

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Studijní program: M 4101 Zemědělské inženýrství  
Studijní obor: Všeobecné zemědělství  
Katedra: Katedra biologických disciplín  
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Téma: Sledování a vyhodnocení obsahu nitrátů  
v kořenových a košťálových druzích zeleniny  
distribovaných v obchodní síti

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Suchý, Ph.D

Autor: Jana Nováková

České Budějovice, duben 2010

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum: 18. 4. 2010

.....

Poděkování patří vedoucímu mé diplomové práce Ing. Karlu Suchému Ph.D., jehož cenné rady a odborné vedení přispěly k vypracování této práce.

## Obsah

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....</b>	<b>8</b>
2.1. Význam zeleniny.....	8
2.2. Složení zeleniny.....	10
2.3. Zdravotní rizika zeleniny.....	12
<b>3. DUSÍK.....</b>	<b>13</b>
3.1. Význam dusíku v přírodě.....	13
3.2. Dusík v půdě .....	14
3.3. Příjem dusíku rostlinami.....	19
3.4. Dusík v rostlině.....	20
<b>4. DUSIČNANY.....</b>	<b>22</b>
4.1. Význam dusičnanů pro lidský organismus.....	22
4.2. Faktory ovlivňující obsah dusičnanů v zelenině.....	24
4.2.1. Vliv odrůdy, druhu a části rostliny.....	24
4.2.2. Vliv stanoviště a způsobu pěstování.....	26
4.2.3. Vliv vegetačních podmínek a délky vegetace.....	27
4.2.4. Vliv hnojení.....	29
4.2.5. Vliv sklizně a skladování.....	30
4.3. Možnosti snížení obsahu dusičnanů v zelenině.....	31
4.3.1. Agrotechnická opatření.....	31
4.3.2. Potravinářské a kuchyňské zpracování.....	32
4.4. Limity dusičnanů v zelenině.....	33
<b>5. METODIKA.....</b>	<b>35</b>
5.1. Stanovení dusičnanů iontově selektivní metodou.....	35
5.2. Odběr vzorků.....	35
5.3. Příprava vzorků pro měření.....	36
5.4. Vlastní měření vzorků.....	37
5.5. Výpočet koncentrace $\text{NO}_3^-$ ze stanovení pomocí ISE.....	37
5.6. Vyhodnocení výsledků.....	38
<b>6. VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>39</b>
6.1. Brambory.....	41
6.2. Kořenová zelenina.....	43

6.3. Košťálová zelenina.....	47
<b>7. ZÁVĚR.....</b>	<b>51</b>
<b>8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>53</b>
<b>9. PŘÍLOHY.....</b>	<b>58</b>

## 1. ÚVOD

Z hlediska významu ve výživě široké populace řadíme na přední místa zeleninu a ovoce (PRUGAR 2000). Zelenina obsahuje základní živiny – sacharidy, bílkoviny, tuky – i řadu specifických látek nezbytných pro lidské zdraví. Konzumace zeleniny pomáhá předcházet civilizačním chorobám, podporovaným nesprávným životním stylem, nevhodnou výživou a narušeným životním prostředím (ŠROT 1999).

Celková spotřeba zeleniny je u nás nízká. Z hlediska zdraví a našich pěstitelských možností se považuje za optimální spotřebu zeleniny 150 kg na osobu a rok, tzn. pro dospělé okolo 0,5 kg na den (u dětí v závislosti na tělesné váze úměrně méně) (STRATIL 1993a).

Podle údajů Českého statistického úřadu z 30. 11. 2009 spotřeba zeleniny od roku 1990, kdy činila 66,6 kg na osobu za rok, postupně rostla. Maxima dosáhla v roce 1999 (85,3 kg na osobu). Od té doby má klesající tendenci. Poslední údaje z roku 2008 uvádějí 82,8 kg zeleniny na osobu.

Nejen u zeleniny, ale u všech potravin je nutné sledovat zdravotní nezávadnost a kvalitu. V České Republice se kontrolou potravin zabývá Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Činnost Státní zemědělské a potravinářské inspekce vychází ze zákona č. 110/97 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích, z novely zákona č. 146/2020 Sb. o SZPI, zákona č. 552/91 Sb. o státní kontrole a odpovídá principům kontroly potravin uplatňovaným ve státech Evropské unie. Kontrola zdravotní nezávadnosti zahrnuje kontrolu mikrobiologických požadavků a obsahu cizorodých látek, mezi které patří i dusičnany.

V zeleninových výpěstcích se však nemohou považovat za cizorodé, protože jsou produktem asimilace rostlin. Vyskytují se v rostlinných pletivech, kde představují přirozenou anorganickou zásobu dusíku, který rostlina později přemění na organickou látku a využije. Dusičnany se stávají nežádoucí látkou, pokud jejich koncentrace ve sklizňové fázi je nadměrná a přesáhne určitou přípustnou mez.

Akumulace dusičnanů v čerstvé zelenině závisí především na druhu zeleniny, vegetačních podmínkách, hnojení, agrotechnice, době a způsobu sklizně, způsobu skladování a kuchyňské úpravě zeleniny.

Cílem práce bylo zmonitorovat množství obsahu dusičnanů v některých druzích kořenové a košťálové zeleniny a tím přispět ke sledování zdravotní nezávadnosti zeleniny distribuované do obchodní sítě města Humpolec v letech 2008 – 2010.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Význam zeleniny

Zelenina je jednou z hlavních součástí výživy člověka. Rostliny poskytují člověku nejen základní živiny (bílkoviny, tuky, cukry), ale i důležité vitamíny, minerální látky, hrubou vlákninu, silice a mnoho dalších ochranných a léčivých látek. K zelenině patří několik desítek rostlinných druhů. Zařazení většiny z nich je jednoznačné, jen některé nelze přesně oddělit od jiných plodin. Mnohé rostlinné druhy se používají jako zelenina pro své domnělé nebo skutečně léčivé vlastnosti a pro svou aromatickou a kořenou chuť (TRONÍČKOVÁ 1985).

K zelenině patří kulturní rostliny s nízkým obsahem energie, jejichž určité části mohou sloužit ke konzumu přímo anebo po jednoduché tepelné úpravě. V podmínkách mírného klimatického pásma se pěstuje 60 – 80 druhů zeleniny (STRATIL 1993a).

Nízká energetická hodnota zeleniny není nedostatkem, ale naopak předností. Svým objemem a složením dává zelenina pocit nasycení a pomáhá v boji s obezitou (PEKÁRKOVÁ 2000).

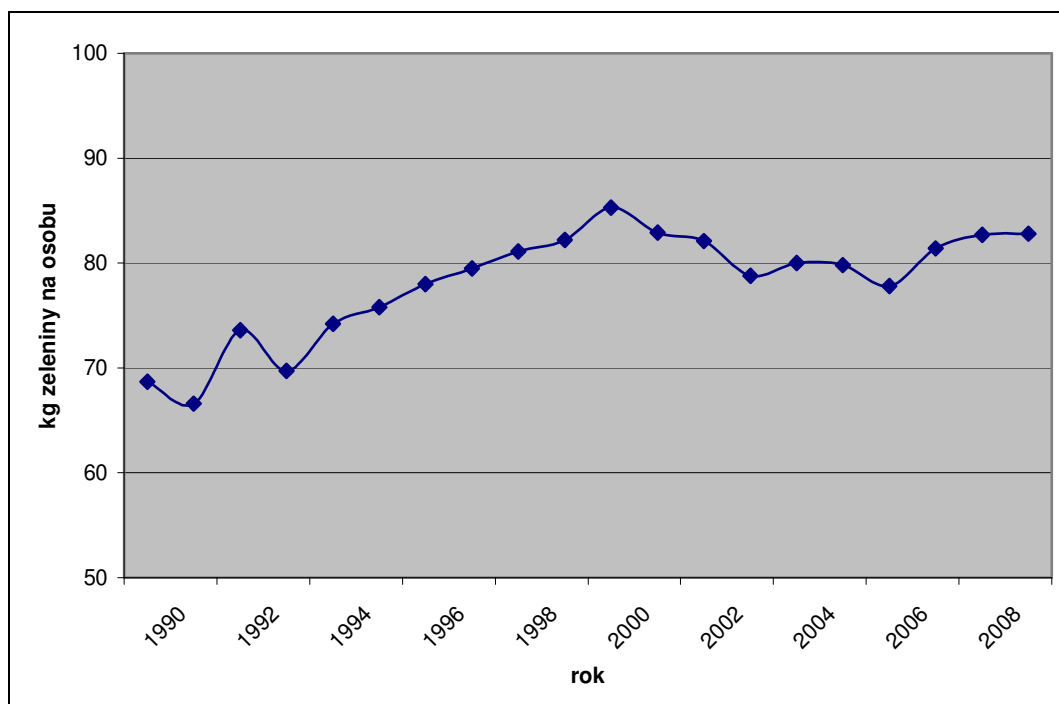
Zelenina má velmi příznivý vliv na lidské zdraví a je neodmyslitelnou součástí lidské výživy. Jedním z nejzávažnějších současných výživových problémů je nízká spotřeba zeleniny. Pokud má lidský organismus fungovat bez poruch, potřebuje pravidelný přívod vitamínů ze stravy, protože jde o organické látky, které si sám nedokáže syntetizovat (KRÁLOVÁ 2010).

Výzkumy sledující vliv stravy na lidské zdraví se shodují v tom, že zdravá výživa je pestrá výživa. Pestrou stravou se zároveň omezí i příjem škodlivin z jednostranně zaměřeného výběru potravin.

Ve vyspělých zemích činí roční spotřeba zeleniny na osobu více než 130 kg, v zemích Evropské unie se průměr pohybuje kolem 115 kg. V České Republice je to jen 81 kg (PEKÁRKOVÁ 2000).

Spotřebu zeleniny v kg na osobu v letech 1989 – 2008 znázorňuje graf 2.1.

Graf č. 2.1: Vývoj spotřeby zeleniny v ČR hodnotě čerstvé na jednoho obyvatele v letech 1989 – 2008



zdroj: ČSÚ

Nedostatečná konzumace ovoce a zeleniny patří mezi nejčastější rizikové faktory, které přispívají ke zvýšené úmrtnosti obyvatelstva. Odhaduje se, že celosvětově nízký příjem ovoce a zeleniny má za následek 19 % případů rakoviny zažívacího traktu, 31 % případů ischemické choroby srdeční a 11 % srdečních příhod. Naopak dostatečný přísun ovoce a zeleniny by mohl každoročně zachránit 2,7 milionu životů.

V rámci prevence doporučují odborníci sníst minimálně 400 g ovoce a zeleniny denně (bez brambor a dalších škrobových potravin). Větší část tohoto množství by měla tvořit zelenina. Z vitaminů obsahuje zelenina především provitamin A. Zejména mrkev, rajčata a špenát. Vitamin B1 je nejvíce obsažen v hrášku, cibuli, košťálové zelenině, rajčatech a špenátu. Vitamin B2 se nachází ve špenátu, fazolových luscích, hrášku, květáku, salátu. Vitamin B6 je v salátu, hrášku, kapustě a rajčatech. Zelenina je také významným zdrojem vitaminu C (nejvíce v paprice, kapustě, kedlubně, květáku, zelí, listové zelenině, zelených natích),



vitaminu K (v listové zelenině) a kyseliny listové (nachází se ve špenátu, kvěťáku, petrželi a tykvi).

Z minerálních látek obsahuje zelenina např. vápník (petržel, mrkev, kapusta, zelí, špenát), hořčík (listová zelenina, petržel, špenát, kedlubny, hrášek, rajčata), železo (pór, špenát, petržel, celer, kedlubny), síru (košťálová zelenina, cibule, česnek, ředkve, ředkvičky, křen), měď (hrášek, paprika, špenát) a další látky.

Z výše uvedeného vyplývá, že ovoce a zelenina tvoří významnou složku naší stravy, která působí jako preventivní faktor mnoha civilizačních nemocí. Zeleninu i ovoce bychom proto měli v doporučeném množství konzumovat rovnoměrně po celý rok a kombinovat přitom různé druhy, které jsou v daném ročním období k dispozici (KOHOUT 2004).

Zelenina je jednou z mála potravin, na jejíž prospěšnosti pro zdraví se shodují všichni, kdo se zabývají výživou člověka. Její zdravotní působení je možno shrnout do několika bodů:

1. Zelenina dodává organismu vitamíny a minerální látky při malém obsahu energie, čímž působí proti obezitě
2. Převahou zásaditých prvků upravuje acidobazickou rovnováhu.
3. Dodává organismu nezávadnou vodu a podporuje její vylučování.
4. Podporuje vylučování trávicích šťáv žluči.
5. Zvyšuje střevní peristaltiku a snižuje vstřebávání škodlivých látek.
6. Upravuje složení střevní mikroflóry.
7. Snižuje množství vylučovaných metabolitů močí a zlepšuje funkci ledvin.
8. Snižuje krevní tlak.
9. Má ochranné působení proti ateroskleróze a nádorovým onemocněním.

(STRATIL 1993a)

## 2.2 Složení zeleniny

Obsah jednotlivých živin závisí na druhu, odrůdě, půdním stanovišti, způsobu pěstování, hnojení, klimatických podmínkách a stupni zralosti (PEKÁRKOVÁ 2000).

Hlavní součástí zeleniny je voda (75 – 95 %). V ní jsou rozpuštěny organické a anorganické látky ve fyziologicky přijatelné formě (TRONÍČKOVÁ 1985).

*Bílkoviny* obsahuje zelenina málo (nejčastěji 1 – 1,5 %). V zelenině můžeme konzumovat až 5 g bílkovin denně (STRATIL 1993a). Jsou to však bílkoviny neplnohodnotné, protože v nich většinou chybí některé z tzv. nepostradatelných aminokyselin. Plnohodnotné bílkoviny má pouze sója (TRONÍČKOVÁ 1985).

*Tuky* zelenina téměř neobsahuje (0,1 – 0,4 %). Přesto jsou významné, protože jsou součástí organických látek podílejících se na vytváření chuti a vůně.

*Sacharidy* jsou v zelenině významné pro chuť i jako zdroj energie. Jejich množství je většinou malé 3 – 25 %, nejčastěji 5 – 9 %. Jsou zastoupeny jednoduchými cukry glukózou a fruktózou, které jsou téměř ve všech druzích zeleniny, disacharidem sacharózou a polysacharidy škrobem a inulinem.

Vláknina je velmi prospěšnou složkou zeleniny a její obsah je 0,5 – 2 %. Její obsah závisí na stupni zralosti; u starších zelenin je vyšší.

*Vitamíny* jsou v zelenině jednou z nejdůležitějších složek.

Vitamín A zeleniny sice neobsahují, zato obsahují hodně jeho provitamínu (STRATIL 1993a). Působí při růstu organismů, pomáhají proti infekcím a pomáhají udržet činnost imunitního systému. Ze stravy se využijí lépe, pokud se surovina připraví tepelně na tuku.

Vitamín B<sub>1</sub> (thiamin) reguluje hospodaření organismu s vodou. Snadno se ze zeleniny vylouhuje dlouhým máčením, zejména z nakrájené nebo nastrohané zeleniny. Vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin) se podílí na rozkladu a správném využití sacharidů, tuků a bílkovin. V organismu společně s ostatními vitaminy skupiny B posiluje imunitní systém. Vitamin B<sub>6</sub> (pyridoxin) je důležitý pro rozklad a využití bílkovin, cukrů a tuků z potravy, podporuje uvolnění zásob glukózy jako zdroje energie v játrech a ve svalech. Vitamin B<sub>12</sub> (kyanokobalamin) je nezbytný při tvorbě genetického materiálu, pomáhá tvořit a obnovovat červené krvinky a tím předcházet chudokrevnosti (KRÁLOVÁ 2010).

Zelenina má významný obsah vitamínu C (POKLUDA 2010). Tělo si z něj netvoří zásoby, proto musí být ve stravě pravidelně doplňován. Jeho důležitost se projevuje při prevenci nemocí z nachlazení (KRÁLOVÁ 2010).

*Minerální látky* tvoří 0,4 – 2 % a zelenina je jejich nejlepším zdrojem. Obsahuje v dostatečném množství některé prvky, které jsou poměrně nedostatkové. Převaha zásaditých prvků v zelenině dobře vyrovnává převahu kyselinotvorných minerálií v mase, obilovinách, některých luštěninách a vejcích.

Vedle základních živin obsahuje zelenina biologicky aktivní a farmakologicky účinné látky. Prospěšná jsou i některá barviva, zejména chlorofyl, karoten, lykopen, xantofyl, kapsantin a flavonová barviva.

Nejnámější z alkaloidů v zelenině je solanin vyskytující se v bramborách.

Chuť zeleniny je způsobena zejména obsahem cukrů, organických kyselin, hořčin a štiplavých látek. Z kyselin jsou nejvíce zastoupeny kyselina šťavelová, jablečná, citronová, vinná a mravenčí. Chuť zeleniny zvyšují aromatické látky (STRATIL 1993a).

### **2.3 Zdravotní rizika zeleniny**

Do těla člověka se dostává během života mnoho zdraví škodlivých látek. Z celkového množství těchto látek pochází u většiny osob okolo 90 % z potravy, zbytek z vody a vdechovaného vzduchu (STRATIL 1993b).

Nebezpečím jsou rezidua pesticidů, tj. přípravků pro chemickou ochranu proti chorobám, škůdcům a plevelům. Tyto látky se mohou ukládat v rostlinách, a proto je nelze smýt. Eventuální znečištění spadem škodlivin z ovzduší odstraníme důkladným omýváním zeleniny tekoucí vodou, případně vařením.

Zdrojem znečištění zeleniny bývá někdy i mikrobiální kontaminace při nedovoleném hnojení fekáliemi. Nebezpečí se odstraní důkladným omýváním a vařením zeleniny (TRONÍČKOVÁ 1985).

STRATIL (1993b) řadí mezi nejzávažnější kontaminaty ze zemědělské výroby dusičnany, kadmium a rtuť. Přítomnost dusičnanů přisuzuje dusíkatým hnojivům, používaným ve velkém a často nadměrném množství.

