



VĚDECKÝ VÝBOR FYTOSANITÁRNÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Klasifikace:	Draft	<input type="checkbox"/>	<i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
	Oponovaný draft	<input type="checkbox"/>	<i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
	Finální dokument	<input type="checkbox"/>	<i>Pro oficiální použití</i>
	Deklasifikovaný dokument	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Pro veřejné použití</i>

Název dokumentu:

**Dusičnany, dusitany a nitrosaminy u konzumních
brambor určených pro přímou spotřebu
a produkci potravinářských výrobků z brambor**

Poznámka:

VVF-20-03
Zpracovatel: Ing. Jaromír Zrůst, CSc. (VÚBHB)

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 PRAHA 6 - Ruzyně

Tel.: +420 233 022 324 , fax.: +420 233 311 591, URL: <http://www.phytopsanitary.org>

Obsah	str.
1. ÚVOD.....	3
2. PŘÍJEM DUSÍKU ROSTLINAMI.....	5
3. STRUČNĚ O HISTORII PROBLÉMU ZVANÉHO „DUSIČNANY“	6
4. ÚČINEK DUSIČNANŮ NA ČLOVĚKA	9
5. ROZLOŽENÍ DUSIČNANŮ V HLÍZÁCH BRAMBORU	11
6. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ AKUMULACI A OBSAH DUSIČNANŮ V HLÍZÁCH	13
6. 1. VLIV ODRŮDY	13
6. 2. VLIV PROSTŘEDÍ.....	16
6. 3. VLIV HNOJENÍ.....	27
6. 4. VLIV SKLADOVÁNÍ.....	29
6. 5. VLIV PŘERUŠENÍ PŘÍSUNU DUSIČNANŮ	31
7. VLIV KUCHYŇSKÉ A POTRAVINÁŘSKÉ ÚPRAVY NA OBSAH DUSIČNANŮ	32
7. 1. VLIV LOUPÁNÍ.....	33
7. 2. VLIV VAŘENÍ HLÍZ A STERILACE.....	35
7. 3. VLIV SMAŽENÍ HLÍZ.....	39
7. 3. 1. <i>Smažené hranolky (též zmražené a předsmažené hranolky)</i>	40
7. 3. 2. <i>Lupínky</i>	43
7.4. VLIV SUŠENÍ.....	45
7. 5. BRAMBOROVÉ SALÁTY A OBSAH DUSIČNANŮ	46
8. PŘEMĚNY DUSIČNANŮ PŘI KUCHYŇSKÉ ÚPRAVĚ BRAMBOR.....	47
8.1. NITROSAMINY (N-NITROSLOUČENINY)	48
8.2. VÝSLEDKY POKUSŮ KE ZJIŠTĚNÍ OBSAHU NITROSAMINŮ.....	49
9. DOPORUČENÍ KE SNÍŽENÍ DUSIČNANŮ V HLÍZÁCH A PRODUKTECH Z NICH VYRÁBĚNÝCH.....	51
10. ZÁVĚR.....	53
11. SOUHRN	55
12. LITERATURA	56

1. Úvod

Komplex procesů, jimiž rostliny přijímají anorganické látky z vnějšího prostředí, rozvádějí je do svých jednotlivých částí a přeměňují v organické látky nezbytné pro tvorbu struktur a pro průběh procesů během celé ontogeneze, se zahrnuje do pojmu minerální výživa. Z této problematiky je v projektu zpracována pouze velmi malá část věnovaná především dusičnanům, po jejich redukci dusitanům a konečně nitrosaminům, které vznikají reakcí dusitanů především se sekundárními, ale i terciárními a dokonce i kvartárními aminy.

Co mají tyto látky společného? Je to dusík (N), který je kvantitativně čtvrtým nejrozšířenějším bioelementem v rostlinách se zvláště významným postavením vzhledem k rostlinné produkci. Mengel (1984) uvádí, že jeho obsah v rostlinách kolísá mezi 0,4 až 5,5 % podle typu a stáří pletiva. Nejčastěji se jeho hodnoty pohybují kolem 1,5 % (Epstein, 1972). Jeho dostupná hladina v půdě bývá prakticky často limitujícím faktorem pro tvorbu biomasy a může zásadním způsobem ovlivnit směry metabolických pochodů. Deficience dusíku vyvolává zvýšenou konverzi sacharidů do zásobních forem (škrob, tuky), jakož i do produktů druhotného metabolismu (lignin). Zvýšená hladina naopak podporuje růstové procesy, tvorbu biomasy a zpravidla poněkud oddaluje tvorbu reprodukčních orgánů a procesů stárnutí. Platí to i pro rostliny bramboru (Zrůst, 1988).

Metabolismus dusíku je prostřednictvím bílkovin a nukl. kyselin (ve kterých funguje jako složka makromolekul), jakož i prostřednictvím koenzymů, dalších látek, nukleotidů a fotosyntetických pigmentů spjat se všemi důležitějšími fyziologickými procesy probíhajícími v rostlinách. Jeho metabolismus je proto velmi jemně regulován, což zajišťuje maximální ekonomické využití dusíku několikanásobnou reutilizací (opětovné využití) v průběhu ontogeneze.

Při nadměrné nabídce N v půdě ho rostliny nestačí spotřebovat v mechanismu svého metabolismu, tj. využít na tvorbu aminokyselin s následnou syntézou bílkovin a dochází v nich k jeho hromadění především ve formě dusičnanů. Tento případ nastává tehdy, když rostlina nedokáže zredukovat přijímané dusičnany do asimilovatelné amoniakální formy. Dusičnany se tak stávají balastem, a to dokonce balastem nežádoucím (Míča, Bečka, 1984). Dusičnany však patří mezi přirozené látky, které mohou v nadměrných koncentracích působit vážné zdravotní problémy. Fyziologická podstata stavu, kdy rostlina je nadbytečně „zaplavena“ dusíkem není jednoznačně objasněna. Mezi plodinami existují podstatné rozdíly ve schopnosti reagovat na dusíkatou výživu. Brambory patří mezi plodiny, které se umisťují svým obsahem dusičnanů ve středu hodnot (Schuh, 1969). Potvrzují to i další autoři citovaní v tab. 1.

Tab.1. Zařazení bramboru podle obsahu nitrátů u užitkových rostlin (podle Putz, Bergthaller, 1989)

Rozsah obsahu nitrátů v mg.kg ⁻¹ č. h.	Označení skupin	Literatura
10 – 500 (0 – 300)	nízký obsah	Müller (1983) (podle Möhlera, 1982)
-	střední obsah	Wehrmann, Scharpf (1984)
< 200 30 – 600	- mírný obsah nitrátů	Fricker (1985) Kolbe (1987) (podle Clause, 1983)

Podle tohoto zařazení i podle toho jak rozdělili uživatkové rostliny do jednotlivých skupin P u t z a B e r g t h a l l e r (1989) v citovaném příspěvku, náleží brambory jak do dosahu středního, tak také nízkého obsahu nitrátů, což podle literárního přehledu publikovaného M u n z e r t e m (1989) odpovídalo stavu tržního zboží v tehdejší Spolkové republice Německo. K o l b e (1987) upravil podle C l a u s e (1983) zařazení brambor do skupiny s mírným obsahem nitrátů (tab. 2).

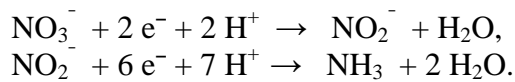
Tab. 2. Obsah nitrátů v různých uživatkových rostlinách (upraveno podle Clause, 1983)

Skupina	Druh rostliny	ppm nitrát v č.h.
silný obsah nitrátů	ředkvička, červená řepa, ředkev, špenát, salát	200 – 4 000
mírný obsah nitrátů	květák, mrkev, nat'ové druhy, brambory , jahody, banány	30 – 600
slabý obsah nitrátů	růžičková kapusta, rajčata, hrách, ovoce, obilí	< 50

2. Příjem dusíku rostlinami

Dusík je základním prvkem bílkovin a tvoří výrazný podíl v sušině rostlin. Je přijímán především jako NO_3^- iont, zatímco v rostlinách je obsažen zejména ve své redukované formě. Příjem nitrátů kořeny rostlin a jeho následná redukce a asimilace představují hlavní způsob, jímž je anorganický dusík přeměňován na organický. Pro akumulaci dusičnanů v nadzemní hmotě je důležitý rozsah, v jakém se redukuje na amino- a amido- sloučeniny v kořenech. Pro vytrvalé rostliny je charakteristické, že se v jejich kořenech redukuje vysoký podíl přijatých dusičnanů. V jednoletých rostlinách nestačí redukující schopnost samotných kořenů, a tak se redukce odehrává i v nadzemních orgánech. Jednotlivé rody rostlinné říše se velmi liší podílem NO_3^- redukovaného v kořenech. Význam těchto rozdílů není znám. Nezredukované nitráty z kořenů jsou transportovány do nadzemních částí hlavně xylémovými pletivy. Při snížené transpiraci se jejich koncentrace může zvýšit tím, že je bržděn jejich transport do míst, kde probíhá redukce (M a y n a r d et al., 1976). Při zvýšených koncentracích v xylémové šťávě se dusičnany ukládají v okolních pletivech, zvláště ve vakuolách xylémového parenchymu, kde slouží jako zásoba dusíku a jako osmotikum potřebné pro udržení turgoru. Zde probíhá redukce dusičnanů pouze nepatrně, zato v zelených buňkách v listech probíhá rychle, což souvisí mj. i s aktivitou enzymu nitrátoreduktázy (M ü n z, 1984).

