hodnota byla ($1,9 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). V plodech šlechtěných odrůd, vypěstovaných v roce 2013 byl nejvíce zastoupen draslík, jehož průměrná koncentrace byla ($3600 \pm 48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Plody odrůdy Albida obsahovaly nejvyšší koncentraci manganu ($8,1 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), hořčíku ($636 \pm 3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a sodíku ($35 \pm 3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Nejvíce zinku bylo zastoupeno v plodech odrůdy Bohatka ($3,4 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Poměrně vysoký obsah železa se nacházel v plodech odrůdy Dana ($84,7 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Vysoké množství vápníku ($1009 \pm 33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) se vyskytovalo v plodech odrůdy Sambo. Průměrný obsah fosforu v plodech šlechtěných odrůd černého bezu byl ($1144 \pm 48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Koncentrace mědi u plodů odrůd bezu černého, byly téměř srovnatelné. Vyšší množství mědi obsahovala pouze odrůda Mammut ($2,97 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Porovnáním plodů jednotlivých odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011 a 2013 bylo zjištěno, že průměrný obsah zinku, hořčíku, vápníku, sodíku a draslíku byl vyšší u odrůd, vypěstovaných v roce 2011. U odrůd, vypěstovaných v roce 2013, byla zjištěna vyšší průměrná koncentrace manganu, železa, fosforu a mědi oproti odrůdám, vypěstovaným v roce 2011. Rozdíly v koncentraci analyzovaných prvků u plodů šlechtěných odrůd černého bezu, jsou s největší pravděpodobností způsobeny klimatickými podmínkami a stářím rostlin.

Srovnáním šťáv a plodů šlechtěných odrůd černého bezu, vypěstovaných v roce 2011 a 2013 bylo zjištěno, že zastoupení jednotlivých prvků je vyšší u plodů než u šťáv. Vysoký rozdíl z hlediska porovnání šťáv a plodů byl v koncentraci mědi, vápníku, manganu a fosforu. Nižší koncentrace prvků jsou způsobeny přípravou šťávy lisováním, neboť během lisování dochází k oddělení pevného podílu a šťávy jsou zbaveny slupky a pečiček.

Elementární analýzou bezu černého se příliš mnoho odborných publikací nezabývá. Chirigiu *et al.* ve své práci analyzovali vybrané prvky (Cu, Zn, Fe) v bezu chebdím. Koncentrace mědi v plodech bezu chebdího byla $2,34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Porovnáním s výsledky této diplomové práce byla průměrná koncentrace mědi v plodech šlechtěných odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011 a 2013, srovnatelná s publikovanými výsledky [53]. Koncentrace zinku v plodech bezu chebdího byla $45,92 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná koncentrace zinku v plodech šlechtěných odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011 a 2013 byla $4,77 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Obsah železa v plodech bezu chebdího byl stanoven na $113,40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná koncentrace železa v plodech odrůd bezu černého, vypěstovaných v roce 2011 a 2013 byla $28,31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Porovnáním výsledků analýzy bezu chebdího s výsledky analýzy plodů bezu černého, lze konstatovat, že koncentrace zinku a železa byly u černého bezu výrazně vyšší. Rozdíly v koncentracích analyzovaných prvků mohou být způsobeny jiným druhem bezu.

Maksymiec *et al.* analyzovali odrůdy bezu černého z hlediska obsahu K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn a Fe. Koncentrace draslíku, vápníku a hořčíku byly výrazně nižší v této diplomové práci než v publikované studii [54]. Koncentrace mědi, zinku, manganu a železa, byly v plodech šlechtěných odrůd bezu černého, pěstovaných v roce 2011 a 2013 srovnatelné s publikovanými výsledky [54].