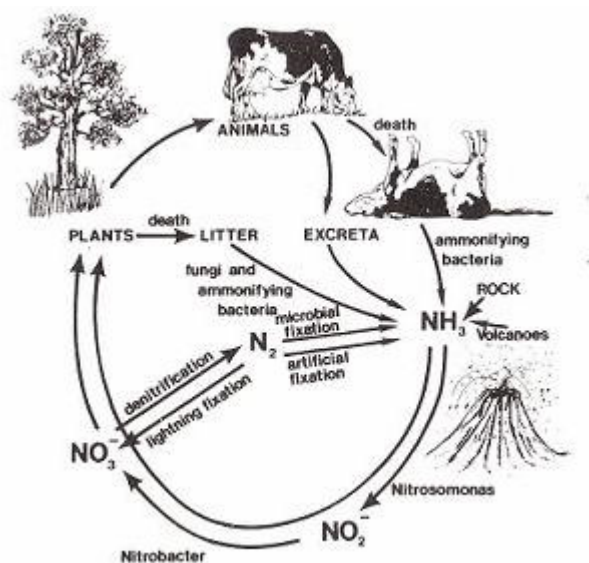
Vysoké dávky dusíkatých hnojiv sice zvyšují výnosy zeleniny, zejména listové, ale zanechávají v ní zvýšený obsah dusičnanů, které se mění ve zdraví škodlivé dusitany. Zeleninu proto nesmíme přehnojovat dusíkatými hnojivy, a to hlavně v zimě a brzy na jaře (TRONÍČKOVÁ 1985). V minulosti byly dusičnany považovány za velké zdravotní nebezpečí, ale způsob, kterým byla protidusičnanová kampaň vedena, zkrátil laikovi některé skutečnosti. Dusičnany jsou přirozenou složkou rostlinných pletiv a vedle intenzity hnojení se na jejich obsahu podílí i fyziologický stav rostliny (CAUDROVÁ a KUŠTA 1992).

## 3. DUSÍK

### 3.1. Význam dusíku v přírodě

Z rostlinných makroživin zapojených do koloběhu v přírodě a ovlivňujících dynamiku přírodních pochodů má dominantní postavení právě dusík (MÍČA 1993). Bez dusíku by život na této planetě, jak ho známe, nemohl existovat. Je v různých kombinovaných formách vázaných v biosféře, kde tvoří hlavní součást mnoha klíčových sloučenin (LEWIS 1986). Celkové množství dusíku na naší planetě se odhaduje na  $2,17 \cdot 10^{17}$  t (TESAŘ, VANĚK 1992). Dusík je přirozenou součástí přírodního prostředí (MÍČA et al., 1991). Je nezbytnou součástí organických látek těl živočichů a rostlin, součástí bílkovin plazmy a jádra buněk. Životní pochody, které probíhají v buňkách, jsou změnami bílkovin, z toho je zřejmé, jak významnou úlohu v životě má dusík (HUBÁČEK 1988).

Obr. 3.1: Koloběh dusíku v biosféře



Zdroj: LEWIS 1986

Největší část dusíku je v přírodě obsažena ve volném stavu. Anorganické sloučeniny, ve kterých je dusík vázán, se v přírodě nevyskytují ve velkých množstvích (HUBÁČEK 1988). Základními formami anorganického dusíku v půdě jsou amoniaková ( $\text{NH}_4^+$ ) a dusičnanová ( $\text{NO}_3^-$ ), které jsou pro výživu rostlin rozhodující (MÍČA 1993). Půda obsahuje nevelká množství dusíku ve formě

anorganické (dusičnany, dusitany, amonné soli) a ve formě vázané v organických sloučeninách.

Prvotním zdrojem dusíku je atmosféra. Ve vzduchu je dusík převládající součástí a jeho podíl činí 75,51 % hmotnostních, tj. 78,08 % objemových; převážně jde o elementární plynný dusík ( $N_2$ ). Z atmosféry se dusík dostává do půdy prostřednictvím fixace mikroorganismy, prostřednictvím průmyslových a organických hnojiv, ve srážkách a v pevném spadu (TESAŘ a VANĚK 1992).

### 3.2 Dusík v půdě

Cyklus koloběhu dusíku zahrnuje rozklad kombinovaného dusíku z odumřelých rostlin a těl živočichů mikrobiální činností, jeho průchod půdou v různých formách a konečnou re-absorpci rostlinami ve formě bílkovin, nukleových kyselin a dalších dusíkatých sloučenin živých buněk rostlin a živočichů (LEWIS 1986).

Koncentrace iontů dusíku ( $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ) v půdě je adekvátní jejich importu dusíkatými hnojivy, exportu úrodou, intenzitě uvolňování z organických sloučenin, ztrátám v plynné nebo kapalně formě a dalším faktorům, které se uplatňují při procesech mineralizace, imobilizace a denitrifikace (BÍZIK 1989).

Celkový obsah dusíku v orniční vrstvě půd je v rozmezí 0,1 – 0,2 %, může však kolísat v rozmezí (0,03 - 0,5 %). Při tomto obsahu je v ornici 3 000 – 6 000 kg N na 1 ha. Z tohoto množství jsou jen 1 – 2 % rostlinám dostupné ve formě  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ , případně  $NO_2^-$  (TESAŘ a VANĚK 1992).

Čím je zásoba dusíku v půdním roztoku vyšší, tím méně je rostlina schopna obě formy dusíku využít ke stavbě bílkovinné molekuly a může docházet k nežádoucí akumulaci dusičnanů v tkáních rostlin (MÍČA 1993).

Minerální dusíkaté látky, ať už vznikly v půdě nebo byly do půdy dodány, nejsou stabilní složkou půdy. Ani jedna z forem anorganického dusíku není přímo zabudována do bílkovin, ale musí být nejprve transformována přes ketokyseliny do molekul aminokyselin (MÍČA 1993).

Rozhodující podíl dusíku v půdě je v organických sloučeninách (95 – 98 %). (MÍČA et al., 1991).

MÍČA (1993) upozorňuje na charakteristickou vlastnost půdního dusíku, jeho sezónnost, které podléhají obě složky půdního dusíku. Větší dynamikou se vyznačuje forma dusičnanová v porovnání s formou amoniakovou. Proto jsou sezónní rozdíly zvýrazněny zejména dusičnany.

Ke zdrojům organického dusíku v půdě patří biomasa mikrobů, metabolity organismů žijících v půdě, rostlinné a živočišné zbytky, humus aj. (TESAŘ a VANĚK 1992). Organické látky podléhají v půdě působením mikroorganismů složitým biochemickým procesům a organicky vázaný dusík přechází v amoniak a amonné soli, které jsou konečnými produkty rozkladu. Tyto produkty částečně přijímají rostliny, jednak podléhají dalšímu působení mikroorganismů. Výsledkem této činnosti je kyselina dusičná a její neutralizací vzniklé dusičnany (HUBÁČEK 1988).

Dusík přijímaný rostlinami v amoniakální formě se vřazuje do makromolekulárních vazeb, zatímco dusičnanový dusík (před jeho redukcí na dusitanový) se může za určitých okolností vyskytovat v rostlinách na hranici optima (MÍČA et al., 1991). O tom, která z obou forem je přednostně přijímána, rozhoduje nejenom jejich obsah v půdním roztoku, ale i požadavky druhu plodiny a ekologické podmínky. Plodiny pěstované na orné půdě mají dusík k dispozici hlavně ve formě  $\text{NO}_3^-$ , a to i když bylo hnojeno amoniakální formou dusíku. Je to způsobeno tím, že amoniakální forma dusíku ( $\text{NH}_4^+$ ) je z velké části poutána na sorpční komplex, takže její podíl v půdním roztoku je malý na rozdíl od nitrátového dusíku, který nemůže být poután (BAIER et al., 1988).

Obsah celkového N v půdě se často uvádí v souvislosti s obsahem humusu v půdě nebo s obsahem oxidovatelného uhlíku ( $\text{C}_{\text{ox}}$ ) jako poměr C:N. V našich půdách je průměrná hodnota C:N kolem 10:1. Množství humusu je vyšší v ornici než v hlubších vrstvách, a proto i dusíku je v ornici 5 – 10 krát více. (KOLÁŘ 1987).

Rozkladné a syntetické procesy v půdě jsou v úzkém vztahu s aktivitou jednotlivých skupin mikroorganismů, které souvisí s teplotou a vlhkostí půdy, s hodnotou pH, obsahem kyslíku ale i solí v půdě (BÍZIK 1989).

Podle KOLÁŘE (1987) ovlivňuje přeměny dusíku v půdě řada faktorů. Především podmínky povětrnostní a půdní, vliv samotných zemědělských plodin a vliv agrotechnických opatření.

## Mineralizace

V koloběhu dusíku v půdě můžeme pozorovat dva základní protichůdné procesy. Je to mineralizace organických dusíkatých sloučenin, kdy se nejprve uvolňuje amoniak, který je oxidován přes nitrity až na nitráty a naopak syntéza složitých organických látek, imobilizace minerálních forem dusíku, hlavně  $\text{NH}_4^+$  mikroorganismy:

organické látky → amoniak → dusitany → dusičnany (TESAŘ a VANĚK 1992)

Při mineralizaci dochází k třístupňové konverzi organického dusíku na minerály (animizace, amonizace, nitrifikace) a uvolňuje se energie, kterou využívají heterotrofní mikroorganismy, přičemž se anorganický dusík znovu zabudovává do organických sloučenin (BÍZIK 1989). Při rozkladu organických látek enzymy mikrobů hydrolyticky štěpí složitější látky na jednodušší, např. bílkoviny až na aminokyseliny, které dále podléhají deaminaci za vzniku amoniaku a dalších látek. Tato amonizace probíhá za aerobních i anaerobních podmínek a množství uvolněného amoniaku závisí na množství organických látek v půdě, jejich kvalitě, především na poměru C:N. Je-li C:N užší než 20:1, dochází k mírnému hromadění  $\text{NH}_3$  v půdě (TESAŘ a VANĚK 1992).

LEWIS (1986) formuloval tři hlavní aspekty ovlivňující mineralizaci takto:

- Obsah vody v půdě – Mineralizace probíhá velmi pomalu v suché půdě, ale se stoupajícím obsahem vody se zlepšuje.
- Provdzdušňenost půdy – Většina půd vykazuje prudké snížení mineralizace, když je vlhkost půdy vyšší než 70 % z důvodu špatné provzdrušňenosti.
- Teplota – Většina organismů zapojených do mineralizace je termofilních a optimální teplota pro amonifikaci je mezi  $40^0\text{ C}$  a  $60^0\text{ C}$ .

## Imobilizace

Opačným pochodem mineralizace je vazba minerálního dusíku do organické formy, totiž imobilizace dusíku (KOLÁŘ 1987).

KOLÁŘ (1987) přisuzuje závislost imobilizace těmto faktorům:

- přísun organické hmoty do půdy s širokým poměrem C:N (více než 25 – 30)
- dostupnost N pro mikroorganismy, čím je nižší, tím je imobilizace větší
- životní podmínky mikroorganismů (při nízké teplotě, suchu a kyselých půdní reakci je imobilizace zpomalována)

- dávky dusíkatých hnojiv, absolutní množství imobilizovaného N z minerálních hnojiv stoupá s vyšší dávek N
- zájem rostlin a mikroorganismů o dodaný N (imobilizace v půdě s rostlinným pokryvem probíhá hlavně v prvních týdnech)
- forma použitých dusíkatých hnojiv (při použití dusíkatých hnojiv amonných je imobilizace větší, než při aplikaci hnojiv ledkových; je to dáno faktem, že půdní mikroorganismy využívají přednostně  $\text{NH}_4^+$  před  $\text{NO}_3^-$ )

### **Nitrifikace**

V biologicky činných půdách podléhá amonný dusík nitrifikaci. Nitrifikace je biologická oxidace amoniaku na dusičnany, která se uskutečňuje ve dvou etapách. Jako nitritace a nitratice (RICHTER a HLUŠEK 2006). Na první fázi nitrifikace se podílejí nitrifikační bakterie (*Nitrosomonas*, *Nitrosospira*, *Nitrosocystis*) na druhé fázi nitratální bakterie (*Nitrobacter*) (TESAŘ a VANĚK 1992).

Nitrifikace je na rozdíl od amonizace proces velmi citlivý na vnější podmínky. Probíhá s dostatečnou intenzitou v rozmezí pH 5,0 – 8,5, optimální teplota je 20 °C – 30 °C. Při 5 °C – 10 °C probíhá pozvolna a při nižších teplotách se téměř zastavuje. Je žádoucí dostatek vzduchu v půdě a vlhkost okolo 70 % maximální vodní kapacity. *Nitrobacter* je citlivější k nedostatku vzduchu v půdě, vyšší koncentraci  $\text{NH}_3$  a také k vyšším hodnotám pH, což může být příčinou rozdělení obou fází nitrifikace a hromadění nitritů v půdě (TESAŘ a VANĚK 1992). Nitrifikaci brzdí i vyšší koncentrace solí v půdě, např. síran amonný (BÍZIK 1989). Nitrifikace je často uváděna do souvislosti s půdní úrodností – čím je vyšší půdní úrodnost, tím je vyšší nitrifikace. Je to naprosto přirozený proces v půdách, který však může vést ke ztrátám dusíku (vyplavení i následné deaminaci  $\text{NO}_3^-$ ). S ohledem na tyto skutečnosti jsou hledány možnosti omezení a usměrnění (inhibice) nitrifikace různými preparáty, při jejichž použití se mohou snížit ztráty dusíku i omezit hromadění  $\text{NO}_3^-$  v pletivech rostlin (TESAŘ a VANĚK 1992).

### **Denitrifikace**

Je proces, při kterém bakterie oxidují organické látky při současné redukci  $\text{NO}_3^-$  přes  $\text{NO}_2^-$  až na  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  a  $\text{N}_2$ . Na denitrifikaci se podílejí fakultativní anaerobní bakterie, které v anaerobních podmínkách využívají kyslík dusičnanů (TESAŘ, VANĚK 1992). Nejběžnějšími denitrifikačními bakteriemi jsou



*Pseudomonas*, *Paracoccus* a *Thiobacillus* (LEWIS 1986). Mikrobiální denitrifikace probíhá intenzivněji v neutrálním až alkalickém prostředí, při vyšších teplotách a nedostatku kyslíku v půdě. Nutnou podmínkou celé reakce je přítomnost lehce hydrolyzovatelné organické hmoty – uhlíkatých sloučenin a nitrátového dusíku (TESAŘ a VANĚK 1992). Denitrifikace se více uplatňuje při nadbytku vody v půdě a při nedostatku kyslíku (BÍZIK 1989).

V denitrifikačních procesech v půdě se uplatňuje i rhizosféra. Kořeny rostlin odebírají kyslík a vytvářejí mikrocentra anaerobních podmínek, na druhé straně svými exudáty mohou sloužit jako donátory pro denitrifikační bakterie (KOLÁŘ 1987).

Ztráta dusíku denitrifikací jsou způsobeny tím, že z nitrátů vznikají NO, N<sub>2</sub>O, nebo N<sub>2</sub> (RICHTER a HLUŠEK 2006).

Denitrifikace je ovlivněna několika faktory:

- Obsah kyslíku v prostředí – Kyslík potlačuje tvorbu redukcujících enzymů v denitrifikačních organismech a inhibuje jejich funkci.
- Obsah vody v půdě – Zvýšená vlhkost má za následek vznik anaerobních podmínek. Dosahuje-li vlhkost 60 % polní vodní kapacity, denitrifikace je slabá, dalším vzestupem vlhkosti rychle stoupá.
- Obsah organické hmoty v půdě – Denitrifikace v půdě ustává poklesne-li množství organické hmoty pod 1 %.
- pH půdy – optimum pro denitrifikace je pH 7 – 7,5. Při nižším pH než 4,5 a vyšším než pH 10 je proces denitrifikace potlačen.
- Teplota půdy – optimální teplota půdy pro denitrifikaci je 30 °C. Pod 10 °C denitrifikace ustává (KOLÁŘ 1987). Při vysokých teplotách (60 °C – 65 °C) probíhá denitrifikace stále rychle.

LEWIS (1986) také zmiňuje, že vysoká úroveň sacharidů v půdě může podporovat denitrifikaci, protože dodávají energii pro mikrobiální respiraci.

### **3.3 Příjem dusíku rostlinami**

Dusík je naprosto nepostradatelným prvkem pro tvorbu asimilačních orgánů i pro zajištění všech důležitých funkcí rostlinných pletiv. Rostlinné bílkoviny obsahují v průměru 15 – 18,9 % dusíku (TESAŘ a VANĚK 1992).

Existují faktory, které přímo či nepřímo ovlivňují změny dusíkatých látek v půdě a jejich metabolismus v rostlině. To se projevuje v koncentraci dusičnanů v rostlině a jejích orgánech (MÍČKA 1993).

Příjem nitrátů kořeny rostlin a jeho následná redukce a asimilace představují hlavní způsob, jímž je anorganický dusík přeměňován na organický (PROCHÁZKA et al., 1998).

Většina rostlin je schopna extrahovat dusičnany z kořenového prostředí, které se soustředí v kořenové tkáni nebo xylému na úrovni mnohem vyšší než v okolním prostředí (LEWIS 1986).

Rostliny vytvořily řadu regulačních mechanismů, jimiž je příjem dusíku řízen víceméně v souladu s „potřebami“ rostliny, určenými rychlostí jejich růstu (PROCHÁZKA et al., 1998).

Vyšší rostliny jsou schopny přijímat z půdy především dusičnanové ( $\text{NO}_3^-$ ) a amonné ( $\text{NH}_4^+$ ) ionty. Do určité míry mohou rostliny přijímat i některé organické látky, např. aminokyseliny, močovinu a další. I nadzemní části rostlin, zvláště listy, jsou schopny přijímat a včlenit do metabolismu dusík z anorganických i organických sloučenin. Základní složkou dusíkaté výživy rostlin jsou však ionty  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  (TESAŘ a VANĚK 1992).

Při příjmu živin listy ionty a molekuly pronikají do rostlin mikropóry v kutikule. Ionty se dostávají bez větších překážek do volných prostorů v buněčných stěnách a do mezibuněčných dutin listu. Příjem živin kořeny se děje především diferenciací zónou kořenového vlášení (BAIER et al., 1988).