Redukce NO_3^- probíhá ve dvou stupních. Nejprve je enzymem nitrátoreduktázou (NR) redukován NO_3^- za vzniku NO_2^- , který je pak nitritoreduktázou (NiR) dále redukován na NH_3 :



Celková redukce NO_3^- tedy vyžaduje 8 elektronů. Protože přenos $1 e^-$ je podmíněn absorpcí dvou světelných kvant, je redukce 1 molu NO_3^- spojená s absorpcí 16 molů kvant fotosynteticky účinného záření. Biochemie těchto procesů je velmi podrobně popsána v publikaci Č i n č e r o v é (1982), nověji N á t r e m (1998). Příjem nitrátového aniontu rostlinami převažuje v biologicky činných půdách.

Druhou formou příjmu dusíku rostlinami je amonný kationt (NH_4^+). Je rostlinou rovněž poměrně snadno přijímán. Vliv jiných kationtů na jeho příjem není jednoznačně rozřešen. Zatímco S m i t h a E p s t e i n (1964) prokázali u kukuřice kompetici v příjmu mezi NH_4^+ a K^+ M e n g e l et al. (1976) u rýže žádný takovýto vliv nezjistili. Příjem amonné formy dusíku je spojen s okyselením prostředí. B r e t e l e r a S m i t (1974) zjistili, že ve vodní kultuře pšenice došlo při amonné výživě k poklesu pH z 5,3 na 3,1, zatímco při nitrátové výživě pH naopak stoupl na 7,2. Sám NH_3 je pro rostliny toxický. B e n n e t a A d a m s (1970) uvedli pro různé semenáčky hranici toxicity 0,2 mM. NH_3 ovlivňuje dosti drasticky růst rostlin, zejména díky působení na fotosyntézu. NH_3 totiž vstupuje snadno přes membrány chloroplastů do tylakoidů, kde reaguje následujícím způsobem: $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$. Tím spotřebovává zde přítomné protony a odbourává protonový gradient nutný pro průběh fotofosforylace.

NH_4^+ přijatý rostlinou může být okamžitě zabudován do organických molekul bez předchozí energeticky náročné redukce. Jeho příjem tedy vyžaduje dostatečnou zásobu uhlíkatých skeletů, aby nedocházelo v rostlině k jeho hromadění provázenému toxickým působením.

Na otázku, zda je pro výživu vhodnější nitratový či amonný dusík, nemůže být odpověď jednoznačná. Bude záležet jak na druhu rostliny, tak na typu půdy. Nitratový dusík přechází snadno do půdního roztoku a z něho je rostlinou snadno a rychle přijímán. Zároveň je však snadno vyplavován a může se ve značném množství dostávat do vodních zdrojů. Podrobnos-ti o této problematice uvádějí B a l í k a T l u s t o š (1994).

Amonný dusík je rostlinou také snadno a rychle přijímán, může být ale v půdách vázán na jílové minerály podobně jako K^+ . Podle S c h a c h t s c h a b e l a (1961) může být v půdách bohatých na jílové minerály vázáno 2 500 až 3 000 kg N.ha⁻¹. Takto vázaný NH_4^+ působí pomalu a dlouhodobě.

Rostliny bramboru přijímají N ve formě minerální (dusičnanové i amoniakální). Ani jedna z forem minerálního N není přímo zabudována do bílkovin (M í č a, 1988). Dosud není experimentálně doloženo, která forma dusíku je pro brambory vhodnější, zda nitratový nebo amonný dusík (Č e p l, 1994).

Dusík přijatý rostlinou je dobře a snadno translokován, a to jak dřevní částí vodivých pletiv (xylémem), tak i částí lýkovou (floemem). Může být transportován ve formě nitrátů i ve formě organických sloučenin (blíže viz D v o ř á k et al. 1982, kteří shrnuli formou literární rešerše poznatky o metabolismu dusičnanového aniontu v rostlinách, zahrnuli do ní 244 prací z období let 1933 až 1982; méně rozsáhle referovali V o t r u b o v á a V o t r u b a, 1984; v poslední době nové poznatky o této problematice shrnul N á t r, 1998; poznatky o transportu látek floémem podrobněji uvedl P r o c h á z k a, 1998).

3. Stručně o historii problému zvaného „dusičnany“

Za 30 let před rokem 1990 značně vzrostla spotřeba průmyslových hnojiv (tab. 3). S tímto trendem se měnil i podíl jednotlivých hlavních živin (N, P, K) používaných v rostlinné výrobě. Jednostranné zaměření na zvyšování hektarových výnosů vedlo k preferenci dusíku před fosforem a draslíkem. Např. oproti r. 1961 do r. 1980 došlo ke zvýšení dávky N až na 380 % (T u r e k et al., 1980). V té době byla minimálně respektována kvalita produktů. Až v poslední třetině zmíněných 30 let stále více doznávaly změny základní přístupy zabezpečování zemědělské výroby týkající se přechodu od směru vyrábět množství produkce ke kursu na kvalitu zemědělských a potravinářských výrobků při zabezpečování ochrany životního prostředí sníženou intenzitou výroby, vyšší odborností a uplatňováním osvědčených prvků z minulosti.

Tab. 3. Spotřeba průmyslových hnojiv v ČR (kg č.ž. na ha z.p.; N+P₂O₅+K₂O) podle MZe ČR (citováno z: Míča et al. 1991)

Rok	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985
NPK celkem	24,4	49,4	70,9	123,0	176,6	231,1	254,7	260,9
z toho N	6,6	11,5	19,4	34,2	61,2	76,8	100,0	101,1

Zatímco se dodávky průmyslových hnojiv do roku 1985 progresivně zvyšovaly, v dalších letech docházelo k citelnému poklesu. Po r. 1989 a zejména r. 1990 došlo k výrazně snížené spotřebě živin (obr. 1) především v důsledku nových podmínek trhu, vývoje cen hnojiv a ekonomiky zemědělských podniků (tab. 4).

Tab. 4. Spotřeba minerálních hnojiv v ČR (kg č.ž. na ha z.p.) podle MZe ČR (citováno z: Richter et al., 1999)

živina	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
N	99,2	98,8	95,5	89,8	46,0	48,2	40,0	57,6	55,4	61,3	55,1	53,3
P ₂ O ₅	67,4	68,4	63,5	56,8	11,0	10,5	13,0	10,2	14,6	11,8	11,7	12,6
K ₂ O	71,4	66,5	55,9	50,8	8,0	7,1	10,5	13,0	12,8	8,0	10,1	7,3
celkem	238,0	233,7	217,9	197,4	65,0	65,8	63,5	80,8	82,8	81,1	76,9	73,2

Obr. 1. Vývoj spotřeby minerálních hnojiv v ČR zaznamenávající prudký pokles po roce 1989 (podle Richtera et al., 1999)

Richter, R., Klír, J., Mezuliáník, M.: Výživa rostlin v České republice a její perspektivy. In: Výživa rostlin, kvalita produkce a zpracovatelské využití. Sborník referátů. MZLU Brno, 29. – 30. 6. 1999, s. 12

Autoři upozorňují (týká se obr. 1), že se vykazovaná spotřeba minerálních hnojiv často liší. Průměrná spotřeba podle MZe je uváděná za kalendářní rok a vychází z bilancování tuzemské výroby, exportu a importu hnojiv, zatímco ČSÚ uvádí údaje za hospodářský rok, tj. od 1.7. do 30.6., jež jsou čerpány z ročních výkazů za organizace hospodařící na zemědělské půdě. Od roku 1991 podle těchto autorů nebral šetření ČSÚ v úvahu soukromé zemědělce, kteří obhospodařují cca 23 % z.p. Proto jsou v tomto období hodnoty ČSÚ v průměru o 20 % jiné než bilanční údaje MZe ČR. V současné době tomu tak není. Spotřeba hnojiv je součástí programu statistického zjišťování. Týká se všech podniků, včetně samostatně hospodařících rolníků (pochopitelně ne všech, ale výběrového souboru a dopočítává se) a zjišťuje se spotřeba Ca hnojiv v t, spotřeba NPK v tunách č.ž. a spotřeba chlévského hnoje v t.

V dalších letech nastává postupný obrat ve spotřebě N. Mnohem méně se zvyšuje hnojení u zbývajících dvou hlavních živin, na které nezbyvají v zemědělském sektoru finanční prostředky (tab. 5).

Tab. 5. Spotřeba živin v kg.ha⁻¹ z. p. (podle údajů MZe ČR – Zemědělství 2002)

Rok\živina	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Celkem
1999	51,1	8,6	5,9	65,6
2000	58,9	10,8	6,2	75,9
2001	72,6	12,3	7,3	92,2
2002	72,3	12,2	7,7	92,2
Index 2002/2001 (%)	99,58	99,18	105,47	100,00

Ve srovnání s rokem 2001 nedošlo v roce 2002 k nárůstu spotřeby čistých živin v minerálních hnojivech. Toto bylo způsobeno kromě ekonomických důvodů zejména nepříznivými klimatickými podmínkami ve 3. a 4. čtvrtletí roku, kdy bylo z důvodů nadměrných srážek prakticky nemožné provádět jakékoliv zásahy na pozemcích.