Výsledky diplomové práce poslouží k charakterizaci šlechtěných odrůd černého bezu a k vybrání vhodných šlechtěných odrůd černého bezu, pro založení nových sadů, v rámci České republiky.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HEMGESBERG, H. *Černý bez a naše zdraví: květy, listy a plody černého bezu léčí všechny potíže*. Olomouc: Fontána, 2002, 158 s. Léčivé rostliny pro zdraví. ISBN 80-861-7998-2.
- [2] OPICHAL, F. a D. DOSTÁL. *Bez černý*. 4. vyd. Olomuc: Rozstání, 1991, 46 s. ISBN 59-310-91.
- [3] PAMPLONA ROGER, J. D. *Encyklopedie léčivých rostlin*. 1. vyd. Praha: Advent-Orion, 2008, 385 s. Zdraví pro třetí tisíciletí. ISBN 978-80-7172-119-2.
- [4] KORBELÁŘ, J. a Z. ENDRIS. *Naše rostliny v lékařství*. 6. vyd. Praha: Avicenum, 1981, 501 s. ISBN 80-201-009-1.
- [5] TRŠKA, J. *Evropská flora*. 1. vyd. Praha: Artia, 1979, 299 s. ISBN 37-002-79.
- [6] MEZERA, A. *Naše stromy a keře*. 2. vyd. Praha: Albatros, 1989, 426s. ISBN 13-907-89.
- [7] HOUSKA, Jindřich. *SAMBUCUS NIGRA L. – bez černý / baza čierna*. *Botany* [online]. 2007 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/sambucus-nigra/>
- [8] *Sambucus Ebulus*. In: *Treknature* [online]. 2008 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.treknature.com/gallery/photo155573.htm>
- [9] Plant Images by Common English and North American Spanish Name. In: CHESNER, Dona. *Southwest school of botanical medicine Bisbee, Arizona* [online]. 2008 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.swsbm.com/HOME/PAGE/NameIndexDL.html>
- [10] *Bez červený (Sambucus racemosa)*. In: *Ochrana přírody a krajiny v Hlavním městě Praze* [online]. 2006 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.wmap.cz/opk/vmp/ros/ros6906.htm>
- [11] JANČA, J. *Herbář léčivých rostlin: 1. díl*. 1. vyd. Praha: EMINENT, 1994, 288 s. ISBN 80-858-7602-7..
- [12] SPOHN, M. a M. GOLTE-BECHTLE. *Co tu kvete?: květena střední Evropy : více než 1000 planých rostlin*. Vyd. 1. Praha: Knižní klub, 2010, 399 s. ISBN 978-80-242-2479-4.
- [13] HLAVA, B. a P. VALÍČEK. *Léčivé byliny: [rady pěstitelům]*. Vyd. 2. Praha: Aventinum, 2005, 191 s. Rady pro chovatele a pěstitele. ISBN 80-715-1249-4.
- [14] BODLÁK, J. *Příroda léčí: bylinář s recepty*. Vyd. 3. Ilustrace František Severa, Bohumil Vančura. Praha: Granit, 2004, 239 s. ISBN 80-729-6036-9.

- [15] OPLETAL, L. a J. VOLÁK. *Rostliny pro zdraví*. Vyd. 1. Ilustrace Jindřich Krejča. Praha: Aventinum, 1999, 176 s. ISBN 80-715-1074-2.
- [16] Bez černý - *Sambucus nigra* L. *Prostor - architektura, interiér, design* [online]. Praha, 2006 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.prostor-ad.cz/pruvodce/praha/sporilov/dendro/bez/bez.htm>
- [17] STRANO, Luigi. Fiori di Sambuco (European Elderberry). In: *Flickr* [online]. 2000 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/luigistrano/3969034982>
- [18] BODLÁK, J. *Byliny v léčitelství, v kosmetice a v kuchyni*. Ilustrace Marcela Bodláková. Olomouc: Poznání, 2005, 295 s. ISBN 80-866-0640-6.
- [19] VAN DEN BOOM, Jacqueline. *Sambucus nigra* (Caprifoliaceae of Kamperfoelifamilie). In: SPEEL, Hans-Cees. *Bomengids* [online]. 1999 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: http://www.bomengids.nl/soorten/Gewone_vlier__Sambucus_nigra__Black_elderberry.html
- [20] *Sambucus nigra* ssp. *canadensis* – American Black Elderberry. In: KINSEY, T. Beth. *Firefly forest* [online]. 2003 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.fireflyforest.com/flowers/2299/sambucus-nigra-ssp-canadensis-american-black-elderberry/>
- [21] DAVID, Stanislav. Sušené jednodruhé byliny a jejich léčivé účinky: Bez černý plod. In: DAVID, Stanislav. *Bionebe* [online]. 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.bionebe.cz/bez-cerny-plod-50-g,191.html>
- [22] Bez černý. In: *Léčivá příroda* [online]. 2010 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.lecivapriroda.cz/herbar/bez-cerny/>
- [23] STOVALL, Jeremy. Caprifoliaceae *Sambucus nigra* ssp. *canadensis* - American black elderberry. In: *Arthur Temple College of Forestry and Agriculture* [online]. 2011 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://forestry.sfasu.edu/faculty/jstovall/dendro/index.php/fact-sheets/photographs/23-sambucus-nigra-ssp-canadensis-american-black-elderberry>
- [24] *Sambucus nigra* - bez černý. In: *Herbář Wendys* [online]. 2008 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://botanika.wendys.cz/kytky/K501.php>
- [25] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.