Rychlost příjmu nitrátů obvykle nedosahuje maximální možné rychlosti, jíž se vyznačují kořeny. Kontrola příjmu nitrátů je spíše negativní v tom smyslu, že je řízena na nižší než možnou úroveň. Regulace může být realizována poměrem organických kyselin a aminokyselin transportovaných ve floému z listů do kořenů. Při relativním nedostatku dusíku v listech jsou do floému vkládány přednostně organické kyseliny (ve srovnání s aminokyselinami). Naopak nadbytek dusíku vede k transportu aminokyselin (PROCHÁZKA et al., 1998).

Výrazný vliv vykazuje pH prostředí. V kyselé oblasti převažuje příjem  $\text{NO}_3^-$  a v alkalickém a neutrálním prostředí se příjem obou iontů vyrovnává, nebo je vyšší příjem  $\text{NH}_4^+$ . V biologicky činných půdách vlivem poměrně rychlé oxidace amonného dusíku (nitrifikace) přijímají rostliny více  $\text{NO}_3^-$  a proto také v rozmezí hodnot pH 5,5 – 6,5 nejsou velké rozdíly v působení a příjmu dusíku z obou forem.

Také teplota ovlivňuje příjem dusíku. Při nižší teplotě se snižuje příjem  $\text{NO}_3^-$  a je vyšší příjem  $\text{NH}_4^+$ . Naopak zvýšená aerace půd zvyšuje příjem  $\text{NH}_4^+$ .

Rostliny však přijímají více  $\text{NO}_3^-$ . Je to dáno tím, že v důsledku nitrifikace je i amonný dusík postupně oxidován na dusičnanový, který je snadno pohyblivý v půdě a tím dobře přijatelný pro rostliny. Dusičnanový aniont má také širší optimální pH, při kterém je přijímán a může se hromadit v rostlinných pletivech, aniž by poškozoval rostlinu (TESAŘ a VANĚK 1992).

### 3.4 Dusík v rostlině

Pro metabolismus dusíku v rostlině je důležité, aby byl dostatek  $\text{NO}_3^-$  iontů v těch částech rostliny, kde probíhá jejich intenzivní redukce. Hromadění dusičnanů nebo jejich omezená redukce jsou často spojené s nedostatkem mikroelementů, které tvoří součást enzymů (BÍZIK 1989). Podle TESAŘE a VAŇKA (1992) mají zvláště významnou roli molybden, měď, mangan, železo a hořčík. V nepříznivých růstových podmínkách se však dusičnany v rostlině nadměrně akumulují a čekají na dobu, kdy je bude rostlina moci využít. Dusičnany se ukládají především v listech a ve vodivých tkáních, ve stoncích a kořenech. V květech a plodech je jejich obsah zanedbatelný (PEKÁRKOVÁ 2002).

Do buněk je dusík transportován aktivním transportním systémem a postupně redukován nitrátoreduktázou (NR) a nitritoreduktázou (NiR) (PROCHÁZKA et al., 1998).

Redukce dusičnanů probíhá za přítomnosti energie a enzymu NR na dusitany, které jsou dále redukovány až na amoniak (TESAŘ a VANĚK 1992). V rostlinných pletivech je aktivita NiR poměrně vysoká, vyšší než NR a proto nedochází v rostlinných pletivech ke hromadění nitritů i při poměrně vysokém obsahu nitrátů (TESAŘ a VANĚK 1992).

PROCHÁZKA et al. (1998) uvádí, že nitrity jsou pro buňky škodlivé, a proto jsou okamžitě redukovány NR lokalizovanou ve stomatu plastidů. Ve tmě probíhá redukce pomaleji. Aktivita NR je řízena samotnými nitráty a světlem. Po vstupu do rostliny je  $\text{NO}_3^-$  redukován ihned v kořenech, nebo až v listech. Rostliny se velmi liší podílem  $\text{NO}_3^-$  redukováného hned v kořenech, přičemž ekologický nebo jiný význam těchto rozdílů není znám.

V kořenech probíhá redukce v cytoplazmě s hydrogenovaným koenzymem NADH (nikotinamidadeninukleotid) jako redukčním agens.

V listech probíhající redukce dusičnanů je spojena s fotosyntézou, pro rostlinu energeticky výhodnější (BÍZIK 1989).

Jako první organické dusíkaté látky vznikají v rostlinách zpravidla aminokyseliny, které slouží k biosyntéze bílkovin a dalších složitých sloučenin.

Amidy vznikají již v kořenech většiny rostlin při vyšší koncentraci amoniaku, jsou neutrální, pletivům neškodí a jsou určitou zásobárnou dusíku. Slouží k transportu dusíku v rostlinách (TESAŘ a VANĚK 1992).

## 4. DUSIČNANY

### 4.1 Význam dusičnanů pro lidský organismus

Dusičnany jsou přirozené metabolity, které každá rostlina běžně syntetizuje jako výchozí sloučeniny pro svůj vlastní růst a vývoj (PEKÁRKOVÁ 2002).

MÍČA et al. (1991) tvrdí, že konzumem zeleniny a brambor přijímá organismus z celkového příjmu dusičnanů 70 %. Dusičnany jsou přibližně z 80 % (u starších lidí z 50 %) brzy vyloučeny ledvinami do moče (STRATIL 1993b).

Dusičnany pro lidský organismus nejsou škodlivé. Škodlivé jsou dusitany, na které se dusičnany redukuje vlivem slin a střevní mikroflóry (PETŘÍKOVÁ 1997).

Existují dva vážné možné zdravotní důsledky zvýšeného příjmu dusičnanů potravou:

- vznik dusičnanové alimentární methemoglobinemie
- vznik rakoviny účinkem kancerogenních nitrosaminů

Za přístupnou denní dávkou, která ani při dlouhodobém příjmu nepůsobila poškození zdraví, byl stanoven bezpečný maximální denní příjem dusičnanů odpovídající 5 mg NaNO<sub>3</sub> (dusičnanu sodného) na 1 kg tělesné hmotnosti (3,65 mg NO<sub>3</sub>), tj. přibližně 220 mg NO<sub>3</sub> pro ženy a 260 mg pro muže. Při stanovení těchto hodnot se však nebrala v úvahu dlouhodobá škodlivost, tj. nebezpečí vzniku nádorů vlivem vznikajících nitrosaminů (STRATIL 1993b).

Jak uvádí PRUGAR a PRUGAROVÁ (1985) dusitany jsou nebezpečné především pro kojence. Ti nemají ještě dostatečně vyvinutý vlastní enzymatický systém v erytrocytech. Pro děti ve věku 4 měsíců až 3 roky byl u nás stanoven maximální obsah ve výrobcích dětské výživy na bázi ovoce a zeleniny na 50 mg NaNO<sub>3</sub> (3,65 mg NO<sub>3</sub>) na 1 kg potravy (STRATIL 1993b).

Dusitan postupně převádí krevní hemoglobin na methemoglobin a má za následek sníženou kyslíkovou zásobu tělesných tkání. Tento efekt je specificky důležitý u dětí, které jsou biochemicky nakloněny ke zvětšené konverzi dusičnanu a dusitanu a sníženému přebudování methemoglobinu na hemoglobin (O'KEFFE a KENNEDY 1998). V žaludku kojenců je navíc nižší koncentrace kyselin (vyšší pH), proto se zde mohou vyskytovat a množit i nepatogenní mikroorganismy, které redukuje přijaté dusičnany na dusitany dříve, než se dusičnany stačí resorbovat (VELÍŠEK 1999).

V těle člověka probíhá redukce dusičnanů na dusitany v dutině ústní, žaludku a ve střevech (STRATIL 1993b). Žaludek je nejvíce ohrožen endogenní nitrosyntézou kvůli katalýze žaludečních kyselin (HSU et al., 2008). Koncentrace dusičnanů ve slinách je úměrná přijímanému množství potravou, protože se dostávají krevním oběhem do slin. V dutině ústní jsou dusičnany redukovány a vzniká asi 65 % z celkového množství dusitanů vznikajících v těle (STRATIL 1993b).

NEUMANN et al. (1988) popisují dvě fáze intoxikace. V dusičnanové fázi za 3 až 7 hodin po příjmu toxické dávky dusičnanu jsou patrné symptomy poruchy osmotické homeostázy organismu. V dusitanové fázi, vyvíjející se jako důsledek redukce  $\text{NO}_3$  v  $\text{NO}_2$  dochází k projevům příznaků vycházejících z toxického účinku  $\text{NO}_2$  na CNS. Souběžně se rozvíjí i fáze methemoglobinová, kdy v důsledku vazby  $\text{NO}_2$  hemoglobin a jeho následné transformace v methemoglobin dochází k rozvoji cyanózy a tkáňové hypoxii.

Zdravý člověk snese bez funkčního poškození 5 % methemoglobinu z celkového množství hemoglobinu (ŠROBÁROVÁ 1990).

Podle množství methemoglobinu v krvi rozeznává (SUCHÝ et al., 1997) stav fyziologický (do 5 %), subklinický (od 5 – 20 %) a klinický (nad 30 %).

Dalším zdravotním rizikem je vznik nitrosaminů. Vznikají jako výsledek chemické reakce dusitanů se sekundárními, terciálními i kvartérními aminy z potravy (NEUMANN et al., 1988). Kancerogenní účinek byl prokázán již při koncentraci  $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  v potravě, přičemž dětský organismus je až 100 x citlivější než dospělý (MÍČA 1986).

Podle PATOČKY (2007) běžnou potravou přijímáme asi  $1 \mu\text{g}$  nitrosaminů denně. Produkce nitrosaminů může být částečně snížena vitamínem C (SCOTTER a CASTLE 2004). Také vláknina má vliv na snižování možnosti vzniku nitrosaminů, protože urychluje průchod tráveniny ve střevech. Vyšší přítomnost tuků v žaludku však může zapříčinit výrazné zvýšení produkce nitrosaminů i při vyšším současném příjmu vitamínu C (FOREJT 2008).

Podle STRATILA (1993b) mohou mít nitrosaminy teratogenní účinky ve všech orgánech s výjimkou kostí. MÜLLEROVÁ (2003) poukazuje na vliv vzniku nádorových onemocnění (žaludku, střev, jater, močového měchýře).

Existuje polemika o škodlivost nebo prospěšnosti dusičnanů na lidské zdraví (CASTANHEIRA et al., 2003). Výsledky nedávných výzkumů zpochybňují doporučení odborníků na výživu, kteří varují před konzumací zeleniny kontaminované nitráty.

Nitráty a nitrity se ukázaly jako možné ochranné faktory, chránící před vznikem kardiovaskulárních onemocnění. (NEHASILOVÁ 2008)

Podle nové studie je tvorba nitrosaminů z nitrátů jednou z možných chemických reakcí, v lidském těle k ní však zřejmě nedochází. Epidemiologické studie z posledních let ukázaly, že zřejmě neexistuje souvislost mezi příjmem nitrátů ze zeleniny a onemocněním rakovinou. Naopak bylo zjištěno, že vysoká konzumace zeleniny představuje určitý ochranný faktor. Produkt odbourávání nitrátů (oxid dusíku) snižuje krevní tlak, vyvíjí vysokou mikrobiální aktivitu proti choroboplodným zárodkům, zlepšuje prokrvení a regeneraci žaludeční sliznice a tak preventivně působí proti tvorbě žaludečních vředů (KOUBOVÁ 2009).

## **4.2 Faktory ovlivňující obsah dusičnanů v zelenině**

Obsah nitrátů v rostlině ovlivňuje řada vnějších i vnitřních faktorů. Především množství a vlnová délka světla, teplota, dávka dusíku a jeho forma při hnojení, druh rostliny a její orgán, stáří a stupeň zralosti, ale také odrůda (ŠINDELÁŘOVÁ et al., 1986).

Faktory, které přímo nebo nepřímo ovlivňují obsah dusičnanů v produkci zemědělských plodin působí zpravidla ve vzájemné interakci. K hlavním faktorům patří:

- biologické a genetické vlastnosti plodin
- vliv ročníku, světelné podmínky, poměry tepelné a vlhkostní
- stanovištní a půdní podmínky, agrochemické poměry, humóznost půdy
- vliv organického a minerálního hnojení z hlediska dávek, vyváženosti živin a termínu aplikace, případně využití inhibitorů nitrifikace
- vliv agrotechnických opatření a pěstitelských zásahů včetně korigování termínu sklizně v závislosti na obsahu dusičnanů
- způsob potravinářského a kuchyňského zpracování (MÍČA et al., 1991).

### **4.2.1 Vliv odrůdy, druhu a části rostliny**

Mezi činitele, kteří ovlivňují obsah dusičnanů v rostlinách, patří vliv druhu a odrůdy. Zatímco druhu je přikládán většinou autorů značný význam, názory na vliv

odrůdy se různí (STRADA a TRUC 1994). PRUGAR a PRUGAROVÁ (1985) přisuzují odrůdě jen částečný význam, naproti tomu ŽUČENKO a ANDRJUŠČENKO (1980 in STRADA a TRUC 1994 ) poukazují na skutečnost, že např. u ředkviček a mrkve, zvláště při různé úrovni dusíkaté výživy, mohou činit odrůdové rozdíly i 200 – 500 %.

Vztah odrůdy k obsahu dusičnanů se projevuje v tom smyslu, že odrůdy s kratší vegetační dobou inklinují k hromadění vyššího obsahu dusičnanů než odrůdy s delší vegetační dobou (MÍČA et al., 1991). Podle výsledků výzkumu některých autorů je vliv odrůdy na akumulaci dusičnanů tak výrazný, že není překryt ani silnými vlivy prostředí (STRADA a TRUC 1994).

Za pravděpodobnou příčinu odrůdové rozdílnosti je pokládána geneticky podmíněná intenzita aktivity nitrátreduktázy (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985). Statisticky významné rozdíly u zkoumaných odrůd mrkve byly zjištěny v pokusech SKUPINOVÉ (1997). Jak uvádí TUREK (1986) je rozdíl v kumulaci dusičnanů i mezi odrůdami. Hlávkový salát s vysokými žebry měl mnohem více  $\text{NO}_3^-$  než odrůdy s jemným nízkým žebrováním. Též rostliny s dlouhými řapíky a stonky měly více  $\text{NO}_3^-$  než růžicové formy odrůd. SLIPKA et al., (2000) zjistili vyšší obsah dusičnanů v okrajových částech salátu než středových. DIVIŠ (2007) však uvádí neprůkaznost vlivu odrůdy na obsah dusičnanů.

Je prokázáno, že dusičnany nejsou v rostlině rovnoměrně rozloženy (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994). V pokusu DOLANSKÉ (2002) byl u brokolice nejvyšší obsah zjištěn v košťálech, listech a nejmenší v růžicích.

Intenzita akumulace  $\text{NO}_3^-$  též rostliny je různá a zachovává pořadí: nejméně semena, plody, hlízy, kořeny a nejvíce listy. Rozdíly v obsahu  $\text{NO}_3^-$  se vyskytují i v rámci téhož orgánu. Řapík listu salátu obsahuje až 10x více dusičnanů než čepel (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994).

Při rozložení dusíkatých látek u hlíz brambor je výrazná část v oblasti slupky a v dužnatém srdéčku (MÍČA a VOKÁL 1997). Obsah dusičnanů se mění v závislosti na velikosti hlíz, nejvyšší je v nejmenších hlízách (DIVIŠ 2008).

Obsah dusičnanů v zelenině může přesáhnout až  $5\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvíce dusičnanů se vyskytuje v řapících listů, méně v listových čepelích a hlízách (POKLUDA 2010).



Intenzita akumulace  $\text{NO}_3^-$  těže rostliny je různá a zachovává pořadí: nejméně semena, plody, hlízy, kořeny a nejvíce listy. Rozdíly v obsahu  $\text{NO}_3^-$  se vyskytují i v rámci téhož orgánu. Řapík listu salátu obsahuje až 10x více dusičnanů než čepel (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994).

Při rozložení dusíkatých látek u hlíz brambor je výrazná část v oblasti slupky a v dužnatém srdéčku (MÍČA a VOKÁL 1997). Obsah dusičnanů se mění v závislosti na velikosti hlíz, nejvyšší je v nejmenších hlízách (DIVIŠ 2008).

Obsah dusičnanů v zelenině může přesáhnout až  $5\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvíce dusičnanů se vyskytuje v řapících listů, méně v listových čepelích a hlízách (POKLUDA 2010).

#### **4.2.2 Vliv stanoviště a způsobu pěstování**

DIVIŠ (2008) předkládá výsledky vlivu nadmořské výšky pěstitelského stanoviště. Při porovnání nadmořských výšek 380 a 620 m. n. m. byl zvýšený obsah dusičnanů v hlízách brambor sklizených na stanovišti s nižší nadmořskou výškou.

Ve fóliových krytech se zelenina pěstuje při nedostatku světla, což má negativní vliv na biochemické procesy v rostlinných buňkách. V důsledku zpomalení metabolismu se přijaté dusičnany kumulují v rostlině ve větší míře (PECHOVÁ 1996).

Zakrytí fólií má za účel oteplení a následkem toho zvýšení ranosti, čímž se sklizeň posouvá do dřívějšího, světelně méně příznivého období. V tom je rozhodující podstata nebezpečí zvýšeného obsahu dusičnanů u rychlené zeleniny (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

STRADA a TRUC (1994) dokazují ze svého pokusu, že většina ředkviček vypěstovaných ve studeném skleníku vykazovala větší obsah dusičnanů než tatáž odrůda vypěstovaná v polních podmínkách. Příčinu tohoto jevu spatřují v horších světelných a teplotních poměrech.

Výsledky pokusu GUIZURA et al., (2000) ukázaly, že na obsah dusičnanů měl největší vliv způsob pěstování. Významně nižší hladiny dusičnanů obsahovaly hlízy brambor z ekologické produkce. Podle PRUGARA (2000) intenzita akumulace dusičnanů je způsobem pěstování regulovatelná. Konstatuje, že v zeleninách vypěstovaných ekologicky při výlučně organickém hnojení byly stanoveny nižší obsahy dusičnanů než u zelenin konvenčních. DIVIŠ (2007) prokázal při hodnocení

vlivu pěstitelského systému na obsah látek v hlízách bramboru u ekologického pěstování významné snížení obsahu dusičnanů.