Ruku v ruce s výší používaných dávek N živin se vyskytuje i problematika dusičnanů. Vzhledem k omezené spotřebě N hnojiv po roce 1990 by se mohl jevit problém dusičnanů vyřešen. Zjednodušeně jsou totiž někdy příčiny nadměrných obsahů dusičnanového aniontu v zeleninách, hlízách bramboru a jiných rostlinných produktech vztahovány pouze na aplikaci průmyslových dusíkatých hnojiv a žel mnozí praktici i někteří odborníci rozumějí intenzitou dusíkaté výživy intenzitu N-hnojení. Tato interpretace je ovšem nepřesná, jak bude dále rozebráno.

Jiná je historie limitních hodnot pro nitráty v zelenině a hlízách bramboru. Ty vycházejí z ADI (acceptable daily intake) – přijatelné denní dávky. Ta představuje únosnou hranici celkového denního přísunu nitrátů potravou (včetně pitné vody). Světovou zdravotnickou organizací (WHO) (WHO-FAO, 1974) byla stanovena pro nitráty na $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti. Pro osobu o hmotnosti 60 kg je to tedy 300 mg nitrátů (v NaNO_3) na den, zatímco pro kojence o hmotnosti 5 kg jen 25 mg. Při určení tohoto množství se ještě nebrala v úvahu možnost vzniku nitrosaminů z dusitanů (B i d e r m a n n et al., 1980).

Vzhledem k tomu, že v bývalém Československu byl vyšší přísun nitrátů pitnou vodou než na západ od našich hranic (což platí dosud), bylo třeba stanovit nižší limity pro zeleninu, včetně brambor, aby se zabránilo překročení ADI.

Z hlediska kvality sklizených produktů má nadměrné hnojení dusíkem ještě další nepříznivý důsledek, snížení obsahu vitamínu C, a to až o 50 %. Kromě vlastního snížení cenného obsahu vitamínu je dalším nepříznivým následkem i to, že právě vitamín C brzdí možnou přeměnu nitrátů na kancerogenní nitrosaminy, a tím brání škodlivému působení nitrátů.

Z hlediska příjmu nitrátů je ovšem důležité i množství, které se spotřebuje u různých druhů zeleniny – např. rychleného salátu, nebo, jak bude ještě uvedeno, česneku, ve srovnání s bramborami.

Dusičnanová problematika u zeleniny a brambor zaznamenala na konci 80. let minulého století až hysterickou kampaň. V té době platily podle § 71 odstavce 2 zákona č. 20/1966 Sb. o péči a zdraví lidu a § 25 vyhlášky č. 45/1966 Sb. o vytváření a ochraně zdravých životních podmínek stanovené nejvyšší přípustné hodnoty nitrátů v zelenině a bramborách. Konkrétně pro brambory rané do 15. 7. roku sklizně 300, pro brambory ostatní 200 $\text{mg NaNO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$. V Československu dále vymezil limitní hodnoty Hygienický předpis č. 50/1978 o cizorodých látkách v poživatinách, pro limitní obsahy nitrátů konkrétně to byla doplňující směrnice č. 63/1984 a další v r. 1986. Po roce 1990 následovalo „Rozhodnutí hlavního hygienika ČR“ z 31. 1. 1990 s platností do 31. 12. 1991, které se v podstatě prodlužovalo dalšími rozhodnutími až do vydání Zákona o potravinách, resp. navazující vyhlášky MZ (zdravotnictví) v r. 1997.

Soustředěná pozornost na tuto problematiku přinesla pozitivní výsledky, takže došlo ke zlepšení kvality produkce. V a n ě k, T l u s t o š (1999) uvádějí, že tato kampaň vedla až k takovým extrémům, že byl „normován“ obsah nitrátů i např. v česneku. Přísné předpisy však značně snížily spotřebu některé zeleniny (především rychlené), která zpestřovala nabídku na trhu v mimovegetačním období a poskytovala i přes vyšší obsah nitrátů větší množství nutričně hodnotných látek (hlavně vlákninu, vitaminy a minerální látky) s důsledky popsány výše.

Po roce 1990 se začaly názory na problematiku dusičnanů měnit. Byly ovlivněny novými poznatky získanými v této oblasti. Proto byly původně velmi přísné hodnoty přípustnosti obsahu nitrátů přehodnoceny při přípravě nově připravované vyhlášky MZ č. 298/1977 Sb., kterou se stanovily chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin.

Touto vyhláškou je množství dusičnanů již stanoveno jako dusičnanový iont NO_3^- (tj. změna oproti minulé vyhlášce) pro brambory rané (do 15. 7.) přípustné množství 500 (5/2), pro brambory (ostatní) 300 mg.kg^{-1} (5/2). Zlomek 5/2 znamená, že z pěti posuzovaných vzorků, u dvou z nich je možno tolerovat hodnotu vyšší, ale pouze o 50 % hodnoty přípustného množství. Došlo tak k podstatnému změkčení přípustného množství dusičnanů v hlízách bramboru.

Dusičnanová problematika obecně je však nadále aktuální. U nás jsou nadlimitní koncentrace dusičnanů každoročně příčinou k vyřazení objemných partií z trhu. Významnou měrou se to dotýká zboží z dovozu (P o k o r a, 1996). V tomto případě se údaje týkají ještě minulé vyhlášky, ale výsledky kontroly jsou přesto zajímavé (tab. 6).

Tab. 6. Výsledky kontroly obsahu dusičnanů v dodávkách brambor z někt. zemí EU (podle Pokory, 1996)

Země	Počet kontrolovaných dávek	Hmotnost kontrolovaných dávek v t	Nevyhovělo dávek	Hmotnost nevyhovujících dávek v t	% nevyhovujících dávek v t
Belgie	38	217,9	11	95,8	44,0
Itálie	29	106,8	12	34,4	32,2
Holandsko	52	177,6	16	50,4	28,4
Německo	26	119,5	7	26,2	21,9
Francie	31	149,4	4	5,8	3,9

V r. 2002 zjistila ČZPI jedinou šarži tuzemských konzumních brambor, která nevyhověla z důvodů překročení povoleného limitu obsahu dusičnanů. V letošním roce (2003) byly prozatím všechny šarže, u kterých byly chemické požadavky kontrolovány, vyhodnoceny jako vyhovující (P o k o r a, 2003). „Změkčení“ přípustného množství NO_3^- v tom jistě sehrává svoji roli.

Z hlediska medicinských věd bylo, vedle methemoglobinémie a možnosti vzniku nitroso-sloučenin (viz další text), jako další nežádoucí účinek po nadměrném příjmu dusičnanů dokázáno narušení celkového imunitního systému člověka. Zůstává ještě celá řada otevřených a dosud nezodpovězených otázek. Naléhavě by např. měly být řešeny podle P r u g a r a (1997) (s pokusem o kvantifikaci) otázky doprovodných látek ovlivňujících škodlivost přítomných dusičnanů (vitaminy C, E, polyfenoly) a také vlivy průmyslového a kulinárního zpracování.

4. Účinek dusičnanů na člověka

Je znám již dlouho, a to z léčebného použití jako kontrastní látky (při rentgenování trávicího traktu, kdy se používal Bismuthum subnitricum) a jako diuretika (amonium nitrát). Dodnes se běžně využívají účinky dusitanů (NaNO_2 , alkyldusitany) k rychlému snížení krevního tlaku a záchvatech anginy pectoris. Ještě dříve upozornili veterináři na zdravotní potíže z přívodu dusičnanů potravou, když pozorovali těžké případy otrav u dobytka při přehnojení pastvin ledkem.

Podle W o l f a (1986) upoutal pozornost hygieniků přívod dusičnanů v potravě teprve v r. 1945, kdy C o m l y vysvětlil vznik alimentární kojenecké methemoglobinaemie přívodem dusičnanů v pitné vodě. Obsah KNO_3 ve vodě v jeho případech byl 500 mg.l^{-1} . Od té doby byla popsána řada případů otrav u kojenců, zvláště po mrkvi a špenátu.

Na vztah mezi výskytem kojenecké methemoglobinaemie a hnojení N u zeleniny ukázal podle W o l f a (1986) první P h i l l i p s v r. 1971. Prokázal, že zvýšení hnojení ledkem vedlo k otravám mrkví a špenátem, zatímco nehnojená zelenina obsahovala neznatelné množství dusičnanů. K faktoru hnojení je třeba přičíst i srážkovou vodu v oblastech s vysokými emisemi oxidu dusíku.

Přímé negativní důsledky dusičnanů na lidský organismus nejsou prokázány. Jejich biolo-gicky nepříznivé účinky zpravidla spadají do fáze jejich přeměny na dusitany. Ty se v lidském organismu mohou spojit s iontem železa krevního barviva hemoglobinu (Hb), kde se oxidací iontu Fe^{2+} na Fe^{3+} vytvoří forma Hb tzv. methemoglobin (MetHb), který není schopný již vázat kyslík. Krev tak ztrácí schopnost přenášet kyslík ke tkáním a dochází ke vzniku met-hemoglobinaemie.