- [26] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, xxii, 580 s. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [27] MINDELL, E. a H. MUNDIS. *Nová vitaminová bible: nejnovější informace o vitamínech, minerálních látkách, antioxidantech, léčivých rostlinách, o doplňcích stravy, léčebných účincích potravin i lécích používaných v homeopatii*. 2. dopl. přeprac. vyd. Překlad Miloš Máček. Praha: Ikar, 2006, 572 s. ISBN 80-249-0744-5.
- [28] ZADÁK, Z. *Magnezium a další minerály, vitaminy a stopové prvky ve službách zdraví*. Vyd. 1. Břeclav: Presstempus, 2006, 71 s. ISBN 80-903-3507-1.
- [29] Vyhláška č. 225/2008 Sb.: Příloha 5. In: *Ministerstvo zemědělství* [online]. Praha, 2009 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/100065067.html>
- [30] PROKEŠ, J., M. BALÍKOVÁ a E. NOVÁKOVÁ. *Základy toxikologie I*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1997, 165 s. ISBN 382-125-97.
- [31] AH PILON-SMITS, E., QUINN, C. F., TAPKEN, W., MALAGOLI, M., SCHIAVON, M. Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009, roč. 12, s. 267-274.
- [32] URSELLOVÁ, A. *Vitamíny a minerály*. Vyd. 1. Bratislava: NOXI, 2004, 128 s. ISBN 80-891-7900-2.
- [33] HOPFENZITZ, P. *Minerální látky udržují tělo fit*. Vyd. 1. Překlad Jarmila Doubravová. Praha: Ikar, 1999, 88 s. Kompas. ISBN 80-720-2546-5.
- [34] ROEDIGER-STREUBEL, S. *Minerální látky a stopové prvky*. Vyd. 1. Překlad Anna Weiglová. Praha: Ivo Železný, 1997, 158 s. Knižky dostupné každému. ISBN 80-237-3490-3.
- [35] JORDÁN, V a M. HEMZALOVÁ. *Antioxidanty: zázračné zbraně : vitaminy, minerály, stopové prvky, aminokyseliny a jejich využití pro zdravý život*. Vyd. 1. Brno: Jota, 2001, 153 s. Jak na to (Jota). ISBN 80-721-7156-9.
- [36] GROFOVÁ, Z. *Nutriční podpora: praktický rádce pro sestry*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007, 237 s., [8] s. barev. obr. příl. Sestra. ISBN 978-802-4718-682.
- [37] ČERNOHORSKÝ, T. *Atomová spektroskopie*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1997, 218 s. ISBN 80-719-4114-X.
- [38] SOMMER, L. *Optická emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu a vysokoteplotních plamenech*. 1. vyd. Praha: Academia, 1992, 151 s. ISBN 80-200-0215-4.