#### **4.2.3 Vliv vegetačních podmínek a délky vegetace na kumulaci dusičnanů**

Značný vliv na hromadění nitrátů v rostlinách mají vnější podmínky, hlavně světelné a teplotní (VANĚK a TLUSTOŠ 1999). Světlo ovlivňuje obsah dusičnanů v rostlině přímo i nepřímo (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

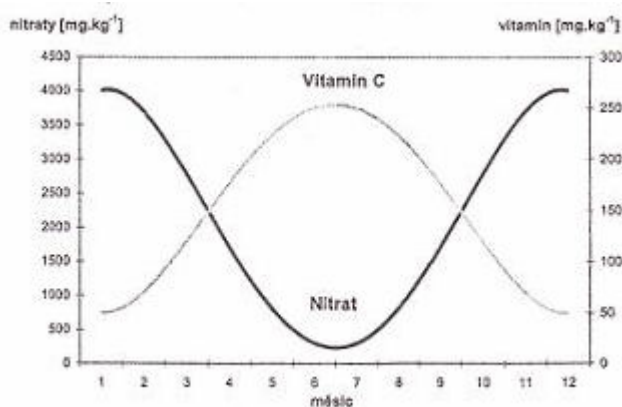
V zimním období jsou špatné světelné podmínky, a proto je v tomto období velmi obtížné vypěstovat ve sklenících a fóliovnících zeleninu s nízkým obsahem nitrátů (VANĚK a TLUSTOŠ 1999).

Světlo ovlivňuje obsah dusičnanů prostřednictvím nitrátoreduktázy tím, že může stimulovat transport nitrátů, které vedou k její indukci, nebo může stimulovat nitrátoreduktázu syntézou bílkoviny enzymu. Světlo umožňuje ovlivňovat nitrátoreduktázu tím, že spojuje asimilaci dusičnanů s fotosyntézou (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995). Při nedostatku světla nedochází k přeměně dusičnanů na aminoskupinu a k tvorbě proteinů. Tím se vysvětluje vyšší obsah dusičnanů u rychlené zeleniny (PETŘÍKOVÁ 1997).

Lze říci, že vyšší intenzita světla a větší množství slunečního svitu zintenzivňují asimilaci přijatého dusíku a podporují pokles hladiny dusičnanů v bramborech (MÍČA et al., 1991).

Různé druhy rostlin vyžadují různý asimilační světelný požitek. Proto i doba výsevu ovlivňuje obsah dusičnanů v rostlinách. Obsah dusičnanů v průběhu kultivace nejprve souvisle stoupá a v době sklizně, pokud jsou dobré světelné podmínky, může dojít k jeho snížení (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

Obr. 4.2: Změny nitrátů v hlávkovém salátu během roku



Zdroj: VANĚK a TLUSTOŠ 1999

Odrůdy brambor s kratší dobou vegetace mají předpoklad pro vyšší obsah dusičnanů v hlízách (MÍČA et al., 1991). Druhy a odrůdy s delší vegetační dobou mívají zpravidla nižší obsah dusičnanů. Neplatí to však o pozdním podzimu, když ubývá slunečního záření (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

Z praktického hlediska je důležitá i rytmicita obsahu dusičnanů v rostlinách v průběhu dne a noci. Rozdíly mohou být až trojnásobné. Při celkově nízkém obsahu není amplituda denních výkyvů tak výrazná. U rytmicity se projevuje závislost na ontogenetickém stadiu. Velké změny koncentrace dusičnanů během 24 hodin byly pozorovány na začátku ontogeneze než ke konci vegetačního období (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995). STEINGRÖVEROVÁ et al., jak uvádí PRUGAR a HADAČOVÁ (1995) stanovili během dne nejvyšší obsah dusičnanů v listech špenátu v 8:30 hod. a nejnižší v 18:30hod.

Působení teploty na kumulaci dusičnanů v rostlinách špenátu sledoval CANTLIFE in (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995). Dusičnany se hromadily v listech bez N- hnojení při teplotě nad 15 °C.

Podle MÍČI et al., (1991) dostatek srážek ve vegetačním období vytváří základní předpoklad pro nižší obsah dusičnanů. Důležité je samozřejmě i jejich rozložení. Obecně se má za to, že dostatek vláhy vytváří předpoklad pro nižší koncentraci dusičnanového aniontu v produktech, zatímco stresy, jimž jsou rostliny vystaveny v důsledku sucha, jej zvyšují (PRUGAR 1992).

#### 4.2.4 Vliv hnojení

Vysoký obsah dusičnanů v zelenině často souvisí s vysokými dávkami dusíkatých hnojiv (PETŘÍKOVÁ 1997).

Hnojení patří sice k významným faktorům, ale omezení obsahu dusičnanů je možné pouze při komplexním přístupu (MÍČA et al., 1991).

Je prokázán vliv dusíku aplikovaného organickými a průmyslovými hnojivy na zvýšený obsah dusičnanů v hlízách brambor (DIVIŠ 2008).

Podle DOLANSKÉ (2002) může být příčinou zvýšeného obsahu dusičnanů i použitá forma hnojiva. Ledkové hnojivo zpravidla způsobuje jejich intenzivnější hromadění než hnojivo amoniakální.

Jako vhodná alternativa dusíkaté výživy nitrátovou formou, snižující riziko nadměrného hromadění dusičnanů v zelenině, je uváděno tzv. depotní (zásobní) hnojení amonným dusíkem. Předností depotního systému je schopnost chránit rostliny před ztrátami dusíku vymýváním a denitrifikací (PRUGAR a HADAČOVÁ 1996).

TLUSTOŠ et al., (1991) ověřovali v nádobových, mikroparcelových a polních pokusech vliv dusíkatých hnojiv a inhibitorů nitrifikace DCD a N-Serve na výnos, využití dusíku z hnojiv a akumulaci dusičnanů ve špenátu. Oba inhibitory měly zpravidla mírně pozitivní vliv na výnos špenátu a při jejich použití společně s dusíkatými hnojivy se snížil obsah dusičnanů o 37 % až 70 % ve srovnání s variantami bez inhibitorů.

PRUGAR a HADAČOVÁ (1995) uvádějí, že ve statkových hnojivech jsou přítomny látky, které do určité míry plní funkci přirozených inhibitorů nitrifikace.

PRUGAR (1992) tvrdí, že komposty se ukázaly z hlediska obsahu dusičnanů průkazně lepšími. Na základě experimentů i zkušeností z praxe lze konstatovat, že organické formy výživy zeleniny dusíkem jsou ve většině případů z hlediska akumulace dusičnanů příznivější než minerální.

K příznivému působení organických hnojiv na nižší obsah dusičnanů v zelenině možno přičíst i skutečnost, že obohacují půdu užitečnou mikroflórou, která je schopna včas spotřebovat nadbytek dusíku (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

PRUGAR a HADAČOVÁ (1995) varují před zevšeobecněním názoru, že používání organických hnojiv zaručuje nižší obsah dusičnanů v rostlině. Upozorňují, že pro výsledný obsah dusičnanů není tak důležité, zda bylo použito minerální či

organické hnojení, rozhodující je, zda dusík byl dostupný kořenům rostlin v požadovanou dobu, tedy jak rychle byl mineralizován a přijmán.

Pouhá záměna jedné formy hnojiva za druhou není zárukou pro dosažení určitého obsahu dusičnanů v zelenině (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

SALMONEZ a HOFMAN (2009) dokázali, že aplikace dusíku na začátku vegetačního období, měla vliv na koncentraci dusičnanů při sklizni.

#### **4.2.5 Vliv sklizně a skladování**

Z praktického hlediska je důležitá doba sklizně. Nižší obsahy nitrátů obsahuje zelenina sklizená v plné konzumní zralosti, zatímco rychlená a velmi raná má vyšší obsah. Podobně zelenina sklizená v odpoledních hodinách vykazuje nižší obsahy nitrátů, zvláště za slunečného počasí (VANĚK a TLUSTOŠ 1999). HLUŠEK et al., (2000) poukazují na to, že čím později se brambory sklízají, tím nižší koncentraci nitrátů hlízy obsahují.

V průběhu skladování dochází k poklesu obsahu dusičnanů, přičemž intenzita poklesu záleží do jisté míry na odrůdě a původní hodnotě obsahu dusičnanů nalezené při sklizni (MÍČA et al., 1991). Zvýšení obsahu dusičnanů a dusitanů v zelenině bylo zjištěné v průběhu nevhodného skladování a přepravy za vysoké teploty (PETŘÍKOVÁ 1997).

Při sklizni špenátu se doporučuje ponechávat na poli větší zbytky rostlin, neboť v řapících listů je výrazně zvýšená koncentrace dusičnanů (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

STRADA a TETTER (1989) ve svých pokusech zjistili, že po uskladnění mrkve dochází k vzestupu obsahu dusičnanů, který v průběhu dalšího skladování klesá a v prosinci se stabilizuje na nízké úrovni.

Pozitivním zjištěním směrem ke spotřebiteli je, že v průběhu skladování dochází ke snižování obsahu dusičnanů v hlízách (ZRŮST 2004).

Také MÍČA (1993) tvrdí, že v průběhu skladování klesá obsah dusičnanů, přičemž intenzita poklesu záleží do jisté míry na odrůdě a původní výchozí hodnotě dusičnanů nalezené při sklizni.

### 4.3 Možnosti snížení obsahu dusičnanů v zelenině

K zamezení akumulace dusičnanů v zelenině je potřeba znát základní vlivy, které toto hromadění způsobují. Vyrovnaná výživa je důležitá. Jen tehdy rostliny rovnoměrně spotřebovávají všechny živiny a nedělají si zásoby dusičnanů (POKLUDA 2010).

Obsah dusičnanů v zelenině se může snížit použitím pozvolna působících dusíkatých hnojiv (statková hnojiva, komposty). Z průmyslových hnojiv je vhodnější síranová forma než ledková (PETŘÍKOVÁ 1997). Pomalu působící hnojiva zabraňují nežádoucí vysoké koncentraci dusíku na počátku vegetačního období a přitom zajišťují jeho dostatečný a pozvolný přísun až do pozdních vegetačních fází.

Důležité je hnojit více dávkami s menším množstvím dusíku, který rostliny plynule spotřebují (POKLUDA 2010).

Ke snížení obsahu dusičnanů v rostlinách se využívají také inhibitory nitrifikace. Zpomalují nebo na určitou dobu zastavují přeměny v půdě méně pohyblivého amonného dusíku na dusičnanový (PETŘÍKOVÁ 1997). POKLUDA (2010) připomíná, že inhibitory jsou určeny pro velkopěstitele.

U zeleninových druhů, které hromadí dusičnany, lze jejich obsah snížit odstraněním těch částí, které jsou na dusičnany bohaté (žebra, vnější listy, řapíky, košťály) (PETŘÍKOVÁ 1997).

#### 4.3.1 Agrotechnická opatření

Někteří autoři se domnívají, že obsah dusičnanů v rostlinách by bylo možné snížit stimulací vývoje rostlin, např. prodloužením délky dne.

Vzorky mrkve odebrané v době, jíž předcházelo období sucha, zvláště, bylo-li doprovázeno vyššími teplotami, vykazovaly zvýšený obsah dusičnanů. Proto v péči o správné vláhové zabezpečení mrkve lze spatřovat jednu z cest snižování dusičnanů v této zelenině (STRADA a TETTER 1989).

POKLUDA (2010) upozorňuje na to že, tam, kde mají rostliny občasné nedostatek vody, hrozí, že budou více hromadit dusičnany.

SÁKOVÁ a ČURN (2001) uvádí, že vyšší světelná intenzita a větší množství slunečního svitu podporují asimilaci přijatého dusíku a tím pokles dusičnanů v rostlině. Úroveň osvětlení můžeme regulovat hustotou rostlin (POKLUDA 2010).

STRADA a TRUC (1994) zjistili, že v důsledku aplikace sodíku ve formě NaCl dochází ke snížení obsahu dusičnanů a současně zvýšení obsahu stravitelných bílkovin.

Snížení obsahu dusičnanů v průběhu skladování je pravděpodobně ovlivněno dvěma způsoby: 1. změnou v poměru mezi sušiotvornými látkami 2. využitím dusičnanů ke zpětné syntéze na bílkoviny (MÍČA 1993)

Významné snížení obsahu dusičnanů lze dosáhnout také aplikací sacharózy (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

Jednoduchým způsobem, kterým omezíme dusičnany, je posun pěstování zeleniny do jarních měsíců. Nesmíme zapomenout na termín sklizně. Pokud chceme skladovat zeleninu, má se sklízet zrána. U rychlené zeleniny je ovšem postup opačný – sklízíme až odpoledne a navečer (POKLUDA 2010).

#### **4.3.2 Potravinářské a kuchyňské zpracování**

Při hodnocení brambor jako zdroje dusičnanů je nutno vzít v úvahu, že limity obsahu dusičnanů jsou vztaheny na bramborové hlízy jako celek a není bráno v úvahu, že brambory nejsou konzumovány syrové, ale podléhají různým způsobům přípravy, při nichž může docházet ke změnám (MÍČA et al., 1991).

Podle ROPA (2002) se loupáním brambor snižuje obsah většiny cizorodých prvků až o 50 %. Ztráty loupáním závisejí na odrůdě, velikosti a tvaru hlíz, hloubce oček, tloušťce slupky a způsobu loupání. Při ručním loupání dochází k nižším ztrátám (MÍČA et al., 1991). Vyšší výskyt dusičnanů je spojen se zelenými částmi rostlin, proto kupříkladu po oloupaní pokožky kedlubny obsahuje vnitřní dužnina mnohem menší podíl těchto látek (POKLUDA 2010).

Tepelnou úpravou dochází ke změně v obsahu dusičnanů. Každá tepelná úprava hlíz bramboru má za následek snížení obsahu dusičnanů (ZRŮST 2004).

Také vařením ve vodě může dojít ke snížení obsahu dusičnanů až o 75 % (BERGROVÁ 2006). Problematika změn v obsahu dusičnanů vařením brambor spočívá v tom, zda je odstraněna slupka a zda brambory jsou vařeny ve vodě nebo v páře. Vařením oloupaných brambor ve vodě je největší předpoklad ztrát dusičnanů. Vyluhování do okolního prostředí je závislé na obsahu dusičnanů v tomto prostředí. U brambor, které byly vařeny ve slupce a v páře, dochází k nejnižší ztrátě na obsahu

dusičnanů (MÍČA et al., 1991). K dalším ztrátám dojde sléváním vody, v níž se zelenina vařila (BERGROVÁ 2006).

Bylo zjištěno, že krájením a praním se snížil obsah dusičnanů v závislosti na odrůdě o 14 %. Celkově lze počítat se snížením kolem 10 %.

Redukce obsahu dusičnanů smažícím procesem, lze částečně vysvětlit příjmem tuků, který v tomto případě může fungovat jako vytěšňující prostředek. Této fázi přisuzujeme snížení obsahu dusičnanů okolo 10 % (MÍČA et al., 1991).

Dusičnany v zelenině váže tam přítomný vitamín C, vláknina a pektiny (KOUKAL 2008).

Riziko dusičnanů je jen relativní a správně volenými kroky lze jejich nebezpečí značně omezit (POKLUDA 2010).

#### **4.4 Limity dusičnanů v zelenině**

Povolený limit obsahu dusičnanů v hlízách brambor je podle zákona o potravinách č. 110/1997 Sb. (respektive podle navazující vyhlášky MZd č. 298/1997 Sb.) 300 mg dusičnanů na kg čerstvé hmoty hlíz sklizených brambor po 15. červenci.

Současná evropská legislativa stanovuje limity pro dusičnany pouze v listové zelenině (2 000 – 4 500 mg.kg<sup>-1</sup>) a dětské výživě (200 mg.kg<sup>-1</sup>).

V ČR stanovuje limity pro obsahy dusičnanů a těžkých kovů v potravinách vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb. (PRŮŠOVÁ a VALEŠKA 2007).

#### **Dusičnany**

(1) Množství dusičnanů je stanoveno jako dusičnanový iont NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

(2) Pro výrobky ze zeleniny, sterilované, nakládané, zmrazené, kysané a pro zeleninové šťávy a dále pro výrobky z ovocné šťávy platí přípustná množství jako pro výchozí základní suroviny.

(3) Pro obsah dusičnanů používaných jako přídatná látka jsou stanovena nejvyšší přípustná množství v příloze č. 1.



Tab. 4.1: Nejvyšší přípustná množství dusičnanů v zelenině dle vyhlášky č. 53/2002 Sb.

<b>Potravina</b>	<b>NPM mg.kg<sup>-1</sup></b>	<b>PM mg.kg<sup>-1</sup> (5/2)*</b>
plodová zelenina		400
lusková zelenina		400
kořenová zelenina		700
košťálová zelenina		700
čerstvý špenát (sklizeň od 1. 11. do 31. 3.)	3 000	
čerstvý špenát (sklizeň od 1. 4. do 31. 10.)	2 500	
špenát zmrazený, konzervovaný	2 000	
čerstvý salát hlávkový (sklizeň od 1. 10. do 31. 3.)	4 500	
čerstvý salát hlávkový (sklizeň od 1. 4. do 30. 9.)s výjimkou salátu polního	3 500	
pekingské a čínské zelí		2500
salát polní (sklizeň od 1. 5. do 31. 8.)	2 500	
ředkvičky	1 500	
červená řepa	3 000	
brambory mimo brambory rané		300
brambory rané (do 15.7.)		500

NPM – nejvyšší přípustné množství, PM- přípustné množství, (5/2)\* - z 5 analyzovaných vzorků mohou vykazovat nadlimitní obsah maximálně 2 vzorky

Zdroj: SBÍRKA ZÁKONŮ č. 53/2002 Sb.

## 5. METODIKA

### 5.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní metodou (ISE)

Stanovení dusičnanů v rostlinném materiálu patří k nejčastěji prováděným analýzám pomocí iontově selektivní metody vůbec. Metoda potenciometrického stanovení dusičnanů iontově selektivní dusičnanovou elektrodou (ISE) splňuje požadavky na jednoduchou, rychlou a spolehlivou metodu stanovení obsahu dusičnanů.