I za normálních okolností obsahuje krev stopy MetHb (0,5 %), který se tvoří během meta-bolismu, avšak redukuje se rychle zpět na Hb. Redukci tvoří skupina enzymů na bázi NAD (nikotinamid-adenin-dinukleotid), které redukují 75 % MetHb, o poznání méně redukuje vitamin C (15 %) a glutathion (6 %). Toto platí u dospělého člověka. U kojence přetrvává méněcenný fetální Hb (60-80 %) do 3 měsíců života. Tento F-hemoglobin se snadněji přeměňuje na MetHb a hůře redukuje zpět.

K vyvolání obrazu otravy (cyanóza – modrofialové zbarvení kůže obvodových částí těla (rtů, tváří, konců prstů apod.) je zapotřebí 20 % MetHb, letální je 54 %. Výpočtem vychází pro dospělého, že smrtelná dávka činí cca 4g $NaNO_2$ a dávka vyvolávající otravu 0,5-1,0 g. U kojence jsou poměry jiné. Pro F-hemoglobin stačí poloviční dávka dusitanu k přeměně. Výpočtem vychází, že letální dávka pro kojence je 50 mg $NaNO_2$, a toxická 1,4 $mg \cdot kg^{-1}$ (podrobnosti viz W o l f, 1986).

Uvedené hodnoty platí pro dusitany. V potravě, i kojenecké, se však vyskytují prakticky dusičnany s pouze zanedbatelnou příměsí dusitanů. U dusičnanů je toxická dávka pro dospělého 6 g, pro kojence 100 mg.

Otrava dusičnany se projevuje žaludeční křečí, krvavou stolicí a močí a kolapsem, u dusitanů kromě promodráání sliznic a některých částí těla, bolestmi hlavy, poklesem krevního tlaku, bušením srdce, zhoršeným dýcháním až ztrátou vědomí.

Redukce dusičnanů na dusitany probíhá ve střevě vlivem střevní mikroflory. Jedná se o celou skupinu Enterobacterií, včetně Coli a Salmonel a sporulující mikroflora ze sušeného mléka.

Až ve třetí čtvrtině minulého století byly odhaleny dusičnany v potravě jako prekursorů kancerogenních nitrosaminů. Kancerogenní i mutagenní aktivitu nitrosaminů objevil (podle W o l f a, 1986) v r. 1956 M a g e e a B a r n e s. Zdrojem aminoskupiny může být součást potravy nebo léčivo, zdrojem dusitanů dusičnany v potravě. Kancerogenní účinek byl prokázán již při koncentraci 2 $mg \cdot kg^{-1}$ v potravě, přičemž dětský organismus je až 100 x citlivější než dospělý. Mezinárodní hranice činí 0,5-5 $\mu g \cdot kg^{-1}$ pro potraviny.

5. Rozložení dusičnanů v hlízách bramboru

Obsah dusičnanů v hlízách bramboru není vysoký, představuje zhruba 4 % celkového N. Dusíkaté látky, podobně jako škrob, nejsou v hlíze rovnoměrně rozloženy (obr. 2). Jejich obsah se mění i v souvislosti s velikostí hlízy. Nejvyšší obsah, jak v % původní hmoty, tak i v % sušiny, byl nalezen v nejmenších hlízách do 3,5 cm (obdobně jako je tomu s glykoalkaloidy). Rozdíly byly zjištěny i mezi apikální a bazální částí hlízy (tab. 7).

Obr. 2. Rozložení dusíkatých látek v hlíze

Míča, B.: Dusíkaté látky v hlízách brambor. In: Míča, B. (ed.): Dusík ve výživě brambor. Soubor referátů. VŠÚB, Škrobárny Havlíčkův Brod, červen 1988, s. 106

U hlíz v příčném průměru 3,5 – 4,5 cm byl obsah dusičnanů nejmenší, se zvyšující se velikostí hlíz se opět obsah dusičnanů zvyšoval. Nebylo však dosaženo hodnot u nejmenší kategorie hlíz. U všech sledovaných velikostí hlíz byl obsah dusičnanů v bazální části hlíz vždy vyšší. S velikostí hlíz poměr obsahu dusičnanů mezi oběma částmi hlíz klesal. Mezi apikální a bazální částí v obsahu dusičnanů u hlíz pod 3,5 cm byl 1:1,7, u hlíz velikosti 4,5-6,0 cm 1:1,3.

Tab. 7. Obsah dusičnanů v apikální a bazální části hlíz různé velikosti (podle: Míča et al., 1991)

Část hlízy	Velikost hlíz	Sušina hlíz v %	mg NaNO ₃ .kg ⁻¹ pův.hm.	mg NaNO ₃ .kg ⁻¹ sušiny
apikální	< 3,5 cm	18,03	175,40	972,60
	3,5 – 4,5	17,84	148,00	829,40
	4,5 – 6,0	17,77	168,50	948,30
bazální	< 3,5 cm	17,97	304,10	1692,50
	3,5 – 4,5	18,45	205,50	1113,80
	4,5 – 6,0	18,90	226,10	1196,00

Obsah dusičnanů je různý i v různých vrstvách hlízy téže odrůdy při stejné výživě trsů zařazených do pokusu (tab. 8).

Tab. 8. Obsah dusičnanů v různých vrstvách hlízy (podle: Míča et al. 1991)

Část hlízy	Velikost hlízy v cm	Sušina v %	mg NaNO ₃ .kg ⁻¹ pův. hm.	mg NaNO ₃ .kg ⁻¹ sušiny
slupka	3,5 – 4,5	14,72	191,80	1302,99
	4,5 – 6,0	15,11	205,50	1360,03
vaskulární část	3,5 – 4,5	21,01	171,30	815,08
	4,5 – 6,0	21,27	141,10	663,42
srdéčko	3,5 – 4,5	17,48	150,70	862,13
	4,5 – 6,0	19,04	171,30	899,42

Pro vyjádření rozložení dusičnanů v bramborové hlíze zvolili autoři do pokusu ranou odrůdu Resy, hnojenou dávkami N, P, K odpovídajícími tomuto typu odrůd (N 120 kg, P 52,3 kg, K 199,2 kg č.ž.ha⁻¹).

Na stejných vzorcích hlíz, z nichž byly výsledky uvedeny v minulé tabulce, byl nalezen nejvyšší obsah dusičnanů ve slupce hlíz. V další vrstvě hlízy, ve vaskulární části s přilehlou částí kůry (v podstatě oblast svazků cévních) nastal pokles obsahu dusičnanů a v dužnaté části, tzv. srdéčku, se obsah dusičnanů měnil v závislosti na velikosti hlízy.

U větších hlíz došlo k nárůstu obsahu, zatímco u menších hlíz byl v této části nalezen další mírný pokles obsahu. Rozhodující je obsah sušiny v jednotlivých částech hlízy. Proto rozdělení obsahu dusičnanů v jednotlivých vrstvách hlízy lépe charakterizuje vyjádření v % sušiny. Ve vaskulární části hlíz nastává oproti slupce pokles v obsahu dusičnanů, který je v srdéčku vystřídán nárůstem obsahu dusičnanů. Větší rozdíly se projeví u větších hlíz než u hlíz menších.

V jednotlivých částech hlízy se mění obsah dusičnanů při rozdílném hnojení trsů zařazených do pokusu (tab. 9). Ke sledování změn v obsahu dusičnanů způsobených různými dávkami N hnojiv byly z pokusu vybrány varianty bez hnojení, se 120 a 160 kg č.ž. N.ha⁻¹ a varianta s touto nejvyšší dávkou N s přídatkem N-serve (2,1 l.ha⁻¹). Analyzovány byly hlízy o velikosti 4,5-6,0 cm příčného průměru (M í č a, V o k á l, 1990).

Tab. 9. Obsah dusičnanů v jednotlivých částech hlízy při různých dávkách N (hlízy velikosti 4,5 – 6,0 cm) (podle: Míča, Vokál, 1990).

Dávka N v kg.ha ⁻¹	Část hlízy	Sušina v %	mg NaNO ₃ .kg ⁻¹ pův. hm.	mg NaNO ₃ .kg ⁻¹ sušiny
0	slupka	14,50	161,70	1 114,90
120		15,11	205,50	1 360,00
160		15,30	180,80	1 182,00
160 + N-serve		16,12	150,70	934,90
0	vaskulární část	21,58	128,80	596,80
120		21,27	141,10	663,40
160		20,30	137,00	680,40
160 + N-serve		23,44	65,80	280,60
0	srdéčko	20,11	117,80	585,90
120		19,04	171,30	899,40
160		19,97	116,50	583,10
160 + N-serve		21,04	102,80	488,40

Tab. 10. Kolísání obsahu dusičnanů v jednotlivých hlízách (Podle Kolbe, 1987).

