

Obsahy vitaminů ve vybraných druzích zeleniny z konvenční a bio produkce

Bc. Alena Konšelová

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Alena Konšelová**
Osobní číslo: **T12530**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Obsahy vitaminů ve vybraných druzích zeleniny z konvenční a bio produkce**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizujte vybrané vitaminy
2. Popište zásady ekologického zemědělství
3. Popište metody stanovení vybraných vitaminů

II. Praktická část

1. Metodika stanovení vybraných vitaminů
2. Stanovení vybraných vitaminů ve vzorcích zeleniny z ekologické produkce a konvenčního zemědělství
3. Srovnajte hodnoty koncentrací vybraných vitaminů ve vybraných vzorcích zeleniny z ekologického a konvenčního zemědělství

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002, xv, 303 s. ISBN 80-86659-01-1.
2. DOUŠA, M. *Stanovení vitaminů, doplňkových látek a vybraných léčiv v krmivech*. Brno: ÚKZÚZ, 2007, 376 s. ISBN 978-80-86548-94-4.
3. KOPEC, K. *Zelenina ve výživě člověka*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2010, 159 s. ISBN 978-80-247-2845-2.
4. VÁVROVÁ, J. *Vitaminy a stopové prvky 2007*. 1. vyd. Pardubice: SEKK, 2007. 155 s. ISBN 978-80-254-1171-1.
5. VEITH, W. J. *Diet and Health: Scientific Perspectives*. 2nd Ed. Stuttgart: Medpharm, 1998. 277 s. ISBN 0-8493-0289-7.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislava Mišurcová, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

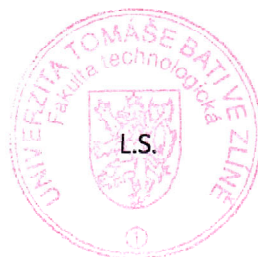
10. února 2014

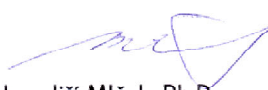
Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KONŠELOVÁ ALENA

Obor: TECHNOLOGIE, HYGIENA
A EKONOMIKA VÝROBY POTRAVIN

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 14.2014

Konšelová

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

- (1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
- (2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak

určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá stanovením obsahu vitaminů C, E, a β -karotenu ve vybraných vzorcích zeleniny z konvenční a bio produkce pomocí metody vysoce účinné kapalinové chromatografie (HPLC). Dále pak byla fotochemiluminiscenční metodou (PCL) stanovena antioxidační aktivita ve vodě a v tučných rozpustných látek obsažených v konvenčních druzích zeleniny a zeleniny z bioprodukce. V teoretické části jsou uvedeny základní informace o zelenině, obsahu významných vitaminů a dalších složek, charakteristika jednotlivých vitaminů a antioxidantů, zásady ekologického zemědělství a popis použitých metod.

Hlavním výsledkem experimentální části je stanovení obsahu vitaminů C, E, β -karotenu v bio zelenině a v konvenčně pěstované zelenině a stanovení antioxidační aktivity ve vodě (ACW) a v tučných rozpustných látek (ACL) v bio zelenině a v konvenčně pěstované zelenině.

Klíčová slova: Vitamin C, vitamin E, β -karoten, zelenina, bio zelenina, antioxidační aktivita, HPLC, PCL, ACW, ACL.

ABSTRACT

The diploma work deals with determination content of vitamins C, E and β -carotene in chosen vegetable samples from conventional and bio productions with help of High Performance Liquid Chromatography (HPLC). There was determined antioxidant activity in water and fat soluble substances contained in conventional sort of vegetables and vegetables from bio-production by photo-chemical-luminescent method (PCL). In theoretical part there are introduced basic information about vegetable, content of important vitamins and other components, characteristic of each vitamins and antioxidants, principles of ecological agriculture and a description of used method.

The main result of experimental part is a comparison of the vitamin content C, E, β -carotene in bio vegetable and conventional grown vegetable and a determination antioxidant activity in water (ACW) and fat (ACL) soluble substances in bio vegetable and conventional grown vegetable.

Keywords: Vitamin C, vitamin E, β -carotene, vegetable, bio vegetable, antioxidant activity, HPLC, PCL, ACW, ACL.

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Ladislavě Mišurcové Ph.D. za pomoc, cenné rady a připomínky při vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Mgr. Jarmile Vávra Ambrožové za pomoc a rady při praktické části mé diplomové práce a paní laborantce Ing. Lence Fojtíkové za její pomoc v laboratoři. Moje poděkování patří také rodině a všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomáhali a podporovali mě.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ZELENINA	13
1.1 DRUHY ZELENINY.....	14
1.2 HLAVNÍ OBSAHOVÉ SLOŽKY ZELENINY.....	14
2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH VITAMINŮ	17
2.1 VITAMIN C.....	17
2.1.1 Nejvýznamnější reakce.....	18
2.1.1.1 Oxidace.....	18
2.1.1.2 Enzymová oxidace.....	18
2.1.1.3 Autooxidace.....	19
2.1.1.4 Redukce iontů kovů.....	19
2.1.1.5 Reakce s volnými radikály.....	19
2.1.2 Význam v technologiích.....	19
2.1.3 Význam v lidské výživě.....	20
2.1.4 Zdroje vitamínu C.....	21
2.1.5 Ztráty vitamínu C při technologickém zpracování.....	22
2.2 VITAMIN A.....	22
2.2.1 Vlastnosti a chování.....	23
2.2.2 Nejvýznamnější reakce.....	24
2.2.2.1 Reakce s volnými radikály.....	24
2.2.3 Význam v lidské výživě.....	24
2.2.4 Zdroje vitamínů A a karotenoidů.....	25
2.2.5 Ztráty vitamínu A při technologickém zpracování.....	26
2.3 VITAMIN E.....	26
2.3.1 Vlastnosti a chování.....	28
2.3.2 Nejvýznamnější reakce.....	28
2.3.3 Význam v technologiích.....	29
2.3.4 Význam v lidské výživě.....	29
2.3.5 Zdroje vitamínu E.....	29
2.3.6 Ztráty vitamínu E při technologickém zpracování.....	30
2.4 ANTIOXIDANTY.....	30
2.4.1 Hydrofilní antioxidanty.....	31
2.4.2 Lipofilní antioxidanty.....	31
2.4.3 Amfofilní antioxidanty.....	31
3 EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ	32
3.1 ZÁSADY PĚSTOVÁNÍ ZELENINY.....	33
3.1.1 Příprava pozemku pro ekologickou produkci.....	33
3.1.2 Osivo a odrůdy.....	33
3.1.3 Osevní postup.....	33
3.1.4 Výživa a hnojení.....	34
3.1.5 Regulace plevelů.....	34
3.1.6 Ochrana rostlin.....	34

3.1.7	Pěstitelé zeleniny v ČR	35
4	CHROMATOGRAFICKÉ METODY	36
4.1	ROZDĚLENÍ CHROMATOGRAFICKÝCH METOD	36
4.2	HPLC – VYSOKOÚČINNÁ KAPALINOVÁ CHROMATOGRAFIE.....	37
4.2.1	Složení kapalinového chromatografu.....	37
4.2.2	Základní chromatografické charakteristiky.....	38
4.2.3	Základní techniky separace	38
5	ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA	40
5.1	ZÁKLADNÍ METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	40
5.1.1	DPPH.....	40
5.1.2	TEAC	40
5.1.3	ORAC.....	41
5.1.4	PCL	41
5.1.5	FRAP	41
5.1.6	HPLC – ECD.....	41
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	CÍL PRÁCE	44
7	MATERIÁL A METODIKA PRÁCE.....	45
7.1	VZORKY	45
7.2	CHEMIKÁLIE, POMŮCKY, PŘÍSTROJE	46
7.2.1	Chemikálie	46
7.2.2	Standardy.....	46
7.2.3	Pomůcky.....	46
7.2.4	Přístroje a zařízení.....	47
7.3	STANOVENÍ VLHKOSTI A SUŠINY	48
7.4	STANOVENÍ VITAMINU C	49
7.4.1	Příprava vzorku	49
7.4.2	Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu C	49
7.4.3	Metodika stanovení vitamínu C	49
7.5	STANOVENÍ VITAMINU E	50
7.5.1	Příprava vzorku	50
7.5.2	Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu E	50
7.5.3	Metodika stanovení vitamínu E	50
7.6	STANOVENÍ <i>B</i> -KAROTENU	50
7.6.1	Příprava vzorku	50
7.6.2	Kalibrační křivka pro stanovení <i>β</i> -karotenu.....	51
7.6.3	Metodika stanovení <i>β</i> -karotenu	51
7.7	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	51
7.7.1	ACW	52
7.7.1.1	Příprava vzorku.....	52
7.7.1.2	Kalibrační křivka pro stanovení ACW	52
7.7.1.3	Metodika stanovení ACW	52
7.7.2	ACL.....	53

7.7.2.1	Příprava vzorku	53
7.7.2.2	Kalibrační křivka pro stanovení ACL	53
7.7.2.3	Metodika stanovení ACL	53
7.8	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	54
8	VÝSLEDKY A DISKUZE	55
8.1	STANOVENÍ SUŠINY	55
8.1.1	Statistické vyhodnocení obsahu vlhkosti v analyzovaných vzorcích zeleniny	58
8.2	STANOVENÍ OBSAHU VITAMINU C	59
8.2.1	Statistické vyhodnocení obsahu vitamínu C v analyzovaných vzorcích zeleniny	62
8.3	STANOVENÍ OBSAHU VITAMINU E	63
8.3.1	Statistické vyhodnocení obsahu vitamínu E v analyzovaných vzorcích zeleniny	66
8.4	STANOVENÍ OBSAHU β -KAROTENU	66
8.4.1	Statistické vyhodnocení obsahu β -karotenu v analyzovaných vzorcích zeleniny	69
8.5	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	69
8.5.1	Stanovení ACW	70
8.5.2	Statistické vyhodnocení antioxidační aktivity ACW v analyzovaných vzorcích zeleniny	72
8.5.3	Stanovení ACL	73
8.5.4	Statistické vyhodnocení antioxidační aktivity ACL v analyzovaných vzorcích zeleniny	75
	ZÁVĚR	76
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	83
	SEZNAM OBRÁZKŮ	84
	SEZNAM TABULEK	85
	SEZNAM PŘÍLOH	86

ÚVOD

Zelenina je nezbytnou součástí výživy člověka a její význam je nejen nutriční, ale především zdravotní. Zelenina obsahuje mnoho cenných bioaktivních látek významných pro člověka, které se v jiných potravinách nenachází. Je především zdrojem vysokého obsahu minerálních látek, vitaminů, enzymů a dalších složek. Významný je také obsah vlákniny, která nepatří mezi nutričně významné složky potravin, ale vykazuje mnoho zdraví prospěšných účinků. Bioaktivní složky zeleniny účinně pomáhají v podpoře imunitního systému, prevenci řady onemocnění, mají léčivý vliv na nemoci krevního oběhu, srdce a zažívacího ústrojí.

Spotřeba zeleniny na jednoho člověka je v České republice stále malá. V posledních letech stoupá zájem spotřebitelů o biopotraviny a také o bio zeleninu. Ekologické zemědělství, které je šetrné k životnímu prostředí a má obrovský význam pro celý ekosystém, přináší mnohé výhody také pro výživu člověka. Zárukou kvality produktů z ekologického zemědělství je kontrolovaný způsob jejich produkce za přísně stanovených pravidel.

Oproti tomu konvenčně pěstovaná zelenina pochází většinou z intenzivního zemědělství, kde hlavní roli hraje objem produkce. Používají se syntetické prostředky jako regulátory růstu, urychlovače zrání, herbicidy, pesticidy a další.

Otázka, zda se liší ekologicky pěstovaná zelenina oproti konvenční v obsahu bioaktivních látek, je pokládána z řad spotřebitelů často. V odborné literatuře se objevují údaje o složení některých druhů zeleniny pěstované různými způsoby, ale výsledky jsou často protichůdné a mnohdy se diametrálně liší.

Diplomová práce je zaměřena na stanovení obsahu některých vitaminů ve vybraných vzorcích zeleniny, která byla zakoupena z bio produkce a zeleniny pěstované konvenčním způsobem, která pocházela jednak z České republiky a také z dovozu. Ke stanovení vitaminů byla použita metoda vysoce účinné kapalinové chromatografie na přístroji Dionex UltiMate 3000. Vzhledem k tomu, že se v odborných textech objevují informace o vyšším obsahu ochranných látek, které se ve větší míře mohou tvořit z důvodu horších podmínek při pěstování v bio zelenině, byla stanovena i antioxidační aktivita pomocí fotochemiluminiscenční metody na přístroji Photochem ve vodě a v tučných rozpustných látek ve vybraných druzích zeleniny pocházejících z bio a konvenční produkce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

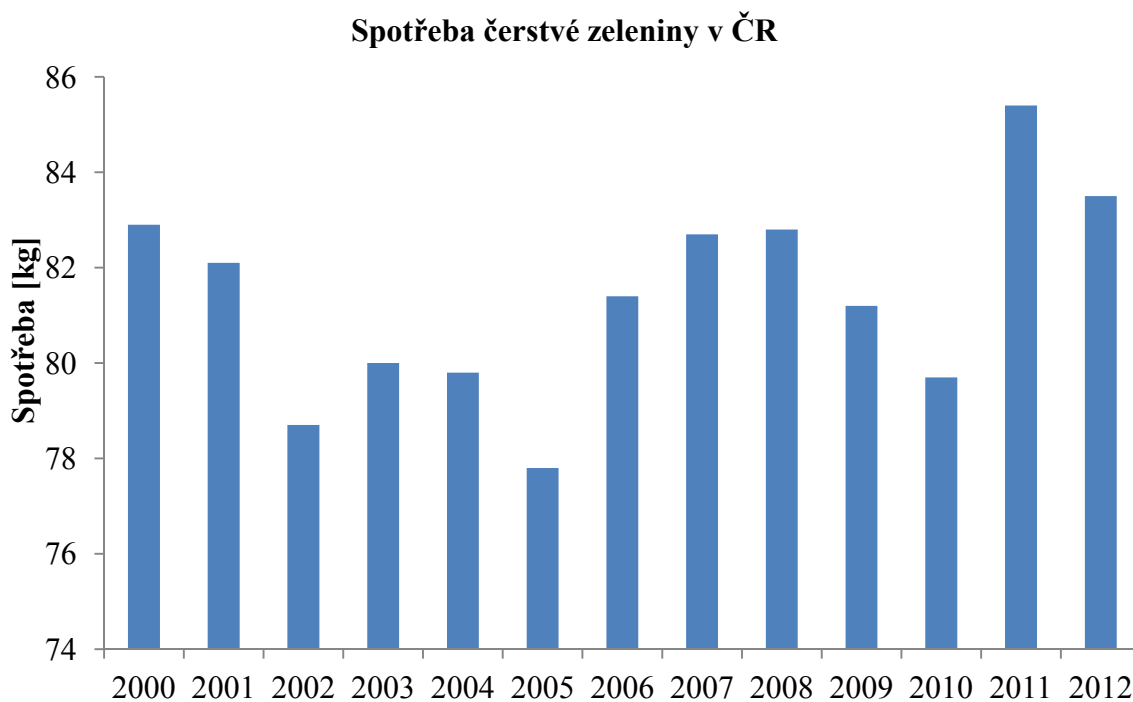
1 ZELENINA

Na celém světě je známo více než čtvrt miliónu rostlinných produktů, z toho asi 30000 tisíc druhů je jedlých a z nich se asi 7000 využívá jako potravina. Ve velkém se pěstuje asi jen 120 rostlinných druhů a pouze 9 druhů rostlin dodává lidstvu více než 75 % rostlinné potravy [5].

Vyhláška k zákonu o potravinách č. 157/2003 Sb. definuje čerstvou zeleninu jako různé jedlé části rostlin, zejména kořeny, bulvy, listy, nať, květenství, plody jednoletých nebo víceletých rostlin uváděné do oběhu bezprostředně po sklizni nebo určité době skladování v syrovém stavu.

Průměrná roční spotřeba zeleniny v České republice je 80,2 kg na jednoho obyvatele. Ve středomořských zemích je spotřeba zeleniny nad 130 kg [5].

V posledních letech stoupá hlavně poptávka po zelenině, která nevyžaduje náročnou kuchyňskou úpravu. V domácnostech se vaří méně druhů zelenin časově náročných na úpravu jako je hlávkové zelí, celer, hlávková kapusta, červená řepa a další, ale naproti tomu se zvyšuje poptávka po zelenině, která se konzumuje převážně v syrovém stavu, jako jsou saláty, kedlubny, ředkvičky, papriky, chřest, koktejlová a cherry rajčata [18].



Obrázek 1 Spotřeba čerstvé zeleniny v ČR v letech 2000 – 2012 [kg/osoba/rok]

[18]

Čerstvá zelenina je nízkoenergetická potravinu s vysokým obsahem vody, bohatá na vitaminy, minerální látky, vlákninu a ochranné látky. Zvláště významné jsou vitaminy C, provitamin A, vitaminy skupiny B, vitamin E a další [5].

Některé vitaminy našly uplatnění jako přirozená barviva (např. β -karoten, riboflavin), a jako antioxidanty (vitamin C, β -karoten, vitamin E [1]).

1.1 Druhy zeleniny

Zelenina je rozdělena do skupin podle konzumované části:

- **Kořenová zelenina** – mrkev, petržel kořenová, pastinák, celer bulvový, černý kořen, ředkev, ředkvička, řepa salátová, řepa červená, tuřín, vodnice, křen selský.
- **Košťálová zelenina** – zelí hlávkové, kapusta hlávková, kapusta růžičková, květák, brokolice, kedlubna.
- **Plodová zelenina** – rajče, paprika polní, lilek vejcoplodý, okurka nakladačka, okurka salátová, tykev, cuketa, paprika, meloun, mochyně.
- **Cibulová zelenina** – cibule kuchyňská, cibule šalotka, česnek kuchyňský, pór.
- **Lusková zelenina** – hrách zahradní, fazol zahradní, bob zahradní.
- **Listová a naťová zelenina** – salát hlávkový, salát ledový, salát listový, salát římský, štěrbák zahradní, čekanka salátová hlávková, špenát, pekingské zelí, čínské zelí, cele řapíkatý, celer naťový, petržel naťová, mangold.
- **Dužnaté výhonky, klasy a poupata** – chřest, kukuřice cukrová, fenykl sladký, artyčoky, kardy [19].

1.2 Hlavní obsahové složky zeleniny

Zelenina má vysokou biologickou hodnotu a zároveň nízkou energetickou hodnotu.

- **Voda** – je v zelenině obsažena v rozsahu 65 % až 96 %, podílí se na nízké energetické hodnotě zeleniny a je cenná pro výživu člověka, protože je v ní rozpuštěno mnoho živin ve fyziologicky přijatelné koncentraci.
- **Sacharidy** – podle druhu a vyzrállosti obvykle 0,5 % až 12 %. Hlavními monosacharidy v zelenině jsou glukosa a fruktosa, malý podíl tvoří disacharid sacharosa (např. u červené řepy nebo mrkve, ojediněle se může vyskytnout i galaktosa (hrášek, rajče)). Velké zastoupení mají v zelenině polysacharidy – škrob, celulóza, hemicelulóza, lignin a pektinové látky.

- **Lipidy** – se vyskytují v zelenině jen v malém množství, jako oleje, ale významný je obsah v nich rozpustných vitaminů – vitamin E (tokoferoly) a karotenoidů. Jako zdroj energie nejsou v zelenině významné. V 1 kg zeleniny je obsah menší než 10 g. Nejvíce lipidů obsahuje kukuřice cukrová a semena tykve olejné.
- **Bílkoviny** – jejich obsah se liší podle druhu a odrůdy zeleniny (0,5 až 6,7 %). Nejbohatší na bílkoviny je hrášek, fazolka, česnek, petržel; více dusíkatých látek, především bílkovin, mají košťáloviny, obsahující i volné esenciální aminokyseliny (methionin, fenylalanin, leucin, tryptofan a další).
- **Minerální látky** – zelenina je bohatá na minerální látky, některé z nich se v ostatních potravinách téměř nevyskytují. Celkově se v zelenině vyskytuje přes 50 různých prvků.

Makrobiogenní prvky – v zelenině je nejvíce obsažen **draslík** (petržel, křen, tykev, růžičková kapusta), **vápník** (fazole, brokolice, kedlubna, černý kořen), **sodík** (špenát, artyčok, kapusta), **hořčík** (špenát, cibule, chřest, petržel, mrkev), **fosfor** (nať petržele, mrkev, kukuřice, zelí), **síra** (v brukvovitých).

Oligobiogenní prvky – **železo** (artyčok, brokolice, červená řepa), **měď** (zelí, rajčata, okurka), **zinek** (řeřicha, červená řepa, špenát), **mangan** (listová zelenina), **křemík** (chřest), **lithium** (červená řepa).

Mikrobiogenní prvky – **kobalt**, **molybden**, **jod** (salát, květák), **selen**, **fluor**, **nikl**, **chrom**, **vanad** a další.

- **Vitaminy** – patří mezi nejdůležitější složky zeleniny. V zelenině se vyskytuje provitamin vitaminu A – β -karoten (rajče, mrkev, paprika), který je přítomen ve formě cis- β -karotenu (vyšší terapeutický účinek než syntetický trans - β -karoten), vitaminy E (semena tykve, brokolice, hrášek, špenát), vitamin D (petrželová a celerová nať), vitamin K (listová zelenina, zvláště špenát a salát, kapusta). Dále rozpustné ve vodě – vitamin C (paprika, pažitka, rajče, květák, kapusta, zelí), vitaminy skupiny B (špenát, fazolky, rajče) a v malém množství vitamin H (biotin).

Vitageny – nutné zmínit další skupinu látek, které nemají všechny znaky vitaminů, ale vykazují také zdraví prospěšné účinky. V zelenině se vyskytuje hlavně s-methylmethionin – je to biologicky aktivní forma metioninu obsahující síru, v lidském organismu snižuje riziko vředového onemocnění žaludku, má detoxikač-

ní a regenerační účinek na střevní sliznici. Je obsažen hlavně v košťálové zelenině, hlávkovém zelí, kedlubnách, ale i rajčatech a paprice.

Dalšími významnými složkami zeleniny jsou fytoncidy, enzymy, barviva, aromatické látky, třísloviny, alkaloidy, glykosidy a organické kyseliny [21], [5], [1].