Při pečlivé kalibraci elektrody poskytuje metoda kvalitní a reprodukovatelné výsledky a umožňuje značné zjednodušení jak příprav vzorků, tak vlastního měření. Potenciál iontově selektivních elektrod určují iontově výměnné rovnováhy na fázovém rozhraní mezi elektrochemickou membránou a roztokem elektrolytu. Podstatou těchto membrán je vznik rozdílu elektrických potenciálů na rozhraní membrán, tzv. membránového potenciálu (JAVORSKÝ et al., 1987).

Koncentrace dusičnanů se odečte podle změřeného napětí z kalibrační křivky, která je sestavena změřením roztoků o známé koncentraci. Ke stanovení je třeba pH/mV – metr, dusičnanová SE a dvojfritová kalomelová elektroda. Metoda je použitelná pro kvantitativní analýzu s přesností 4 až 15 % v rozsahu od 1 ppm podle rozsahu kalibrační křivky (CAUDROVÁ a KUŠTA 1992).

Nejnámějším typem takovéto elektrody je elektroda s kapalinovou membránou různého složení (KALAVSKÁ a HOLOUBEK 1989).

Pro stanovení dusičnanů byla použita komerční iontově selektivní elektroda s monokrystalickou membránou (výrobce Monokrystalaly Turnov) a upravená metoda přípravy vzorků (JAVORSKÝ et al., 1987).

Potenciometrické stanovení dusičnanů pomocí iontově selektivní metody využívá změny elektrod způsobené změnami aktivity dusičnanových iontů v roztoku zfiltrovaného extraktu.

### 5.2 Odběr vzorků

Vzorky byly odebírány ze 2 supermarketů (Lidl a Billa) v Humpolci. Pro odběr zeleniny byly cíleně vybírány tyto supermarkety, díky nabídce jednotlivých druhů zeleniny v průběhu celého roku.

Od prosince 2008 do února 2010 bylo odebíráno přibližně v měsíčním intervalu 5 druhů zeleniny a brambor. Jednalo se především o celoročně dostupné druhy kořenové a košťálové zeleniny. Kořenovou zeleninu představují mrkev, petržel a celer. Košťálovou zeleninu zastupuje brokolice a kedluben. Poslední zkoumanou komoditou byly brambory.

U jednotlivých druhů zeleniny a brambor byla také zjišťována země původu. Všechny vzorky zeleniny byly ihned označeny datem, místem nákupu a zmrazeny na teplotu  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tak byly ponechány až do měření, které probíhalo v laboratoři. Doba skladování se pohybovala v intervalu 2 – 4 týdnů.

### **5.3 Příprava vzorků pro měření**

Příprava vzorků pro vlastní měření byla stejně jako i předcházející fáze důležitou součástí celé analytické práce. Zelenina se pokrájí a promísí, čímž se získá reprezentativní vzorek.

Z připraveného průměrného vzorku se naváží 3 – 5 g hmoty, která se smíchá s 50 ml extrakčního roztoku a homogenizuje se v mixeru.

Předchozími operacemi se získá stejnorodá směs. Ta se následně přelije do kádinky a nechá se 15 minut v klidu sedimentovat. Poté se vzniklý extrakt filtruje přes řídkou gázu a odebírá se do kádinky o objemu 50 ml.

Z každého vzorku zeleniny se provádí 3 měření. Z takto získaných tří hodnot se vypočítá průměrná hodnota.

#### **Příprava extrakčního roztoku**

V objemné baňce o objemu 1 000 ml se smíchá 250 ml 0,024 M  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  s 50 ml 0,2 M  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  a se 100 ml 0,1 M  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  a destilovanou vodou se doplní po rysku. V případě, že rostlinný materiál obsahuje velké množství  $\text{Cl}^-$  iontů, lze použít extrakční roztok, který vznikne smícháním 200 ml 0,2 M  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  s 200 ml 0,1 M  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  a následným doplněním na 1 000 ml destilovanou vodou.

## 5.4 Vlastní měření vzorků

Filtrát se okamžitě měří ponořením dusičnanové iontově selektivní elektrody a referenční kalomelové elektrody s dvojitým solným mostem. Počká se na ustálení elektrického potenciálu a na citlivém mV-metru (WTW) se odečte potenciál v jednotkách mV.

Rychlost ustálení potenciálu ISE může být závislá na mnoha různých faktorech. Například tloušťka vrstvy, která je bez pohybu a kterou musí ionty projít, aby dosáhly na povrch membrány. Tloušťka vrstvy se začne zmenšovat při míchání roztoku. Tím dojde ke zrychlení odezvy elektrody (SEMLER et al., 1990).

Kalibrační křivky se sestaví pomocí standardních roztoků (alespoň dvou), které se předem připraví ředěním zásobního roztoku o koncentraci 1 000 ppm  $\text{NO}_3^-$ . Koncentrace standardních roztoků se volí tak, aby koncentrace  $\text{NO}_3^-$  iontů měřených vzorků byla mezi koncentracemi obou standardů. Ředění se provádí extrakčním roztokem. Při měření potenciálu standardů se měří nejdříve standard o vyšší koncentraci  $\text{NO}_3^-$ . Při několika měření nastal problém s kalibrací standardních roztoků, které byly připraveny den před vlastním měřením vzorků. Po následné přípravě nových standardních roztoků probíhalo měření bez problémů.

## 5.5 Výpočet koncentrace $\text{NO}_3^-$ ze stanovení pomocí ISE

K výpočtu obsahu dusičnanů byla zvolena matematická metoda, která vychází z logaritmické rovnice přímky. Výpočet byl realizován pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel. Jako první bylo třeba zadat hodnoty naměřených standardů, dále navážku analyzovaného vzorku a naměřené hodnoty daného vzorku v mV.

Matematická metoda vychází z rovnice přímky:

$$y = kx + q$$

$$k = (\log y_2 - \log y_1) / (x_2 - x_1)$$

$$q = \log y_1 - kx_1 \text{ nebo}$$

$$q = \log y_2 - kx_2$$

y ..... hledaná koncentrace v ppm ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

x ..... potenciál v mV

k,q ..... parametry přímky

$x_1, x_2$  ... potenciál kalibračních roztoků (mV)

$y_1, y_2$  ... koncentrace kalibračních roztoků (ppm)

hledaná koncentrace v ppm:  $(10^x) y = kx + q$

výpočet:  $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1} = (a \cdot 5) / z \cdot 10\,000$

a ..... vypočtená hodnota v ppm

z ..... navážka vzorku v mg

## 5.6 Vyhodnocení výsledků

Ke statistickému vyhodnocení byl použit počítačový program Microsoft Excel.

## 6. VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro stanovení obsahu dusičnanů bylo v období od prosince 2008 do února 2010 odebráno a následně také vyhodnoceno celkem 240 vzorků 5 druhů zeleniny a brambor.

V tabulce č. 6.1 je zaznamenám celkový počet analyzovaných vzorků u jednotlivých druhů zeleniny a brambor a počet vzorků, u kterých byly zjištěny nadlimitní koncentrace dusičnanů. Ze všech analyzovaných vzorků byl pro jednotlivé druhy zeleniny vypočten průměr, počet nadlimitních vzorků, podíl nadlimitních vzorků v procentickém vyjádření, aritmetický průměr, medián, minimum, maximum a směrodatná odchylka.

Tab. č. 6.1: Početní zastoupení vzorků a průměrné obsahy dusičnanů u jednotlivých druhů zelenin v letech 2008 – 2010

Druh zeleniny	n	N+	% N+	průměr	medián	min	max	s
brambory	30	15	50	330,3	293,5	121	798	202,44
brokolice	63	15	24	614	396	128	3419	702,45
kedluben	36	9	25	487,33	244,5	122	1402	424,39
celer	36	6	17	405,9167	386,5	112	897	246,64
mrkev	45	12	27	441,2667	294	102	1230	324,85
petržel	30	3	10	477,5	529	129	701	199,05
<b>Celkem</b>	240	60	25					

n - celkový počet analyzovaných vzorků, N+ - počet nadlimitních nálezů, %N+ - podíl nadlimitních nálezů v %, průměr - aritmetický průměr souboru výsledků, medián - střední hodnota souboru, min - nejnižší hodnota souboru výsledků, Max - nejvyšší hodnota souboru výsledků, s - směrodatná odchylka

Tabulka ukazuje, že průměry obsahu dusičnanů u brambor jsou vyšší než přípouští norma. Rozpětí naměřených hodnot se pohybuje v širokém pásmu. To dokazuje, že obsah dusičnanů v jednotlivých druzích zeleniny a brambor je značně nevyrovnaný.

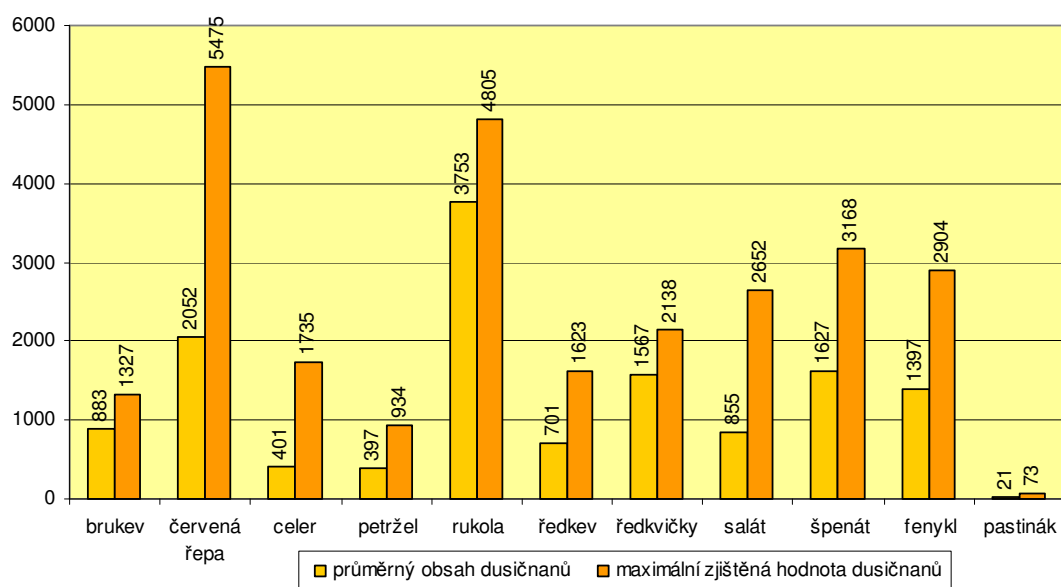
SEMLER et al., (1990) vidí v homogenitě vzorku jednu ze základních otázek v analytice obecně a v analýze biologických materiálů zvlášť. S ní totiž přímo souvisí přesnost měření. U málo homogenního vzorku se zvětšuje hodnota směrodatné odchylky výsledku.

Sledováním a kontrolou obsahu dusičnanů v zelenině a bramborách se v České Republice zabývá Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI). SZPI kontroluje v rámci stanovených kompetencí potraviny, zemědělské a tabákové výrobky. Tyto kompetence se vztahují na výrobu, skladování, přepravu i prodej včetně dovozu.

V současné době Nařízení EK č. 1881/2006 stanoví limity pro dusičnany pouze v listové zelenině a dětské výživě. Evropská komise shromažďuje data s výsledky o obsahu dusičnanů v dalších druzích zeleniny s cílem stanovení limitů.

V roce 2008 bylo SZPI odebráno celkem 116 vzorků u 13 druhů komodit včetně dětské výživy na bázi ovoce a zeleniny. Z tohoto celkového počtu nebyla pouze u 4 vzorků přítomnost dusičnanů detekována. Maximálnímu limitu nevyhověly 3 vzorky špenátu z Nizozemí, u kterých byly zjištěny následující hodnoty: 2 734, 2 973 a 3 168 mg NO<sub>3</sub>.kg<sup>-1</sup>. Z ostatních komodit byl nejvyšší obsah dusičnanů zaznamenán ve vzorcích červené řepy (5 475 mg NO<sub>3</sub>.kg<sup>-1</sup>) a rukoly (4 805 mg NO<sub>3</sub>.kg<sup>-1</sup>) a zároveň i nejvyšší průměrné hodnoty.

Graf 6.1: Průměrné a maximální hodnoty dusičnanů v kontrolovaných druzích zeleniny v roce 2008



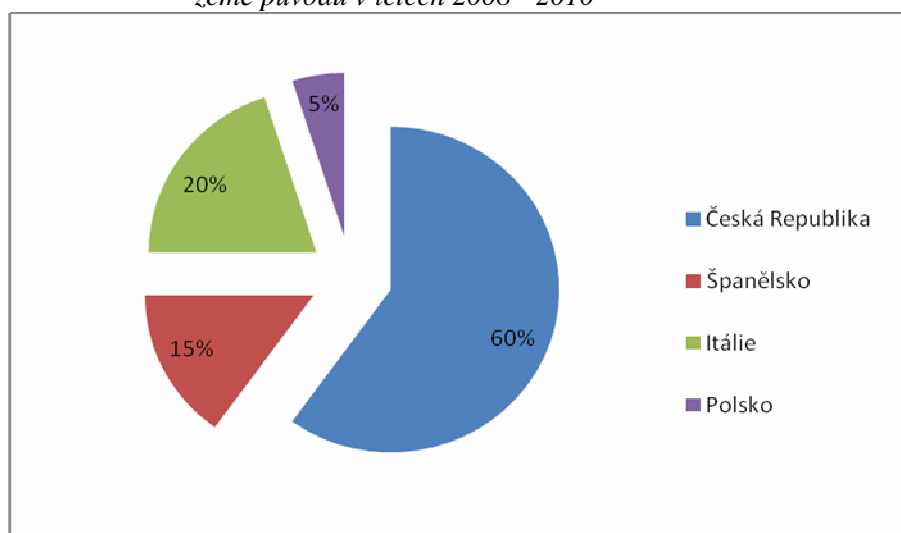
zdroj: www.SZPI.cz

Zjištěné hodnoty dusičnanů ve vzorcích brambor se pohybovaly od 64 do 261 mg NO<sub>3</sub>.kg<sup>-1</sup>. Průměrná hodnota činila 163 mg NO<sub>3</sub>.kg<sup>-1</sup>.

U jednotlivých druhů zeleniny byla zjišťována země původu. Z celkového množství všech 240 vzorků zeleniny pocházelo z České Republiky více jak polovina, a to 52,5 %. Z ostatních evropských zemí k nám bylo dovezeno 47,5 % vzorků použitých k analýze dusičnanů. Podrobný přehled odebraných vzorků zeleniny dle země původu v letech 2008 - 2010 je uveden v tabulce 9.2, která je součástí příloh.

Graf 6.2 znázorňuje procentický podíl vzorků s nadlimitním nálezem dusičnanů dle země původu. Výchozí hodnoty k tomuto grafu jsou součástí příloh.

Graf 6.2: Procentický podíl nadlimitních obsahů dusičnanů ve vzorcích dle země původu v letech 2008 - 2010



## 6.1 Brambory

U bramboru dochází ke kumulaci dusičnanů v hlízách v relativně malém množství. Pravidelná a vysoká spotřeba brambor vede k zájmu o látky v hlízách s negativním působením na lidský organismus. Při uváděné spotřebě 75 kg brambor za rok na obyvatele v ČR představují brambory v denní dávce potravin zhruba 200 g (DVIŠ 2008).

Pro brambory (s výjimkou raných do 15. 7.) je dán limit přípustného množství nitrátů vyhláškou č. 53/2002 Sb. na úrovni 300 mg NO<sub>3</sub>.kg<sup>-1</sup>.

Celkem bylo analyzováno 30 vzorků brambor. Vyšší než přípustné množství dusičnanů bylo nalezeno v 15 vzorcích, což představuje 50 %.

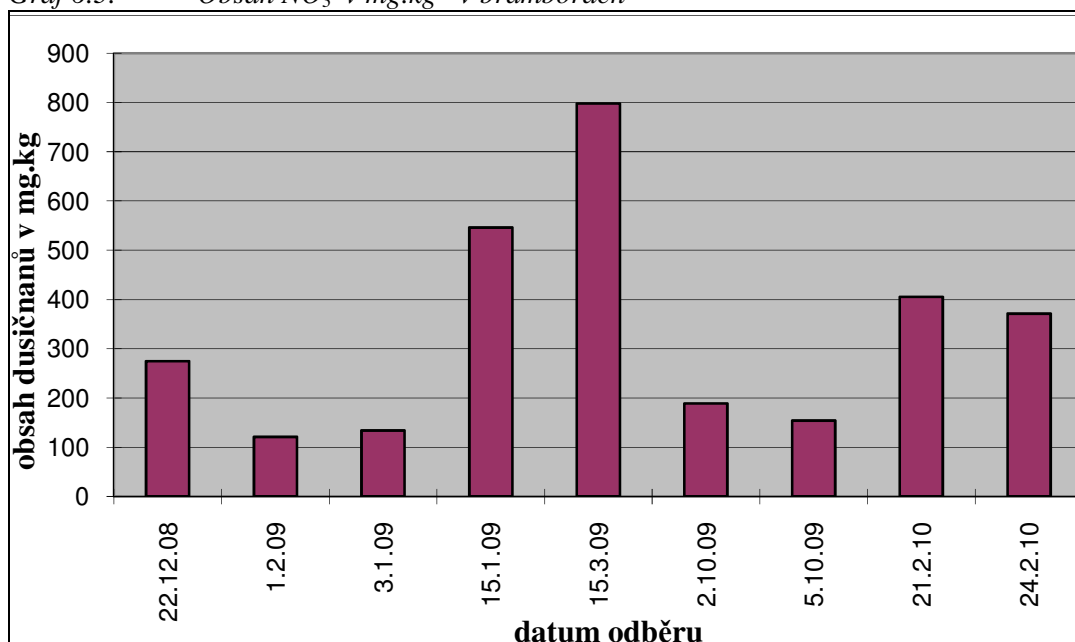


Nejvyšší obsah dusičnanů v hlíze ( $798 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ ) byl nalezen ve vzorku zakoupeného 15. 3. 2009. Tím byl povolený limit překročen o 166 %. Naopak nejnižší množství dusičnanů vykazovala hlíza ze dne 1. 2. 2009, a to  $121 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Průměrný obsah dusičnanů byl stanoven na úrovni  $330,3 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ , což je o víc než 10 % vyšší množství, než udává vyhláška pro tuto komoditu. Všechny analyzované vzorky byly od českých pěstitelů.