Vzorek č.	Střední hodnota \bar{x}	mg NaNO ₃ .kg ⁻¹	Rozmezí; s % (n = 10)
1	160	120 – 300	32,8
2	247	150 – 350	29,5
3	210	170 – 300	23,0
4	101	40 – 170	49,1
5	140	100 – 170	19,9
6	106	50 – 170	33,3
7	117	60 - 190	40,7
8	148	70 - 300	50,1
9	93	40 - 150	34,0
10	130	40 – 350	65,8
11	55	20 – 80	42,2
12	76	30 - 150	52,0
13	91	20 – 150	39,9
14	78	20 – 150	51,2
15	242	150 – 400	40,3
16	133	10 – 450	95,3
17	142	90 – 170	16,5

18	103	20 – 200	59,0
19	190	150 – 350	38,2
20	88	20 – 150	54,6
\bar{x}	133	69 – 235	43,4

Z výsledků uvedených v tab. 9. je zřejmé, že došlo k výraznému nárůstu obsahu dusičnanů ve všech vrstvách hlízy v porovnání varianty se 120 kg N oproti variantě bez dusíku. Tento nárůst se projevil jak při vyjádření v mg.kg^{-1} původní hmoty, tak i při vyjádření v mg sušiny. Zvýšení dávek dusíku na 160 kg č.ž.ha^{-1} se projevilo oproti nižší dávce mírným poklesem obsahu dusičnanů ve sledovaných vrstvách bramborové hlízy. Byl zaznamenán rozdíl ve sledování vlivu rozdílných dávek N, tak i inhibitoru nitrifikace v jednotlivých vrstvách hlízy na obsah dusičnanů.

Variabilita v obsahu dusičnanů existuje i mezi hlízami jednoho vzorku téže odrůdy jednotně hnojené. Dokládají to výsledky výzkumu university v Göttingen, kde odebrali vzorky hlíz z obchodní sítě o hmotnosti 2,5-5,0 kg (K o l b e, 1987). V extrémním případě (vzorek č. 16) byl vytvořen průměrný obsah dusičnanů (133 mg.kg^{-1} pův. hm.) z obsahu dusičnanů v rozpětí 10 – 450 mg (tab. 10). Údaje tabulky jsou z dvaceti vzorků, každý vzorek byl tvořen 10 hlíza-mi, které byly analyzovány samostatně. Výsledky ukazují na nutnost pečlivého výběru průměrného vzorku pro stanovení obsahu dusičnanů.

6. Faktory ovlivňující akumulaci a obsah dusičnanů v hlízách

Četné experimentální výsledky, rovněž tak i poznatky z praxe potvrzují, že příčinou nadměrné akumulace dusičnanů v rostlinných produktech určených pro výživu lidí nebo hospodářských zvířat nemusí být vždy jen vysoké dávky průmyslových dusíkatých nebo některých statkových hnojiv. Je celá řada dalších faktorů, které přímo či nepřímo ovlivňují přeměny dusíkatých látek v půdě a jejich metabolismus v rostlině, což se v konečném důsledku projeví v koncentraci nitrátových aniontů v produktech. Víceleté pokusy dokazují, že tyto faktory mohou účinky dodaných hnojiv překrývat.

6. 1. Vliv odrůdy

Obsah dusičnanů je ovlivňován odrůdou rozdílně. Na velký význam odrůdy pro obsah dusičnanů v hlízách bramboru upozornili M u n z e r t a L e p s c h y (1983). V jejich pokusech byl vliv odrůd závažnější než vliv hnojení; mezi odrůdami se zvýšilo kolísání v obsahu nitrátů až na 300 %. G i s l a s o n et al. (1984) zjistili, že při stoupající nabídce N se obsah nitrátů v hlízách odrůd zvyšuje velmi rozdílně. V pokusech M í č i, B e č k y (1984) byl vliv odrůdy malý. Obsah dusičnanů ovlivnil pouze z 5,36 %. Výsledky byly získány ze čtyř šlechtitelských stanic (od západu republiky směrem k východu to byly stanice: Velhartice – 610 m, Vyklantice – 590 m, Valečov – 460 m a Bystřice n. P. – 572 m n.m.) s 25 odrůdami, jednotně hnojenými (100 kg č.ž. N , 65,4 kg P a 207,5 kg K.ha^{-1}) (tab. 11).

Tab. 11. Obsah dusičnanového N (v mg.100 g⁻¹ sušiny (Podle: Míča, Bečka, 1984)

Odrůda	Vyklantice	Velhartice	Bystřice n.P.	Valečov	\bar{x}
Astilla	18,36	46,88	74,83	29,60	42,42
Saskia	17,62	20,34	72,57	34,68	36,30
Ostara	9,94	20,90	63,54	26,88	30,32
Resy	11,41	26,55	74,55	30,05	35,64
Gloria	12,31	24,57	68,90	28,18	33,49
Karin	16,78	27,96	59,87	20,56	31,29
Otava	20,90	30,50	68,90	29,82	37,53
Adretta	14,52	34,17	83,02	32,48	41,05
Cira	14,52	36,71	68,90	25,42	36,39
Astra	12,31	31,35	59,86	24,57	32,02
Jizera	13,78	35,02	68,90	20,34	34,51
Radka	12,15	37,27	66,92	27,39	35,93
Sosna	12,03	46,03	71,72	24,06	38,46
Galina	14,91	27,11	66,92	19,77	32,18
Kř. 56/294	10,51	27,39	54,79	22,59	28,82
Elgina	18,81	33,32	74,55	44,05	42,68
Alma	11,13	24,01	54,22	34,73	31,02
Nikola	16,78	32,47	68,90	33,32	37,87
Eba	11,07	37,27	54,22	24,01	31,64
Nora	11,41	24,57	48,85	19,77	26,45
Juliver	9,49	19,88	46,59	22,59	24,64
Boubín	9,38	22,03	42,92	19,37	23,43
Kř. 56/314	10,22	32,76	50,26	30,78	31,01
Kamýk	9,04	28,80	54,22	13,44	26,38
Blaník	8,36	27,96	41,79	17,62	23,93

Nejnižší hodnoty byly nalezeny u odrůd polopozdních až pozdních, lišily se na jednotlivých stanovištích u stejných kultivarů, takže i jejich minimální úroveň byla na místech, kde pokusy probíhaly, rozdílná; měnilo se i pořadí odrůd. Nejvyšší hodnoty měly odrůdy s kratší vegetační dobou, opět rozdílné na stanovištích. Při statistickém hodnocení byla zjištěna vysoce průkazná závislost genotypu ($F = 3,338^{++}$). Z hodnot dusičnanového dusíku po vynásobení faktorem 1,37 se získá obsah NaNO_3 . Výsledky pokusu tak potvrdily, že odrůdy s kratší vegetační dobou inklinují k hromadění vyššího obsahu dusičnanů, což souvisí s fyziologií vývoje rostlin, kdy rostlina potřebuje určitý čas a podmínky k přeměně přijatých dusičnanů na další složky až bílkoviny.

Další práce týkající se vlivu odrůd na hromadění dusičnanů uvádí M u n z e r t (1989). Z novějších výsledků v posledních deseti letech ukázaly např. pokusy R e d a et al. (1993) průkazné rozdíly mezi odrůdami v hromadění NO_3^- v hlízách. Nebyly ale zjištěny interakce mezi odrůdami a dávkami hnojení. J ů z l (1994) zaznamenal celkově vyšší průměrné hodnoty obsahu dusičnanů u odrůdy Prior oproti odrůdě Impala.

Také v našem skleníkovém pokusu s řízenou závlahou (podrobnosti o jeho variantách v dalším textu) se potvrdil vztah délky vegetačního období odrůdy k nalezenému obsahu dusičnanů v hlízách; velmi raná odrůda Resy měla hodnoty NaNO_3 nejvyšší, pozdní odrůda Kamýk nejnižší (Z r ů s t, H o l á, 1994).

V našich polních pokusech (Z r ů s t, Č e p l, 1996) se třemi odrůdami bramboru měla nejvyšší hodnoty NO_3^- odr. Arnika, vysoce průkazně vyšší než zbylé dvě odrůdy, odr. Krystala vysoce průkazně vyšší než odr. Karin s nejnižšími hodnotami. Pořadí odrůd v tomto pokusu bylo přesně opačné než u obsahu steroidních glykoalkaloidů. V grantovém projektu (Z r ů s t et al., 1997) jsme měli zařazeny 4 odrůdy (2 české provenience, 2 z Nizozemí) na dvou stanovištích. Rozdíly mezi odrůdami sice nedosáhly statistické průkaznosti, přesto se v průměru 3 let velmi lišily. Nejvyšším obsahem nitrátů se vyznačovala holandská odrůda Impala ($296,2 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ č.h.), nejnižší koncentrace byla naměřena rovněž u holandské odrůdy Ukama ($184,1 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ č.h.). České odrůdy Krystala a Koruna byly velmi vyrovnané ($251,8$ resp. $252,4 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$) (H l u š e k et al., 2000). Odrůdové rozdíly zaujímaly v těchto pokusech čtyřiceti sedmi procentní podíl (tab. 12) (H l u š e k et al., 1998).