Tabulka 1 Chemické složení vybraných druhů zelenin [20]

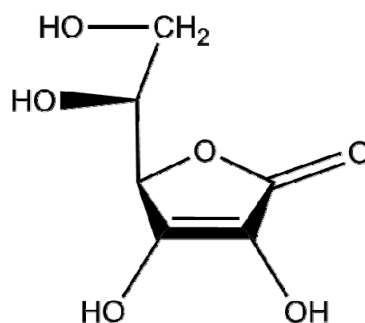
Druh zeleniny	Sušina [%]	Bílkoviny [%]	Sacharidy [%]	Vláknina [%]
Cibule	10,9 – 14,0	1,0 – 1,4	8,4 – 10,0	0,7 – 1,5
Cukrová kukuřice	25,0 – 27,3	3,2 – 3,5	18,7 – 21,4	0,6 – 0,8
Česnek	25,8 – 37,0	4,4 – 6,7	19,0 – 26,3	0,7 – 1,1
Růžičková kapusta	13,7 – 16,3	3,8 – 5,5	5,3 – 7,1	1,3 – 1,6
Květák	7,5 – 9,3	2,0 – 2,7	3,0 – 4,6	0,9 – 1,2
Mrkev	10,7 – 15,2	0,7 – 1,2	4,8 – 9,6	0,7 – 2,0
Paprika	7,0 – 9,3	0,7 – 1,2	3,3 – 4,7	1,4 – 2,2
Rajčata	4,6 – 6,6	0,7 – 1,0	1,9 – 4,0	5,5 – 0,8
Zelený hrášek	12,3 – 24,2	5,4 – 7,2	10,3 – 14,2	1,5 – 2,2
Zelí bílé	7,0 – 10,0	1,2 – 1,9	3,3 – 4,8	0,7 – 1,8
Špenát	6,6 – 11,5	2,0 – 3,2	1,7 – 3,7	0,5 – 0,8

2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH VITAMINŮ

2.1 Vitamin C

Je ve vodě rozpustná látka, která se na světle a teplem velice snadno rozkládá. Základní biologicky aktivní sloučeninou je kyselina askorbová sumárního vzorce $C_6H_8O_6$. Kyselina askorbová je krystalická bílá látka s teplotou tání $192\text{ }^\circ\text{C}$. Kyselina askorbová má chirální centrum na atomu uhlíku 4 a 5 a tvoří čtyři stereoizomery – kyselina *L*-askorbová, kyselina *D*-askorbová, *D*-isoaskorbová, *L*-isoaskorbová. Biologickou účinnost vykazuje jen kyselina *L*-askorbová, ostatní stereoizomery vykazují jen velmi malou nebo žádnou biologickou účinnost ve srovnání s kyselinou *L*-askorbovou.

Název vitamínu C zahrnuje nejen kyselinu *L*-askorbovou, ale také celý reversibilní redoxní systém. Ten zahrnuje i produkt jednoelektronové oxidace kyseliny *L*-askorbové, který se nazývá *L*-askorbylradikálem nebo také *L*-monodehydroaskorbovou a produkt dvouelektronové oxidace tj. kyselinu *L*-dehydroaskorbovou. [1]



Obrázek 2 Strukturální vzorec kyseliny askorbové [6]

Obě enolové hydroxylové skupiny mohou disociovat a kyselinu askorbovou lze proto považovat za dvojsytnou kyselinu a chová se jako silně disociovaná kyselina. Tvoří soli sodné $C_6H_7O_6Na$ a vápenaté $(C_6H_7O_6)_2Ca$. Volná kyselina je dobře rozpustná ve vodě (300 g/l), v etanolu a polárních organických rozpouštědlech mísících se s vodou. Málo rozpustná je v ethylacetátu, diethyletheru, nerozpustná je v benzenu a petroletheru.

Sodná sůl kyseliny askorbové je dobře rozpustná ve vodě (620 g/l), málo rozpustná v etanolu a nerozpustná v diethyletheru a chloroformu. Rozpustnost vápenaté soli je ve vodě malá (5 g/100 g) [2].

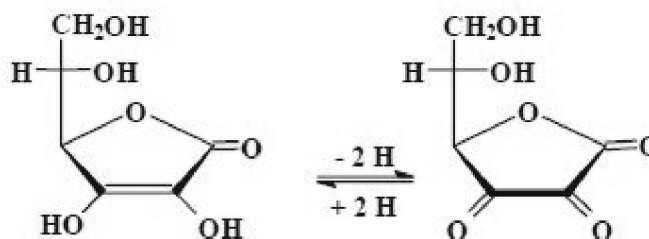
Roztoky kyseliny askorbové vykazují nejvyšší stabilitu při pH 4. Krystalická forma kyseliny *L*-askorbové je velmi stabilní na vzduchu v nepřítomnosti vody. V roztoku se rychle rozkládá. Kyselina askorbová je silně redukční látka podléhající snadno oxidaci [2].

2.1.1 Nejvýznamnější reakce

Kyselina askorbová je jedním z nejméně stalých vitaminů. Ke ztrátám dochází při skladování, zpracování kulinárním i průmyslovém. Největší ztráty jsou výluhem a v přítomnosti O₂ nastává enzymová oxidace a autooxidace, v nepřítomnosti O₂ nastává degradace katalyzovaná kyselinami – aldoketosy, diketosy, furan-2-karbaldehyd [6].

2.1.1.1 Oxidace

K oxidaci kyseliny askorbové na dehydroaskorbovou dochází působením enzymů – antivitaminů C. Dále pak dochází k oxidaci kyseliny askorbové vzdušným kyslíkem a dalšími chemickými oxidačními činidly.



Obrázek 3 Oxidace kyseliny *L*-askorbové na kyselinu *L*dehydroaskorbovou [6]

2.1.1.2 Enzymová oxidace

V mechanicky poškozených rostlinných pletivech např. loupáním, krájením, je oxidace katalyzována především askorbátoxidáso, askorbasou a peroxidáso. Askorbátoxidáso oxiduje askorbovou kyselinu v přítomnosti vzdušného kyslíku. Primárním produktem oxidace kyseliny askorbové je askorbylradikál. Reakce je vratná a dehydroaskorbová kyselina může být převedena na askorbovou kyselinu např. hydrochinony, glutationem a cysteinem.

Ztrátám vitaminu C enzymovou oxidací při zpracování zeleniny lze zamezit inaktivací enzymů účinným blanširováním, redukce SO₂ [2].

2.1.1.3 Autooxidace

Autooxidace je nejvýznamnější reakcí kyseliny askorbové. Oxidace vzdušným kyslíkem způsobuje většinu ztrát při zpracování zeleniny. Může probíhat v přítomnosti iontů přechodných kovů, hlavně iontů trojmocného železa a dvojmocné mědi [3].

Rychlost a průběh oxidace je dán vlivem koncentrace kyseliny askorbové, koncentrací kyslíku, teploty a pH. Reakce stoupá se stoupajícím pH roztoku, koncentrací přítomného kyslíku a klesající koncentrací kyseliny samotné. Oxidaci kyseliny askorbové katalyzují přítomné kovy a to měď, železo, mangan, olovo a hliník [2].

2.1.1.4 Redukce iontů kovů

Kyselina askorbová reaguje s ionty kovů za vzniku komplexů, ale při nízkých hodnotách pH a v malé koncentraci může ionty kovů také redukovat. Redukčním působením kyseliny askorbové se urychlují oxidační reakce související s nežádoucí změnou chuti, vůně a barvy potravin.

2.1.1.5 Reakce s volnými radikály

Kyselina askorbová její isomery a deriváty mohou reagovat s volnými radikály, které způsobují oxidaci lipidů a dalších oxylabilních složek potravin. Svým působením brzdí řetězovou autooxidační reakci a působí jako antioxidanty. V kombinaci s tokoferoly je kyselina askorbová účinnějším antioxidantem [4].

2.1.2 Význam v technologiích

- Konzervářenská – prevence změn aroma, barvy, odstranění O₂, inhibice hnědnutí.
- Kvasná – prevence zákalů.
- Maso a masné výrobky – zkvalitnění a urychlení výroby.
- Cereální – vznik disulfidů bílkovin v těstě.
- Tuků – antioxidant.

Jako prevence nežádoucích změn aroma vyvolaných oxidací se při skladování a zpracování kyselina askorbová přidává k ovocným džusům, konzervovanému a mrazírensky skladovanému ovoci.

K odstranění kyslíku v hermeticky uzavřených obalech se přidává kyselina askorbová v množství 3 až 7 mg na 1cm³ přítomného vzduchu. Často se používá s kyselinou citrónovou jako inhibitor reakcí enzymového hnědnutí při loupání, krájení a hnědnutí ovoce i

zeleniny. U výroby piva se používá přídavek kyseliny askorbové v množství 20 až 30 mg/kg, jako prevence tvorby chladových a oxidačních zákalů a prevence nežádoucích změn chuti a aroma při pasteraci a skladování. U výroby vína se díky přidavku kyseliny askorbové snižuje množství použitého oxidu siřičitého k síření. Přídavek kyseliny askorbové spolu s dusitanů k masu a masným výrobkům zrychluje výrobu. Přídavek kyseliny askorbové stabilizuje barvu hotových výrobků, může zkrátit dobu uzení, zvyšuje inhibiční účinky dusitanů na toxinogenní bakterie *Clostridium botulinum*. Kyselina askorbová redukuje dusičnany na dusitany. Podílí se na zlepšení vlastností mouky, kdy po určité době skladování, může docházet reakcí s produkty autooxidace lipidů, k oxidaci thiolových skupin v bílkovinách mouky. Vznikají disulfidové vazby a současně dochází k degradaci karotenoidních barviv. V tucích a olejích není kyselina askorbová přítomna, ale jako antioxidant se používá askorbylpalmitát [1].

2.1.3 Význam v lidské výživě

Člověk a někteří další savci jako primáti, morčata a netopýři živící se ovocem nedokážou kyselinu askorbovou syntetizovat, protože postrádají enzym *L-gulonolaktonoxidázu*, proto jsou závislí na jejím příjmu z potravy [6].

Denní doporučená dávka pro dospělé je 60 až 100 mg na den. Zvýšená spotřeba je při těhotenství, kojení, po chirurgických zákrocích (polytraumata, popáleniny), onkologických onemocněních, po ionizujících zářeních, při infekčních chorobách, chronických infekcích, tělesné námaze, alkoholismu, kouření, při otravách těžkými kovy, při kožním onemocnění, při ateroskleróze, u osob vyššího věku a další [7].

Funkce vitamínu C:

- Důležitá role v metabolických procesech – účastní se syntézy lipidů, proteinů, kolagenu (hydroxylace prolinu), syntéza adrenalinu z tyrosinu, syntéza proteinů pojivové tkáně, metabolismu karnitinu, sacharidů a minerálních látek.
- Antioxidační účinky – kyselina askorbová spolu s α -tokoferolem, β -karotenem, koenzymem Q₁₀, enzymy katalasou, superoxidodismutasou a stopovými prvky Se a Zn. Ve vodě rozpustný antioxidant, který reaguje přímo se singletovým kyslíkem, se superoxydy a hydroxyradikály.
- Přenašeč elektronů při oxidoredukčních pochodech, chrání před oxidací adrenalin a další.

- Zvyšuje vstřebávání železa, redukuje účinky toxických kovů.
- Důležitá je funkce při přeměně cholesterolu na žlučové kyseliny v játrech.
- Význam pro funkci imunitního systému – jeho přítomnost důležitá pro reakce bílých krvinek [7].

Hypovitaminóza:

Nedostatkem vitamínu C jsou nejvíce poškozeny kapilární endotelie, zubní lůžko a dásně, rány se špatně hojí a dochází k drobným krvácením kurděje (skorbut). Skorbut se vyvíjí při poklesu tělesných zásob vitamínu C pod 300 mg.

Terapeutické použití:

Vitamin C se podává při hypovitaminózách, tzv. „jarní únavě“, jako podpurná léčba při nachlazení a infekčních onemocněních. Používá se při rekonvalescenci a v těhotenství. Profylakticky se podávají dávky okolo 50 mg denně, vyšší jsou terapeutické dávky.

Hypervitaminóza:

Kyselina askorbová běžně nevyvolává nežádoucí příznaky, při dlouhodobém podávání vysokých dávek je riziko vzniku urolitiázy (tvorba ledvinových kamenů), protože metabolitem vitamínu C je kyselina šťavelová. Varuje se před dávkami vyšších než 1 g/den [3].

2.1.4 Zdroje vitamínu C

Největším zdrojem vitamínu C je čerstvé ovoce a zelenina. Vitamin C je zpravidla přítomen z 90 až 95 % ve formě kyseliny askorbové, zbytek tvoří kyselina dehydroaskorbová.

Nejvíce vitamínu C obsahuje ovoce malpigie (barbadoská třešeň) obsahující v jedlém podílu 17000 až 46000 mg/kg vitamínu C. Dalším ovocem bohatým na vitamin C jsou šípky (2500 až 10000 mg/kg), černý rybíz (1100 až 3000 mg/kg), kiwi (700 až 1270 mg/kg).

Ze zeleniny patří mezi největší zdroje paprika (620 až 3000 mg/kg), petržel kadeřavá (1500 až 2700), brokolice (1100 až 1130 mg/kg), kapusta růžičková (1000 až 1030 mg/kg). Velmi významné jsou i brambory (80 až 400 mg/kg), které sice nemají vysoký obsah vitamínu C, ale jsou pravidelně konzumovány [5].



Obrázek 4 Malpigie – *Malpighia emarginata* [8]

2.1.5 Ztráty vitamínu C při technologickém zpracování

Ztráty vitamínu C výluhem při mytí, blanširování, vaření a konzervování závisí na pH, teplotě, množství vody, velikosti povrchu materiálu, zralosti, rozsahu kontaminace těžkými kovy a přívodu kyslíku.

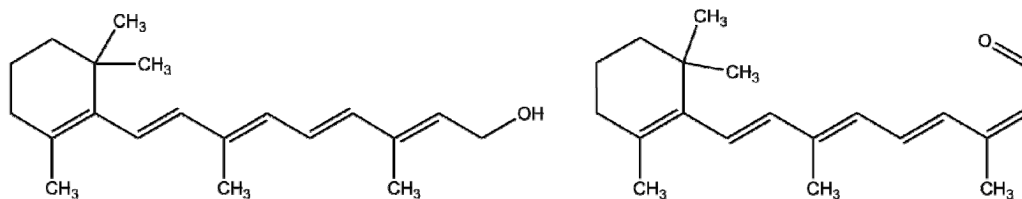
K velkému úbytku dochází také loupáním zeleniny, kdy se odstraňují povrchové vrstvy bohaté na vitamín.

Ke ztrátám dochází také mléčným kvašením zeleniny, kdy u kysaného zelí je asi jen 50 % vitamínu v porovnání s čerstvým hlávkovým zelím [6].

Při zkoumání změn obsahu vitamínu C v bramborách po kulinárních úpravách bylo zjištěno, že vařením brambor bez slupky dochází k největším ztrátám vitamínu C (až 46 %) způsobeným vyluhováním do vroucí vody. Dále byly zaznamenány ztráty při vaření ve slupce (28 %), pečené brambory (16 %), vařené v tlakovém hrnci (12 %) oproti obsahu v syrových hlízách. Proto je nejlepším postupem pro zachování vitamínu C vařit brambory ve slupce a za zvýšeného tlaku, aby se zkrátila doba potřebná k uvaření [4].

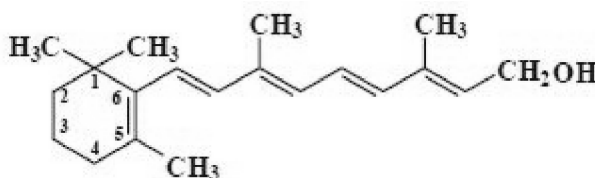
2.2 Vitamin A

Vitamin A je v tučích rozpustná, lipofilní organická sloučenina. Vitamin A i jeho provitaminy patří mezi terpenoidy nazývané izoprenoidy. Jeho účinnou formou jsou retinol a retinal [7].

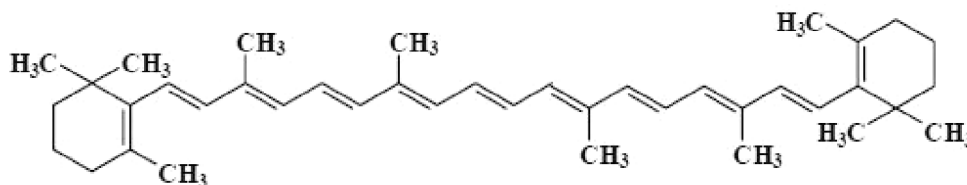


Obrázek 5 Strukturní vzorec retinolu (vlevo) a retinalu (vpravo) [6]

Molekula retinolu obsahuje β -jononový cyklus (kruh) a pět konjugovaných dvojných vazeb, z nichž čtyři jsou v postraním řetězci (čtyři izoprenové jednotky) vázány na pozici 6 β -jononového kruhu a ty mohou vytvářet cis nebo trans-izomery (celkem 16). Z nich jsou jen dva biologicky účinné all-trans retinol a 13-cis, trans-isomer (neoretinol) [2].

Obrázek 6 Strukturní vzorec all-trans-retinolu, vitamínu A_1 [6]

Vitamin A může v organismu vznikat z provitaminů – karotenoidů, z nichž nejvýznamnější je β -karoten. Pomocí enzymu β -karoten-15,15'-dioxxygenasy se štěpí β -karoten na dvě molekuly retinalu. All-trans-retinal je reverzibilně redukován enzymem retinoldehydrogenasou na all-trans-retinol. β -karoten je v potravinách často doprovázen dalšími provitaminy: γ -karotenem, α -karotenem a xantofyly. Ostatní provitaminy A poskytují pouze jednu molekulu retinalu [8].

Obrázek 7 Strukturní vzorec β -karotenu [6]

2.2.1 Vlastnosti a chování

Retinol je nerozpustný ve vodě a glycerolu, je rozpustný v absolutním etanolu, metanolu, chloroformu, etherech a v tucích. Retinoly vykazují silné absorpční vlastnosti díky

přítomnosti konjugovaného systému pěti dvojných vazeb. Absorpční maximum se pohybuje v rozmezí od 318 do 360 nm, v závislosti na použitém organickém rozpouštědle a přítomnosti cis-isomerů. Při stanovování vitamínu A je nutné zabránit ztrátám a isomeraci vitamínu A. Oxidace retinolu je urychlována přítomností těžkých kovů, zvláště železa a mědi, peroxidy, které jsou produkovány při oxidaci nenasycených mastných kyselin. Isomerace all-trans isomeru na cis-isomery probíhá velmi rychle a snadno, katalyzují ji kyseliny, světlo, těžké kovy, lipoxygenaza a zvýšená teplota. All-trans izomery jsou citlivé i na oxidaci, proto je nutné vyloučit přítomnost kyslíku. Při sušení extraktu vzduchem nebo vymrazováním dochází také ke ztrátám [2].

β -karoten má přibližně 6x větší účinnost než retinol. Jako u retinolu dochází při zpracování a skladování k isomerii, oxidaci a degradaci β -karotenu působením světla, tepla, kyslíku, hydroxoniových iontů a dalších faktorů [1].

V kyselém prostředí podléhají karotenoidy isomeraci, ale při zahřívání dochází k ustavení rovnováhy. Ta je dána hodnotou pH, teplotou a dobou působení vyšší teploty. Oxidace probíhá za přítomnosti kyslíku; v nepřítomnosti kyslíku jsou karotenoidy stálé. Oxidace je urychlována ionty mědi. Karotenoidy jsou nerozpustné ve vodě, kyselinách a solích, výborně jsou rozpustné v sirouhlíku, benzenu, chloroformu, méně rozpustné v hexanu, etheru, petroletheru, olejích, acetonu a etanolu [2].

2.2.2 Nejvýznamnější reakce

Mezi nejvýznamnější reakce patří isomerace (hlavně 13-cis a 9-cis), oxidace a reakce s volnými radikály.

2.2.2.1 Reakce s volnými radikály

Karotenoidy patří mezi antioxidanty, protože reagují s volnými radikály. Za anaerobních podmínek vykazují karotenoidy vyšší antioxidační účinky. Účinný je zejména v kombinaci s tokoferoly, které jej chrání před oxidací [1].

2.2.3 Význam v lidské výživě

Potravou se přijímá jak vitamin A, tak i jeho provitaminy karotenoidy. Z celkového množství vitamínu A je v organismu 80 až 90 % skladováno v játrech.

Denní doporučená dávka vitamínu A pro dospělé je 0,8 až 1 mg na den [7].

Funkce vitamínu A:

- Podílí se na mechanismu fotorecepce světločivných elementů sítnice.
- Dozrávání a diferenciaci epitelů, integritě kůže a sliznic.
- Podílí se na syntéze steroidů a glykoproteinů.
- Podílí se na reprodukci a embriogenezi, vývoji placenty a spermatogenezi.
- Podporuje růst kostí.
- Antioxidant, snižuje riziko vzniku karcinomu plic (β -karoten), podpora imunity [7].

Hypovitaminóza:

- Postižení oka – šeroslepost, xeroftalmie (záněty víček a spojivky).
- Porucha imunity – snížená odolnost k infekcím.
- Změny epitelu různých orgánů – keratinizující metaplazie, suchá šupinatá kůže [6].

Hypervitaminóza:

Toxicky působí dávky překračující 20 x doporučenou denní dávku u dětí a 100 x u dospělých. Nebezpečný je vysoký příjem vitamínu A u těhotných žen, kde může dojít až k potratům či vrozeným poruchám plodu. Proto by těhotné ženy neměly konzumovat v prvním trimestru játra. Zvýšený přísun β -karotenu k intoxikaci nevede.

Akutní projevy hypervitaminózy: zvracení, spavost, bolesti hlavy, anemie, poškození jater, potraty.

2.2.4 Zdroje vitamínů A a karotenoidů

Celkový obsah vitamínu A se vyjadřuje v mezinárodních jednotkách IU a dříve v ekvivalentech RE (Retinol Equivalents).

- 1 IU = 0,3 μ g retinolu = 0,6 μ g β -karotenu nebo 1,2 μ g dalších provitaminů A
- 1 RE = 1 μ g retinolu = 3,33 IU vitaminové aktivity retinolu nebo 10 IU vitaminové aktivity odvozené od β -karotenu.

Mezinárodní jednotka aktivity (1 IU – International unit) je definována jako aktivita 1 mg syntetického *d,l*- α -tokoferyl-acetátu [1].

V potravinách rostlinného původu se vitamin A nevyskytuje, ale jsou přítomny jeho provitaminy karotenoidy nebo xantofyly.

Zdroje: potravina v jedlém podílu (mg/kg).

Potraviny živočišného původu: (vitamin A/ provitamin A).

- Maso 0,1 / 0,4 mg/kg.
- Játra 30 až 400 / 300 mg/kg.
- Mléko 0,3 až 1,0 / 0,1 až 0,6 mg/kg.
- Vejce 0,5 až 1,5 / 0,1 až 2,0 mg/kg.

Potraviny rostlinného původu: (provitamin A).

- Špenát 50 až 480 mg/kg.
- Petržel kadeřavá 30 až 260 mg/kg.
- Mrkev 20 až 95 mg/kg.
- Brokolice 25 mg/kg [1].

2.2.5 Ztráty vitamínu A při technologickém zpracování

- Maso a masné výrobky – při běžném zpracování masa a vnitřností je velmi stabilní.
- Mléko a mléčné výrobky – k menším ztrátám dochází při pasteraci, UHT záhřevu, při sušení do 6 %. V nevhodných obalech působením světla a kyslíku dochází k větším ztrátám 20 až 30 % za hodinu. V sušeném mléce je velmi stabilní i při dlouhodobém skladování jsou ztráty do 10 %.
- Cereálie – při skladování mouky dochází k reakci karotenoidních pigmentů s hydroperoxydy lipidů působením lipoxygenas. Při mísení a kynutí těsta vzniklé hydroperoxydy mastných kyselin oxidují karotenoidy a důsledkem je žádoucí světlejší barva výrobků. Dochází ke ztrátě až 75 % karotenoidů, což je nežádoucí u výroby těstovin.
- Ovoce a zeleniny – v konzervovaném ovoci a zelenině po předchozím blanšírování a deaeraci jsou ztráty menší. Karotenoidní látky sušeného ovoce a zeleniny snadno oxidují. K rozkladu karotenoidů dochází také při výrobě ovocných vín a destilátů, ale současně se tvoří řada senzoricky aktivních látek [1].