Hodnoty dusičnanů naměřené v bramborách uvádí následující graf 6.3.

Graf 6.3: Obsah  $\text{NO}_3^-$  v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  v bramborách



BENEDÍKOVÁ (2007) při měření obsahu dusičnanů v hlízách brambor uvádí nadlimitní koncentrace pouze u 24 % ze všech vzorků. DOUCHA (2003) pouze u 13,5 % vzorků s nadlimitním obsahem dusičnanů.

SIKORA a CIESLIK (1999) prováděli monitoring úrovně dusičnanů dle odrůd a stanovili rozmezí  $61 - 843 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Brambory se z hlediska obsahu dusičnanů nacházejí spíše v dolní hranici spektra rostlinných komodit. Jelikož představují ve výživě člověka objemově velmi významnou složku, měly by obsahovat dusičnanů co nejméně (ZRŮST 2004).

## 6.2 Kořenová zelenina

Kořenová zelenina je významnou součástí našeho trhu se zeleninou. Se stoupající spotřebou zeleniny je i zvýšen tlak spotřebitelů na široký sortiment kvalitně upravené zeleniny. Díky možnosti dlouhodobého skladování může být na trhu po celý rok (MALÝ a PETŘÍKOVÁ 1998).

PEKÁRKOVÁ (2004) spatřuje v kořenové zelenině největší nebezpečí vysokého obsahu dusičnanů, hned po listové a řapíkaté zelenině.

Dle vyhlášky č. 53/2002 Sb. je maximální povolené množství dusičnanů pro kořenovou zeleninu stanoveno na  $700 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ .

V rámci této skupiny bylo odebráno celkem 81 vzorků celeru, mrkve a petržele. Nadlimitní obsah dusičnanů byl zjištěn u 21 vzorků, což představuje 26 % z celkového množství analyzovaných vzorků. To převyšuje výsledky BENEDÍKOVÉ (2007), která zjistila překročení limitu pouze u 18 % vzorků.

### Celer

Podle SZPI je celer řazen mezi zeleninu s vysokým obsahem dusičnanů (nad  $1000 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ )

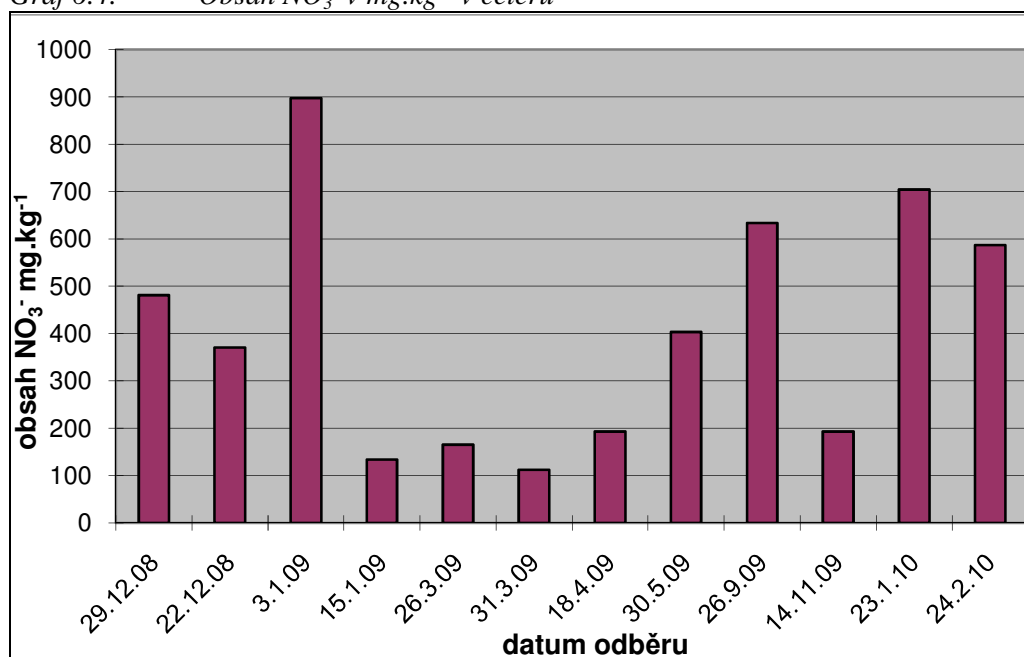
Bylo odebráno a analyzováno 36 vzorků, z nichž bylo v 6 případech (17 %) překročené povolené množství dusičnanů. V prvním případě šlo o hodnotu  $897 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ , což je překročení limitu o 28 %. Tento vzorek pocházel z 3. 1. 2009 a představoval tak nejvyšší naměřenou hodnotu u celeru. Druhý případ překročení povoleného množství dusičnanů byl ze dne 23. 1. 2010, ale jednalo se pouze o 0,5 % vyšší hodnotu  $\text{NO}_3^-$  než udává vyhláška.

Průměrný obsah dusičnanů byl určen na úrovni  $406 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . To je skoro o polovinu nižší množství než stanovené vyhláškou ( $700 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ), konkrétně o 42 % méně.

Nejnižší obsah dusičnanů obsahoval vzorek ze dne 31. 3. 2009, přesně 112 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> .kg<sup>-1</sup>. Všechny 100 % vzorků celeru pocházelo z produkce pěstitelů z České Republiky.

Naměřené hodnoty nitrátů u jednotlivých vzorků celeru znázorňuje graf 6.4.

Graf 6.4: Obsah NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v mg.kg<sup>-1</sup> v celeru



Obsah dusičnanů v celeru se jeví jako velmi příznivý, protože ve většině vzorků se nacházel pod přípustným limitem daným vyhláškou č. 53/2002 Sb.

### Mrkev

Mrkev je nejrozšířenější kořeninová zelenina u nás. Doporučená spotřeba mrkve je 11,5 kg na obyvatele, skutečná spotřeba se pohybuje kolem 8 kg. Patří k zeleninám, které hromadí dusičnany (MALÝ a PETŘÍKOVÁ 1998).

SMOLEN a SADY (2009) vidí problém koncentrace dusičnanů v mrkvi jako obzvláště důležitý, protože představuje jednu z nejčastěji používaných surovin pro výrobu dětské výživy.

Mrkev stejně jako ostatní kořeninová zelenina má podle vyhlášky limit obsahu dusičnanů na úrovni 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

V letech 2008 – 2010 bylo analyzováno celkem 45 vzorků mrkve. Z toho u 12 vzorků (skoro 27 %) byl zjištěn obsah nitrátů větší, než povoluje vyhláška.

Nejvyšší obsah dusičnanů byl v mrkvi ze dne 1. 2. 2009 (1 230 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>). To představuje překročení limitu o necelých 70 %. Zbylé

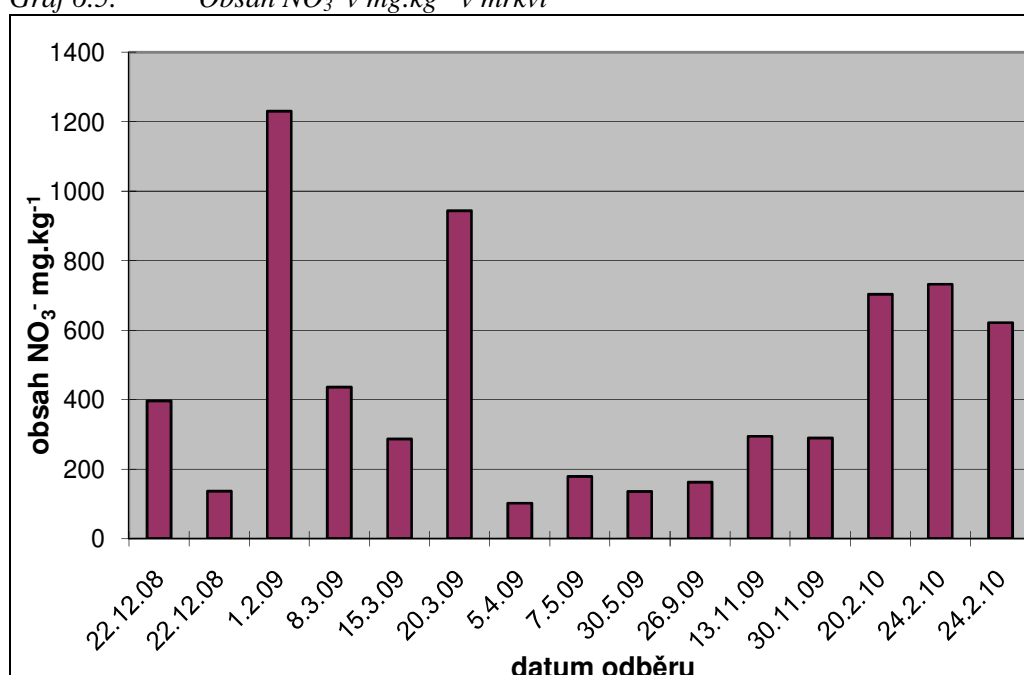
nevyhovující vzorky nevykazovaly tak velké překročení limitu dusičnanů. Naměřené hodnoty byly 944, 732 a 703 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Nevyhovující vzorky mrkve byly ve všech 4 případech z České Republiky.

Průměrný obsah nitrátů byl na úrovni 441 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, což je pozitivní výsledek. Představuje 63 % z celkového limitu daného vyhláškou.

Nejmenší obsah nitrátů vykazoval vzorek mrkve z 5. 4. 2009, pouze 102 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

Přesné hodnoty dusičnanů s jednotlivými daty odběru jsou v grafu 6.5.

Graf 6.5: Obsah NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v mg.kg<sup>-1</sup> v mrkvi



Z grafu je patrné, že obsahy nitrátů se většinou vyskytovaly pod úrovní přípustného limitu. 2 ze 4 nevyhovujících vzorků se pohybují těsně nad limitem, zatímco zbylé 2 nevyhovující vzorky dosáhly výrazného nárůstu oproti daným 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

BENEDÍKOVÁ (2007) ani DOUCHA (2003) ve svém měření nitrátů v mrkvi neuvádějí žádný případ překročení daného limitu 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a poukazují na velice nízké obsahy nitrátů v mrkvi.

VANĚK a TLUSTOŠ (1999) uvádí, že v mrkvi se mohou hodnoty dusičnanů pohybovat vlivem slunečního záření. Za jasného slunečního počasí to může být od 261 do 1 185 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, zatímco při zatažené obloze je to v rozsahu 1 250 – 5 742 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

## Petržel

Dle SZPI je petržel zařazena mezi zeleninu se středně vysokým obsahem dusičnanů (250 – 100 mg NO<sub>3</sub>.kg<sup>-1</sup>).

V případě petržele bylo odebráno a následně analyzováno 30 vzorků. Z tohoto množství bylo 80 % od tuzemských dodavatelů a pouze 20 % ze zahraniční produkce, konkrétně z Polska. Pouze 3 vzorky petržele (10 %) vykazovaly vyšší, než přípustné množství dusičnanů. Překročení limitu 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> bylo však pouze o 0,15 %. Proto by bylo možné i tyto vzorky zařadit mezi vyhovující z hlediska obsahu dusičnanů. Vzorky byly ze dne 24. 2. 2010.

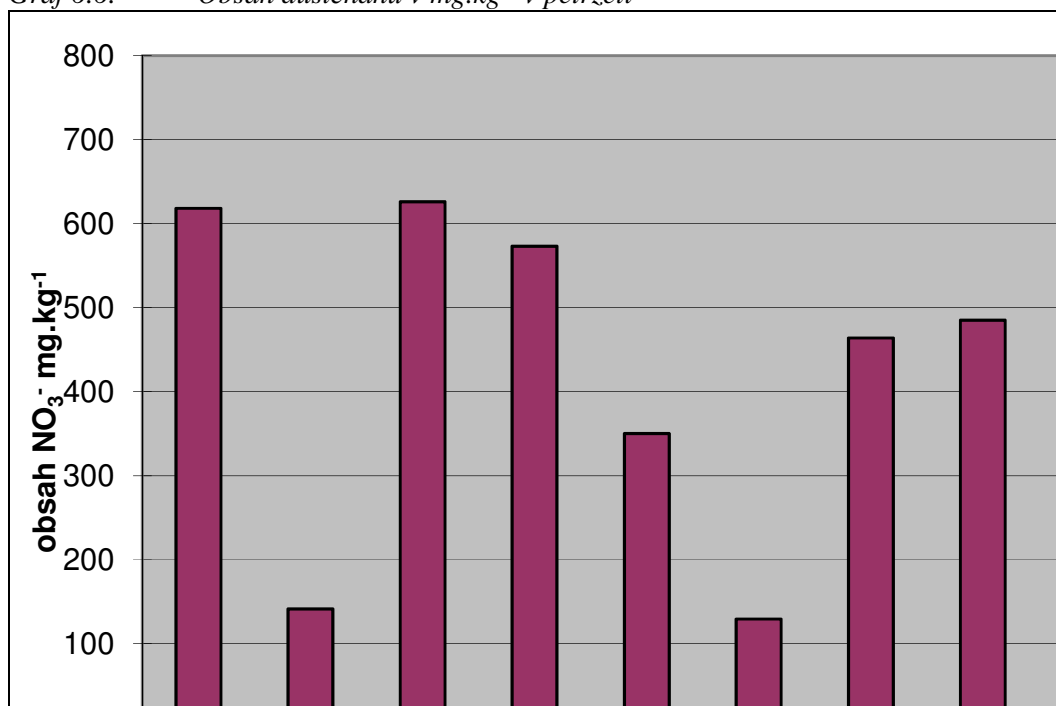
Průměrný obsah dusičnanů se pohyboval na úrovni 477 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

Nejnižší obsah NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (129 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>) byl u vzorku získaného 15. 5. 2009.

Podle výše zmíněných výsledků se petržel jeví jako bezproblémová kořenová zelenina, co se týká kumulace dusičnanů v kořeni.

Hodnoty dusičnanů v jednotlivých vzorcích jsou zaznamenány v grafu 6.6.

Graf 6.6: Obsah dusičnanů v mg.kg<sup>-1</sup> v petrželi



Graf ukazuje, že ani jeden z měřených vzorků výrazně nepřekročil přípustný obsah dusičnanů pro kořenovou zeleninu daný vyhláškou č. 53/2002 Sb. Průměrný obsah dusičnanů (477 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>) je ve shodě s hodnotou, kterou uvádí BENEDÍKOVÁ (2007), a to 424 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

### 6.3 Košťálová zelenina

Všechny košťálové zeleniny, s výjimkou pekingského zelí, jsou botanickými varietami jediného druhu – brukev zelná (PEKÁRKOVÁ 2000). Vyhláška č. 53/2002 Sb. uvádí  $700 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$  čerstvé hmoty jako nejvyšší přípustnou hodnotu dusičnanů v košťálové zelenině.

Celkem bylo odebráno 99 vzorků zeleniny, z toho 63 vzorků brokolice a 36 vzorků kedlubny. Dohromady 24 % vzorků košťálové zeleniny vykazovalo nadlimitní obsah nitrátů.

Množství nevyhovujících vzorků zeleniny se velmi shoduje se zjištěným množstvím nevyhovujících vzorků při měření obsahu dusičnanů v košťálové zelenině BENEDÍKOVÉ (2007), která uvádí 25 %.

#### Brokolice

U brokolice bylo odebráno celkem 63 vzorků, z nichž 15, tedy necelých 24 % vykazovaly nadlimitní nálezy dusičnanů.

Nejvyšší obsah nitrátů byl zjištěn ve vzorku z 1. 3. 2009 a to dokonce  $3\,419 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ . To je velmi výrazné překročení normy dané vyhláškou. Jedná se o bezmála 5krát vyšší obsah dusičnanů, než je povolen. Taková zelenina by neměla být používána jako potravina. Procenticky se jedná o překročení normy o celých 388 %. Tento vzorek brokolice pocházel ze Španělska. Takovou kumulaci dusičnanů mohly způsobit různé faktory vnější nebo vnitřní, ať už během vegetace, při sklizni nebo při skladování. Možná je také souhra několika faktorů společně.

Zbylé 4 vzorky vykazující nadlimitní nálezy dusičnanů už nepřevyšovaly limit  $700 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$  tak výrazně. Jednalo se o vzorky z 22. 12. 2008 ( $1\,297 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ ), 8. 3. 2009 ( $767 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ ), 19. 8. 2009 ( $1\,122 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ ) a z 14. 11. 2009 ( $853 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ ).

Nevyhovující vzorky pocházely ze Španělska (60 %), Itálie (20 %) a Polska (20 %). Z České Republiky nebyl ani jeden ze vzorků s nadlimitním nálezem dusičnanů.

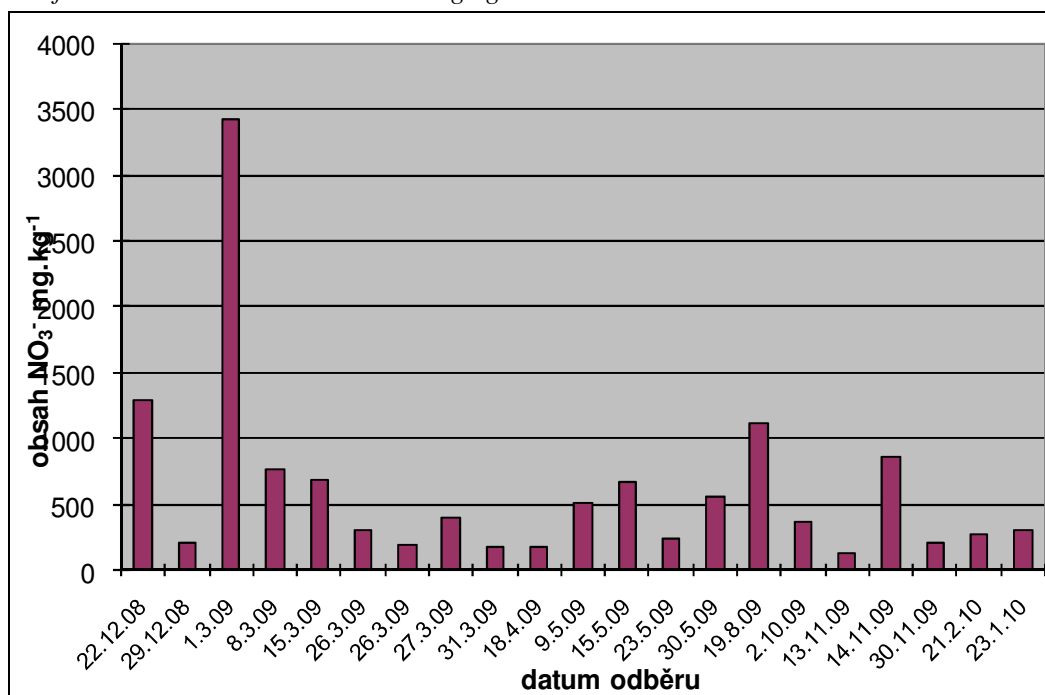
Průměrný obsah dusičnanů byl stanoven na úrovni  $598 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ . To je o 15 % méně, než stanovuje vyhláška pro košťálovou zeleninu.