Tab. 12. Procentní podíl sledovaných faktorů na obsahu cizorodých (Cd, Ni, Zn) a nežádoucích (NO_3^-) látek v hlízách 4 odrůd (podle: Hlušek, Jůzl, Zrůst, 1998)

Faktor	Kadmium	Nikl	Zinek	Dusičnany
Odrůda	9,12	22,67	0,81	47,00
Dávka N	6,19	4,79	5,82	20,54
Lokalita	84,68	63,68	75,66	25,22

M a z u r c z y k, L i s (2000) zkoumali obsah nitrátů a glykoalkaloidů ve zralých hlízách 29 konzumních odrůd různých vegetačních délek během let 1992-98. Přebytek nitrátů (více než $250 \text{ mg NaNO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ produktu, tj. horní hranice bezpečnosti potravin v Polsku) našli ve 24 ze 154 testovaných vzorků hlíz (tj. 16 %). Vzorky s nejvyšším množstvím nitrátů byly většinou ze skupin velmi raných a raných odrůd.

Laboratorní oddělení ÚKZÚZ v Havlíčkově Brodě provádí rozborů na obsah dusičnanů v hlízách bramboru pravidelně. Výsledky z období let 1991-2000 publikovali B e r á n e k et al. (2001). V rámci skupin odrůd tříděných podle ranosti byly nejvyšší hodnoty zjištěny u velmi raných odrůd (průměr za desetileté období $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ č.h.). S rostoucí délkou vegetační doby docházelo k poklesu průměrného obsahu dusičnanů až na hodnotu $120 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ u skupiny pozdních odrůd. Autoři upozornili, že v rámci stejné skupiny ranosti byly mezi odrůdami zřetelné rozdílné tendence k nižší nebo naopak vyšší kumulaci dusičnanů. Uvádí příklad z posledních čtyřech let tohoto období (1997-2000), kdy se v rámci skupiny velmi raných odrůd pohybovaly průměrné obsahy u jednotlivých odrůd od 108 do $247 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, u raných odrůd od 48 do 182 mg , u poloraných od 42 do 136 mg a u polopozdních a pozdních odrůd od 52 do $119 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Možno uzavřít, že ve všech pokusech zaměřených na obsah dusičnanů, ve kterých je zařazeno více odrůd, se tento faktor více či méně výrazně projevuje.

6. 2. Vliv prostředí

Ve zmíněném pokusu (M í č a, B e č k a, 1984) se prostředí podílelo z 85,19 % na celkové variabilitě. Interakce odrůda x prostředí působilo z 9,45 %. Prostředí bylo, co se týká procesu akumulace dusičnanů v hlízách dominantní ukazatel. Pod tímto pojmem se však skrývá celý komplex dalších důležitých faktorů.

Dusičnanový pool rostlin je značně labilní a dynamický, a proto se jakékoliv vlivy prostředí mohou velmi odrazit na jejich obsahu. Už samotné vlastnosti půdy mohou sehrát důležitou roli. Patří sem různá úroveň úrodnosti a stupeň zkulturnění půdy, její mechanické složení, fyzikální a biologické vlastnosti. Co se týče agrochemických ukazatelů, které ovlivňují hladinu nitrátového aniontu v rostlinách je třeba vedle dusíkatého režimu jmenovat např. i pH půdy, kapacitu kationtové výměny, poměr C : N, obsah pohyblivých forem fosforu, draslíku a stopových prvků (P r u g a r et al., 1991). Všeobecně je možné usuzovat, že čím vyšší úrodnost půdy, tím vyšší je i potenciální schopnost rostlin akumulovat dusičnany.

Někteří autoři se to pro určité konkrétní případy, týká se především zeleniny, snažili kvantifikovat. S c h m i d t et al. (1971) uvádějí na základě víceletých studií, že listová zelenina hromadí dusičnany na vysoce úrodných půdách asi 2,2 x intenzivněji než na půdách se střední úrovní úrodnosti. Také účinnost aplikovaného dusíku z hnojiv je z hlediska nárůstu obsahu dusičnanů v produktech podstatně vyšší na vysoce humózních a živinami dobře zásobených půdách. Zahradnické půdy, na kterých se zelenina pěstuje, patří většinou do kategorie velmi úrodných a živinami dobře zásobených půd.

Souvislost mezi fyzikálními vlastnostmi půd a obsahem dusičnanů v produktech zaznamenali např. G e y e r (1978) u zeleniny pěstované ve volné půdě v SRN, G r a n g e s, Q u i n c h e (1982) u karotky ve Švýcarsku, A u g u s t i n et al. (1977) u hlíz bramboru v USA, A u f f r a y, P a u f i q u e (1976) v dětské stravě ve Francii, J a r v a n (1980) v zeleninářských plodinách a A n d r j u š č e n k o (1983) v zelenině v bývalém SSSR, R a j k o v a, R a n k o v (1984) u fazolí v Bulharsku a mnozí další.

Že anorganický půdní dusík včetně jeho dvou složek je významným činitelem ovlivňujícím odběr N rostlinou a přetvoření určité části N na dusičnany popsal M í č a (1993). V počátcích vegetace byla zjištěna závislost obsahu anorganického dusíku a formy dusičnanové a amoniakální na výši dodaného hnojiva. Po poklesu v průběhu vegetace byl konec vegetace charakterizován opětovným nárůstem obsahu půdního N. Počáteční hodnoty však nebylo dosaženo.

Rostliny bramboru kryjí svoji potřebu N na tvorbu výnosu hlíz převážně z půdních zásob, přičemž podíl N z dusíkatých hnojiv podle zjištění M e d v e d a et al. (1993) představoval na tvorbě úrody 10,0 – 10,8 %. Titíž autoři M e d v e d et al. (1995) o dva roky později publikovali, že mezi množstvím anorganického N v půdě a obsahem dusičnanů v hlízách byla přímá negativní závislost. Přímá závislost byla mezi celkovým dusíkem a dusičnany v hlízách. Pro zajímavost uvádím, že mezi celkovým N a obsahem škrobu v hlízách byla nepřímá úměrnost.

Co se týká půdní úrodnosti, jejího významu pro výživu rostlin, přehledně a srozumitelně ji popsal R i c h t e r (1997). Rozdílům ve výnosu a kvalitě brambor vypěstovaných v bramborářské (BVO) a řepařské výrobní oblasti (ŘVO) se věnovali

Hamouz et al. (2000). Brambory vypěstované v ŘVO obsahovaly ve všech třech letech více dusičnanů než brambory z BVO. Rozhodující vliv na vyšší obsah dusičnanů u brambor z ŘVO měly zřejmě výrazně nižší úhrny srážek v obdobích kritických pro růst rostlin a hlíz v této oblasti proti BVO, kdy stresy suchem narušily proces fotosyntézy a omezily využití N rostlinou. Vyšší obsah NO_3^- na stanovištích ŘVO však podle autorů nepochybně souvisí s jejich vyšší nabídkou v půdním roztoku na úrodnějších půdách této oblasti.

Půdně klimatické podmínky regulují obsah dostupného dusíku v půdě i jeho příjem a metabolismus v rostlinách a tím, jak se tyto podmínky přibližují požadavkům pěstovaných kultur (nejen druhová, ale i odrůdová náročnost je rozdílná), vytvářejí se různé předpoklady k jeho hromadění v rostlinách v nitrátové formě. Do půdy se N jak známo dostává srážkami z atmosféry (ve středoevropských podmínkách v průměru 10 až 40 kg N.ha⁻¹), dále uvolňováním z organické substance a hnojivy. Zdroje dusíku a jeho formy v půdě rozebral ve výše zmíněné brožuře Richter (1997). Největším rezervoárem půdního dusíku je humus, jehož množství závisí na charakteru stanoviště, vegetace a způsobu exploatace půdy. V kulturních půdách pravidelně obohacovaných statkovými hnojivy se v příznivých teplotních a vlhkostních podmínkách nahromadí dusičnany v množstvích daleko převyšujících jejich přísun i vysokými dávkami průmyslových hnojiv (Matula, 1983).

Ročníkovými vlivy rozumíme především konkrétní meteorologické podmínky dané množstvím vláhy, tepla a světla a časovým rozvrhem jejich přísunu v průběhu vegetace. Tyto podmínky jsou proměnlivé a je proto velmi obtížné předpovědět na počátku vegetace konečný efekt – obsah dusičnanů ve sklizených produktech. Stejně tak nelze předem jednoduše vytipovat oblasti či dokonce jednotlivé zemědělské podniky, v kterých bude produkce zeleniny, ale i brambor, které lze z tohoto pohledu k zelenině počítat, trvale enormě více či méně zatížená dusičnany (Venter, 1985; konkrétně u špenátu Paschold, Hundt, 1987). Takové snahy se totiž, podle Prugara (1992), občas objevují. Lze zmapovat určitá území na stupeň zatížení, např. těžkými kovy nebo jinými anorganickými látkami vyskytujícími se v půdních zásobách nebo přicházejícími v imisích apod. Dusičnany jsou však přirozenou součástí rostlinného metabolismu, na jehož průběhu a intenzitě záleží, v jakém množství se nakonec v produktech nahromadí. Pouze v poměrně úzce vymezených spádových oblastech se mohou uplatnit i dusíkaté imise z chemického průmyslu, které se do půdy dostávají sedimentací a vmýváním z ovzduší deštěm.

Průběh počasí, souborně označovaný jako vliv ročníku, působí zřetelně na příjem živin, N nevyjímaje. Obsah dusičnanů je jím v rostlině bramboru velmi silně ovlivňován.