- [39] MIHALJEVIČ, M., STRNAD, L., ŠEBEK, O. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy*, 2004, no. 94, s. 123-130.
- [40] THOMAS, R. A beginner's Guide to ICP-MS : Part I. Spectroscopy, 2001, no. 16, s.38, 42. Dostupný také z WWW: <<http://spectroscopyonline.findanalytichem.com/spectroscopy/data/articlestandard/spectroscopy/152002/15304/article.pdf>>.
- [41] Agilent technologies. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry : A primer. USA: Agilent technologies, 2005. 80 s. Dostupné z WWW: <http://www.chem.agilent.com/Library/primers/Public/ICP-MS_Primer-Web.pdf>. ISBN 5989-3526EN.
- [42] EKHOLMA, Päivi, Heli REINIVUOB, Pirjo MATTILAC, Heikki PAKKALAB, Jani KOPONEND, Anu HAPPONEND, Jarkko HELLSTRÖMC a Marja-Leena OVASKAINENB. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2007, vol. 20, issue 6, 487–495.
- [43] SIMPKINS, Wayne A., Honway LOUIE, Michael WU, Mark HARRISON a David GOLDBERG. Trace elements in Australian orange juice and other products. *Food Chemistry*. 2000, vol. 71, issue 4, s. 423-433.
- [44] PEDRERO, Z.; MADRID, Y. Novel approaches for selenium speciation in foodstuffs and biological species: A review. *Analytica chimica acta*, 2009, no. 634, s. 135-152.
- [45] MELØ, Renate, Kristin GELLEIN, Lars EVJE a Tore SYVERSEN. Minerals and trace elements in commercial infant food. *Food and Chemical Toxicology*. 2008, vol. 46, issue 10, s. 3339-3342.
- [46] ANGIIONI, Alberto, Maddalena CABITZA, Maria Teresa RUSSO a Pierluigi CABONI. Influence of olive cultivars and period of harvest on the contents of Cu, Cd, Pb, and Zn in virgin olive oils. *Food Chemistry*. 2006, vol. 99, issue 3, s. 525-529.
- [47] NARDI, Elene P., Fábio S. EVANGELISTA, Luciano TORMEN, Tatiana D. SAINT'PIERRE, Adilson J. CURTIUS, Samuel S. de SOUZA a Fernando BARBOSA. The use of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chemistry*. 2009, vol. 112, issue 3, s. 727-732.
- [48] KOLIHOVÁ, D., SZÁKOVÁ, J. *Atomová absorpční spektrometrie II : Kurz pro pokročilé*. Praha: Spektroskopická společnost Jana Marka Marci, 2000. Příprava vzorků rostlinného původu a půd pro stanovení metodou AAS, s. 57-64.
- [49] PLŠEK, E. *Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem*. 1. vyd. Český těšín: 2 Theta, 1994. 224 s.

- [50] KRAKOVSKÁ, E. *Rozklady v analytickej chémii: súčasný stav a trendy*. 1. vyd. Košice: Vienaľa, 2001, 226 s. ISBN 80-889-2248-8.
- [51] ZBÍRAL, J. *Analýza rostlinného materiálu*. 1. vyd. Brno : Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 1994. 79 s.
- [52] ČSN EN 11885. *Jakost vod - Stanovení vybraných prvků optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES)*. Praha: ČNI, 2009.
- [53] CHIRIGIU, L., POPESCU, R., BUBULICA, M-V., POPESCU, A. Determination of Chromium, Cooper, Iron, Zinc, Cadmium and Led by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry in seven Phytopharmaceutical Products. *Rev. Chim (Bucharest)*, 2012, no. 9, s. 874-876.
- [54] MAKSYMIEC, N., KOODZIEJ, B., ANTONKIEWICZ, J. Effect of traffic pollution on chemical composition of raw elderberry (*Sambucus nigra* L.). *J.Elem*, 2012, s.67-78.

7 SEZNAM ZKRATEK

ICP-OES	optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
GF-AAS	atomová absorpční spektrometrie s elektrochemickou atomizací
AAS	atomová absorpční spektrometrie
ICP-MS	hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
XLSTAT	výpočetní statistický program
ANOVA	analýza rozptylu