Nejnižší obsah dusičnanů vykazoval vzorek z 13. 11. 2009 pocházející ze Španělska, pouze  $128 \text{ mg NO}_3\text{.kg}^{-1}$ .

Ani jeden ze zkoumaných vzorků nepocházel od pěstitele z České Republiky. Nejvíce byla zastoupena brokolice z dovozu ze Španělska (71 %), Itálie (24 %) a Polska (5 %).

Přesné obsahy nitrátů s daty odběrů ukazuje graf 6. 7.

Graf 6.7: Obsah dusičnanů v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  v brokolici



Z grafu je nápadný již zmiňovaný vzorek ze dne 1. 3. 2009, jeho extrémní nález obsahu dusičnanů se vymyká zbývajícím naměřeným hodnotám, které jsou víceméně vyrovnané.

BELLO et al., (1997) analyzovaly vzorky brokolice na obsah dusičnanů a dusitanů v čerstvém a zmraženém stavu. Čerstvé vzorky vykazovaly velice nízké hladiny dusičnanů a to pouze 48 – 97 ppm  $\text{KNO}_3$ , zatímco průmyslové zmrazování vedlo k nárůstu na hodnoty 127 – 232 ppm  $\text{KNO}_3$ .

### Kedluben

Posledním druhem z analyzované zeleniny byly kedlubny.

Podle PEKÁRKOVÉ (2000) spočívá význam kedluben především v jejich krátké vegetační době (70 – 80 dní) a proto patří mezi první jarní zeleniny, které se konzumují čerstvé. POKLUDA (2010) řadí kedlubny mezi rizikovou zeleninu, z hlediska poměru mezi vitamínem C a dusičnany.

Pro kedlubny platí podle vyhlášky č. 53/2002 Sb., stejně jako pro všechnu košťálovou zeleninu, maximální přípustné množství dusičnanů  $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Celkem bylo analyzováno 36 vzorků kedluben. Nadlimitní nález byl prokázán v 9 případech, tedy přesně v 25 %. Všechny tyto vzorky byly dovezeny z Itálie.

Nejvyšší hodnotou bylo  $1\,402 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  ze vzorku z 15. 3. 2009. To je dvakrát takové množství dusičnanů, než povoluje vyhláška. Druhé překročení se týkalo vzorku z 30. 11. 2009 ( $1\,199 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a v posledním případě se jednalo o vzorek ze 4. 6. 2009 ( $893 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

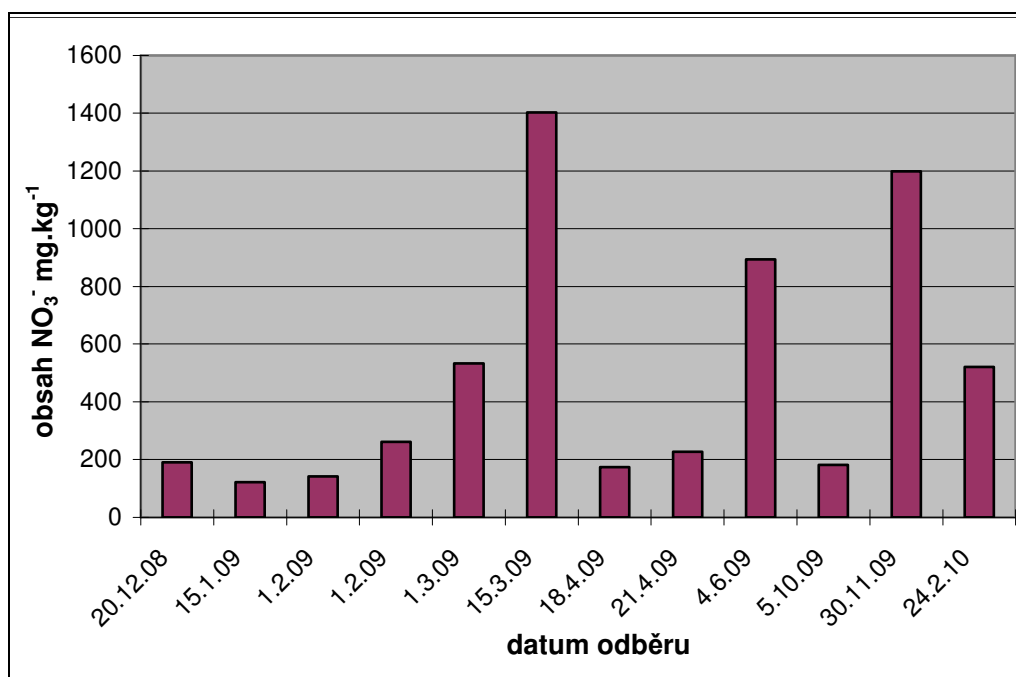
Průměrný obsah dusičnanů u analyzovaných vzorků byl  $487 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ , což je pod limitem o 30 %.

Nejnižší obsah nitrátů vykazoval vzorek se  $123 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  z 15. 1. 2009 pocházející z Itálie.

U kedluben se mohou hodnoty za jasného slunečního počasí pohybovat od 205 do  $1\,685 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ , pokud je však zataženo hodnoty se pohybují v rozsahu od  $1\,485$  do  $2\,235 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ , jak uvádí VANĚK a TLUSTOŠ (1999).

Graf 6.8 znázorňuje jednotlivé hodnoty obsahu dusičnanů s daty odběrů.

Graf 6.8: Obsah dusičnanů v  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  v kedlubnách



Jak je vidět na grafu, kedlubny vyšly kromě 9 nadlimitních vzorků velice příznivě vzhledem ke kumulaci dusičnanů. Většina zbylých vzorků je o značnou část



pod limitem  $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . To se neshoduje se zjištěnými hodnotami v pracích BENEDÍKOVÉ (2007) a DOUCHY (2003). Ti při svém měření obsahu dusičnanů v zelenině, řadí kedlubny k nejproblematictějším druhům. Z analyzovaných vzorků vykazovalo nadlimitní nálezy nitrátů v práci BENEDÍKOVÉ 59 % a v případě DOUCHY dokonce 71 % vzorků kedluben.

## 7. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo přispět ke sledování obsahu dusičnanů v kořenové a košťálové zelenině a bramborách nabízených spotřebitelům v obchodní síti města Humpolec v průběhu let 2008 – 2010. Stanovení probíhalo v měsíčních intervalech iontově selektivní elektrodou.

Analyzováno bylo celkem 240 vzorků, z nichž překročení přípustného množství dusičnanů bylo zjištěno u 60 vzorků, které tvořily 25 % z celkového kontrolovaného množství. Jednotlivé naměřené výsledky zachycuje tabulka, která je součástí příloh.

Největší množství vzorků s nadlimitním nálezem nitrátů bylo zjištěno u brambor. Stanovený limit nesplňovalo 50 % z analyzovaných vzorků. U ostatních druhů zeleniny se počty nevyhovujících vzorků nelišily příliš velkými rozdíly, mrkev 27 %, kedlubny 25 %, brokolice 24 % a celer 17 %. U petržele byly vzorky přesně na hranici povoleného limitu. Byly počítány mezi nevyhovující, ale z praktického hlediska by se mohly považovat za vyhovující.

Graf 6.2 ukazuje procentické zastoupení nevyhovujících vzorků dle země původu. Česká Republika (60 %) je na prvním místě z důvodu největšího množství nadlimitních vzorků brambor, které pocházely ve všech případech právě od tuzemských pěstitelů. Na druhém místě je Španělsko (20 %) díky dovážené brokolici a kedlubnám na náš trh.

SZPI ve své Zprávě o činnosti systému rychlého varování pro potraviny a krmiva (RASFF) z roku 2008 dokazuje, že limitní hodnoty dusičnanů v zelenině jsou překračovány jen výjimečně. V roce 2008 odebrala 116 vzorků, přičemž pouze ve 4 případech nebyla detekována přítomnost dusičnanů a 3 vzorky vykazovaly nadlimitní množství nitrátů. Jednalo se o špenát. V bramborech nebyl zjištěn překročený obsah dusičnanů v žádném případě.

Příjmu dusičnanů potravou je téměř nemožné se úplně vyhnout. Zelenina je jejich hlavním zdrojem, současně však obsahuje vitamín C, který snižuje vznik nitrosaminů (STRATIL 1993).

Proto i přes výskyt nitrátů v zelenině její konzumace nepředstavuje nebezpečí pro lidský organismus. Jednoznačně totiž převládají pozitivní účinky zeleniny na celkové zdraví.

Zelenina je významným, často hlavním nositelem látek nezbytných pro náš organismus – vitamínů, minerálií, vlákniny, aromatických, léčivých a dalších složek (PEKÁRKOVÁ 2000).

Z tohoto důvodu by rozhodně nebylo ku prospěchu našeho zdraví a celého organismu omezovat její konzumaci.

## Seznam literatury

1. BAIER J., SMETÁNKOVÁ M., BAIEROVÁ V. (1988): Diagnostika výživy rostlin. Praha, AGRODAT, s. 284
2. BÁRTA J., DIVIŠ J. (2000): Obsah dusičnanů v bramborách a hnojení dusíkem. Úroda, 48: 10 – 11
3. BELLO J., HUARTE-MENDICOA J. C., ASTIASARAN I. (1997): Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen broccolli. Effect of freezing and cooking. Food Chemistry, 58: 39 – 42
4. BENEDÍKOVÁ P. (2007): Sledování a vyhodnocení obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítí města Plzně. [Diplomová práce]. České Budějovice, 69 s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, katedra biologických disciplín.
5. BERGROVÁ K. (2006): Krmný manuál pro chovatele leguánů zelených. [www.leguanzeleny.cz/Letacky/KrmnyManual.pdf](http://www.leguanzeleny.cz/Letacky/KrmnyManual.pdf) [online 5. 4. 2010]
6. BÍZIK J. (1989): Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava, Veda, s. 192
7. CASTANHEIRA I., OLIVIERA L., VALENTE A., ALVITO P., COSTA H. S., ALINK A. (2003): The need for reference materials when monitoring nitrate intake. [www.springerlink.com/content/6bge8nxnv0pc5rhv/fulltext.pdf](http://www.springerlink.com/content/6bge8nxnv0pc5rhv/fulltext.pdf) [online 23. 3. 2010]
8. CAUDROVÁ J., KUŠTA J. (1992): K problematice dusičnanů v pektinu. Průmysl potravin, 43: 10
9. DIVIŠ J. (2007): Kvalita brambor z ekologického pěstování. Úroda, 55: 50 – 51
10. DIVIŠ J. (2008): Dusičnany v hlízách brambor. Úroda, 56: 48 – 49
11. DOLANSKÁ L. (2002): Studium obsahu dusičnanů u brokolice (*Brassica oleracea l. var. Italica plenck*) pěstované při různých dávkách dusíku. Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in České Budějovice Series for Crop Science, 19: 85 – 89
12. DOUCHA M. (2003): Sledování a srovnání obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny produkovaných malovýrobcem a distribuovaných obchodní sítí ve zvoleném regionu. [Diplomová práce]. České Budějovice, 82 s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, katedra ekologie
13. FIALA J., KLÍR J., KOHOUTEK A. (2008): Cesty dusíku jsou vyzpytatelné. Farmář. 14: 26
14. FOREJT M. (2008): Dusičnany v potravinách. Medicína pro praxi, 5: 333 – 334
15. GUZUIR J., SCHLUZOVÁ V., HAJŠLOVÁ J. (2000): Vliv lokality a způsobu pěstování na chemické složení hlíz brambor. Bramborářství, 8: 6 – 7
16. HLUŠEK J., ZRŮST J., JŮZL M. (2000): Koncentrace nitrátů v hlízách raných brambor. Rostlinná výroba, 46: 17 - 21
17. HSU J., ARCOT J., LEE N. A. (2008): Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians.

- [www.isiknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&quid=1&sid=RICFbJ65hm35PkDLj08&page=2&doc=12](http://www.isiknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&quid=1&sid=RICFbJ65hm35PkDLj08&page=2&doc=12) [online 15. 3. 2010]
18. HUBÁČEK J. a kol. (1988): Chemie pro vysoké školy zemědělské. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, s. 768
  19. JAVORSKÝ P. a kol. (1987): Chemické rozborý v zemědělských laboratořích. Praha, Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, s. 287
  20. KALAVSKÁ D., HOLOUBEK I. (1989): Analýza vod. Bratislava, Alfa, s. 264
  21. KOHOUT P. (2004): Význam ovoce a zeleniny v naší stravě. [www.hellmanns.cz/download/tiskove-zpravy/cz/vyznam-ovoce-a-zeleniny-v-nasi-strave.pdf](http://www.hellmanns.cz/download/tiskove-zpravy/cz/vyznam-ovoce-a-zeleniny-v-nasi-strave.pdf) [online 9 3 2010]
  22. KOLÁŘ L. (1987): Výživa rostlin a hnojení (zvláštnosti vyšších poloh). Doplnkové skriptum, VŠZ Praha AF v Českých Budějovicích, České Budějovice, s. 42
  23. KOUBOVÁ D. (2009): Nitráty ze zeleniny: Více předností než rizik. [www.agronavigator.cz/default.asp?ch=18&typ=1&val=90949&ids=1464](http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=18&typ=1&val=90949&ids=1464) [online 4. 2. 2010]
  24. KOUKAL M. (2008): 10 nejnebezpečnějších jedů v potravinách. [www.21.stoleti.cz/view.php?cislocianku=2008121904](http://www.21.stoleti.cz/view.php?cislocianku=2008121904) [online 4. 2. 2010]
  25. KRÁLOVÁ J. (2010): Zelenina-zdroj vitamínů v zimním období. [www.floranazahrade.cz/zdravi/zelenina.htm](http://www.floranazahrade.cz/zdravi/zelenina.htm) [online 9. 3. 2010]
  26. LEWIS O. A. M. (1986): Plant and nitrogen. London, s. 98
  27. MALÝ I., PETŘÍKOVÁ K. (1998): Základy pěstování kořenové zeleniny. Praha, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, s. 48
  28. MÍČA B., VOKÁL B., PENK J. (1991): Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, s. 75
  29. MÍČA B., VOKÁL B. (1997): Dusíkaté látky a jejich vztah ke kvalitě brambor. Bramborářství, 4: 5 – 8
  30. MÍČA B. (1993): Vliv skladování na obsah dusičnanů v hlízách brambor. Výživa, 48: 149 – 150
  31. MÍČA B. (1993): Půdní dusík, jeho formy a kumulace dusičnanů v bramborách. Úroda, 41: 117-119
  32. MÜLLEROVÁ T. (2003): Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí ve schématech. Praha, Triton, s. 99
  33. NEHASILOVÁ D. (2008): Další mýtus zpochybněn. [www.bezpecnostpotravin.cz/Index.aspx?ch=13&typ=1&val=80980&ids=0](http://www.bezpecnostpotravin.cz/Index.aspx?ch=13&typ=1&val=80980&ids=0) [online 3. 4. 2010]
  34. NEUMANN J., LOPUCHOVSKÝ J., ZAPLETAL O. (1988): Chemizace zemědělství, farmakologie a toxikologie. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, s. 304
  35. O'KEEFFE M., KENNEDY O. (1998): Residues – a food safety problem?. Journal of Food Safety, 18: 297 – 319

36. PATOČKA J. (2007): Jedy tabákového kouře. [www.toxicology.emtrading.cz/modules.php?name=news&file=print&sid=99](http://www.toxicology.emtrading.cz/modules.php?name=news&file=print&sid=99) [online 3. 4. 2010]
37. PECHOVÁ B. (1996): Problém akumulácie dusičnanov v rýchlenej zelenine. *Zahradnictví*, 21: 16 – 17
38. PEKÁRKOVÁ E. (2004): Pěstujeme mrkev, ředkvičky, celer a další kořenové zeleniny. Praha, Grada, s. 97
39. PEKÁRKOVÁ E. (2002): Pěstujeme salát, špenát a další listové zeleniny. Praha, Grada, s. 90
40. PEKÁRKOVÁ E. (2000): Pěstujeme zeleninu. 2. Praha, Grada, s. 152
41. PETŘÍKOVÁ K. (1997): Zelinářství (obecná část). Mendelova zemědělská a lesnická Univerzita v Brně, s. 58
42. POKLUDA R. (2010): Jak udusit dusičnany. *Zahradkář*, 42: 18 – 19
43. PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J., ŠEBÁNEK J. (1998): Fyziologie rostlin. Praha, Academia, s. 484
44. PRUGAR J., HADAČOVÁ V. (1995): Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách. (studijní zpráva). Praha, ÚZPI, 3: 52
45. PRUGAR J., HADAČOVÁ V. (1994): Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině. (studijní zpráva). Praha, ÚZPI, 5: 60
46. PRUGAR J., PRUGAROVÁ A. (1985): Dusičnany v zelenině. Bratislava, Příroda, s. 150
47. PRUGAR J. (1992): Agroekologické faktory ve vztahu k hromadění dusičnanů v zelenině a bramborách. *Rostlinná Výroba*, 38: 875 – 881
48. PRUGAR J. (2000): Kvalita ekologicky pěstované zeleniny. *Výživa a potraviny*, 55: 140-141
49. PRUGAR J., HADAČOVÁ V. (1996): Vliv formy a způsobů aplikace dusíkatých hnojiv na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách. *Zahradnictví*, 23: 141 – 149
50. PRŮŠOVÁ J., VALEŠKA J. (2007): Jak vysoké jsou obsahy dusičnanů v biozelenině. [www.biospotrebitel.cz/page.php?selected=1243&question\\_oid=38](http://www.biospotrebitel.cz/page.php?selected=1243&question_oid=38) [online 5. 4. 2010]
51. RICHTER R., HLUŠEK J. (2009): Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv. [www.vurv.cz/files/Publication/ISBN80-86555-96-8.pdf](http://www.vurv.cz/files/Publication/ISBN80-86555-96-8.pdf) [online 5. 4. 2010]
52. ROP O. (2002): Výskyt cizorodých prvků v bramborách. *Farmář*, 8: 26
53. SÁKOVÁ L., ČURN V. (2001): Studium reakce odrůd brokolice (*Brassica oleracea L. var. Italica Plenck*) na obsah dusičnanů. Collection of Scientific Papers, Fakulty of Agriculture in České Budějovice Series for Crop Science, 18: 77 – 81
54. SALMONEZ J., HOFMAN G. (2009): Nitrogen nutrition effect on Nitrate Accumulation of Soil-Grown Greenhouse Butterhead Lettuce. [www.isiknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=Gener](http://www.isiknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=Gener)