Základní příčinou výrazného ročníkového vlivu je půdní vlhkost. Tento závěr vyplynul z výsledku rozborů zpracovávaných Míčou, Vokálem a spolupracovníky z různých pokusů, včetně vyšetření hlavních faktorů odrůdové agrotechniky brambor a publikovaných v brožuře vydané MZe ČR (Míča et al., 1991), z nichž bylo možné vysledovat jednoznačné pozitivní působení dešťových srážek. Rozhodující není pouze celkové množství srážek, ale, jak bylo výše uvedeno, i jejich rozdělení v průběhu vegetace. Výsledky těchto pokusů, v němž kromě sledování vlivu ročníku, šesti odrůd, čtyř variant hnojení dusíkatými průmyslovými hnojivy byl zaznamenáván i vliv sponu, konkrétně rozdílné vzdálenosti trsů v řádku, jsou uvedeny v tab. 13.

13. Vliv vybraných faktorů na obsah dusičnanů v syrových neloupaných hlízách v mg NaNO₃.kg⁻¹ (Podle Míči et al., 1991)

roky	NaNO ₃	odrůdy	NaNO ₃	hnojení*	NaNO ₃	vzdálenost**	NaNO ₃
1976	302	Prima	255	60	158	25	194
1977	179	Resy	176	120	184	30	191
1978	215	Cira	256	180	219	35	205
1979	164	Karin	202	240	245	25***	205
1980	148	Kamýk	185				
1981	187	Boubín	120				

*hnojení dusíkatými průmyslovými hnojivy v kg č.č. na ha

**vzdálenost trsů v řádku v cm

***s desikací

Ročník s nejvyšším průměrným obsahem dusičnanů (r. 1976) byl mimořádně srážkově podnormální (66,4 % normálu) v průběhu vegetačního období. V roce 1980, tj. v roce s nejnižším obsahem NaNO₃ v hlízách (méně než polovičním než v r. 1976), byly dešťové srážky za vegetaci o 152,2 mm, tj. o 35,5 % vyšší. Teplotně se ročníky 1976 (v průměru za vegetaci 11,6 °C) a 1980 (12,5 °C) příliš nelišily. Nebyl nalezen vztah k zásobě živin v půdě vyjádřené výsledky agrochemického rozboru půdních vzorků odebraných v podzimním období (před založením pokusu):

	r. 1976	r. 1980
P dle Egnera (mg.kg ⁻¹)	40	43
K dle Schachtschabela (mg.kg ⁻¹)	190	182
Mg dle Schachtschabela (mg.kg ⁻¹)	38	43
pH/KCl	5,9	6,4
obsah humusu (v %)	1,83	2,12

V letech 1987 – 89 bylo provedeno další hodnocení (Míča, Vokál, 1990) sledující vztah obsahu dusičnanů v hlízách k obsahu N_{an} v půdě. V těchto pokusech se opět potvrdil mimořádně výrazný vliv ročníku, který značně překonal předpokládaný vliv dusíkatého hnojení. Opět se prokázalo, že v roce, který byl pro obsah NaNO₃ v hlízách nepříznivý, se zvyrazňuje nežádoucí působení dusíkatého hnojení a podstatně se zvyšuje rozptyl mezi odrůdami, resp. citlivější odrůdy reagují mnohem výrazněji. Rok 1988, tj. rok s nejvyšším obsahem dusičnanů v hlízách, byl opět charakterizován poklesem srážkové činnosti ve vegetačním období (84,4 % normálu). Naproti tomu v r. 1987 (při nejnižším obsahu dusičnanů) činily dešťové srážky 133,5 % normálu a v. 1989 115,6 %. Průměrná teplota vegetačního období se příliš nelišila.

Z tohoto a předchozích pokusů lze shrnout, že dostatek srážek, nejlépe rovnoměrně rozložených během vegetace, vytváří základní předpoklad pro nižší obsah dusičnanů v hlízách. Podle Míči a Vokála (1990) hodnota dešťových srážek ve vegetaci (duben až září včetně) kolem 500 mm by měla být zárukou přiměřeného (podlimitního) obsahu dusičnanů v hlízách.

Naopak chladné počasí, malá četnost slunečních dnů a bohaté srážky snižující fotosyntetickou aktivitu vedou ve svém důsledku k hromadění nitrátů překračujících povolenou maximální hranici v konzumních hlízách. Záleží samozřejmě i na působení dalších faktorů, např. na výši a časovém rozložení přísunu dusíku z půdy. Hromadění dusičnanů

v celé rostlině a v jejich částech je, jak bylo již zmíněno, výsledkem disproporce mezi příjmem dusíku a jeho využitím v metabolismu rostliny. V každém roce tedy může být jiná hladina nitrátů v hlízách.

Množstvím srážek a teplotou v průběhu vegetace, rovněž tak závislostí od délky slunečního svitu na obsah nitrátů v hlízách bramboru se zabýval Kolbe (1987) (obr. 3).

Obr. 3. Závislost obsahu nitrátů od množství srážek a teploty během vegetačního období v polních pokusech (vlevo), a od délky slunečního svitu při konstantním vodním režimu v nádobových pokusech (vpravo).

(ordináta – ppm nitrátu v č.h.; abscisa: [zleva] srážky v mm; teplota ve °C; sluneční svit v h; 2 grafy vlevo: polní pokusy, 2 stanoviště; graf vpravo: nádobové pokusy, 2 stanoviště)

Kolbe, H.: Untersuchungen zur Bedeutung des Nitratgehaltes in Kartoffelknollen. Kartoffelbau, 38 (3): 105-109, 1987.

Vliv počasí na pohyb N v půdě, tak i v rostlině je známý z mnoha prací. Jde zejména o dešťové srážky, k nimž přistupuje i závlaha. Vlivem N hnojení v souvislosti se závlahou porostů raných brambor se zabýval Hamouz (1991a, b; 1993).

V literatuře se setkáváme s údaji o celkové potřebě vody pro vyšší obsahu určitých organických sloučenin obsahujících dusík. Koršunov (1988) např. hodnotí vliv extrémně nepříznivých let, pokud se týká vlivu počasí na hromadění dusičnanů v hlízách bramboru, jako stejně silný nebo silnější než hnojení, které samo o sobě (především dusíkaté) má velký podíl na jejich akumulaci.

Poněkud jiné výsledky, než uvádí většina autorů, jsme získali v pokusu při pěstování bramboru ve skleníku (Zrůst a Holá, 1994b) ve kterém nás zajímalo, zda se mění kvalita hlíz s různým stupněm zásobení bramborů vodou během vegetace. Skleníkový pokus byl zakládán ve třech letech a byl uspořádán do čtyř bloků, v nichž byly odrůdy i varianty půdní vlhkosti (tab. 14) náhodně rozmístěny. Vegetační nádoby (v celkovém počtu 468, tj. 13 nádob pro každou odrůdu i variantu) o obsahu 10 l byly plněny vrchní vrstvou (do 20 cm) ornice. Do vegetačních nádob se sázelo po jedné sadbové hlíze o průměrné velikosti 55±5 mm. Před výsadbou se hlízy čtyři týdny předklíčovaly, klíčky v době sázení byly 5 až 10 mm veliké a měly základy kořínků. Do pokusu se záměrně vybraly čtyři odrůdy bramboru s rozdílnou délkou vegetační doby i užitkového směru pěstování, dvě z našeho a dvě zahraničního šlechtění: Resy – velmi raná, konzumní, Nizozemsko; Karin – raná, konzumní, salátová, snášejší přísušky, ČR; Désirée – polopozdní, konzumní, vhodná pro pěstování v aridních oblastech, Nizozemsko; Kamýk – polopozdní, průmyslová, ČR. Relativní půdní vlhkost v procentech byla zjišťována ve dvou- až třídenních intervalech během celého vegetačního období gravimetrickou metodou (Novák, 1954). Voda byla do nádob doplňována po zjištěné deficitu a ve slunných dnech s vysokou evapotranspirací každý druhý den. Hlízy byly analyzovány po fyziologickém dozrání porostu na obsah dusičnanů selektivní elektrodou.

V žádném roce nepřekročil obsah dusičnanů ve vzorcích hlíz celého pokusu stanovené nejvyšší přípustné hodnoty, v té době platné, tj. 300 mg NaNO₃.kg⁻¹ pro rané odrůdy sklizené do 15. 7. a 200 mg NaNO₃.kg⁻¹ pro odrůdy ostatní. Pořadí variant podle obsahu dusičnanů se měnilo u jednotlivých odrůd v jednom roce i mezi roky. V průměru ze všech odrůd i roků měla kontrolní varianta (1) zalévaná po celou vegetaci na 75 % relativní půdní vlhkost překvapivě nejvyšší hodnoty dusičnanů.