2.3 Vitamin E

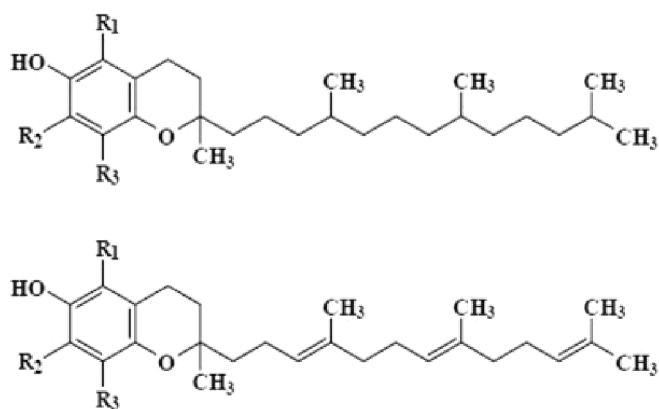
Strukturním znakem, vykazujícím aktivitu vitamínu E (tzv. vitagenům E) jsou tokol a tokotrienol, které obsahují chromanový cyklus s hydrofobním nasyceným nebo nenasyceným

ným isoprenoidním postranním řetězcem o 16 atomech uhlíku. Chromanový kruh je odvozen od diterpenového alkoholu fytolu. Přítomnost hydroxyskupiny v poloze C-6 a a methylové skupiny v poloze C-2 je důležitá pro biologickou aktivitu.

Čtyři formy vitamínu E odvozené od tokolu s nasyceným postranním řetězcem se nazývají **tokoferoly** a čtyři formy odvozené od tokotrienolu s nenasyceným postranním řetězcem se nazývají **tokotrienoly**. Liší se od sebe počtem methylových skupin v chromanovém cyklu a biologickou aktivitou. Náleží k řadě derivátů 6-chromanolu.

Každý tokoferol díky přítomnosti tří chirálních center může existovat v osmi diastereoisomerních formách. V přírodě je zástupce např. α -tokoferol.

Tokotrienoly obsahují v postranním řetězci tři dvojně vazby a mohou se vyskytovat v osmi různých cis- nebo trans- isomerech a jejich kombinacích. V přírodě se vyskytují jen all-trans-isomery, zástupce např. α -tokotrienol [1].



Obrázek 8 Strukturální vzorec tokoferolu (nahore), tokotrienolu (dole) [6]

Tabulka 2 Deriváty 6-chromanolu [7]

derivát	R ₁	R ₂	R ₃	Sumární vzorec
α -	CH ₃	CH ₃	CH ₃	C ₂₉ H ₅₀ O ₂
β -	CH ₃	H	CH ₃	C ₂₈ H ₄₈ O ₂
γ -	H	CH ₃	CH ₃	C ₂₈ H ₄₈ O ₂
δ -	H	H	CH ₃	C ₂₇ H ₄₆ O ₂

2.3.1 Vlastnosti a chování

Za normální teploty jsou tokoferoly slabě nažloutlé viskózní oleje, které se dají za nízkých teplot destilovat bez rizika jejich rozkladu. Jsou dobře rozpustné v tucích a lipofilních rozpouštědlech, etheru, petroetheru, chloroformu, hexanu, méně v alkoholu a acetonu, nerozpustné jsou ve vodě.

Při teplotě 40 °C jsou tokoferoly stabilní vůči silným alkáliím, za vyšších teplot se rozkládají. Stabilní jsou v kyselém prostředí a nerozkládají se ani při teplotě 100 °C s koncentrovanými minerálními kyselinami.

Tokoferoly jsou velmi citlivé vůči vzdušnému kyslíku a rozkládají se v UV světle. Mají silně redukční vlastnosti a snadno se oxidují. Oxidaci urychluje přítomnost různých kovů (železa, mědi), přítomnost volných radikálů, zvýšená teplota, světlo a alkálie. Tokoferoly jsou stabilní v nepřítomnosti kyslíku v alkalickém prostředí.

S klesajícím počtem methylových skupin na chromanovém kruhu klesá citlivost vůči vzdušnému kyslíku i biologická účinnost, ale roste antioxidační účinek [2].

Všechny přírodní tokoferoly jsou opticky aktivní a pravotočivé. Tokotrienoly jsou díky přítomnosti dvojných vazeb asi o třetinu méně biologicky aktivní v porovnání s tokoferoly. Všechny tokoferoly se liší svoji biologickou účinností.

2.3.2 Nejvýznamnější reakce

Mezi nejdůležitější reakce patří reakce s oxidovanými lipidy a antioxidační účinky. Za nejúčinnější antioxidant se považuje α -tokoferol. V potravinách závisí antioxidační aktivita na mnoha faktorech, nejvýznamnější je složení nenasycených mastných kyselin. Při skladování potravin jsou účinnějšími antioxidanty v živočišných tucích.

Tokoferoly reagují s řadou volných radikálů a aktivních forem kyslíku. Autooxidace lipidů je inhibována reakcí tokoferolů s hydroperoxylovými radikály lipidů. Výsledkem reakce je vznik hydroperoxidů a radikálů tokoferolů (tokoferoxyradikály) a tím se přeruší řetězová radikálová autooxidační reakce lipidů. Vzniklý radikál tokoferolu už není tak reaktivní a nemůže štěpit další molekulu lipidů [1].

2.3.3 Význam v technologiích

Vitamin E se používá k fortifikaci potravin a krmiv. Působí jako vitamin a antioxidant přítomných tuků.

2.3.4 Význam v lidské výživě

Vitamin E působí jako intracelulární antioxidant, je důležitý pro ochranu organismu před volnými kyslíkovými radikály, inhibuje mutageny, podílí se na udržení membránové integrity, chrání erytrocyty před hemolýzou.

Denní doporučená dávka pro dospělé je 8 až 15 mg na den [7].

Hypovitaminóza:

Nedostatek vitamínu E se může projevit jako anemie, snížená životnost erytrocytů, morfologické a funkční změny periferních nervů, poškození buněčné membrány. Dlouhodobý nedostatek způsobuje myopatie kosterního svalstva, nekrózy svalů a další.

Hypervitaminóza:

Mohou se vyskytnout gastrointestinální potíže, únava, bolesti hlavy, svalová slabost a jiné. Předávkování je nebezpečné u těhotných žen, kde může vyvolat poškození plodu [7].

2.3.5 Zdroje vitamínu E

Vitamin E se nachází v potravinách rostlinného i živočišného původu.

V přírodě se nevyskytuje samotný tokol a tokotrienol, ale vyskytuje se všech 8 biologicky aktivních tokoferolů a tokotrienolů.

Hlavní zdroje: potravina v jedlém podílu (mg/kg).

Potraviny rostlinného původu vitamin E:

- Ořechy vlašské 35,4 mg/kg.
- Špenát 16 až 25 mg/kg.
- Zelí 0,2 až 11 mg/kg.
- Jablka 1,8 až 7,4 mg/kg.
- Rajčata 3,6 až 4,9 mg/kg.

Potraviny živočišného původu vitamin E:

- Ryby 4 až 80 mg/kg.
- Máslo 10 až 50 mg/kg.
- Vejce 5 až 30 mg/kg.
- Maso 2,5 až 7,7 mg/kg [1].

2.3.6 Ztráty vitaminu E při technologickém zpracování

- Tuky a oleje – při rafinaci olejů dochází ke ztrátám 10 až 15 % z původního obsahu vitaminu E. K velkým ztrátám dochází při odkyselování v důsledku oxidace v alkalickém prostředí. Při bělení dochází k oxidaci katalyzované hlavně železitými ionty, při deodoraci jsou ztráty způsobeny těkáním s vodní parou. Velké ztráty vznikají při hydrogenaci tuků za použití niklových katalyzátorů (30 až 50 %). Při smažení a pečení vitamin E v tucích degraduje a těká s vodní parou.
- Sušení ovoce a zeleniny – ztráty 50 až 70 % vitaminu E.
- Maso, mléko, mléčné výrobky, cereálie – menší ztráty do 10 % původního obsahu [1].

2.4 Antioxidanty

Antioxidanty jsou přirozené obranné látky, které reagují s volnými radikály. Volné radikály přirozeně vznikají v lidském těle při buněčném dýchání a při infekcích. Antioxidanty volné radikály neutralizují a pomáhají udržet buňky zdravé a nepoškozené [22].

V zelenině je přítomných několik desítek antioxidačních složek. Největší počet antioxidantů v zelenině patří do skupin polyfenolů, karotenoidů a tokoferolů [5]. Přirozené antioxidanty jsou látky, které je člověk schopen produkovat nebo přijímat v potravě.

Dělí se na hydrofilní, lipofilní a amfofilní antioxidanty.

2.4.1 Hydrofilní antioxidanty

- Intracelulární – enzymové – superoxiddismutasa, katalasa, peroxidasy,
– neenzymové – glutation.
- Extracelulární – vysokomolekulární – albumin a jiné bílkoviny obsahující –SH skupiny, transferin, haptoglobin, hemopexin,
– nízkomolekulární – kyselina askorbová, kyselina močová, polyfenoly, transveratrol a polyfenolické bioflavonoidy (cyanidin, kvercetin, rutin a jiné).

2.4.2 Lipofilní antioxidanty

Mezi lipofilní antioxidanty patří vitamin E (α -tokoferol), karotenoidy (β -karoten, lykopen), ubichinol (koenzym Q₁₀), estrogeny a některé další steroidy.

2.4.3 Amfofilní antioxidanty

Mají hydrofilní a lipofilní část molekuly, např. kyselina lipoová, melatonin a některé polyfenolické bioflavonoidy [23].

3 EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ

Ekologické zemědělství je systém hospodaření, který zakazuje použití syntetických pesticidů a hnojiv, nepoužívá geneticky modifikované organismy, v chovu hospodářských zvířat se dbá na pohodu zvířat, upřednostňuje obnovitelné zdroje energie a recyklaci surovin, dbá na biologickou rozmanitost a druhovou pestrost rostlin.

Produkty ekologického zemědělství a biopotraviny se v ČR označují českým logem BIO [24].



Obrázek 9 Grafický znak, kterým se označí bioprodukt, biopotravina a ostatní bioprodukt v ČR [25]



Obrázek 10 Logo EU pro ekologickou produkci [25]

Každá osoba podnikající v ekologickém zemědělství musí mít uzavřenou platnou smlouvu s některou kontrolní organizací, kterou pověřilo MZe výkonem kontroly a certifikace v ekologickém zemědělství. V české republice jsou to KEZ, o.p.s. Chrudim, ABCERT AG Jihlava a BIODONT Brno. Od roku 2013 je další pověřenou společností Bureau Veritas Czech Republic, spol. s r.o.

Pro ČR je důležitý Zákon o ekologickém zemědělství 242/2000 Sb. a metodické pokyny vydané v návaznosti na tento zákon. A dále Nařízení rady (ES) č. 834/2007 a Nařízení komise (ES) č. 889/2008 platné od 1. 1. 2009 [26].

V České republice je ke konci roku 2011 obhospodařováno v systému ekologického zemědělství 483 176 ha půdy, což představuje 11,4 % z celkové výměry zemědělské půdy. V tomto ohledu je Česká republika nad průměrem Evropské unie. V roce 2011 bylo registrováno 4022 zemědělských podniků. V produkčním zaměření stále převažují travní porosty a produkce tržních plodin [30].

Čerstvá zelenina, melouny a jahody byly v ekologickém systému zemědělství v roce 2012 pěstovány celkem na ploše 460,18 ha a celkové výnosy v ekologické kvalitě byly 1281,26 tun. Z toho košťálová zelenina byla pěstována na ploše 7,82 ha (výnos 70,88 t), listová/naťová zelenina na ploše 6 ha (výnos 15,01 t), plodová zelenina na ploše 335,21 ha (výnos 972,06 t), kořenová/cibulová na ploše 54,15 ha (výnos 208,29 t). Brambory byly v r. 2012 pěstovány na ploše 229,90 ha a výnosy činily 3277 tun [27].

3.1 Zásady pěstování zeleniny

Ekologicky pěstovaná zelenina se od konvenčně pěstované liší hlavně nepoužíváním syntetických hnojiv a prostředků ochrany rostlin. Legislativně je také omezeno používání organických hnojiv, jsou kladeny požadavky na původ osiva a sadby a vyžaduje příslušnou registraci, kontrolu, evidenci a certifikaci.

3.1.1 Příprava pozemku pro ekologickou produkci

K přípravě půdy se přistupuje podle půdního typu, druhu a stavu půdy. Většinou se dává přednost hlubokému kypření a mělčímu obracení půdy. Velmi se osvědčila podzimní orba s předseťovou přípravou půdy. Předseťová příprava se provádí 2 až 4 dny před setím, s cílem vytvoření dostatečně utuženého seťového lůžka, které podpoří vzlínání vody k semenům a sazenicím a horní vrstva je kyprá, proto rostliny snadno prorostou [28].

3.1.2 Osivo a odrůdy

V ekologickém zemědělství nelze použít běžné osivo, ale pouze rozmnožovací materiál pocházející z rostlin, které byly pěstovány v souladu s legislativou v oblasti ekologického zemědělství. Osivo z ekologického šlechtění a množení je zatím pouze u malého počtu zeleninových druhů. Registr osiv dostupných pro ekologické zemědělství vede Ústřední a zkušební ústav zemědělský (ÚKZUZ). Při výběru odrůdy není rozhodující jen výnos, ale především odolnost odrůdy k nemocem a škůdcům, chuťové vlastnosti a obsah zdraví prospěšných látek [28].

3.1.3 Osevní postup

Osevní postup je jedním z nejdůležitějších bodů při úspěšném ekologickém pěstování zeleniny. Úzký osevní postup stejných nebo podobných zeleninových druhů podporuje šíření chorob a škůdců, proto je nutné střídání plodin a většina plodin by neměla být po sobě pěstována 4 nebo 5 let. Důležité je střídání hluboce a mělce kořenících druhů, střídání plodin, které zůstávají na pozemku krátkou dobu (např. ředkvička – mrkev, salát – zelí).

Některé plodiny mají takzvané repelentní působení vůči chorobám a škůdcům (např. mrkev – cibule, pórek – koriandr) a také je dobré rozdělit plodiny dle nároků na živiny a v první trati vysévat plodiny snášející přímé hnojení (např. květák, hlávkové zelí, pórek, celer), poté plodiny s menšími nároky živin [28].

Osevní postup je také dobré volit podle typu hospodaření. V případě farmy, specializující se pouze na pěstování zeleniny, je důležité prostřídat záhony s kořenovou, listovou a plodovou zeleninou a vytvořit jasně oddělené bloky. Pokud farma pěstuje i jiné plodiny je vhodné zelinářský hon přesouvat na jiné pole a je důležité přerušit zelinářského osevního sledu dvouletou jetelovinou či jetelotrávou [29].

3.1.4 Výživa a hnojení

Výživa a hnojení zahrnuje celý systém péče o půdu, který zahrnuje osevní postup, zpracování půdy a dodávání organické hmoty. Je potřeba získat velké množství mikroorganismů v půdě, kteří dokážou uvolňovat živiny. V ekologickém zemědělství je zajištěn přísun živin především organickými hnojivy, mezi která patří statková hnojiva, komposty, zelené hnojení (tzv. legumiózy), ale povolená jsou i některá minerální hnojiva. Zelené hnojení pomáhá účinně i v boji s hád'átkem, plevelely a erozí [28].

3.1.5 Regulace plevelů

V systému ekologického zemědělství je možno použít mechanické práce např. plečkování, mechanicko – fyzikální např. kartáčové plečky a termické regulace (např. plamenové plečky). Důležité jsou také preventivní opatření, jako vhodné osevní postupy, volba vhodných druhů a konkurenceschopných odrůd.

3.1.6 Ochrana rostlin

Základem pro dobrý zdravotní stav rostlin je vytvoření optimálních podmínek růstu, volba odrůd s vyšší polní odolností vůči chorobám a škůdcům, zvolený správný osevní postup, doplněný o rostliny na zelené hnojení, volba vhodného stanoviště (volné, otevřené), a také větší meziřádkové vzdálenosti jsou příznivější než husté porosty.

Jako metody přímé ochrany se používá zakrytí porostů netkanou textilií a sítěmi, použití lepových desek, bioagens a preparátů na zvýšení vitality rostlin.

V ekologickém zemědělství se využívá použití biologické ochrany rostlin, tzn. použití organismů k omezení populace určitých škodlivých organismů, patogenů nebo rostlin. Používají se přípravky na bázi mikroorganismů (bakterií, virů, hub a dalších), ale mohou

být využity pouze organismy, které nebyly geneticky modifikované. V současné době se k biologické ochraně zeleniny využívá pět hlavních predátorů, kteří rostliny ochraňují před škůdci, jako jsou mšice, molice, sviluška chmelová, třásněnky, larvy smutnic a larvy lalokonosců [28].

Další možností ochrany rostlin v ekologickém zemědělství je využívání přirozených biologicky aktivních látek, které se získávají z rostlin pomocí extrakcí – tzv. botanických insekticidů nebo rostlinných insekticidů. Jejich výroba nebývá složitá, je proto možná jejich příprava i v domácích podmínkách. Používají se extrakty z volně rostoucích i kulturních rostlin, obsahujících biologicky účinné látky s insekticidními účinky jako např. kopřiva dvoudomá, koriandr setý, česnek kuchyňský a mnoho dalších [29].

3.1.7 Pěstitelé zeleniny v ČR

V České republice je stále nedostatek ekologických pěstitelů zeleniny. Bio zelenina se pěstovala v roce 2012 jen na 0,8 % orné půdy, přitom většinu plochy zabírala zelenina plodová, převážně pěstování dýní (z celkové plochy ekologicky obdělávané půdy 460,18 ha se dýně pěstovali na téměř 76 %).

Okopaniny se v roce 2012 pěstovaly na 0,5 % orné půdy a jedná se především o pěstování brambor (brambory tvoří 85 % plochy okopanin).

Objem produkce zeleniny v roce 2011 byl 2258 tun a v roce 2012 poklesl na 1281 tun. Pokles byl způsoben snížením produkce u kořenové zeleniny, hlavně mrkve a cibule z důvodu nepřízně počasí, která způsobila téměř nulovou úrodu u hlavních pěstitelů [27]. Aktuální informace z roku 2013 nebyly ještě Ministerstvem zemědělství zpracovány.

Dne 14. 12. 2010 byl schválen Akční plán ČR pro rozvoj ekologického zemědělství v letech 2011–2015. V tomto akčním plánu bylo vytyčeno přibližně zdvojnásobení počtu producentů biopotravin a především dosažení 60 % podílu českých produktů na trhu s biopotravinami [30].

4 CHROMATOGRAFICKÉ METODY

Chromatografické metody patří dnes mezi nejrozšířenější a nejvýznamnější analytické metody. Chromatografické metody jsou založeny na principu rozdílné separace dělených látek ve směsi mezi dvě různé nemísitelné fáze – mobilní (pohyblivou) a stacionární (nepohyblivou). V mobilní fázi je rozpuštěna dělená směs látek, která je v kontaktu se stacionární fází. Stacionární fázi pak může být tuhá látka nebo kapalina ukotvená na tuhém nosiči. Stacionární fáze je umístěna v chromatografické koloně ve formě sorbentu a mobilní fáze protéká tímto sorbentem. V průběhu chromatografie dochází k navazování dělených látek na stacionární fázi a jejich postupnému vyvazování.

Separace a eluce je ovlivněna povahou stacionární a mobilní fáze. Eluce může být provedena mobilní fází o konstantním složení při isokratické eluci nebo mobilní fází o zvyšující se eluční síle při gradientové eluci.

Separované zóny analytů vycházejí z kolony a jsou zaznamenány při průchodu detektorem. Signál se převádí do podoby chromatografického záznamu nazývaného chromatogram. Chromatografický záznam charakteristický křivkami gaussovského tvaru nazývanými píky a zaznamenává časovou závislost intenzity veličiny [31].

4.1 Rozdělení chromatografických metod

Podle skupenství mobilní fáze:

- Kapalínová chromatografie – Liquid Chromatography – LC – mobilní fází je kapalina.
- Plynová chromatografie – Gas Chromatography – GC – mobilní fází je plyn.

Podle uspořádání stacionární fáze:

- Kolonová chromatografie – stacionární fáze umístěna v koloně, složení stacionární fáze je buď konstantní (izokratické provedení) nebo proměnné gradientové provedení).
- Tenkovrstvá chromatografie – stacionární vrstva umístěna na plochém podkladu (např. Silikagel na hliníkové folii).
- Papírová chromatografie – stacionární fáze součást chromatografického papíru.
- Vsádková – stacionární fáze se s dělenou směsí smíchá v kádince.

Podle převládajícího děje při separaci:

- Rozdělovací chromatografie – separace probíhá na základě odlišné rozpustnosti složek vzorku.
- Adsorpční chromatografie – separace probíhá na základě schopnosti složek poutat se na povrch stacionární fáze.
- Ionově výměnné chromatografie – o separaci rozhodují elektrostatické přitažlivé síly mezi funkčními skupinami stacionární fáze a ionty vzorku.
- Gelová chromatografie – separace složek podle velikosti na pórovité stacionární fázi – gelu.
- Afinitní chromatografie – stacionární fáze je schopna vázat ve vzorku určité složky, ke kterým má blízký vztah [32].

4.2 HPLC – vysokoúčinná kapalinová chromatografie

Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (High Performance Liquid Chromatography) je nejčastějším uspořádáním kapalinové chromatografie. Mobilní fáze je přiváděna do systému pomocí čerpadla za vysokého tlaku a stacionární fází je sorbent umístěn v tenké ocelové trubici tzv. chromatografické koloně.

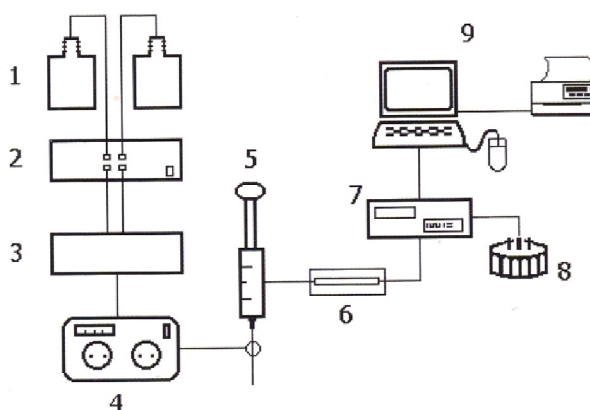
4.2.1 Složení kapalinového chromatografu

Kapalinový chromatograf je složen z těchto zařízení:

- Zařízení pro uchovávání a transport mobilní fáze (zásobníky mobilní fáze, vysokotlaké čerpadlo).
- Zařízení pro dávkování vzorku (autosampler, manuální dávkovací ventil).
- Zařízení pro separaci látek (chromatografická kolona, termostat kolony).
- Zařízení pro detekci látek popř. sběrač frakcí (detektor).
- Zařízení pro záznam dat pro následné vyhodnocení (počítač a software) [33].

Kapalinový chromatograf může mít řadu obměn, některé prvky mohou být vyřazeny nebo naopak přidány. Při isokratické eluci je mobilní fáze vedena ze zásobníku do vysokotlakého čerpadla. Při gradientové eluci jsou přiváděny proudy ze dvou nebo více zásobníků do směšovače, kde jsou míseny podle programu. Směšovač může být umístěn před vysokotlakým čerpadlem nebo za vysokotlakým čerpadlem. Mobilní fáze se odplyňuje v odplynovači a dále je vedena přes zařízení pro dávkování vzorku do chromatografické

kolony. Zpravidla to bývá skleněná, ocelová nebo plastová trubice naplněná drobnými částicemi vhodného materiálu – sorbentu. Chromatografická kolona je přímo spojena s detektorem, za kterým může být na výstupu zařazen sběrač jednotlivých frakcí. Detektorem je měřena jak koncentrace protékající látky, tak čas, který uplynul od startu. Nejběžněji používaný detektor je UV-VIS spektrofotometr. Od detektoru může být signál veden do datové stanice. Grafický záznam závislosti detektoru na čase je nazýván chromatogram a každé rozdělené složce odpovídá jeden pík [31, 34].