[alSearch&quid=1&sid=RICFbJ65hm35PkDLj08&page=2&doc=13](#)  
[online 3. 4. 2010]

55. SCOTTE, M.J., CASTLE L. (2004): Chemical interaction between additives in foodstuffs: a review. *Food additives & Contaminants*, 2: 93 – 124
56. SEMLER M. a kol. (1990): Iontově selektivní elektrody a jejich využití v potravinářské a zemědělské praxi. Praha, Středisko technických informací potravinářského průmyslu, s. 214
57. SIKORA E., CIESLIK E. (1999): Correlation between the levels of nitrites and nitrites and the contents of iron, copper and manganese in potato tubers. *Food Chemistry*, 67: 301 – 304
58. SKUPINOVÁ S. (1997): Vliv odrůdy na obsah dusičnanů v mrkvové šťávě. *Zahradnictví*, 24: 25 – 27
59. SLIPKA J., PŘIBYLOVÁ P., KOLÁŘOVÁ S. (2000): Kumulace dusičnanů v různých částech salátu (*Latuca sativa*). *Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in České Budějovice*, 17: 111 – 120
60. SMOLEN S., SADY W. (2009): The effect of various nitrogen fertilization and foliar nutrition regimes on the concentrations of nitrates, ammonium ions, dry matter and N-total in carrot (*Daucus carota*). *Scientia Horticulturae*. 119: 219 – 231
61. STRADA J., TETTER M. (1989): Vliv odstupňovaných dávek dusíku na výnos, obsah dusičnanů a jejich dynamiku v mrkvi. *Sborník Vysoké školy zemědělské v Praze, Agronomická fakulta v Českých Budějovicích, Řada fytotechnická*, 4: 11 – 19
62. STRADA J., TRUC J. (1994): Posouzení některých odrůd ředkviček (*Raphanus sativus L., var. Radicula pers.*) z hlediska schopnosti akumulace dusičnanů. *Zahradnictví*, 21: 17 – 25
63. STRATIL P. (1993a): *Abc zdravé výživy: 1. díl*. Brno, vydal autor, s. 351
64. STRATIL P. (1993b): *Abc zdravé výživy: 2. díl*. Brno, vydal autor, s. 254
65. SUCHÝ P., STRAKOVÁ E., SUCHÝ P. (1997): Antinutriční látky – 1. Část. *Krmivářství*, 1: 33 – 34
66. ŠINDELÁŘOVÁ M., KOLÁŘ L., ŠINDELÁŘOVÁ Š. (1986): Obsah dusičnanů v zelenině zahrádkářské a velkovýrobní produkce. *Sborník Vysoké školy zemědělské v Praze, Agronomická fakulta v ČB*, s. 116-121
67. ŠROBÁROVÁ V. (1990): Problematika cizorodých látek v potravinovém řetězci. *Ústředí vědeckých, technických a ekonomických informací, Praha*, s. 46
68. ŠROT R. (1999): *Zelenina*. Praha, Aventinum, s. 192
69. TESAŘ S., VANĚK V. a kol. (1992): *Výživa rostlin a hnojení*. Praha, Vysoká škola zemědělská Praha, Středisko počítačových služeb Agronomické fakulty, s. 151
70. TLUSTOŠ P., MATOUSCH O., SEMENOV V. M., VOSTÁL J. (1999): Působení inhibitorů nitrifikace na růst a kumulaci nitrátů ve špenátu. *Zahradnictví*, 18: 51 – 56
71. TRONÍČKOVÁ E. (1985): *Zelenina*. Praha, ARTIA, s. 223

72. TUREK F. (1986): Sborník AF v Českých Budějovicích, fytolech. Řada, č. 2, VŠZ PRAHA, s. 154
73. VANĚK V., TLUSTOŠ P. (1999): Nitráty v rostlinách. Farmář, 5: 24 – 25
74. VELÍŠEK J. (1999): Chemie potravin (3. díl). Tábor, Osis, s. 368
75. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb.
76. [www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/RASFF/Zprava%20RASFF%202008.pdf](http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/RASFF/Zprava%20RASFF%202008.pdf) [online 4. 2. 2010]
77. [www.CZSO.cz/CSU/2009edicniplan.nsf/tab/7A0038E263](http://www.CZSO.cz/CSU/2009edicniplan.nsf/tab/7A0038E263) [online 4. 2. 2010]
78. [www.SZPI.gov.cz/docDetail.aspx?docid=100297&dosype=ART&nid=11386](http://www.SZPI.gov.cz/docDetail.aspx?docid=100297&dosype=ART&nid=11386) [online 10. 4. 2010]
79. ZRŮST J. (2004): Dusičnany, dusitany a nitrosaminy u konzumních brambor určených pro přímou spotřebu a produkci potravinářských výrobků z brambor. [www.phytosanitary.org/projekty/2003/vvf-20-03.pdf](http://www.phytosanitary.org/projekty/2003/vvf-20-03.pdf) [online 5. 4. 2010]
80. ŽUČENKO A. A, ANDRJUŠČENKO A. K. (1994): Vozmožnosti sníženina soděržanija nitrátov v ovovščach metodom selekci. In: Strada J., Truc J. (ed): Posouzení některých odrůd ředkviček (*Raphanus Sativus L., var. Radicula Pers.*) z hlediska schopnosti akumulace dusičnanů. Zahradnictví, 21: 17 - 25



## **PŘÍLOHY**

Naměřené obsahy dusičnanů v  $\text{mg.kg}^{-1}$  v letech 2008 – 2010 část I.

č	druh zeleniny	původ	místo nákupu	datum nákupu	dusičnany ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	Průměr dusičnanů ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )
1	<b>Petržel</b>	ČR	Lidl	20.12.08	19	
2					1671	<b>618</b>
3					165	
4	<b>Kedluben</b>	Itálie	Lidl	20.12.08	188	
5					159	<b>191</b>
6					225	
7	<b>Celer</b>	ČR	Lidl	22.12.08	307	
8					293	<b>370</b>
9					510	
10	<b>Mrkev</b>	ČR	Billa	22.12.08	372	
11					519	<b>369</b>
12					216	
13	<b>Brambor</b>	ČR	Billa	22.12.08	519	
14					169	<b>275</b>
15					139	
16	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	22.12.08	1382	
17					1563	<b>1297</b>
18					947	
19	<b>Mrkev</b>	ČR	Lidl	22.12.08	146	
20					124	<b>136</b>
21					137	
22	<b>Celer</b>	ČR	Billa	29.12.08	447	
23					737	<b>481</b>
24					259	
25	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Billa	29.12.08	192	
26					255	<b>203</b>
27					161	
28	<b>Petržel</b>	ČR	Billa	30.12.08	121	
29					58	<b>141</b>
30					244	
31	<b>Celer</b>	ČR	Billa	3.1.09	591	
32					1087	<b>897</b>
33					1014	
34	<b>Petržel</b>	ČR	Billa	3.1.09	825	
35					608	<b>574</b>
36					288	
37	<b>Brambor</b>	ČR	Billa	3.1.09	157	
38					128	<b>134</b>
39					116	
40	<b>Brambor</b>	ČR	Lidl	15.1.09	694	
41					399	<b>546</b>
42					544	
43	<b>Celer</b>	ČR	Lidl	15.1.09	123	
44					137	<b>134</b>
45					141	
46	<b>Kedluben</b>	Itálie	Lidl	15.1.09	123	
47					122	<b>122</b>
48					122	

Naměřené obsahy dusičnanů v mg.kg<sup>-1</sup> v letech 2008 – 2010 část II.

č	druh zeleniny	původ	místo nákupu	datum nákupu	dusičnany (mg.kg <sup>-1</sup> )	Průměr dusičnanů (mg.kg <sup>-1</sup> )
49	<b>Mrkev</b>	ČR	Lidl	15.1.09	714	
50					849	<b>756</b>
51					705	
52	<b>Mrkev</b>	ČR	Lidl	1.2.09	1442	
53					1360	<b>1230</b>
54					887	
55	<b>Kedluben</b>	Itálie	Lidl	1.2.09	335	
56					163	<b>262</b>
57					287	
58	<b>Kedluben</b>	Polsko	Billa	1.2.09	100	
59					125	<b>142</b>
60					201	
61	<b>Brambor</b>	ČR	Lidl	1.2.09	79	
62					153	<b>121</b>
63					130	
64	<b>Petržel</b>	Polsko	Lidl	1.2.09	536	
65					416	<b>626</b>
66					925	
67	<b>Kedluben</b>	ČR	Lidl	1.3.09	552	
68					563	<b>533</b>
69					483	
70	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	1.3.09	2582	
71					4279	<b>3419</b>
72					3395	
73	<b>Brokolice</b>	Itálie	Lidl	8.3.09	900	
74					590	<b>767</b>
75					811	
76	<b>Mrkev</b>	Itálie	Lidl	8.3.09	762	
77					302	<b>436</b>
78					243	
79	<b>Kedluben</b>	Itálie	Billa	15.3.09	1524	
80					1317	<b>1402</b>
81					1365	
82	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Billa	16.3.09	782	
83					895	<b>683</b>
84					371	
85	<b>Brambor</b>	ČR	Billa	15.3.09	402	
86					742	<b>798</b>
87					1250	
88	<b>Mrkev</b>	Itálie	Billa	15.3.09	290	
89					302	<b>287</b>
90					268	
91	<b>Petržel</b>	Polsko	Lidl	20.3.09	257	
92					393	<b>350</b>
93					399	
94	<b>Mrkev</b>	ČR	Lidl	20.3.09	1246	
95					810	<b>944</b>
96					775	

Naměřené obsahy dusičnanů v mg.kg<sup>-1</sup> v letech 2008 – 2010 část III.

č	druh zeleniny	původ	místo nákupu	datum nákupu	dusičnany (mg.kg <sup>-1</sup> )	Průměr dusičnanů (mg.kg <sup>-1</sup> )
97	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Billa	26.3.09	584	
98					222	<b>310</b>
99					124	
100	<b>Celer</b>	ČR	Lidl	26.3.09	161	
101					135	<b>164</b>
102					197	
103	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	26.3.09	68	
104					159	<b>192</b>
105					348	
106	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	27.3.09	446	
107					275	<b>403</b>
108					488	
109	<b>Brokolice</b>	Itálie	Lidl	31.3.09	180	
110					137	<b>174</b>
111					204	
112	<b>Celer</b>	ČR	Billa	31.3.09	116	
113					108	<b>112</b>
114					111	
115	<b>Mrkev</b>	Itálie	Lidl	5.4.09	120	
116					103	<b>102</b>
117					82	
118	<b>Kedluben</b>	Itálie	Lidl	18.4.09	148	
119					179	<b>174</b>
120					194	
121	<b>Celer</b>	ČR	Lidl	18.4.09	297	
122					154	<b>193</b>
123					127	
124	<b>Brokolice</b>	Itálie	Lidl	18.4.09	179	
125					138	<b>174</b>
126					204	
127	<b>Kedluben</b>	Itálie	Billa	21.4.09	273	
128					177	<b>227</b>
129					230	
130	<b>Mrkev</b>	ČR	Lidl	7.5.09	172	
131					178	<b>180</b>
132					189	
133	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	9.5.09	435	
134					485	<b>516</b>
135					628	
136	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	15.5.09	413	
137					892	<b>671</b>
138					707	
139	<b>Petržel</b>	ČR	Lidl	15.5.09	126	
140					144	<b>129</b>
141					116	
142	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Billa	23.5.09	178	
143					166	<b>244</b>
144					387	

Naměřené obsahy dusičnanů v  $\text{mg.kg}^{-1}$  v letech 2008 – 2010 část IV.

č	druh zeleniny	původ	místo nákupu	datum nákupu	dusičnany ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	Průměr dusičnanů ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )
145	<b>Mrkev</b>	ČR	Billa	30.5.09	187	
146					112	<b>135</b>
147					105	
148	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Billa	30.5.09	485	
149					469	<b>557</b>
150					716	
151	<b>Petržel</b>	ČR	Billa	30.5.09	478	
152					447	<b>464</b>
153					466	
154	<b>Celer</b>	ČR	Billa	30.5.09	352	
155					414	<b>403</b>
156					442	
157	<b>Kedluben</b>	Itálie	Lidl	4.6.09	1318	
158					504	<b>893</b>
159					856	
160	<b>Brokolice</b>	Polsko	Billa	19.8.09	356	
161					1885	<b>1122</b>
162					1124	
163	<b>Brambor</b>	ČR	Lidl	25.9.09	51	
164					57	<b>312</b>
165					828	
166	<b>Celer</b>	ČR	Lidl	26.9.09	815	
167					899	<b>633</b>
168					184	
169	<b>Mrkev</b>	ČR	Lidl	26.9.09	190	
170					209	<b>162</b>
171					87	
172	<b>Brambor</b>	ČR	Lidl	2.10.09	119	
173					114	<b>189</b>
174					333	
175	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	2.10.09	383	
176					247	<b>369</b>
177					477	
178	<b>Petržel</b>	ČR	Billa	5.10.09	443	
179					784	<b>485</b>
180					227	
181	<b>Kedluben</b>	Itálie	Billa	5.10.09	235	
182					202	<b>182</b>
183					108	
184	<b>Brambor</b>	ČR	Billa	5.10.09	126	
185					162	<b>154</b>
186					173	
187	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Billa	13.11.09	124	
188					119	<b>128</b>
189					140	
190	<b>Mrkev</b>	Itálie	Billa	13.11.09	295	
191					302	<b>294</b>
192					285	

Naměřené obsahy dusičnanů v mg.kg<sup>-1</sup> v letech 2008 – 2010 část V.

č	druh zeleniny	původ	místo nákupu	datum nákupu	dusičnany (mg.kg <sup>-1</sup> )	Průměr dusičnanů (mg.kg <sup>-1</sup> )
193	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	14.11.09	716	
194					517	<b>853</b>
195					1326	
196	<b>Celer</b>	ČR	Lidl	14.11.09	221	
197					125	<b>193</b>
198					233	
199	<b>Mrkev</b>	ČR	Billa	30.11.09	343	
200					431	<b>289</b>
201					93	
202	<b>Brokolice</b>	Itálie	Billa	30.11.09	273	
203					134	<b>210</b>
204					222	
205	<b>Petržel</b>	ČR	Billa	30.11.09	915	
206					523	<b>687</b>
207					622	
208	<b>Kedluben</b>	Itálie	Billa	30.11.09	1140	
209					946	<b>1199</b>
210					1510	
211	<b>Brokolice</b>	Itálie	Lidl	23.1.10	268	
212					294	<b>298</b>
213					331	
214	<b>Celer</b>	ČR	Lidl	23.1.10	680	
215					714	<b>704</b>
216					717	
217	<b>Mrkev</b>	ČR	Lidl	20.2.10	720	
218					710	<b>703</b>
219					860	
220	<b>Brokolice</b>	Španělsko	Lidl	21.2.10	272	
221					321	<b>276</b>
222					235	
223	<b>Brambor</b>	ČR	Lidl	21.2.10	405	
224					408	<b>405</b>
225					403	
226	<b>Petržel</b>	ČR	Billa	24.2.10	702	
227					700	<b>701</b>
228					700	
229	<b>Mrkev</b>	ČR	Billa	24.2.10	742	
230					736	<b>732</b>
231					717	
232	<b>Brambor</b>	ČR	Billa	24.2.10	372	
233					371	<b>371</b>
234					371	
235	<b>Celer</b>	ČR	Billa	24.2.10	595	
236					593	<b>587</b>
237					572	
238	<b>Kedluben</b>	Německo	Billa	24.2.10	552	
239					520	<b>521</b>
240					490	

Tab. 9.2: Přehled odebraných vzorků zeleniny na stanovení obsahu dusičnanů metodou ISE dle země původu v letech 2008 - 2010

Země původu	Brambory	Brokolice	Celer	Kedluben	Mrkev	Petržel	Celkem	%
ČR	30	X	36	3	33	24	126	52,50
Itálie	X	15	X	27	12	X	54	22,50
Německo	X	X	X	3	X	X	3	1,25
Polsko	X	1	X	3	X	6	12	5
Španělsko	X	45	X	X	X	X	45	18,75
<b>Celkem</b>	<b>30</b>	<b>63</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>240</b>	<b>100</b>

Tab. 9.3: Přehled vzorků s nadlimitním nálezem obsahu dusičnanů dle země původu

Země původu	Brambory	Brokolice	Celer	Kedluben	Mrkev	Petržel	Celkem	%*	%**
Česká Republika	15	X	6	X	12	3	36	15	60
Itálie	X	X	X	9	X	X	9	3,75	15
Německo	X	X	X	X	X	X	0	0	0
Polsko	X	3	X	X	X	X	3	1,25	5
Španělsko	X	12	X	X	X	X	12	5	20
<b>Celkem</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>60</b>	<b>25</b>	<b>100</b>

\* procentický podíl nevyhovujících vzorků z celkového počtu vzorků dle země původu

\*\* procentický podíl nevyhovujících vzorků z celkového počtu vzorků s nadlimitním nálezem