Obrázek 11 Blokové schéma HPLC. (1) Zásobníky mobilních fází, (2) odplynovač, (3) směšovač, (4) vysokotlaké čerpadlo, (5) dávkovač vzorku, (6) chromatografická kolona, (7) detektor, (8) sběrač frakcí, (9) datová stanice

4.2.2 Základní chromatografické charakteristiky

- Retenční čas – je doba, která uplyne od nástřiku vzorku do dosažení maxima eluční křivky (vrcholu píku).
- Retenční objem – objem mobilní fáze, která proteče kolonou za tuto dobu.
- Mrtvý čas – čas průtoku čistého rozpouštědla.
- Mrtvý objem – objem volného rozpouštědla v koloně.
- Počet teoretických pater – je mírou účinnosti kolony.

4.2.3 Základní techniky separace

- Systémy s normálními fázemi (NP – HPLC) – pro separaci jsou používány polární stacionární fáze (např. silikagel, oxid hlinitý) a mobilní fáze s nižší polaritou než má stacionární fáze (např. hexan, aceton).

- Systémy s reverzními fázemi (RP – HPLC) – stacionární fáze mají nepolární charakter (nejčastěji dlouhé uhlíkaté řetězce navázané na povrch nosiče – silikagelu, např. C₈, C₁₈) a mobilní fáze je polární, nejčastěji směs vodné složky (voda, zředěné vodné roztoky kyselin) s polárními organickými rozpouštědly mísitelnými s vodou (např. alkoholy, acetonitril) [31].

5 ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

Jednou z možností, jak chránit organismus před vlivem volných radikálů, je působení antioxidantů. Antioxidanty jsou molekuly, které jsou-li přítomny v malých koncentracích ve srovnání s látkami, jež by měly chránit, mohou zabraňovat nebo omezovat oxidační destrukci těchto látek. Jako významné přirozené zdroje antioxidantů jsou označovány ovoce, zelenina, obiloviny, čaje, vína a koření. Mezi přirozené antioxidanty patří především karotenoidy, tokoferoly, kyselina askorbová, kyselina lipoová a polyfenoly.

5.1 Základní metody stanovení antioxidační aktivity

V odborné literatuře lze nalézt velké množství analytických metod, používaných ke stanovení antioxidační aktivity. Většina používaných metod je založena na eliminaci radikálů generovaných v reakční směsi – metody DPPH, TEAC, ORAC, PCL nebo na přímém hodnocení redoxních vlastností – metody FRAP, volumetrie, HPLC – ECD [37].

5.1.1 DPPH

Tato metoda bývá považována za jednu ze základních metod pro posouzení čistých látek i různých směsných vzorků. Metoda spočívá v reakci čistých látek se stabilním radikálem difenylpikrylhydrazylem – DPPH. Při reakci dochází k redukci radikálu za vzniku DPPH – H (difenylpikrylhydrazin). Reakci bychom mohli sledovat spektrofotometricky, metodou elektronové spinové rezonance (ESR) nebo HPLC. Použití detekce HPLC, při které je hodnocen pík radikálu DPPH, by bylo výhodné zvláště u barevných vzorků (na rozdíl od spektrofotometrie se zbarvení vzorku eliminuje) [37].

5.1.2 TEAC

Tato metoda bývá jednou ze základních a nejpoužívanějších metod pro stanovení celkové antioxidační aktivity. Testuje schopnost vzorku zhaset kationradikál – $ABTS^+$. Výsledná antioxidační aktivita vzorku bývá srovnávána s antiradikálovou aktivitou syntetické látky Troloxu. Antioxidant může být přidán do reakční směsi, ve které byl již vytvořen radikál $ABTS^+$ nebo může být antioxidant v reakční směsi přítomen při generování radikálu $ABTS^+$. Vyhodnocení může být prováděno spektrofotometricky, stanovením celkové antioxidační aktivity s $ABTS^+$ jak v lipofilním, tak hydrofilním prostředí. Rovněž byla vypracována metoda kombinující HPLC separaci látek s následnou detekcí radikálových zhasěčů na základě reakce s $ABTS^+$ [37].

5.1.3 ORAC

Metoda ORAC (oxygen radical absorbance capacity) poskytuje významné informace o antioxidační kapacitě různého typu vzorků. Při použití metody bývají v systému generované kyslíkové radikály a bývá hodnocena schopnost testované látky zpomalit nebo zastavit radikálovou reakci. Detekce bývá založena na sledování úbytku fluorescence β -fykoerytrinu po ataku radikály. Pro generaci peroxylových radikálů bývá použit AAPH (2,2-azobis(isobutyrimidamid)-dihydrochlorid). Pro generaci hydroxylových radikálů pak systém $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cu}^{2+}$ [37].

5.1.4 PCL

PCL metoda bývá velmi citlivá, použitelná i při analýzách antioxidační aktivity na hladině nanomolů. K měření antioxidantů rozpustných ve vodě i v tucích bývá použit komerčně dostupný měřicí systém Photochem. Jedná se o fotochemickou generaci superoxidových radikálů. Radikály ze vzorku částečně reagují s přítomnými antioxidanty a zbývající jsou detekovány s použitím chemiluminiscence. Detekčním činidlem zbylých radikálů je luminol. Zařízení nabízí možnost měření hydrofilní antioxidační aktivity (ACW) a lipofilní antioxidační aktivity (ACL). Luminiscenční signál bývá měřen po určitý časový interval. V době, kdy jsou antioxidanty vyčerpány, dochází k nárůstu radikálů ve vzorku, až detegovaný signál dosáhne maxima. Kvantifikace bývá založena na kalibračních křivkách kyseliny askorbové u ACW nebo 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylové kyseliny (Trolox) u ACL [38].

5.1.5 FRAP

Metoda FRAP (ferric reducing antioxidant potential) bývá založena na principu redoxní reakce. Antioxidanty redukují ze vzorku komplex Fe^{3+} -2,4,6-tri(2-pyridil-1,3,5-triazin). Měření probíhá při nízké hodnotě pH (3,6) a nejsou zachyceny s komplexem pomalu reagující polyfenolické látky a thioly. Proto metoda FRAP odráží pouze schopnost látek redukovat ion Fe^{3+} [38].

5.1.6 HPLC – ECD

Metoda HPLC – ECD umožňuje analyzovat komplexní směsi a identifikovat v nich jednotlivé účinné antioxidační látky na základě hodnoty potenciálu aplikovaného na elektrodu. Na pracovní elektrodu detektoru bývá vkládán určitý kladný potenciál a pík látky se

projeví pouze tehdy, je-li látka při tomto potenciálu oxidována. Hodnocení HPLC – ECD koreluje např. s metodou DPPH [37, 38].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledování případného rozdílného složení vybraných druhů zeleniny pocházejících z bio produkce a z konvenční produkce. Byly stanoveny obsahy vitaminů C, E a β -karotenu pomocí vysoce účinné kapalinové chromatografie (HPLC).

Dále byla stanovena antioxidační aktivita ve vodě (ACW) a v tucích rozpustných látek (ACL) obsažených v konvenčních druzích zeleniny a zeleniny z bio produkce fotochemiluminiscenční metodou (PCL).

7 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

7.1 Vzorky

Pro analýzu byly vybrány reprezentativní vzorky osmi druhů zeleniny (brambor, červená řepa, mrkev, rajče, okurek, paprika, cibule, česnek). Vzorky byly zakoupeny v bio kvalitě od prodejce Ing. Petra Weidenthalera (Biozelenina Velehrad) a konvenční zelenina z dovozu byla získána z obchodního řetězce Interspar.

Pro srovnání obsahu vitamínu C v konvenční zelenině původem z ČR a v konvenční zelenině z dovozu byly zakoupeny vzorky české zeleniny ze zahradnictví Kubíček Prostějov. Všechny použité druhy zeleniny včetně specifikace jsou uvedeny v tabulce 3.

Vzorky byly uskladněny v temnu a chladu v laboratoři.

Tabulka 3 Analyzované druhy zeleniny a jejich charakteristika

DRUH ZELENINY	ZKRATKA	BIO	KONVENČNÍ	
		ČR ¹ Druh	ČR ² Druh	z dovozu (Druh, země původu)
Červená řepa	ČR	kulatá	kulatá	kulatá, Polsko
Cibule	C	bílá	Všetana – bílá	bílá, Polsko
Mrkev	M	karotka	karotka	karotka, Holandsko
Česnek	Č	paličák	paličák	paličák, Španělsko
Okurka	O	salátovka	salátovka	salátovka, Polsko
Paprika	P	zelená polní	zelená polní	zelená, Holandsko
Rajče	R	červené	Tornádo	červené, Holandsko
Brambor	B	rané	Impala – rané	rané, Polsko

¹ Bio zelenina Velehrad, ČR

² Zahradnictví Kubíček Prostějov

7.2 Chemikálie, pomůcky, přístroje

7.2.1 Chemikálie

- Metanol HPLC SG (Lab - Scan analytical science, Gliwice, Polsko)
- Kyselina fosforečná (dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR)
- Hexan (dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR)
- Acetonitril HPLC SG (Lab - Scan analytical science, Gliwice, Polsko)
- Tetrahydrofuran HPLC (Lab - Scan analytical science, Gliwice, Polsko)
- Aceton (dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR)
- Etanol denaturovaný (dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR)
- Dichlormetan (Lab - Scan analytical science, Gliwice, Polsko)
- Kyselina sírová (dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR)
- Kit pro stanovení antioxidační aktivity ve vodě rozpustných látek (Analytik Jena AG, Jena, Německo)
- Kit pro stanovení antioxidační aktivity v tucích rozpustných látek (Analytik Jena AG, Jena, Německo)

7.2.2 Standardy

- Kyselina askorbová (AccuStandard, New Haven, USA)
- *D*- α -tokoferol sukcinát (Accustandard, New Haven, USA)
- β -karoten (AccuStandard, New Haven, USA)

7.2.3 Pomůcky

- Běžné laboratorní sklo a pomůcky
- Keramický nůž
- Nylonové mikrofiltry (SYRINGE, Cronus Syringe Filter Nylon 13 mm x 0,45 μ m, VB)
- Exsikátor skleněný
- Automatické pipety

7.2.4 Přístroje a zařízení

- Sušárna (Venticell 111 Comfort, BMT, Brno, ČR)
- Vakuová rotační odparka (Laborata 4010 - digital, Heidolph, Schwabach, Německo)



Obrázek 12 Vakuová rotační odparka [9]

- Analytické váhy (ADAM AFA- 210LC, Schoeller instruments, Praha, ČR)
- Kapalinový chromatograf (ULTiMATE 3000 RS Column Compartment, Dionex, USA)



Obrázek 13 Kapalinový chromatograf ULTiMATE 3000 RS Column Compartment [10]

- Kolona Acclaim 120 C8 DIONEX 5 μm , 2,1 x 150 mm (Dionex, USA)
- Kolona Acclaim 120 C18 DIONEX 5 μm , 2,1 x 150 mm (Dionex, USA)
- Vortex – třepačka (LT2, Kavalier, Votice, CZ)
- Temperovaná vodní lázeň s třepačkou (Memmert, Německo)
- Photochem (Photochem, Analytik Jena AG, Jena, Německo)



Obrázek 14 Photochem, Analytik Jena AG

7.3 Stanovení vlhkosti a sušiny

Stanovení obsahu vlhkosti bylo provedeno dle normy ČNS 46 7092-3 Metody zkoušení krmiv: Část 3: Stanovení obsahu vlhkosti. [11]

Principem je gravimetrické stanovení sušiny po dokonalém odpaření vody s použitím nasávací hmoty (mořského písku).

Do předem vysušených (při teplotě 130 °C) a zvážených hliníkových misek s vloženou skleněnou tyčinkou, bylo naváženo na analytických vahách 2 g předsušeného písku. Vzorek zeleniny byl homogenizován a byl z něho odvážen 1 g s přesností na 0,001 g. Pomocí tyčinky byl vzorek promíchán s pískem a hliníková miska se vzorkem byla vložena do předehřáté sušárny. Zelenina s vyšším obsahem vody byla předsušena při 50 °C jednu hodinu. Poté byla vyjmuta, zamíchána a teplota zvýšena na 103 °C. Po hodině byly vzorky opět promíchány. Po sušení při teplotě 103 °C do konstantního úbytku hmotnosti byly vzorky uzavřeny víčkem, vyjmuty ze sušárny a vloženy do exsikátoru. Po vychladnutí byl gravimetricky zjištěn rozdíl hmotností před a po sušení a z rozdílu byl vypočítán obsah sušiny v procentech. Výsledkem je průměr ze tří provedených stanovení.

- *Výpočet vlhkosti [%]:*

$$v = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100$$

m_0 ... hmotnost vysušené prázdné misky [g]

m_1 ... hmotnost misky s navážkou vzorku před vysoušením [g]

m_2 ... hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g]

- *Výpočet sušiny [%]:*

$$S = 100 - v$$

7.4 Stanovení vitamínu C

7.4.1 Příprava vzorku

Vzorek zeleniny byl rozmělněn v třecí misce. Z takto homogenizovaného vzorku bylo odváženo 5 g s přesností 0,0001 g do Erlenmeyerovy baňky o objemu 100 ml a bylo přidáno 25 ml extrakční směsi (metanol : H₃PO₄ : r-H₂O v poměru 99 : 0,5 : 0,5). Vzorek byl třepán 10 minut na třepačce za nepřístupu světla. Získaný extrakt byl zfiltrován přes nylonový mikrofiltr o velikosti pórů 0,45 μm do vialky a proměřen na HPLC.

7.4.2 Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu C

Navážka standardu kyseliny askorbové 0,01 g byla rozpuštěna v 250 ml odměrné baňce doplněna po rysku směsí (metanol : H₃PO₄ : r-H₂O v poměru 99 : 0,5 : 0,5). Výchozí koncentrace zásobního roztoku byla 40 μg/ml. Ze zásobního roztoku kyseliny askorbové byla připravena koncentrační řada dalším ředěním směsí (metanol : H₃PO₄ : r-H₂O v poměru 99 : 0,5 : 0,5) o koncentraci 30 μg/ml, 20 μg/ml, 10 μg/ml, 4 μg/ml a analyzovány metodou HPLC.

7.4.3 Metodika stanovení vitamínu C

Chromatografická separace probíhala na koloně C8 DIONEX 5 μm (2,1 x 150 mm). Jako mobilní fáze byla použita směs metanol : H₃PO₄ : r-H₂O v poměru 99 : 0,5 : 0,5. Eluce byla prováděna izokraticky při teplotě kolony 30 °C a průtoku 0,8 ml/min, celkový čas analýzy byl 10 minut, nástřik 20 μl, vlnová délka 254 nm. Pro vyhodnocení byla použita metoda kalibrační křivky.

7.5 Stanovení vitamínu E

7.5.1 Příprava vzorku

Vzorek zeleniny byl rozmělněn v třecí misce. Do varných baněk bylo naváženo 10 g homogenizovaného vzorku s přesností 0,0001 g. K vzorku bylo přidáno 20 ml metanolu. Baňky byly obaleny hliníkovou folií a ponořeny na 3 hodiny do vodní lázně o teplotě 40 °C. Po celou dobu extrakce byly vzorky v lázni třepány. Získaný extrakt byl přefiltrován přes nylonový mikrofiltr do vialky a poté proměřen metodou HPLC.

7.5.2 Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu E

Byl navážen 1 mg *D*- α -tokoferol sukcinátu do 10 ml odměrné baňky a doplněn po rysku metanolem. Ze zásobního roztoku o koncentraci 100 $\mu\text{g/ml}$ byly dalším ředěním připraveny roztoky o koncentraci 75 $\mu\text{g/ml}$, 50 $\mu\text{g/ml}$, 25 $\mu\text{g/ml}$, 10 $\mu\text{g/ml}$ a analyzovány metodou HPLC.

7.5.3 Metodika stanovení vitamínu E

Chromatografická separace probíhala na koloně C18 DIONEX 5 μm (2,1 x 150 mm). Jako mobilní fáze A byl použit metanol a jako mobilní fáze B r-H₂O v poměru 95 : 5. Eluce probíhala izokraticky při teplotě kolony 30 °C a průtoku 1,0 ml/min. Celkový čas analýzy byl 30 minut, nástřik byl 50 μl , vlnová délka 230 nm. Vyhodnocení proběhlo metodou kalibrační křivky.

7.6 Stanovení β -karotenu

7.6.1 Příprava vzorku

Pro extrakci β -karotenu byla použita modifikovaná metoda dle Olives Barba [12] a G. Britton [13].

Vzorek zeleniny byl homogenizován v třecí misce a z takto připraveného vzorku bylo naváženo 5 g s přesností 0,0001 g do Erlenmeyerovy baňky. Bylo přidáno 100 ml extrakční směsi (hexan : aceton : etanol v poměru 99 : 0,5 : 0,5). Baňka byla chráněna před světlem hliníkovou folií, byla třepána na třepáče 30 minut. Poté bylo odebráno pipetou 10 ml horní hexanové vrstvy do kulovité baňky a odpařeno do sucha na vakuové odparce při 24 °C. Odparek byl rozpuštěn přidáním 10 ml směsi tetrahydrofuran : acetonitril : metanol, v poměru 15 : 30 : 55. Získaný extrakt byl filtrován přes nylonový mikrofiltr do vialky ke stanovení na HPLC.

7.6.2 Kalibrační křivka pro stanovení β -karotenu

Nejprve byl připraven standardní roztok β -karotenu, kdy bylo rozpuštěno 0,003 g standardu β -karotenu ve 20 ml dichlormetanu a na 30 sekund umístěno do ultrazvukové lázně. Pak byla odměrná baňka doplněna do 100 ml hexanem. Poté bylo napipetováno do odměrné baňky 10 ml tohoto roztoku a doplněno do 100 ml odměrné baňky hexanem. 1 ml tohoto roztoku obsahoval 3 μg β -karotenu v hexanu : dichlormetanu (98 : 2, v/v). 25 ml zásobního roztoku bylo odpařeno do sucha na vakuové odparce při teplotě 24 °C, zbytek v baňce byl rozpuštěn v 25 ml metanolu. Z tohoto roztoku byl připraven zásobní roztok o koncentraci 3 $\mu\text{g}/\text{ml}$ a dalším ředěním byla připravena kalibrační řada o koncentracích 0,15 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 0,3 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 0,6 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ a analyzovány metodou HPLC.

7.6.3 Metodika stanovení β -karotenu

Chromatografická separace probíhala na koloně C8 DIONEX 5 μm (2,1 x 150 mm). Jako mobilní fáze A byl použit 0,028 M octan amonný a metanol v poměru 1 : 4 a jako mobilní fáze B čistý metanol. Eluce probíhala gradientově (Tabulka 4) teplota kolony byla 35 °C a průtok 0,8 ml/min, celkový čas analýzy 40 minut, nástřik 50 μl , vlnová délka 446 nm. Vyhodnocení probíhalo metodou kalibrační křivky.

Tabulka 4 Složení mobilních fází při stanovení β -karotenu

Čas [min]	Fáze A (NH ₄ Ac + MetOH) [%]	Fáze B (MetOH) [%]
0	100	0
25	0	100
27	0	100
29	100	0

7.7 Stanovení antioxidační aktivity

Antioxidační aktivita zeleniny byla stanovena metodou PCL na přístroji Photochem za použití kitů pro stanovení antioxidační aktivity ve vodě (ACW) a v tučných rozpustných (ACL) látek.

7.7.1 ACW

7.7.1.1 Příprava vzorku

Vzorek zeleniny byl homogenizován v třecí misce. Bylo naváženo 3 g šťávy (rajče, okurek, paprika, brambor, česnek, cibule) a 1,5 g šťávy (červená řepa, mrkev) s přesností 0,0001 g a naředěno destilovanou vodou do objemu 25 ml (brambor, česnek), do 50 ml (rajče, okurek, červená řepa, mrkev, cibule) a do 100 ml (paprika). Takto zředěný vzorek byl filtrován přes nylonový mikrofiltr do kádinky a bylo pipetováno 5 až 80 μl vzorku (dle druhu zeleniny) do reakční směsi (čínidlo 1, čínidlo 2, vzorek a nakonec čínidlo 3, dle tabulky 5) a proměřeno přístrojem Photochem.

7.7.1.2 Kalibrační křivka pro stanovení ACW

Kalibrační řada ($n = 0,5; 1; 1,5; 2; 3$ nmol) byla připravena z roztoku standardu kyseliny askorbové a přidáním čínidla 1, čínidla 2, čínidla 3, dle tabulky 5 a byla proměřena přístrojem Photochem. Vyhodnocení proběhlo metodou kalibrační křivky.

7.7.1.3 Metodika stanovení ACW

Vlastní stanovení ACW bylo provedeno dle tabulky 5, výsledky jsou vyjádřeny v μmol askorbové kyseliny (AK) na 1 g šťávy.

Tabulka 5 Složení reakčních směsí při stanovení ACW

	Složení reakčních směsí [μl]				
	čínidlo 1	čínidlo 2	čínidlo 3	standard	vzorek
slepý pokus	1500	1000	25	0	0
kalibrační řada	1500 – X	1000	25	X	0
vzorky	1500 – Y	1000	25	0	Y

X standard

Y vzorek

7.7.2 ACL

7.7.2.1 Příprava vzorku

Vzorek zeleniny byl homogenizován v třecí misce. Bylo naváženo 3 g šťávy (rajče, okurek, paprika, brambor, česnek, cibule) a 1,5 g šťávy (červená řepa, mrkev) s přesností 0,0001 g a naředěno metanolem do objemu 25 ml (brambor, česnek), do 50 ml (rajče, okurek, červená řepa, mrkev, cibule) a do 100 ml (paprika). Takto zředěný vzorek byl filtrován přes nylonový mikrofiltr do kádinky a bylo pipetováno 5 až 80 μl vzorku (dle druhu zeleniny) do reakční směsi (činidlo 1, činidlo 2, vzorek a nakonec činidlo 3, dle tabulky 6) a proměřeno přístrojem Photochem.

7.7.2.2 Kalibrační křivka pro stanovení ACL

Kalibrační řada ($n = 0,5; 1; 1,5; 2; 3$ nmol) byla připravena z roztoku standardu Troloxu a přidáním činidla 1, činidla 2, činidla 3, dle tabulky 6 a byla proměřena přístrojem Photochem. Vyhodnocení proběhlo metodou kalibrační křivky.

7.7.2.3 Metodika stanovení ACL

Vlastní stanovení ACL bylo provedeno dle tabulky 6, výsledky jsou vyjádřeny v μmol Troloxu na 1 g šťávy.

Tabulka 6 Složení reakčních směsí při stanovení ACL

	Složení reakčních směsí [μl]				
	činidlo 1	činidlo 2	činidlo 3	standard	vzorek
slepý pokus	2300	200	25	0	0
kalibrační řada	2300 – X	200	25	X	0
vzorky	2300 – Y	200	25	0	Y

X standard

Y vzorek

7.8 Statistické vyhodnocení

Analýzy všech vzorků byly provedeny pro každý vzorek 3 x a byl vypočten aritmetický průměr a směrodatná odchylka v programu Microsoft Excel. Získaná data byla vyhodnocena párovým t – testem, programem QC – EXPERT (TriloByte Statistical Software, s.r.o., Pardubice, Česká republika), na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

8.1 Stanovení sušiny

Vlhkost a sušina byly stanoveny dle postupu popsaném v kapitole 7.3. Stanovené hodnoty sušiny jsou uvedeny v tabulce 7 až 9. Výsledky jsou vyjádřeny jako průměr (\bar{x}) ze tří paralelních stanovení v %.

Tabulka 7 Obsah sušiny v zelenině z bio produkce

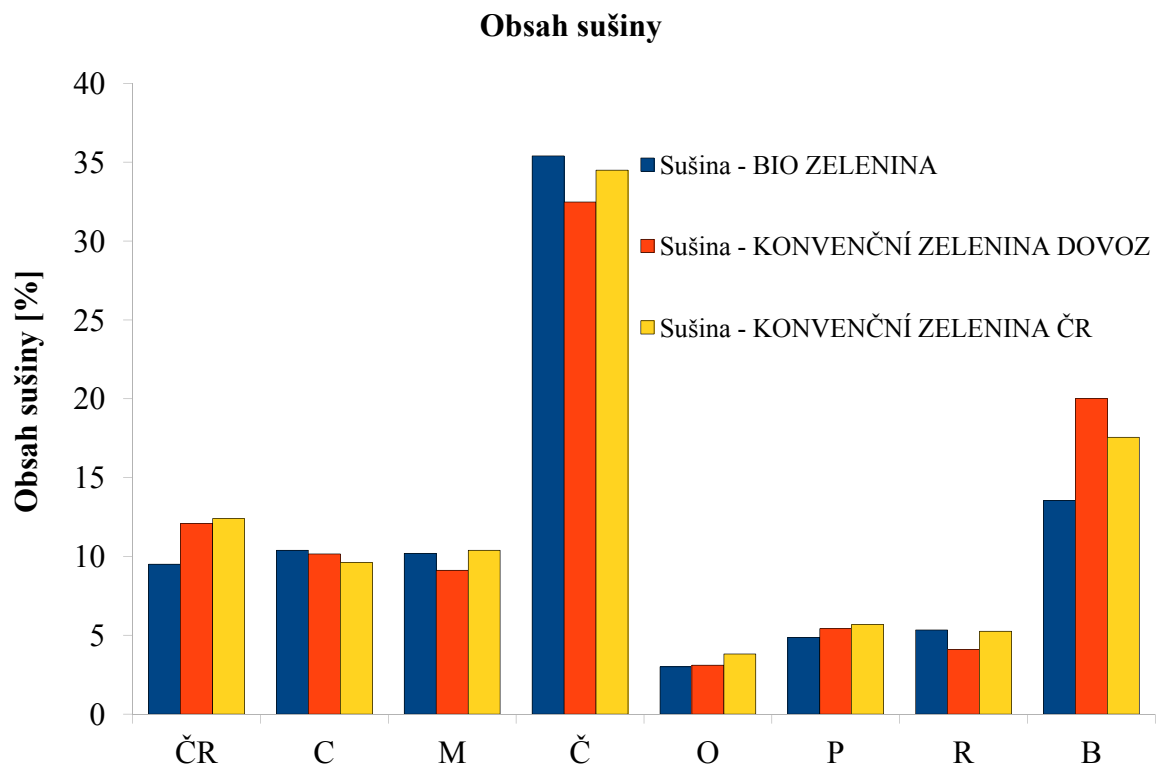
Obsah sušiny [%]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	9,7	9,5	9,4	9,5	0,1
C	10,2	10,7	10,3	10,4	0,2
M	10,2	10,1	10,3	10,2	0,1
Č	35,5	35,2	35,5	35,4	0,2
O	3,0	3,1	3,0	3,0	0,1
P	4,7	5,0	4,9	4,9	0,1
R	5,2	5,4	5,4	5,3	0,1
B	13,8	13,5	13,3	13,5	0,2

Tabulka 8 Obsah sušiny v zelenině z konvenční produkce z dovozu

Obsah sušiny [%]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	12,1	12,3	11,9	12,1	0,2
C	10,5	10,3	9,7	10,2	0,3
M	9,1	9,0	9,3	9,1	0,1
Č	32,3	32,8	32,3	32,5	0,3
O	3,1	3,1	3,2	3,1	0,0
P	5,5	5,4	5,4	5,4	0,0
R	4,1	4,3	3,9	4,1	0,2
B	20,0	20,0	20,0	20,0	0,0

Tabulka 9 Obsah sušiny v zelenině z konvenční produkce z České republiky

Obsah sušiny [%]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	12,3	12,4	12,5	12,4	0,1
C	9,9	9,4	9,5	9,6	0,2
M	10,3	10,1	10,8	10,4	0,3
Č	34,6	34,5	34,4	34,5	0,1
O	4,0	3,8	3,7	3,8	0,1
P	5,8	5,4	5,8	5,7	0,2
R	5,2	5,1	5,4	5,3	0,1
B	17,9	17,6	17,2	17,6	0,3



Obrázek 15 Obsah sušiny v zelenině

Z grafického vyjádření obsahu sušiny (obr. 15) je zřejmé, že velké rozdíly byly zjištěny mezi jednotlivými druhy zeleniny, přičemž téměř u většiny vzorků nebyly příliš velké rozdíly v závislosti na způsobu pěstování. Nejvyšší obsah sušiny v analyzované zelenině byl u vzorku česneku a to z bio produkce 35,5 %, z konvenční produkce z dovozu 32,5 % a z konvenční produkce z ČR 34,5 %. V odborných zdrojích se uvádí obsah sušiny u česneku 30,5 %, což je méně, než bylo stanoveno [5]. Avšak neuvádí se odrůda, sklizeň, způsob skladování a další faktory, které obsah sušiny mohou ovlivnit. Nejmenší obsah sušiny byl stanoven u vzorku okurek a to z bio produkce 3 %, z konvenční produkce z dovozu 3,1 % a z konvenční produkce z ČR 3,8 %. V odborných zdrojích se uvádí obsah sušiny u okurek 4,3 %, což je více, než bylo stanoveno [5]. Ale opět hrají velkou roli i další faktory.

8.1.1 Statistické vyhodnocení obsahu vlhkosti v analyzovaných vzorcích zeleniny

V tabulce 10 je uvedeno statistické vyhodnocení výsledků obsahu sušiny v závislosti na typu pěstování.

Tabulka 10 Statistické vyhodnocení rozdílu obsahu sušiny v zelenině (t – test, $\alpha = 0,05$)

Vzorek	Obsah sušiny v zelenině [%]		
	bio produkce	konvenční produkce z dovozu	z konvenční produkce z ČR
ČR	9,5 ^b	12,1 ^a	12,4 ^a
C	10,4 ^a	10,2 ^a	9,6 ^b
M	10,2 ^a	9,1 ^b	10,4 ^a
Č	35,4 ^a	32,5 ^b	34,5 ^c
O	3,0 ^a	3,1 ^a	3,8 ^b
P	4,9 ^a	5,4 ^b	5,7 ^c
R	5,3 ^a	4,1 ^b	5,3 ^a
B	13,5 ^a	20,0 ^b	17,6 ^c

a, b, c – hodnoty s různým indexem v řádku jsou statisticky významné ($p > 0,05$)

Z výsledků v tabulce 10 je zřejmé, že nelze vyvodit obecný závěr ze statistického vyhodnocení výsledků obsahu sušiny t – testem na hladině významnosti 5 % v závislosti na způsobu produkce vybraných druhů zeleniny.

U dvou vzorků – cibule a okurky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky pocházejícími z bio produkce a z konvenční produkce z dovozu, u všech ostatních vzorků tento statisticky významný rozdíl zjištěn byl. Nicméně kromě červené řepy, byly zjištěny statisticky významné rozdíly v obsahu sušiny u všech vzorků pocházejících z konvenční produkce, které pocházely z různých destinací. Svědčí to o vlivu dalších faktorů, které se mohou podílet na složení zeleniny. U vzorků mrkve a rajčat nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny u vzorků pocházejících z ČR pěstovaných jak bio tak i konvenčním způsobem, ale naopak se projevil vliv místa pěstování, kdy tyto vzorky, pocházející z Holandska a pěstované konvenčním způsobem se statisticky významně lišily v obsahu sušiny od vzorků pocházejících z ČR. U vzorků česneku, zelené papriky a bram-

bor byly zjištěny statisticky významné rozdíly u všech vzorků bez ohledu na způsob a místo pěstování.

8.2 Stanovení obsahu vitamínu C

Stanovení vitamínu C v zelenině bylo provedeno dle postupu uvedeném v kapitole 7.4. Výsledky obsahu vitamínu C u osmi vzorků zeleniny z bio produkce, konvenční produkce z dovozu a konvenční produkce z České republiky jsou uvedeny v tabulce 11 až 13. Srovnání průměrných obsahů vitamínů jednotlivých vzorků zeleniny v bio kvalitě, v konvenční zelenině z dovozu a v konvenční zelenině z České republiky jsou uvedeny v obrázku 16.

Tabulka 11 Obsah vitamínu C v zelenině z bio produkce

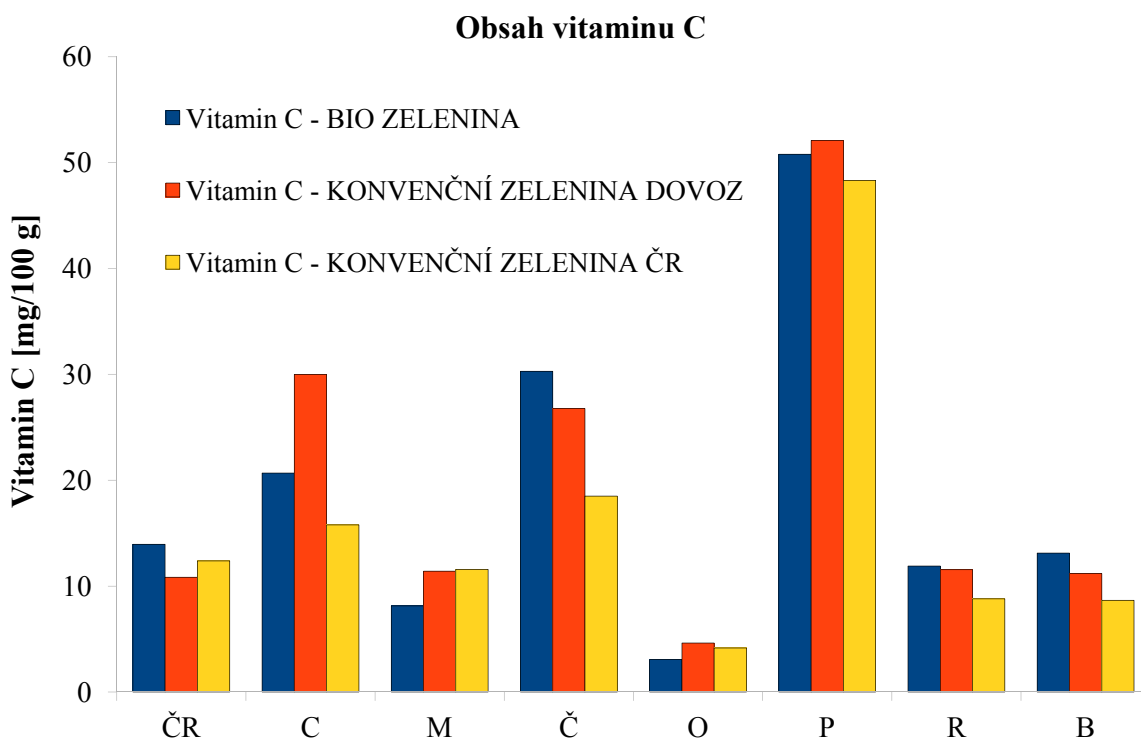
Vzorek	Obsah vitamínu C [mg/100 g]				
	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	14,24	13,79	13,84	13,96	0,20
C	21,30	20,34	20,40	20,68	0,44
M	8,68	7,71	8,00	8,13	0,41
Č	30,51	30,16	30,19	30,29	0,16
O	3,23	2,93	2,99	3,05	0,13
P	49,58	51,69	51,09	50,79	0,89
R	13,31	11,43	10,93	11,89	1,02
B	13,16	13,39	12,82	13,12	0,23

Tabulka 12 Obsah vitamínu C v zelenině z konvenční produkce z dovozu

Obsah vitamínu C [mg/100 g]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	10,90	10,62	10,98	10,83	0,15
C	30,27	30,30	29,42	30,00	0,41
M	11,10	11,37	11,78	11,42	0,28
Č	27,40	27,14	25,76	26,77	0,72
O	5,29	4,32	4,27	4,63	0,47
P	51,63	52,99	51,63	52,08	0,64
R	12,04	11,48	11,13	11,55	0,37
B	11,69	11,66	10,19	11,18	0,70

Tabulka 13 Obsah vitamínu C v zelenině z konvenční produkce z České republiky

Obsah vitamínu C [mg/100 g]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	12,78	12,09	12,27	12,38	0,29
C	15,75	15,94	15,65	15,78	0,12
M	12,01	11,57	11,14	11,57	0,36
Č	18,99	18,23	18,29	18,50	0,34
O	4,36	4,11	4,01	4,16	0,15
P	48,83	47,93	48,23	48,33	0,37
R	9,91	8,32	8,18	8,80	0,78
B	9,11	8,66	8,24	8,67	0,36



Obrázek 16 Obsah vitamínu C v zelenině

Z výsledků uvedených v tabulce 11 až 13 a obrázku 16 vyplývá, že obsah vitamínu C se liší v závislosti na druhu zeleniny spíše než na způsobu pěstování.

Ve shodě s publikovanými údaji byly nejvyšší obsahy stanoveny ve všech vzorcích papriky, nicméně námi stanovené množství 48,33 až 52,08 mg/100 g je spíše na dolní hranici publikovaných údajů v rozmezí 62 až 300 mg/100 g [1, 5, 14, 15, 17]. Nejméně vitamínu C bylo zjištěno ve vzorcích okurek a to v rozmezí 3,05 až 4,63 mg/100 g, což je opět při dolní hranici publikovaných údajů v rozmezí 5 až 11 mg/100 g [1, 5, 15, 16]. V analyzovaném vzorku červené řepy byly zjištěny hodnoty vitamínu C v rozmezí 10,83 až 13,96 mg/100 g, což je více než publikované údaje pro obsah vitamínu C v červené řepě v rozmezí 6 až 11,4 mg/100 g [1, 5, 16]. Ve vzorcích cibule byly stanoveny hodnoty 15,78 až 30 mg/100 g, což je více než publikované údaje pro obsah vitamínu C v cibuli v rozmezí 6 až 11,7 mg/100 g [1, 5, 14, 15, 16, 17]. Ve vzorcích česneku byly stanoveny hodnoty 18,5 až 30,29 mg/100 g, což je v intervalu publikovaných údajů pro obsah vitamínu C v česneku v rozmezí 9,2 až 31 mg/100 g [1, 5, 15, 16]. U vzorku mrkve, rajčete a brambor bylo stanoveno přibližně stejné množství vitamínu C, a to u mrkve v rozmezí 8,13 až 11,57 mg/100 g (dle publikovaných zdrojů 4,9 až 9), u rajčete v rozmezí 8,8 až 11,89 mg/100 g

(dle publikovaných zdrojů 8 až 38 mg/100 g) a u vzorku brambor v rozmezí 8,67 až 13,12 mg/100 g (dle publikovaných zdrojů 8 až 40 mg/100 g) [1, 5, 14, 15, 16, 17].

8.2.1 Statistické vyhodnocení obsahu vitamínu C v analyzovaných vzorcích zeleniny

V tabulce 14 je uvedeno statistické vyhodnocení výsledků obsahu vitamínu C v závislosti na typu pěstování.

Tabulka 14 *Statistické vyhodnocení rozdílu obsahu vitamínu C v zelenině (t – test, $\alpha = 0,05$)*

Vzorek	Obsah vitamínu C v zelenině [mg/100 g]		
	bio produkce	konvenční produkce z dovozu	z konvenční produkce z ČR
ČR	13,96 ^a	10,83 ^b	12,38 ^c
C	20,68 ^a	30,00 ^b	15,78 ^c
M	8,13 ^b	11,42 ^a	11,57 ^a
Č	30,29 ^a	26,77 ^b	18,50 ^c
O	3,05 ^b	4,63 ^a	4,16 ^a
P	50,79 ^a	52,08 ^b	48,33 ^c
R	11,89 ^a	11,55 ^a	8,80 ^b
B	13,12 ^a	11,18 ^b	8,67 ^c

a, b, c – hodnoty s různým indexem v řádku jsou statisticky významné ($p > 0,05$)

U většiny druhů analyzované zeleniny byly zjištěny statisticky významné rozdíly jak z pohledu způsobu produkce, tak i z pohledu místa pěstování. Pouze u vzorků mrkve a okurek byl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu vitamínu C mezi vzorky pocházející z bio produkce a konvenční produkce. Nicméně u mrkve pocházející z konvenční produkce nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu vitamínu C mezi produkcí v ČR a Holandska, stejně jako u okurek, které pocházely z ČR a Polska. Dále u vzorku rajčat nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky pocházející z bio produkce a z konvenční produkce z Holandska, ale byl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu vitamínu C u rajčat pocházejících z ČR ve vztahu ke vzorkům pocházejícím z bio produkce a

pocházejícím z konvenční produkce z Holandska. Ani v případě vitamínu C tedy nelze vyvodit obecnou závislost na způsobu produkce, i když dle publikovaných údajů by měl být obsah vitamínu C v rostlinách z bio produkce o 10 – 50 % vyšší než z konvenční produkce [35, 36]. Opět se mohly projevit jiné faktory, jako např. místo pěstování.

8.3 Stanovení obsahu vitamínu E

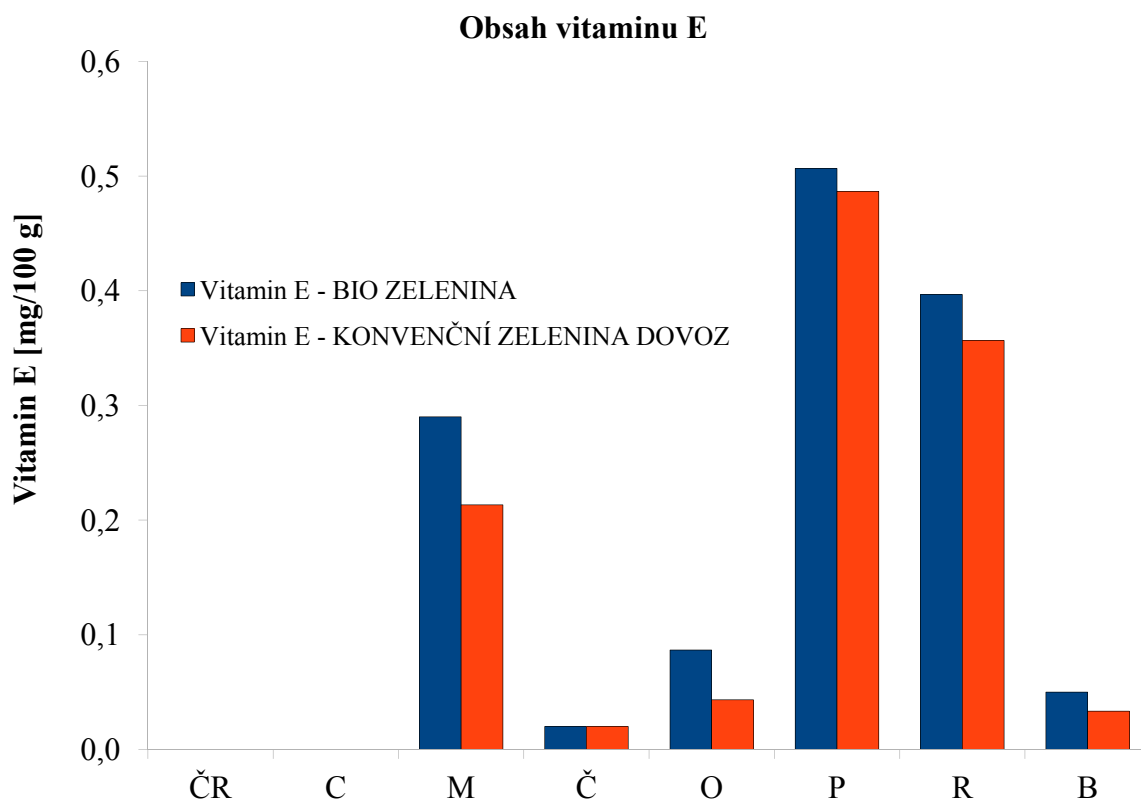
Stanovení vitamínu E v zelenině bylo provedeno dle postupu uvedeném v kapitole 7.5. Výsledky obsahu vitamínu E u osmi vzorků zeleniny z bio produkce a konvenční produkce z dovozu jsou uvedeny tabulce 15 a 16. Srovnání průměrných obsahů vitamínů jednotlivých vzorků zeleniny v bio kvalitě a v konvenční zelenině z dovozu jsou uvedeny v obrázku 17.

Tabulka 15 Obsah vitamínu E v zelenině z bio produkce

Vzorek	Obsah vitamínu E [mg/100 g]				
	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M	0,29	0,30	0,28	0,29	0,01
Č	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
O	0,09	0,09	0,08	0,09	0,00
P	0,48	0,53	0,51	0,51	0,02
R	0,38	0,44	0,37	0,40	0,03
B	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00

Tabulka 16 Obsah vitamínu E v zelenině z konvenční produkce z dovozu

Obsah vitamínu E [mg/100 g]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M	0,23	0,21	0,20	0,21	0,01
Č	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
O	0,05	0,04	0,04	0,04	0,00
P	0,48	0,50	0,48	0,49	0,01
R	0,39	0,38	0,30	0,36	0,04
B	0,04	0,03	0,03	0,03	0,00



Obrázek 17 Obsah vitamínu E v zelenině

Z výsledků uvedených v tabulce 15, 16 a obrázku 17 vyplývá, že obsah vitamínu E se liší nejen v závislosti na druhu zeleniny, ale i na způsobu pěstování. Nejvyšší obsahy byly stanoveny v obou vzorcích papriky, nicméně námi stanovené množství 0,49 až 0,51 mg/100 g je spíše na dolní hranici publikovaných údajů a to 0,8 mg/100 g [5]. Nejméně vitamínu E bylo zjištěno ve vzorcích česneku a to 0,02 mg/100 g, což je více než publikovaný údaj 0,01 mg/100 g [5]. V analyzovaném vzorku rajčete byly zjištěny hodnoty vitamínu E v rozmezí 0,36 až 0,4 mg/100 g, což je v intervalu publikovaných údajů pro obsah vitamínu E v rajčatech v rozmezí 0,34 až 1,22 mg/100 g [1, 5, 16]. Ve vzorcích mrkve byly stanoveny hodnoty 0,21 až 0,29 mg/100 g, což je při spodní hranici intervalu publikovaných údajů pro obsah vitamínu E v mrkvi v rozmezí 0,25 až 2,6 mg/100 g [1, 5, 16]. Ve vzorcích okurek byly stanoveny hodnoty 0,04 až 0,09 mg/100 g, což je přibližně v intervalu publikovaných údajů pro obsah vitamínu E v okurkách v rozmezí 0,09 až 0,15 mg/100 g [5, 16]. U vzorku brambor byly stanoveny hodnoty 0,03 až 0,05 mg/100 g, což je v intervalu publikovaných údajů pro obsah vitamínu E v bramborách v rozmezí 0,06 až 0,9 mg/100 g [1, 5]. U vzorku červené řepy a cibule nebyl vitamin E stanoven.

8.3.1 Statistické vyhodnocení obsahu vitamínu E v analyzovaných vzorcích zeleniny

V tabulce 17 je uvedeno statistické vyhodnocení výsledků obsahu vitamínu E v závislosti na typu pěstování.

Tabulka 17 Statistické vyhodnocení rozdílu obsahu vitamínu E v zelenině (*t* - test, $\alpha = 0,05$)

Vzorek	Obsah vitamínu E v zelenině [mg/100 g]	
	bio produkce	konvenční produkce z dovozu
ČR	0,00	0,00
C	0,00	0,00
M	0,29 ^a	0,21 ^a
Č	0,02 ^a	0,02 ^a
O	0,09 ^a	0,04 ^a
P	0,51 ^a	0,49 ^a
R	0,40 ^a	0,36 ^a
B	0,05 ^a	0,03 ^a

a, b, c – hodnoty s různým indexem v řádku jsou statisticky významné ($p > 0,05$)

Z výsledků v tabulce 17 je zřejmé, že nelze vyvodit obecný závěr ze statistického vyhodnocení výsledků obsahu vitamínu E *t* – testem na hladině významnosti 5 % v závislosti na způsobu produkce vybraných druhů zeleniny. U všech druhů analyzované zeleniny byly zjištěny statisticky nevýznamné rozdíly z pohledu způsobu produkce.

8.4 Stanovení obsahu β -karotenu

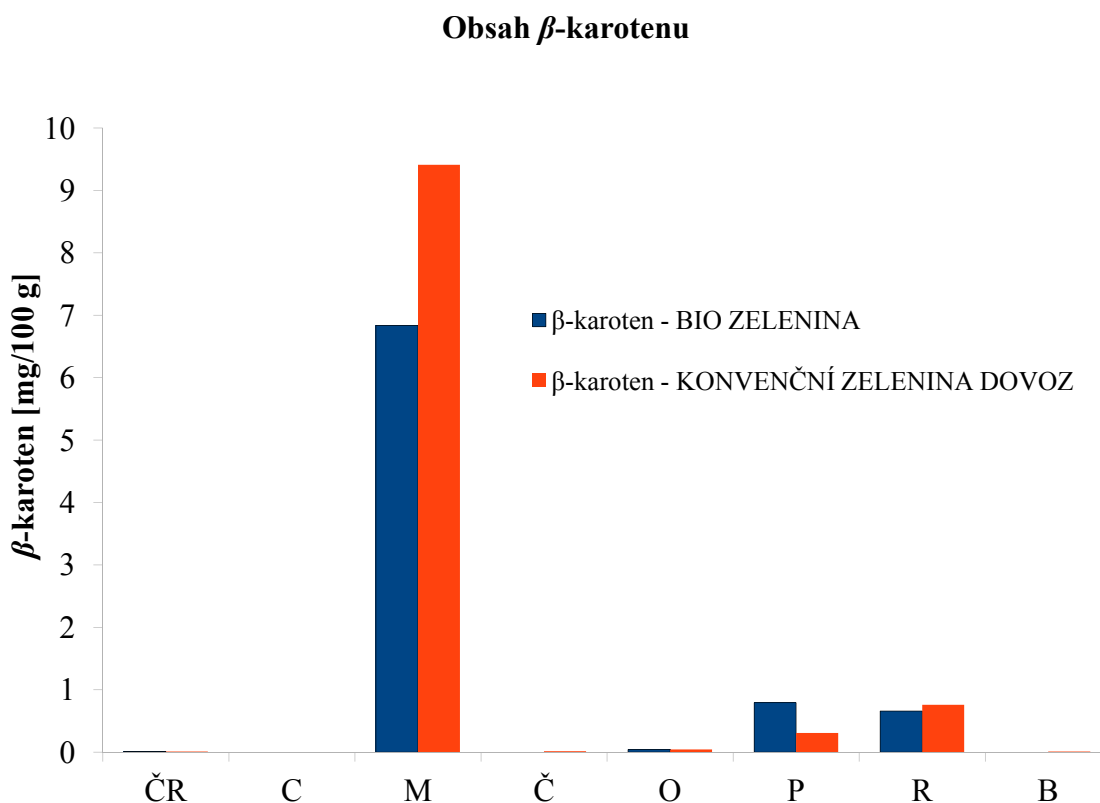
Stanovení β -karotenu v zelenině bylo provedeno dle postupu uvedeném v kapitole 7.6. Výsledky obsahu β -karotenu u osmi vzorků zeleniny z bio produkce a konvenční produkce z dovozu jsou uvedeny v tabulce 18 a 19. Srovnání průměrných obsahů vitamínů jednotlivých vzorků zeleniny v bio kvalitě a konvenční zelenině z dovozu jsou uvedeny v obrázku 18.

Tabulka 18 Obsah β -karotenu v zelenině z bio produkce

Obsah β -karotenu [mg/100 g]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M	6,07	7,32	7,12	6,84	0,55
Č	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O	0,05	0,04	0,03	0,04	0,01
P	0,76	0,80	0,82	0,79	0,02
R	0,56	0,70	0,72	0,66	0,07
B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabulka 19 Obsah β -karotenu v zelenině z konvenční produkce z dovozu

Obsah β -karotenu [mg/100 g]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M	9,48	9,46	9,29	9,41	0,09
Č	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01
O	0,04	0,05	0,04	0,04	0,00
P	0,37	0,28	0,27	0,31	0,04
R	0,65	0,82	0,81	0,76	0,08
B	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00



Obrázek 18 Obsah β -karotenu v zelenině

Z výsledků uvedených v tabulce 18, 19 a obrázku 18 vyplývá, že obsah β -karotenu se liší nejen v závislosti na druhu zeleniny, ale i na způsobu pěstování. Nejvyšší obsahy byly stanoveny v obou vzorcích mrkve a námi stanovené množství 6,84 až 9,41 mg/100 g je v intervalu publikovaných údajů 1,538 až 9,5 mg/100 g [1, 5]. Nejméně β -karotenu bylo zjištěno ve vzorcích červené řepy a to 0,01 mg/100 g, což je méně než publikovaný údaj 0,02 mg/100 g [5]. V analyzovaném vzorku papriky byly zjištěny hodnoty β -karotenu v rozmezí 0,31 až 0,79 mg/100 g, což je v intervalu publikovaných údajů pro obsah β -karotenu v paprice v rozmezí 0,27 až 2,4 mg/100 g [1, 5]. Ve vzorcích rajčete byly stanoveny hodnoty 0,66 až 0,76 mg/100 g, což je v intervalu publikovaných údajů pro obsah β -karotenu v rajčatech v rozmezí 0,3 až 0,9 mg/100 g [1, 5]. U vzorku cibule a brambor nebyl β -karoten stanoven.

8.4.1 Statistické vyhodnocení obsahu β -karotenu v analyzovaných vzorcích zeleniny

V tabulce 20 je uvedeno statistické vyhodnocení výsledků obsahu β -karotenu v závislosti na typu pěstování.

Tabulka 20 Statistické vyhodnocení rozdílu obsahu β -karotenu v zelenině (t -test, $\alpha = 0,05$)

Vzorek	Obsah β -karotenu v zelenině [mg/100 g]	
	bio produkce	konvenční produkce z dovozu
ČR	0,01 ^a	0,01 ^a
C	0,00	0,00
M	6,84 ^a	9,41 ^b
Č	0,00 ^a	0,02 ^a
O	0,04 ^a	0,04 ^a
P	0,79 ^a	0,31 ^b
R	0,66 ^a	0,76 ^a
B	0,00 ^a	0,01 ^a

a, b, c – hodnoty s různým indexem v řádku jsou statisticky významné ($p > 0,05$)

U většiny druhů analyzované zeleniny nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly z pohledu způsobu produkce na rozdíl od publikovaných údajů o obsahu β -karotenu v bio zelenině, které by měly být nižší než v konvenční zelenině [36]. Pouze u vzorků mrkve a papriky byl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu β -karotenu mezi vzorky pocházející z bio produkce a konvenční produkce. Ani v případě β -karotenu tedy nelze vyvodit obecnou závislost na způsobu produkce. Opět se mohly projevit jiné faktory, jako např. odrůda.

8.5 Stanovení antioxidační aktivity

Stanovení antioxidační aktivity v zelenině bylo provedeno dle postupu uvedeném v kapitole 7.7. Výsledky stanovení antioxidační aktivity u osmi vzorků zeleniny z bio produkce a konvenční produkce z dovozu jsou uvedeny v tabulkách 21, 22 a 24, 25. Srovnání

průměrné antioxidační aktivity (ACW a ACL) jednotlivých vzorků zeleniny v bio kvalitě a konveční zelenině z dovozu jsou uvedeny v obrázcích 19 a 20.

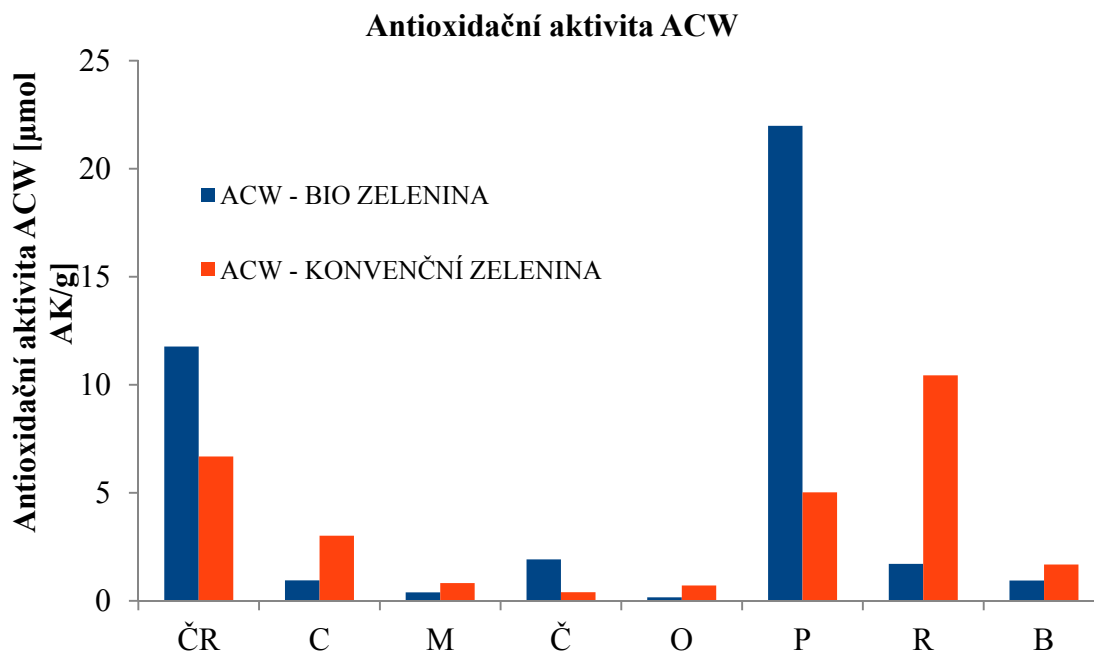
8.5.1 Stanovení ACW

Tabulka 21 Antioxidační aktivita ACW v bio zelenině

Antioxidační aktivita ACW [$\mu\text{mol AK/g}$]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	13,21	11,65	10,45	11,77	1,13
C	1,04	0,95	0,85	0,95	0,08
M	0,58	0,34	0,25	0,39	0,14
Č	2,23	1,86	1,67	1,92	0,23
O	0,15	0,21	0,12	0,16	0,04
P	23,55	21,64	20,78	21,99	1,16
R	1,21	2,41	1,52	1,71	0,51
B	0,41	1,45	0,98	0,94	0,43

Tabulka 22 Antioxidační aktivita ACW v konvenční zelenině z dovozu

Antioxidační aktivita ACW [$\mu\text{mol AK/g}$]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	6,68	2,60	4,62	6,68	1,67
C	1,82	1,18	1,04	3,01	0,34
M	0,25	0,10	0,15	0,82	0,06
Č	0,94	0,92	0,81	0,40	0,06
O	0,40	0,33	0,45	0,71	0,05
P	14,29	16,10	13,56	5,02	1,07
R	1,65	1,97	1,54	10,44	0,18
B	1,53	0,72	0,97	1,68	0,34



Obrázek 19 Antioxidační aktivita ACW v bio a konvenční zelenině

Z výsledků uvedených v tabulce 21, 22 a obrázku 19 vyplývá, že antioxidační aktivita ACW se liší nejen v závislosti na druhu zeleniny, ale i na způsobu pěstování. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny v obou vzorcích papriky 5,02 až 21,99 $\mu\text{mol AK/g}$. Nejmenší antioxidační aktivita byla zjištěna ve vzorcích okurky a to 0,06 až 0,71 $\mu\text{mol AK/g}$, což je více než publikovaný údaj 0,21 $\mu\text{mol AK/g}$ [38]. V analyzovaném vzorku červené řepy byla zjištěna antioxidační aktivita v rozmezí 0,68 až 11,77 $\mu\text{mol AK/g}$, publikovaný zdroj uvádí 5,21 $\mu\text{mol AK/g}$ [38]. Ve vzorcích rajčete byly stanoveny hodnoty 1,71 až 10,44 $\mu\text{mol AK/g}$, publikovaný zdroj uvádí 2,53 $\mu\text{mol AK/g}$ [38]. U vzorku mrkve byla zjištěna antioxidační aktivita v rozmezí 0,39 až 0,82 $\mu\text{mol AK/g}$ což je více, než publikovaná hodnota 0,06 $\mu\text{mol AK/g}$ [38].

8.5.2 Statistické vyhodnocení antioxidační aktivity ACW v analyzovaných vzorcích zeleniny

V tabulce 23 je uvedeno statistické vyhodnocení výsledků antioxidační aktivity ACW v závislosti na typu pěstování.

Tabulka 23 Statistické vyhodnocení rozdílu antioxidační aktivity ACW (*t*-test, $\alpha = 0,05$)

Antioxidační aktivita ACW v zelenině [$\mu\text{mol AK/g}$]		
Vzorek	bio produkce	konvenční produkce z dovozu
ČR	11,77 ^a	6,68 ^b
C	0,95 ^a	3,01 ^b
M	0,39 ^a	0,82 ^b
Č	1,92 ^a	0,40 ^b
O	0,16 ^a	0,71 ^b
P	21,99 ^a	5,02 ^b
R	1,71 ^a	10,44 ^b
B	0,94 ^a	1,68 ^b

a, b, c – hodnoty s různým indexem v řádku jsou statisticky významné ($p > 0,05$)

Z tabulky 23 vyplývá, že ve všech analyzovaných vzorcích byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi zeleninou pocházející z bio produkce a konvenční produkcí z dovozu, nicméně nelze vyvodit obecný závěr, který by podporoval myšlenku, že zelenina pocházející z bio produkce obsahuje větší množství ochranných látek s antioxidační aktivitou. Naopak u analyzovaných druhů zeleniny v pěti případech zeleniny pocházející z konvenční produkce z dovozu (cibule, mrkev, okurky, rajčata, brambory) byla antioxidační aktivita ACW vyšší než u vzorků pocházejících z bio produkce z ČR. Pouze u vzorku červené řepy, česneku a zelené papriky byla zjištěna antioxidační aktivita ACW vyšší u vzorku z bio produkce, než u vzorků pocházejících z konvenční produkce z dovozu.

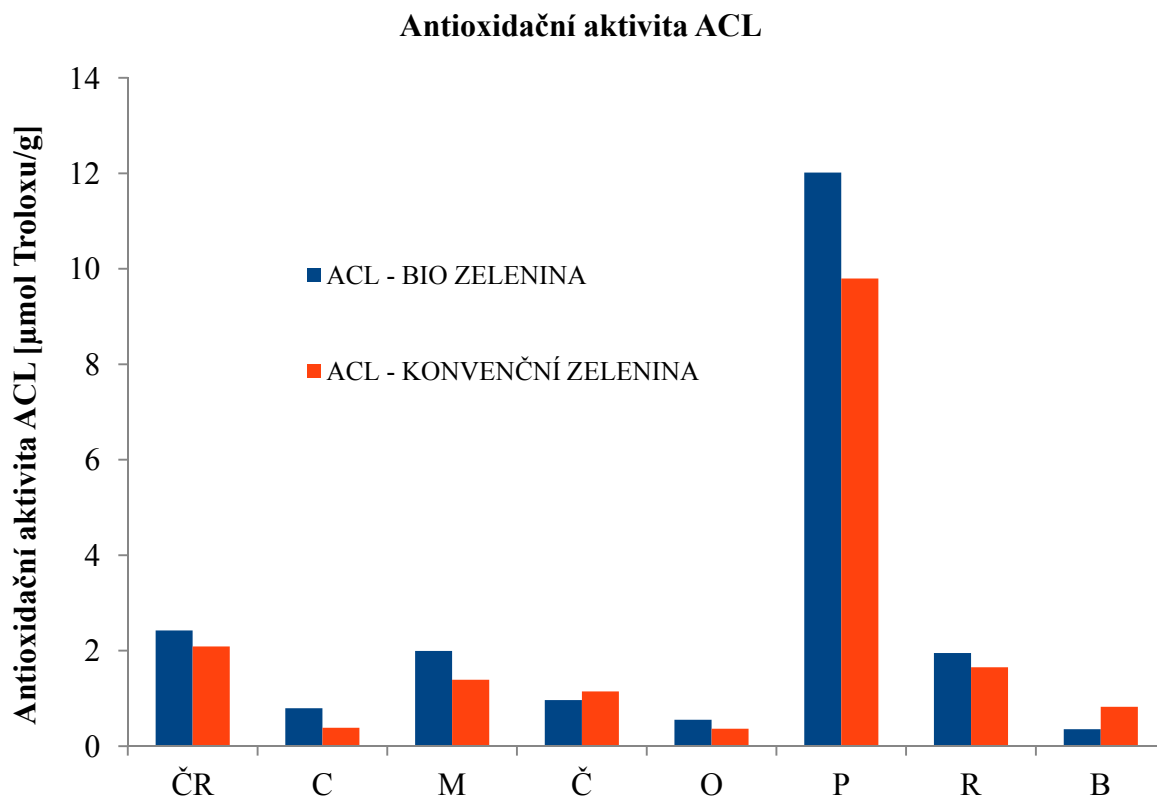
8.5.3 Stanovení ACL

Tabulka 24 Antioxidační aktivita ACL v bio zelenině

Antioxidační aktivita ACL [$\mu\text{mol Troloxu/g}$]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	2,40	2,53	2,35	2,43	0,08
C	0,85	0,81	0,72	0,79	0,06
M	2,61	1,50	1,87	1,99	0,46
Č	0,86	1,08	0,96	0,97	0,09
O	0,57	0,68	0,41	0,55	0,11
P	9,54	12,98	13,53	12,02	1,77
R	1,98	2,05	1,82	1,95	0,10
B	0,36	0,39	0,31	0,35	0,03

Tabulka 25 Antioxidační aktivita ACL v konvenční zelenině

Antioxidační aktivita ACL [$\mu\text{mol Troloxu/g}$]					
Vzorek	1. stanovení	2. stanovení	3. stanovení	Průměr (\bar{x})	S.D.
ČR	1,78	2,60	1,89	2,09	0,36
C	0,35	0,53	0,28	0,39	0,10
M	1,55	1,28	1,35	1,39	0,11
Č	1,12	1,17	1,15	1,15	0,02
O	0,43	0,31	0,35	0,37	0,05
P	7,40	13,22	8,76	9,80	2,49
R	1,16	2,02	1,78	1,65	0,36
B	0,46	1,18	0,83	0,83	0,29



Obrázek 20 Antioxidační aktivita ACL v bio a konvenční zelenině

Z výsledků uvedených v tabulce 24, 25 a obrázku 20 vyplývá, že antioxidační aktivita ACL se liší nejen v závislosti na druhu zeleniny, ale i na způsobu pěstování. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny v obou vzorcích papriky 9,8 až 12,02 $\mu\text{mol Trolox/g}$. Nejmenší antioxidační aktivita byla zjištěna ve vzorcích okurky a to 0,37 až 0,55 $\mu\text{mol AK/g}$, což je více než publikovaný údaj 0,06 $\mu\text{mol Trolox/g}$ [38]. V analyzovaném vzorku červené řepy byla zjištěna antioxidační aktivita v rozmezí 2,09 až 2,43 $\mu\text{mol Trolox/g}$, publikovaný zdroj uvádí 3,57 $\mu\text{mol Trolox/g}$ [38]. Ve vzorcích rajčete byly stanoveny hodnoty 1,65 až 1,95 $\mu\text{mol Trolox/g}$, publikovaný zdroj uvádí 2,09 $\mu\text{mol AK/g}$ [38]. U vzorku mrkve byla zjištěna antioxidační aktivita v rozmezí 1,39 až 1,99 $\mu\text{mol Trolox/g}$ což je více, než bylo uvedeno v publikovaném zdroji a to 0,33 $\mu\text{mol Trolox/g}$ [38].

8.5.4 Statistické vyhodnocení antioxidační aktivity ACL v analyzovaných vzorcích zeleniny

V tabulce 26 je uvedeno statistické vyhodnocení výsledků antioxidační aktivity ACL v závislosti na typu pěstování.

Tabulka 26 Statistické vyhodnocení rozdílu antioxidační aktivity ACL v zelenině (*t*-test, $\alpha = 0,05$)

Antioxidační aktivita ACL v zelenině [$\mu\text{mol Troloxu/g}$]		
Vzorek	bio produkce	konvenční produkce z dovozu
ČR	2,43 ^a	2,09 ^a
C	0,79 ^a	0,39 ^b
M	1,99 ^a	1,39 ^a
Č	0,97 ^a	1,15 ^b
O	0,55 ^a	0,37 ^a
P	12,02 ^a	9,80 ^a
R	1,95 ^a	1,65 ^a
B	0,35 ^a	0,83 ^b

a, b, c – hodnoty s různým indexem v řádku jsou statisticky významné ($p > 0,05$)

V případě antioxidační aktivity ACL nebyl zjištěn v pěti vzorcích (červená řepa, mrkev, okurky, paprika, rajče) statisticky významný rozdíl. V dalších třech vzorcích (cibule, česnek, brambor) statisticky významný rozdíl zjištěn byl. Nicméně na rozdíl od ACW šest vzorků pocházejících z bio produkce (červená řepa, cibule, mrkev, okurky, paprika, rajče) mělo vyšší hodnotu ACL než vzorky pocházející z konvenční produkce z dovozu. Pouze u dvou vzorků (česnek ze Španělska a brambor z Polska), které pocházely z konvenční produkce, byla hodnota ACL vyšší než u vzorků z bio produkce z ČR. Ani na základě těchto výsledků není možné vyvodit obecný závěr, že vzorky zeleniny pěstované bio způsobem vykazovaly statisticky významné rozdíly v hodnotách ACL oproti vzorkům pěstovaným konvenčním způsobem.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo stanovení obsahu vitaminů C, E a β -karotenu v osmi vzorcích zeleniny, která pocházela z různých způsobů pěstování a z různých lokalit. Byla stanovena také základní charakteristika, jako je vlhkost a obsah sušiny. Vzhledem k možnosti vzniku sekundárních metabolitů s antioxidační aktivitou, které by se mohly tvořit jako přirozené ochranné látky z důvodu jiných podmínek pěstování bio zeleniny (méně hnojiva, absence ochranných prostředků proti škůdcům), byla stanovena i antioxidační aktivita ve vodě (ACW) a v tučných rozpustných látek (ACL) obsažených v konvenčních druhích zeleniny a zeleniny z bio produkce.

Ze statistického vyhodnocení výsledků obsahu sušiny nelze vyvodit obecný závěr závislosti obsahu sušiny na způsobu produkce vybraných druhů zeleniny. U dvou vzorků – cibule a okurky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky pocházejícími z bio produkce a z konvenční produkce z dovozu, u všech ostatních vzorků tento statisticky významný rozdíl zjištěn byl. Nicméně kromě červené řepy, byly zjištěny statisticky významné rozdíly v obsahu sušiny u všech vzorků pocházejících z konvenční produkce, které pocházely z různých destinací. Nejvyšší obsah sušiny v analyzované zelenině byl u vzorku česneku a to 32,5 až 35,5 %. Nejmenší obsah sušiny byl stanoven u vzorku okurek a to 3 až 3,8 %.

V případě vitamínu C byly u většiny vzorků zjištěny statisticky významné rozdíly v závislosti na způsobu i místě produkce, pouze u vzorku mrkve a okurek byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky z bio a konvenční produkce. U většiny vzorků se však na rozdílném obsahu podílely i jiné faktory. Nejvyšší obsahy vitamínu C byly stanoveny ve všech vzorcích papriky v množství 48,33 až 52,08 mg/100 g, nicméně námi stanovené množství je spíše na dolní hranici publikovaných údajů. Nejméně vitamínu C bylo zjištěno ve vzorcích okurek a to v rozmezí 3,05 až 4,63 mg/100 g což je opět při dolní hranici publikovaných údajů.

V případě vitamínu E je zřejmé, že nelze vyvodit obecný závěr ze statistického vyhodnocení výsledků obsahu vitamínu E v závislosti na způsobu produkce vybraných druhů zeleniny. U všech druhů analyzované zeleniny byly zjištěny statisticky nevýznamné rozdíly z pohledu způsobu produkce.

Nejvyšší obsahy vitamínu E byly stanoveny v obou vzorcích papriky, nicméně námi stanovené množství 0,49 až 0,51 mg/100 g je spíše na dolní hranici publikovaných údajů. Nejméně vitamínu E bylo zjištěno ve vzorcích česneku a to 0,02 mg/100 g, což je více než publikovaný údaj.

U většiny druhů analyzované zeleniny nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly z pohledu způsobu produkce. Pouze u vzorků mrkve a papriky byl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu β -karotenu mezi vzorky pocházející z bio produkce a konvenční produkce. Ani v případě β -karotenu tedy nelze vyvodit obecnou závislost na způsobu produkce. Nejvyšší obsahy β -karotenu byly stanoveny v obou vzorcích mrkve a námi stanovené množství 6,84 až 9,41 mg/100 g je v intervalu publikovaných údajů. Nejméně β -karotenu bylo zjištěno ve vzorcích červené řepy a to 0,01 mg/100 g, což je méně než publikovaný údaj.

V případě antioxidační aktivity ACW byly ve vzorcích zjištěny statisticky významné rozdíly mezi zeleninou pocházející z bio produkce a konvenční produkcí z dovozu, nicméně nelze vyvodit obecný závěr, který by podporoval myšlenku, že zelenina pocházející z bio produkce obsahuje větší množství ochranných látek s antioxidační aktivitou. Naopak u analyzovaných druhů zeleniny v pěti případech zeleniny pocházející z konvenční produkce z dovozu (cibule, mrkev, okurky, rajčata, brambory) byla antioxidační aktivita ACW vyšší než u vzorků pocházejících z bio produkce z ČR. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny v obou vzorcích papriky 5,02 až 21,99 $\mu\text{mol AK/g}$. Nejmenší antioxidační aktivita byla zjištěna ve vzorcích okurky a to 0,06 až 0,71 $\mu\text{mol AK/g}$, což je více než publikovaný údaj.

V případě antioxidační aktivity ACL nebyl zjištěn v pěti vzorcích (červená řepa, mrkev, okurky, paprika, rajče) statisticky významný rozdíl. Nicméně na rozdíl od ACW šest vzorků pocházejících z bio produkce (červená řepa, cibule, mrkev, okurky, paprika, rajče) mělo vyšší hodnotu ACL než vzorky pocházející z konvenční produkce z dovozu. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny v obou vzorcích papriky 9,8 až 12,02 $\mu\text{mol Trolox/g}$. Nejmenší antioxidační aktivita byla zjištěna ve vzorcích okurky a to 0,37 až 0,55 $\mu\text{mol AK/g}$, což je více než publikovaný údaj.

Ze získaných výsledků nelze vyvodit obecné závěry o rozdílném obsahu vitamínů, či hodnotách antioxidační aktivity mezi vzorky zeleniny pocházejících z bio a konvenční produkce. Je třeba zohlednit další faktory, které by mohly ovlivnit chemické složení zeleniny. Nesporný význam bio produkce však spočívá v šetrném způsobu hospodaření

s ohledem na životní prostředí. Obecně je možné konstatovat, že konzumace zeleniny je prospěšná pro zdraví člověka a je důležité její příjem zejména v ČR zvýšit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 1 sv. 580 s. ISBN 9788086659152.
- [2] DOUŠA, M. *Stanovení vitaminů, doplňkových látek a vybraných léčiv v krmivech*. Brno: ÚKZÚZ, 2007, 376 s. ISBN 978-80-86548-94-4
- [3] HYNIE, S. *Speciální farmakologie*. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2002, 202 s. ISBN 80-246-0416-7.
- [4] *Konference Vitaminy 2003 - Přírodní antioxidanty a volné radikály.: sborník konference*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. 1x ročně.
- [5] KOPEC, K. *Zelenina ve výživě člověka*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2010, 159 s. ISBN 978-80-247-2845-2.
- [6] DAVÍDEK, J. *Vitaminy*. [online]. [cit. 2014-20-10]. Dostupné na www: <[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vitaminy_\(1._LF,_NT\)](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vitaminy_(1._LF,_NT))>
- [7] VÁVROVÁ, J. *Vitaminy a stopové prvky 2007*. 1. vyd. Pardubice: SEKK, 2007. 155 s. ISBN 978-80-254-1171-1.
- [8] Obrázek Malpiegie. [online]. [cit. 2014-20-03]. Dostupné na www: <http://exoticke-rostliny.atlasrostlin.cz/malpiegie>
- [9] Obrázek Vakuová rotační odparka. [online]. [cit. 2014-30-03]. Dostupné na www: <http://www.heidolph-instruments.com/support/spare-parts/rotary-evaporators/laborota-4000-series/laborota-4010-and-4011/>
- [10] Obrázek Kapalinový chromatogram. [online]. [cit. 2014-30-03]. Dostupné na www: <http://www.thermoscientific.com/en/about-us/promotions/hplc-uhplc-biologics-development-identification-qc.html>
- [11] ČSN 46 7092-3. *Metody zkoušení krmiv: Část 3: Stanovení obsahu vlhkosti*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [12] BARBA, A.I. Olives, M. Cámara HURTADO, M.C. Sánchez MATA, V. Fernández RUIZ a M. López Sáenz de TEJADA. *Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β -carotene in vegetables*. Food Chemistry. 2006, roč. 95, č. 2, s. 328-336. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.028.

- [13] BRITTON, G., LIAAEN-JENSEN, S., PFANDER, H. *Carotenoids: Isolation and Analysis Volume – 1a*. Birkhauser Boston: 1 edition, December 1994, 400 s. ISBN 978-0817629083.
- [14] TSANOVA-SAVOVA, S., PETKOV,V.,VODENICHAROV,E., a RIBAROVA,F.. *Bulgarian traditional foods – sources of antioxidants. Acta Medica Medianae*. 2013, roč. 52, č. 1, s. 5-8. DOI: 10.5633/amm.2013.0101.
- [15] VERDE MENDEZ, C. M., E. M. RODRIGUEZ RODRIGUEZ, C. DIAZ ROMERO, M. C. SANCHEZ MATA, M. C. MATA LLANA GONZALEZ a M. E. TORIJA ISASA. *Vitamin C and organic acid contents in Spanish 'Gazpacho' soup related to the vegetables used for its elaboration process Contenidos de vitamina C y acidos organicos en Gazpacho y en las hortalizas usadas en su elaboracion. CyTA: Journal of Food*. 2011, roč. 9, č. 1, s. 71-76. DOI: 10.1080/19476331003654393.
- [16] WALTER J.V. *Diet and Health: Scientific Perspectives*. 2nd Ed. Stuttgart: Medpharm, 1998. 277 s. ISBN 0-8493-0289-7.
- [17] RICE-EVANS, A., PROTEGGENTE,A., PANNALA,A., PAGANGA,G., WAGNER, E., WISEMAN,S., VAN DE PUT,F., VAN BUREN,L., a DACOMBE,C. *The Antioxidant Activity of Regularly Consumed Fruit and Vegetables Reflects their Phenolic and Vitamin C Composition*. Free Radical Research. 2002, roč. 36, č. 2, s. 217-23
- [18] BUCHTOVÁ, I. *Situační a výhledová zpráva Zelenina*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2013, 72 s. ISBN 978-80-7434-130-4.
- [19] PETŘÍKOVÁ, K. a kol. *Zelenina: pěstování, ekonomika, prodej*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006. 240 s. ISBN 80-86726-20-7.
- [20] ROP, O., VALÁŠEK, P. a HOZA, I. *Teoretické principy konzervace potravin I. Hlavní konzervářské suroviny*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2008. 130 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-7318-339-4.
- [21] LÁNSKÁ, D. *Zelenina od A do Z: zeleninové pokrmy*. Vyd. 2. Praha: TeMi CZ, 2008. 143 s. ISBN 978-80-87156-10-0.
- [22] *Antioxidanty: zpomalte čas dietou*. 1. vyd. Praha: Sun, 2010, 111 s. ISBN 9788073713447.
- [23] RACEK, J. *Oxidační stres a jeho ovlivnění*. 1. vyd. Praha: Galén, c2003, 89 s. ISBN 8072622315.

- [24] *90 argumentů pro ekologické zemědělství*. 2. vyd. Olomouc: Bioinstitut, 2007. 16 s. Praktická příručka; č. 3. ISBN 978-80-87080-08-5.
- [25] *Právní předpisy pro ekologické zemědělství a produkci biopotravin*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2012, 148 s. ISBN 978-80-7434-059-8.
- [26] *Zákony pro ekologické zemědělství*. [online]. [cit. 2014-40-03]. Dostupné na [www: http://pro-bio.cz/Dotace-a-legislativa-zemedelcu/](http://pro-bio.cz/Dotace-a-legislativa-zemedelcu/)
- [27] *Ročenka ekologického zemědělství v České republice*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2013, 50 s. ISBN: 978-80-7434-139-7.
- [28] KONVALINA, P. *Zahradnictví: (pěstování polní zeleniny v ekologickém zemědělství) odborná monografie*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2007, 58 s. ISBN 978-80-7394-032-4.
- [28] ŠARAPATKA, B. a URBAN, J. *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO-BIO, 2006, 502 s. ISBN 80-87080-00-9.
- [29] SAMSONOVÁ, P. *Přípravky na ochranu rostlin: registrované v ČR, které je možné použít v ekologickém zemědělství*. 2., aktualiz. vyd. Olomouc: Bioinstitut, 2008. 29 s. Praktická příručka; č. 1. ISBN 978-80-87080-13-9.
- [30] *Akční plán ČR pro rozvoj ekologického zemědělství v letech 2011-2015 = Action plan for organic farming 2011-2015*. Praha: Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Českou technologickou platformou pro ekologické zemědělství, [2011]. 32 s. ISBN 978-80-7434-007-9.
- [31] NOVÁKOVÁ, L. a kol. *Moderní HPLC separace v teorii a praxi*. 1. vyd. Praha, 2013, 2 sv. (299, 235 s.). ISBN 978-80-260-4243-3.
- [32] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [33] DOUŠA, M. *Základy separačních metod se zaměřením na HPLC*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2002. 129 s. Učební texty pro pracovníky ÚKZÚZ. ISBN 80-86548-09-0.
- [34] SÝKORA, D., FÄHNRICH, J. *Kapalinová chromatografie a absorpční UV spektrofotometrie* [online]. [cit. 2014-40-17]. Dostupné na [www: http://www.vscht.cz/anl/lach1/6_LC.pdf](http://www.vscht.cz/anl/lach1/6_LC.pdf)

- [35] KOMPRDA, T. *Srovnání jakosti a zdravotní nezávadnosti biopotravin a konvenčních potravin*. Chem. Listy, 2009, 103, 729–732.
- [36] HAJŠLOVÁ, J, SCHULZOVÁ, V. *Porovnání produktů ekologického a konvenčního zemědělství*. Praha 2006. 24 s. Odborná studie VŠCHT. ISBN 80-7271-181-4.
- [37] PAULOVÁ, H., BOCHOŘÁKOVÁ H., TÁBORSKÁ, E. *Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro*. Chemické listy. 2004, roč. 98, č. 45, s. 174 - 179.
- [38] HOLASOVÁ, M., FIEDLEROVÁ, V. *Porovnání metod stanovení antioxidační aktivity v ovocných a zeleninových šťávách*. Chemické listy. 2011, roč. 105, s. 766 - 772.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HPLC – High Performance Liquid Chromatography

LC – Liquid Chromatography – Kapalinová chromatografie

GC – Gas Chromatography – Plynová chromatografie

RP – HPLC Systémy s reverzními fázemi

NP – HPLC Systémy s normálními fázemi

ACW – antioxidační aktivita ve vodě rozpustných látek

ACL – antioxidační aktivita v tučích rozpustných látek

PCL – fotochemiluminiscenční metoda

DPPH – 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl

FRAP – ferric reducing antioxidant potential – schopnost antioxidantů redukovat železité ionty

HPLC-ECD – HPLC s elektrochemickou detekcí

ORAC – oxygen radical absorbance capacity – schopnost inaktivovat kyslíkové (peroxylové) radikály

TEAC – trolox equivalent antioxidant capacity

UV - VIS – Ultrafialová viditelná oblast

UI – International unit

RE – Retinol Equivalents

ÚKZUZ – Ústřední a zkušební ústav zemědělský

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Spotřeba čerstvé zeleniny v ČR v letech 2000 – 2012 [kg/osoba/rok] [18]</i>	13
<i>Obrázek 2 Strukturní vzorec kyseliny askorbové [6]</i>	17
<i>Obrázek 3 Oxidace kyseliny L-askorbové na kyselinu Ldehydroaskorbvou [6]</i>	18
<i>Obrázek 4 Malpiegie – Malpighia emarginata [8]</i>	22
<i>Obrázek 5 Strukturní vzorec retinolu (vlevo) a retinalu (vpravo) [6]</i>	23
<i>Obrázek 6 Strukturní vzorec all-trans-retinolu, vitamínu A₁ [6]</i>	23
<i>Obrázek 7 Strukturní vzorec β-karotenu [6]</i>	23
<i>Obrázek 8 Strukturní vzorec tokoferolu (nahore), tokotrienolu (dole) [6]</i>	27
<i>Obrázek 9 Grafický znak, kterým se označí bioprodukt, biopotravina a ostatní bioprodukt v ČR [25]</i>	32
<i>Obrázek 10 Logo EU pro ekologickou produkci [25]</i>	32
<i>Obrázek 11 Blokové schéma HPLC. (1) Zásobníky mobilních fází, (2) odplynovač, (3) směšovač, (4) vysokotlaké čerpadlo, (5) dávkovač vzorku, (6) chromatografická kolona, (7) detektor, (8) sběrač frakcí, (9) datová stanice</i>	38
<i>Obrázek 12 Vakuová rotační odparka [9]</i>	47
<i>Obrázek 13 Kapalinový chromatograf ULtiMATE 3000 RS Column Compartment [10]</i>	47
<i>Obrázek 14 Photochem, Analytik Jena AG</i>	48
<i>Obrázek 15 Obsah sušiny v zelenině</i>	57
<i>Obrázek 16 Obsah vitamínu C v zelenině</i>	61
<i>Obrázek 17 Obsah vitamínu E v zelenině</i>	64
<i>Obrázek 18 Obsah β-karotenu v zelenině</i>	68
<i>Obrázek 19 Antioxidační aktivita ACW v bio a konvenční zelenině</i>	71
<i>Obrázek 20 Antioxidační aktivita ACL v bio a konvenční zelenině</i>	74

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Chemické složení vybraných druhů zelenin [20]</i>	16
<i>Tabulka 2 Deriváty 6-chromanolu [7]</i>	28
<i>Tabulka 3 Analyzované druhy zeleniny a jejich charakteristika</i>	45
<i>Tabulka 4 Složení mobilních fází při stanovení β-karotenu</i>	51
<i>Tabulka 5 Složení reakčních směsí při stanovení ACW</i>	52
<i>Tabulka 6 Složení reakčních směsí při stanovení ACL</i>	53
<i>Tabulka 7 Obsah sušiny v zelenině z bio produkce</i>	55
<i>Tabulka 8 Obsah sušiny v zelenině z konvenční produkce z dovozu</i>	56
<i>Tabulka 9 Obsah sušiny v zelenině z konvenční produkce z České republiky</i>	56
<i>Tabulka 10 Statistické vyhodnocení rozdílu obsahu sušiny v zelenině (t – test ,$\alpha = 0,05$)</i>	58
<i>Tabulka 11 Obsah vitamínu C v zelenině z bio produkce</i>	59
<i>Tabulka 12 Obsah vitamínu C v zelenině z konvenční produkce z dovozu</i>	60
<i>Tabulka 13 Obsah vitamínu C v zelenině z konvenční produkce z České republiky</i>	60
<i>Tabulka 14 Statistické vyhodnocení rozdílu obsahu vitamínu C v zelenině (t – test, $\alpha = 0,05$)</i>	62
<i>Tabulka 15 Obsah vitamínu E v zelenině z bio produkce</i>	63
<i>Tabulka 16 Obsah vitamínu E v zelenině z konvenční produkce z dovozu</i>	64
<i>Tabulka 17 Statistické vyhodnocení rozdílu obsahu vitamínu E v zelenině (t - test, $\alpha = 0,05$)</i>	66
<i>Tabulka 18 Obsah β-karotenu v zelenině z bio produkce</i>	67
<i>Tabulka 19 Obsah β-karotenu v zelenině z konvenční produkce z dovozu</i>	67
<i>Tabulka 20 Statistické vyhodnocení rozdílu obsahu β-karotenu v zelenině (t – test ,$\alpha = 0,05$)</i>	69
<i>Tabulka 21 Antioxidační aktivita ACW v bio zelenině</i>	70
<i>Tabulka 22 Antioxidační aktivita ACW v konvenční zelenině z dovozu</i>	70
<i>Tabulka 23 Statistické vyhodnocení rozdílu antioxidační aktivity ACW (t - test, $\alpha = 0,05$)</i>	72
<i>Tabulka 24 Antioxidační aktivita ACL v bio zelenině</i>	73
<i>Tabulka 25 Antioxidační aktivita ACL v konvenční zelenině</i>	73
<i>Tabulka 26 Statistické vyhodnocení rozdílu antioxidační aktivity ACL v zelenině (t - test,$\alpha = 0,05$)</i>	75

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I: <i>Tabulka - stanovení vlhkosti bio zelenina</i>	87
PŘÍLOHA II: <i>Tabulka - stanovení vlhkosti konvenční zelenina dovoz</i>	88
PŘÍLOHA III: <i>Tabulka - stanovení vlhkosti konvenční zelenina Česká republika</i>	89
PŘÍLOHA IV: <i>Tabulka - stanovení obsahu vitaminů C v bio zelenině</i>	90
PŘÍLOHA V: <i>Tabulka - stanovení obsahu vitaminů C v konvenční zelenině z dovozu</i>	91
PŘÍLOHA VI: <i>Tabulka - stanovení obsahu vitaminů C v konvenční zelenině z České republiky</i>	92
PŘÍLOHA VII: <i>Tabulka - stanovení obsahu vitaminů E v bio zelenině</i>	93
PŘÍLOHA VIII: <i>Tabulka - stanovení obsahu vitaminů E v konvenční zelenině z dovozu</i>	94
PŘÍLOHA IX: <i>Tabulka - stanovení obsahu β-karotenu v bio zelenině</i>	95
PŘÍLOHA X: <i>Tabulka - stanovení obsahu β-karotenu v konvenční zelenině z dovozu</i>	96
PŘÍLOHA XI: <i>Tabulka obsah vitamínu C dle jiných zdrojů</i>	97
PŘÍLOHA XII: <i>Tabulka obsah vitamínu E dle jiných zdrojů</i>	97
PŘÍLOHA XIII: <i>Tabulka obsah β-karotenu dle jiných zdrojů</i>	98
PŘÍLOHA XIV: <i>Tabulka antioxidační aktivita dle jiných zdrojů</i>	98

PŘÍLOHA I: Tabulka - stanovení vlhkosti bio zelenina

Vzorek	m_0 - vysušené prázdne mis- ky + tyčinka + písek [g]	m - na- vážka vzorku [g]	m_1 - miska + navážka [g]	m_2 - po vy- sušení [g]	Vlhkost [%]	Sušina [%]
1ČR	26,7671	1,0174	27,7845	26,8656	90,3	9,7
2ČR	26,4428	1,1078	27,5506	26,5478	90,5	9,5
3ČR	26,7157	1,0172	27,7329	26,8109	90,6	9,4
1C	28,7124	1,0165	29,7289	28,8163	89,8	10,2
2C	26,7136	1,0333	27,7469	26,8239	89,3	10,7
3C	26,6677	1,4392	28,1069	26,8159	89,7	10,3
1M	24,5246	1,0141	25,5387	24,6283	89,8	10,2
2M	29,1135	1,0311	30,1446	29,2175	89,9	10,1
3M	29,0835	1,0319	30,1154	29,1895	89,7	10,3
1Č	29,1458	1,0656	30,2114	29,5243	64,5	35,5
2Č	28,6996	1,0168	29,7164	29,0574	64,8	35,2
3Č	29,2074	1,0468	30,2542	29,5789	64,5	35,5
1O	29,1005	1,2478	30,3483	29,1378	97,0	3,0
2O	28,7281	1,1477	29,8758	28,7632	96,9	3,1
3O	26,3593	1,2052	27,5645	26,3948	97,1	2,9
1P	29,1205	1,0715	30,1920	29,1707	95,3	4,7
2P	28,7080	1,0671	29,7751	28,7618	95,0	5,0
3P	25,4954	1,0703	26,5657	25,5475	95,1	4,9
1R	25,6546	1,1277	26,7823	25,7129	94,8	5,2
2R	29,1229	1,2078	30,3307	29,1884	94,6	5,4
3R	26,0790	1,0570	27,1360	26,1364	94,6	5,4
1B	29,0552	1,0031	30,0583	29,1934	86,2	13,8
2B	28,9306	1,0742	30,0048	29,0757	86,5	13,5
3B	26,0887	1,0826	27,1713	26,2328	86,7	13,3

PŘÍLOHA II: Tabulka - stanovení vlhkosti konvenční zelenina dovoz

Vzorek	m_0 - vysušené prázdné mis- ky + tyčinka + písek [g]	m - naváž- ka vzorku [g]	m_1 - miska + navážka [g]	m_2 - po vy- sušení [g]	Vlhkost [%]	Sušina [%]
1ČR	29,9005	1,0012	30,9017	30,0215	87,9	12,1
2ČR	30,3181	1,0180	31,3361	30,4432	87,7	12,3
3ČR	27,7472	1,0489	28,7961	27,8720	88,1	11,9
1C	27,7473	1,0760	28,8233	27,8600	89,5	10,5
2C	29,4298	1,0221	30,4519	29,5350	89,7	10,3
3C	27,3462	1,0239	28,3701	27,4458	90,3	9,7
1M	28,3842	1,0277	29,4119	28,4781	90,9	9,1
2M	27,0562	1,0796	28,1358	27,1530	91,0	9,0
3M	29,5690	1,0290	30,5980	29,6642	90,7	9,3
1Č	26,2666	1,0623	27,3289	26,6098	67,7	32,3
2Č	25,2325	1,0760	26,3085	25,5858	67,2	32,8
3Č	30,0146	1,0721	31,0867	30,3609	67,7	32,3
1O	25,4106	1,1795	26,5901	25,4472	96,9	3,1
2O	30,1587	1,0185	31,1772	30,1899	96,9	3,1
3O	27,9640	1,0294	28,9934	27,9965	96,8	3,2
1P	30,0318	1,0765	31,1083	30,0906	94,5	5,5
2P	27,3392	1,0751	28,4143	27,3973	94,6	5,4
3P	27,3848	1,0424	28,4272	27,4411	94,6	5,4
1R	28,0388	1,0024	29,0412	28,0796	95,9	4,1
2R	27,9904	1,0491	29,0395	28,0358	95,7	4,3
3R	27,0190	1,1640	28,1830	27,0644	96,1	3,9
1B	25,5085	1,0146	26,5231	25,7114	80,0	20,0
2B	26,9872	1,0916	28,0788	27,2054	80,0	20,0
3B	27,3411	1,0045	28,3456	27,5424	80,0	20,0

PŘÍLOHA III: Tabulka - stanovení vlhkosti konvenční zelenina Česká republika

Vzorek	m_0 - vysušené prázdné mis- ky + tyčinka + písek [g]	m - naváž- ka vzorku [g]	m_1 - miska + navážka [g]	m_2 - po vy- sušení [g]	Vlhkost [%]	Sušina [%]
1ČR	30,0295	1,2119	31,2414	30,1788	87,7	12,3
2ČR	25,4207	1,0732	26,4939	25,5533	87,6	12,4
3ČR	29,0113	1,0623	30,0736	29,1442	87,5	12,5
1C	27,5049	1,0502	28,5551	27,6091	90,1	9,9
2C	25,7437	1,0864	26,8301	25,8458	90,6	9,4
3C	27,4462	1,0139	28,4601	27,5428	90,5	9,5
1M	27,3161	1,0354	28,3515	27,4223	89,7	10,3
2M	27,6315	1,0036	28,6351	27,7333	89,9	10,1
3M	27,0673	1,0893	28,1566	27,1846	89,2	10,8
1Č	30,0884	1,0231	31,1115	30,4424	65,4	34,6
2Č	26,6664	1,0794	27,7458	27,0386	65,5	34,5
3Č	30,0154	1,0623	31,0777	30,3809	65,6	34,4
1O	27,5459	1,0689	28,6148	27,5881	96,1	3,9
2O	27,7537	1,0849	28,8386	27,7951	96,2	3,8
3O	26,4204	1,1896	27,6100	26,4641	96,3	3,7
1P	27,8062	1,0644	28,8706	27,8682	94,2	5,8
2P	27,5413	1,1753	28,7166	27,6048	94,6	5,4
3P	27,2591	1,0821	28,3412	27,3223	94,2	5,8
1R	27,5498	1,1901	28,7399	27,6122	94,8	5,2
2R	28,3158	1,3050	29,6208	28,3826	94,9	5,1
3R	28,0352	1,0052	29,0404	28,0896	94,6	5,4
1B	27,5605	1,0267	28,5872	27,7440	82,1	17,9
2B	28,4212	1,0367	29,4579	28,6040	82,4	17,6
3B	27,2483	1,0138	28,2621	27,4224	82,8	17,2

PŘÍLOHA IV: Tabulka - stanovení obsahu vitaminů C v bio zelenině

Vzo- rek	Koncentrace [µg/ml]		Průměr- ná kon- centrace [µg/ml]	Naváž- ka vzorku [g]	Obsah vitaminu C [mg/100 g]	Sušina [%]	Obsah vita- minu C v su- šině [mg/100 g]
1ČR	29,1337	28,3282	28,731	5,0445	14,24	9,5	149,7240
2ČR	27,7982	27,9878	27,893	5,0551	13,79	9,5	145,0524
3ČR	27,9863	27,8623	27,8623	5,0345	13,84	9,5	145,4856
1C	42,7549	42,6364	42,6957	5,0103	21,30	10,4	204,8456
2C	40,6905	41,6019	41,1462	5,0571	20,34	10,4	195,5847
3C	41,5320	40,3450	40,9385	5,0167	20,40	10,4	196,1645
1M	17,4325	17,4270	17,4298	5,0191	8,68	10,2	85,1148
2M	15,2392	15,8699	15,5546	5,0422	7,71	10,2	75,6096
3M	16,2643	15,9734	16,1189	5,0361	8,00	10,2	78,4476
1Č	61,1469	62,1666	61,6568	5,0522	30,51	35,4	86,1860
2Č	60,6601	61,6331	61,1466	5,0685	30,16	35,4	85,1980
3Č	60,5342	61,2514	60,8928	5,0432	30,19	35,4	85,2700
1O	6,6273	6,4064	6,5169	5,0439	3,23	3,0	107,6688
2O	5,9898	5,7454	5,8676	5,0119	2,93	3,0	97,5611
3O	5,8745	6,1324	6,0035	5,0253	2,99	3,0	99,5538
1P	102,1356	102,0479	102,0920	5,1477	49,58	4,9	1018,0954
2P	101,0192	107,4580	104,2390	5,0420	51,69	4,9	1061,2966
3P	102,2543	103,1324	102,6930	5,0251	51,09	4,9	1049,0801
1R	27,8940	26,0623	26,9782	5,0682	13,31	5,3	249,2052
2R	24,2730	21,7120	22,9925	5,0305	11,43	5,3	213,9803
3R	22,4651	21,4576	21,9614	5,0241	10,93	5,3	204,6442
1B	27,2034	26,4760	26,8397	5,0994	13,16	13,5	97,2525
2B	28,3678	25,5980	26,9829	5,0376	13,39	13,5	98,9708
3B	26,2354	25,3652	25,8003	5,0321	12,82	13,5	94,7366

PŘÍLOHA V: Tabulka - stanovení obsahu vitaminů C v konvenční zelenině z dovozu

Vzo rek	Koncentrace [μg/ml]		Průměr- ná kon- centrace [μg/ml]	Naváž- ka vzorku [g]	Obsah vi- taminu C [mg/100 g]	Sušina [%]	Obsah vita- minu C v sušině [mg/100 g]
1ČR	22,1130	21,5308	21,8219	5,0062	10,90	12,1	90,1360
2ČR	20,5414	22,2373	21,3894	5,0333	10,62	12,1	87,8736
3ČR	21,5209	22,6169	22,0689	5,0227	10,98	12,1	90,8567
1C	60,5423	62,5765	61,5594	5,0843	30,27	10,2	297,9268
2C	62,6770	62,5051	62,5911	5,1638	30,30	10,2	298,2560
3C	60,4652	57,4781	58,9717	5,0109	29,42	10,2	289,5835
1M	22,8995	21,7676	22,3336	5,0294	11,10	9,1	121,7270
2M	23,5181	22,1413	22,8297	5,0191	11,37	9,1	124,6865
3M	22,9379	24,7840	23,861	5,0628	11,78	9,1	129,1939
1Č	56,1130	54,5308	55,3219	5,0469	27,40	32,5	84,3716
2Č	52,3783	56,3731	54,3757	5,0085	27,14	32,5	83,5644
3Č	52,8518	50,6097	51,7308	5,0214	25,76	32,5	79,2954
1O	10,2599	10,9899	10,6249	5,0222	5,29	3,1	170,0632
2O	8,6890	8,7331	8,71105	5,0394	4,32	3,1	138,9541
3O	8,3791	9,0148	8,69695	5,0899	4,27	3,1	137,3527
1P	103,4189	103,7426	103,581	5,0153	51,63	5,4	952,6269
2P	107,5153	106,1140	106,815	5,0393	52,99	5,4	977,6904
3P	103,7509	103,1773	103,464	5,0100	51,63	5,4	952,5607
1R	24,7564	23,6011	24,1788	5,0210	12,04	4,1	293,6296
2R	23,6644	23,4015	23,533	5,1258	11,48	4,1	279,9438
3R	22,5851	23,4811	23,0331	5,1737	11,13	4,1	271,4609
1B	23,5314	23,4358	23,4836	5,0201	11,69	20,0	58,4447
2B	23,9541	22,8210	23,3876	5,0131	11,66	20,0	58,2869
3B	20,1799	21,2747	20,7273	5,0843	10,19	20,0	50,9336

PŘÍLOHA VI: Tabulka - stanovení obsahu vitaminů C v konvenční zelenině z České republiky

Vzo rek	Koncentrace [μg/ml]		Průměr- ná kon- centrace [μg/ml]	Naváž- ka vzorku [g]	Obsah vitaminu C [mg/100 g]	Sušina [%]	Obsah vita- minu C v su- šině [mg/100 g]
1ČR	27,1019	27,1701	27,136	5,3099	12,78	12,4	103,0333
2ČR	25,9007	25,6138	25,7573	5,3269	12,09	12,4	97,4862
3ČR	26,3561	25,1324	25,7443	5,2451	12,27	12,4	98,9566
1C	33,0182	33,0135	33,0159	5,2411	15,75	9,6	163,7061
2C	32,2026	32,2057	32,2042	5,0521	15,94	9,6	165,6551
3C	32,1465	32,1252	32,1359	5,1325	15,65	9,6	162,7143
1M	24,9101	25,0568	24,9835	5,2025	12,01	10,4	115,5486
2M	23,4016	23,1993	23,3005	5,0329	11,57	10,4	111,3962
3M	22,7853	23,1245	22,9549	5,1523	11,14	10,4	107,2010
1Č	38,8220	38,4293	38,6257	5,0850	18,99	34,5	55,0435
2Č	37,0166	37,0129	37,0148	5,0762	18,23	34,5	52,8393
3Č	36,7984	36,8346	36,8165	5,0325	18,29	34,5	53,0127
1O	8,4496	9,5489	8,99925	5,1556	4,36	3,8	114,5360
2O	8,3827	8,6021	8,4924	5,1705	4,11	3,8	107,7737
3O	8,2367	8,1076	8,17215	5,0974	4,01	3,8	105,1968
1P	104,3059	103,2990	103,802	5,3147	48,83	5,7	858,1369
2P	102,3921	100,4187	101,405	5,2893	47,93	5,7	842,3462
3P	101,4578	100,6871	101,072	5,2387	48,23	5,7	847,6899
1R	20,3440	21,9394	21,1417	5,3311	9,91	5,3	188,4852
2R	17,1328	17,2059	17,1694	5,1610	8,32	5,3	158,1154
3R	17,4512	17,0254	17,2383	5,2654	8,18	5,3	155,6028
1B	19,8716	18,1367	19,0042	5,2176	9,11	17,6	51,8553
2B	17,2102	18,5908	17,9005	5,1662	8,66	17,6	49,3298
3B	17,1543	17,5487	17,3515	5,2652	8,24	17,6	46,9178

PŘÍLOHA VII: Tabulka - stanovení obsahu vitamínů E v bio zelenině

Vzorek	Koncentrace [μg/ml]		Průměrná koncentrace [μg/ml]	Navážka vzorku [g]	Obsah vitamínu E [mg/100 g]	Sušina [%]	Obsah vitamínu E v sušině [mg/100 g]
1ČR	0,0000	0,0000	0,0000	10,0665	0,00	9,5	0,0000
2ČR	0,0000	0,0000	0,0000	10,1150	0,00	9,5	0,0000
3ČR	0,0000	0,0000	0,0000	10,0780	0,00	9,5	0,0000
1C	0,0060	0,0002	0,0031	10,1748	0,00	10,4	0,0059
2C	0,0004	0,0007	0,0006	10,0284	0,00	10,4	0,0011
3C	0,0003	0,0005	0,0004	10,0523	0,00	10,4	0,0008
1M	1,4585	1,4453	1,4519	10,1270	0,29	10,2	2,8112
2M	1,5557	1,4833	1,5195	10,1692	0,30	10,2	2,9298
3M	1,4689	1,3978	1,4334	10,1345	0,28	10,2	2,7732
1Č	0,1096	0,1048	0,1072	10,0728	0,02	35,4	0,0601
2Č	0,1170	0,1017	0,1094	10,0568	0,02	35,4	0,0614
3Č	0,1045	0,1089	0,1067	10,1432	0,02	35,4	0,0594
1O	0,4558	0,4233	0,4396	10,0209	0,09	3,0	2,9242
2O	0,5291	0,3991	0,4641	10,2460	0,09	3,0	3,0197
3O	0,4672	0,3781	0,4227	10,1435	0,08	3,0	2,7778
1P	2,3590	2,4433	2,4012	10,0600	0,48	4,9	9,8022
2P	2,6000	2,7518	2,6759	10,1867	0,53	4,9	10,7879
3P	2,5761	2,6512	2,6137	10,1764	0,51	4,9	10,5476
1R	1,9661	1,9171	1,9416	10,3118	0,38	5,3	7,0520
2R	2,1614	2,2681	2,2148	10,1210	0,44	5,3	8,1958
3R	1,8963	1,9341	1,9152	10,3654	0,37	5,3	6,9202
1B	0,2730	0,2656	0,2693	10,0192	0,05	13,5	0,3973
2B	0,2558	0,2398	0,2478	10,1852	0,05	13,5	0,3596
3B	0,2670	0,2587	0,2629	10,2612	0,05	13,5	0,3787

PŘÍLOHA VIII: Tabulka - stanovení obsahu vitaminů E v konveční zelenině z dovozu

Vzo- rek	Koncentrace [μg/ml]		Průměrná koncent- race [μg/ml]	Navážka vzorku [g]	Obsah vitaminu E [mg/100 g]	Sušina [%]	Obsah vita- minu E v sušině [mg/100 g]
1ČR	0,0000	0,0000	0,0000	10,0492	0,00	12,1	0,0000
2ČR	0,0000	0,0000	0,0000	10,0293	0,00	12,1	0,0000
3ČR	0,0000	0,0000	0,0000	10,0143	0,00	12,1	0,0000
1C	0,0031	0,0002	0,0017	10,0755	0,00	10,2	0,0032
2C	0,0000	0,0000	0,0000	10,1084	0,00	10,2	0,0000
3C	0,0001	0,0002	0,0002	10,1873	0,00	10,2	0,0003
1M	1,3885	0,9250	1,1568	10,1739	0,23	9,1	2,4934
2M	1,1576	0,9056	1,0316	10,0209	0,21	9,1	2,2576
3M	1,1256	0,9123	1,0190	10,1309	0,20	9,1	2,2057
1Č	0,0900	0,0976	0,0938	10,0626	0,02	32,5	0,0574
2Č	0,0858	0,0935	0,0897	10,0989	0,02	32,5	0,0547
3Č	0,0976	0,0867	0,0922	10,1476	0,02	32,5	0,0559
1O	0,2323	0,2846	0,2585	10,0847	0,05	3,1	1,6481
2O	0,1842	0,1942	0,1892	10,1564	0,04	3,1	1,1980
3O	0,1974	0,1867	0,1921	10,0954	0,04	3,1	1,2234
1P	2,4452	2,3717	2,4085	10,0209	0,48	5,4	8,8687
2P	2,4363	2,5888	2,5126	10,0795	0,50	5,4	9,1983
3P	2,3654	2,4367	2,4011	10,0845	0,48	5,4	8,7857
1R	1,9612	1,9434	1,9523	10,0914	0,39	4,1	9,4372
2R	1,9462	1,9157	1,9310	10,0802	0,38	4,1	9,3443
3R	1,8967	1,1341	1,5154	10,0124	0,30	4,1	7,3830
1B	0,1864	0,1725	0,1795	10,1894	0,04	20,0	0,1760
2B	0,1561	0,1439	0,1500	10,0994	0,03	20,0	0,1484
3B	0,1651	0,1534	0,1593	10,0345	0,03	20,0	0,1586

PŘÍLOHA IX: Tabulka - stanovení obsahu β -karotenu v bio zelenině

Vzo- rek	Koncentrace [$\mu\text{g/ml}$]		Průměrná koncentrace [$\mu\text{g/ml}$]	Navážka vzorku [g]	Obsah β - karotenu [mg/100 g]	Sušina [%]	Obsah β - karotenu v sušině [mg/100 g]
1ČR	0,0010	0,0013	0,0012	5,0319	0,00	9,5	0,0243
2ČR	0,0110	0,0080	0,0095	5,1243	0,02	9,5	0,2048
3ČR	0,0102	0,0098	0,0100	5,0745	0,02	9,5	0,2134
1C	0,0000	0,0000	0,0000	5,1440	0,00	10,4	0,0000
2C	0,0000	0,0000	0,0000	5,2928	0,00	10,4	0,0000
3C	0,0000	0,0000	0,0000	5,0712	0,00	10,4	0,0000
1M	2,9767	2,9363	2,9565	5,1358	6,07	10,2	59,5451
2M	3,5605	3,7405	3,6505	5,0163	7,32	10,2	71,8118
3M	3,4869	3,5839	3,5354	5,0376	7,12	10,2	69,8429
1Č	0,0000	0,0000	0,0000	5,0442	0,00	35,4	0,0000
2Č	0,0000	0,0000	0,0000	5,0951	0,00	35,4	0,0000
3Č	0,0000	0,0000	0,0000	5,1341	0,00	35,4	0,0000
1O	0,0243	0,0289	0,0266	5,0736	0,05	3,0	1,7994
2O	0,0217	0,0154	0,0186	5,1359	0,04	3,0	1,2703
3O	0,0157	0,0176	0,0167	5,1034	0,03	3,0	1,1330
1P	0,3451	0,4150	0,3801	5,0200	0,76	4,9	15,6702
2P	0,4213	0,3782	0,3998	5,0114	0,80	4,9	16,4543
3P	0,4152	0,4021	0,4087	5,0124	0,82	4,9	16,8240
1R	0,2145	0,3154	0,2650	5,2854	0,56	5,3	10,4896
2R	0,3256	0,3425	0,3341	5,2431	0,70	5,3	13,1195
3R	0,3678	0,3214	0,3446	5,2213	0,72	5,3	13,4776
1B	0,0004	0,0005	0,0005	5,0106	0,00	13,5	0,0067
2B	0,0003	0,0009	0,0006	5,1461	0,00	13,5	0,0091
3B	0,0005	0,0006	0,0006	5,0234	0,00	13,5	0,0082

PŘÍLOHA X: Tabulka - stanovení obsahu β -karotenu v konveční zelenině z dovozu

Vzo rek	Koncentrace [$\mu\text{g/ml}$]		Průměrná koncentrace [$\mu\text{g/ml}$]	Navážka vzorku [g]	Obsah β - karotenu [mg/100 g]	Sušina [%]	Obsah β - karotenu v sušině [mg/100 g]
1ČR	0,0196	0,0148	0,0172	5,1847	0,02	12,1	0,1475
2ČR	0,0036	0,0041	0,0039	5,1544	0,00	12,1	0,0328
3ČR	0,0068	0,0056	0,0062	5,1245	0,01	12,1	0,0526
1C	0,0008	0,0003	0,0006	5,1288	0,00	10,2	0,0056
2C	0,0027	0,0026	0,0027	5,1967	0,00	10,2	0,0271
3C	0,0016	0,0023	0,0020	5,1324	0,00	10,2	0,0197
1M	8,9046	9,2015	9,0531	5,2378	9,48	9,1	103,9870
2M	9,4036	9,4035	9,4036	5,0309	9,46	9,1	103,7463
3M	9,1256	9,0178	9,0717	5,1203	9,29	9,1	101,8637
1Č	0,0024	0,0019	0,0022	5,0409	0,00	32,5	0,0067
2Č	0,0301	0,0293	0,0297	5,0952	0,03	32,5	0,0932
3Č	0,0256	0,0178	0,0217	5,0367	0,02	32,5	0,0673
1O	0,0426	0,0404	0,0415	5,1678	0,04	3,1	1,3792
2O	0,0538	0,0491	0,0515	5,1574	0,05	3,1	1,7064
3O	0,0412	0,0452	0,0432	5,1267	0,04	3,1	1,4243
1P	0,3589	0,3620	0,3605	5,0683	0,37	5,4	6,7412
2P	0,2739	0,2830	0,2785	5,0246	0,28	5,4	5,1627
3P	0,2678	0,2789	0,2734	5,0213	0,27	5,4	5,0648
1R	0,6196	0,6239	0,6218	5,2607	0,65	4,1	15,9553
2R	0,8099	0,8033	0,8066	5,0714	0,82	4,1	19,9541
3R	0,7645	0,8245	0,7945	5,1034	0,81	4,1	19,7788
1B	0,0095	0,0091	0,0093	5,0746	0,01	20,0	0,0472
2B	0,0103	0,0095	0,0099	5,1233	0,01	20,0	0,0507
3B	0,0094	0,0096	0,0095	5,0984	0,01	20,0	0,0484

PŘÍLOHA XI: Tabulka obsah vitaminu C dle jiných zdrojů

DRUH ZELENINY	Vitamin C [mg/100 g]						interval
	[5]	[1]	[16]	[14]	[15]	[17]	
ČERVENÁ ŘEPA	11,4	6,5	6				6-11,4
CIBULE	6,9	9 - 10	8	11,7	8,26	6	6-11,7
MRKEV	4,9	5 - 10	9				4,9-9
ČESNEK	9,2	15 - 16	31		9,36		9,2-31
OKUREK	5,9	6,5 - 11	5		8,48		5-11
PAPRIKA	120	62 - 300	-	102	125	116,8	62-300
RAJČE	22,4	8 - 38	18	17	15,8	18	8-38
BRAMBOR	23,2	8 - 40	-				8-40

PŘÍLOHA XII: Tabulka obsah vitaminu E dle jiných zdrojů

DRUH ZELENINY	Vitamin E [mg/100 g]			
	[5]	[1]	[16]	interval
ČERVENÁ ŘEPA			0,1	0,1
CIBULE			0,31	0,31
MRKEV	2,6	0,25 - 0,45	0,44	0,25 - 2,6
ČESNEK	0,01		0,01	0,01
OKUREK	0,09		0,15	0,09 - 0,15
PAPRIKA	0,8			0,8
RAJČE	1,22	0,36 - 0,49	0,34	0,34 - 1,22
BRAMBOR	0,06	0,06 - 0,09		0,06 - 0,09

PŘÍLOHA XIII: Tabulka obsah β -karotenu dle jiných zdrojů

DRUH ZELENINY	β -karoten [mg/100 g]		
	[5]	[1]	interval
ČERVENÁ ŘEPA	0,02		0,02
CIBULE	0,017		0,017
MRKEV	1,538	2-9,5	1,538 - 9,5
ČESNEK	0,02		0,02
OKUREK	0,041		0,041
PAPRIKA	0,265	0,38-2,4	0,265 - 2,4
RAJČE	0,359	0,3-9	0,3-9
BRAMBOR	0,012		0,012

PŘÍLOHA XIV: Tabulka antioxidační aktivita dle jiných zdrojů

DRUH ZELENINY	antioxidační aktivita [μ mol AK/g – ACW, μ mol Trolox/g – ACL]		
	ACW [38]	ACL [38]	CELKOVÁ [5]
ČERVENÁ ŘEPA	5,21	3,57	8,41
CIBULE			4,49
MRKEV	0,06	0,33	2,07
ČESNEK			19,39
OKUREK	0,21	0,06	0,54
PAPRIKA			7,13
RAJČE	2,53	2,09	1,89
BRAMBOR			