Tab. 14. Přehled variant skleníkového pokusu (Podle: Zrůst, Holá, 1994a)

Varianty půdní vlhkosti	Relativní půdní vlhkost v % v období vývinu rostliny*			
	a	b	c	d
1	75	75	75	75
2	50	75	75	75
3	30	75	75	75
4	75	50	75	75
5	75	30	75	75
6	75	75	50	75
7	75	75	30	75
8	75	75	75	50
9	75	75	75	30

*a – od výsadby do vzejití rostlin

b – od vzejití rostlin do tvorby pupat

c – od tvorby pupat do plného květu

d – od plného květu do fyziologického dozrání

Sucho působící v kterémkoliv úseku vegetace snižovalo obsah dusičnanů v hlízách. Nejnižší hodnoty v průměru tří let měly varianty, u nichž velké sucho působilo v období od sázení do vzejití porostů a při nižším stresu v dalším období od vzejití do vytvoření okem patrných pupat. Rozdíly mezi kontrolou a variantou s nejnižším obsahem dusičnanů se pohybovaly od 20,5 mg.kg⁻¹ v r. 1991 do 100,1 mg.kg⁻¹ v r. 1992, v průměru tří let činil rozdíl mezi nimi 30,9 mg.kg⁻¹. V jediném roce 1992 byly mezi variantami i odrůdami zaznamenány vysoce průkazné rozdíly. Rovněž interakce variant a odrůd byla vysoce průkazná. Tyto výsledky kontrastují s údaji, které uvádějí Neubaer et al. (1991). Uvedení autoři obdrželi u jednotlivých odrůd po závlaze ve dvou obdobích sucha s minimem půdní vlhkosti pod 30 % využitelné polní kapacity snížení obsahu nitrátů, konkrétně o 58 až 191 mg.kg⁻¹ původní hmoty, což v přepočtu činilo snížení na 76 až 52 % výchozích hodnot obsahu nitrátů. Pouze v r. 1991 měly hlízy z naší kontrolní varianty (s plnou závlahou) snížený obsah dusičnanů odpovídající výsledkům, ke kterým dospěli Augustin et al. (1977). Citovaní autoři zjistili v oloupaných hlízách bramboru, které pěstovali při 65 % a 85 % hladině půdní vlhkosti během vegetačního období, že při vyšší hladině půdní vlhkosti došlo ke snížení nitrátového dusíku. Těsný vztah obsahu dusičnanů k obsahu celkového dusíku v některých variantách našeho pokusu, ve kterých působilo sucho ve druhé polovině vegetace, odpovídal výsledkům, které publikovali Míča, Vokál (1992).

Znovu upozorňuji, že při porovnávání našich výsledků s výsledky jiných autorů nutno brát v úvahu skleníkové podmínky, tj. odlišné teplotní a vlhkostní poměry i příjem fotosynteticky účinného záření, které měly na výsledky obsahu dusičnanů beze sporu výrazný vliv.

Pokud se týkalo celkového obsahu N, námi zjištěné nejnižší hodnoty při optimální závlaze v kontrolní variantě byly již v soulase s více autory, kteří při zvýšené půdní vlhkosti v jednotlivých úsecích ontogeneze pozorovali rovněž pokles obsahu N, většinou průkazný u všech odrůd zařazených do pokusu (Nečas, 1962; Nečas, Zrůst, 1964 – v obou těchto případech se jednalo rovněž o skleníkové pokusy, Vetter et al., 1991). I v dalších pokusech bylo potvrzeno, že závlaha vede většinou k poklesu obsahu dusíkatých látek (Zänker et al., 1975) zejména v letech, ve kterých převažuje sucho (Ekeberg, 1986). Rovněž způsob dodávky vody ovlivňuje celkový metabolismus dusíkatých látek. Při posuzování vlivu zavlažování v brázdách, mlžením a kombinací obou způsobů zjistili Sanders et al. (1972) u

zralých hlíz na konci vegetace nejvyšší hodnoty obsahu N v hlízách z nezavlažovaných parcel, následovaly hlízy z parcel zavlažovaných mlžením, kombinací obou a nejnižší obsah dusíkatých látek měly hlízy zavlažované podmokem v brázdách.

V literatuře se připouští, že změny vlhkosti půdy mohou mít v jednotlivých případech i v polních podmínkách nejednoznačný vliv na obsah dusičnanů v rostlinách. Na jedné straně stimuluje dostatečné provlhčení půdy nitrifikační pochody v rhizosféře a absorpci nitrátů rostlinami. Při umělém zavlažování porostů se mimo to dostává do půdy často nezanedbatelné množství nitrátového dusíku. Na druhé straně se vysoká koncentrace dusičnanů v rostlinách při dlouhodobém nedostatku vody může po následujícím provlhčení snížit v důsledku posílení růstu rostlin, jakož i vyplavením určitého množství dusičnanů z vrchního horizontu (Sokolov et al., 1990).

Vztah mezi vláhovým režimem, teplotou a obsahem dusičnanů v bramborách studovali též Brown, Smith (1967), Maynard et al. (1976), Andrušenko (1983), Gislason et al. (1984). Také Augustin et al. (1977) pozorovali vzestup kumulace dusičnanů při nedostatku vláhy. S tím souvisí i možnost využití zavlažování, které v našich podmínkách připadá v úvahu zatím pro velmi rané stolní odrůdy. V letech s velkým stresem sucha, jakým byl např. letošní rok (2003), by se řada zemědělských organizací i mimo ranobramborářskou oblast přesvědčila o výhodách, jaké závlahy v takových podmínkách poskytují. Výhodné jsou zejména kapkové závlahy (vyžadují méně vody než jiné technologie závlah) a fertigace dusíkem (přihnojování minerálním hnojivem v závlahové vodě). Podrobnosti uvádějí Zavadil et al. (2003). Rovněž v pokusech ve Výzkumném ústavu bramborářském (Institut für Kartoffelforschung) v Gross Lüsewitz se na obsahu nitrátů v hlízách příznivě projevil doplnkové závlahy, které současně zvýšily výnos a zlepšily celkovou konzumní hodnotu (Griess, Pienz, 1990).

Obecně lze konstatovat, že příznivé vláhové podmínky, buď zásluhou přirozených srážek, nebo řízeným zavlažováním k zelenině a bramborám, přispívají ke snížení rizika nadměrné akumulace nitrátů v konzumních částech rostlin. Kromě toho je známo, že příznivé vláhové podmínky v půdě mají kladný vliv na výnos, řízená závlaha chrání porosty velmi raných a brzy nasázených odrůd před poškozením mrazem a může omezit napadení hlíz strupovitostí. Prugar (1992) upozorňuje na to, že po vydatném dešti následujícím po suchém teplém období dochází někdy k přechodně silně zvýšenému nahromadění nitrátů, které pro nedostatek vláhy nemohly být přijímány rostlinami a teprve po důkladném provlhčení půdy nastal jejich intenzivní přísun do kořenů a nadzemní hmoty. Současně se přirozeně podpořila i další nitrifikace. Takové rostliny by se samozřejmě neměly sklízet, ale bylo by třeba vyčkat, až po spotřebování nahromaděných dusičnanů v půdě klesne jejich obsah i v rostlinných produktech (toto konstatovali Kaniszewski, Rumpel, 1978 u póru a celeru, Räber, Kocher, 1982 u karotky). Obdobné poměry lze očekávat i v případě bramboru.

Reakci brambor na dělenou aplikaci N v různých termínech s rozdílným množstvím nadměrné závlahy zaznamenali Stark et al. (1993). Polní pokusy byly vedeny k určení společného vlivu množství závlahy a doby aplikace N na výnos i kvalitu brambor a potenciál vyluhování dusičnanového dusíku. Zavlažování postřikem bylo aplikováno průměrně 1; 1,2 nebo 1,4 x v množství odpovídajícím odhadnuté evapotranspiraci na brambory odr. Russet Burbank, pěstované na naplavené hlinité půdě. Po iniciaci hlíz bylo aplikováno celkem 132 kg N.ha⁻¹ v závlaze na parcely, kdy byl N dodán buď v 6 dávkách po 22 kg N.ha⁻¹ týdně, nebo ve 3 dávkách po 44 kg N.ha⁻¹ za 14 dnů. Nadměrné zavlažování redukovalo koncentraci NO₃⁻

v kořenové zóně a v řapících během období nasazování hlíz. Při aplikaci $44 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ jednou za 14 dní v r. 1991 byly vyšší a shodnější NO_3^- koncentrace v kořenové zóně začátkem vegetace než při aplikaci $22 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ každý týden. Sušina hlíz na konci vegetace, celková sušina rostlin a příjem N rostlinami nebyly ovlivněny dávkou závlahy ani dobou aplikace N.

Ke zvýšení obsahu nitrátů v hlízách bramboru, rovněž i v zelenině, dochází také v případech, kdy po fázi plynulého vývinu rostlin s relativně vysokým příjmem aniontu NO_3^- nastanou náhle nepříznivé světelné a teplotní podmínky. Za nedostatku světla a tepla vzniká deficit uhlíkatých sloučenin nutných pro přeměnu nahromaděného nitrátového dusíku na aminokyseliny a bílkoviny. Současně klesá aktivita enzymu nitrátoreduktázy nezbytné pro tyto metabolické pochody (P r u g a r, 1992).

Účinek světelné intenzity a množství slunečního svitu na asimilaci přijatého dusíku, a tím i na pokles koncentrace dusičnanů v rostlinách pozorovali někteří autoři už od konce 50. let (např. B o e k, S c h u p h a n, 1958/1959, M a y n a r d et al. 1976).

Dalším z faktorů prostředí je lokalita. Tříleté pokusy G r a s s e r t a a B a r t e l a (1987) vedené na 4 stanovištích s 23 odrůdami ukázaly, že obsah dusičnanů v hlízách byl průkazně ovlivněn stanovištěm, odrůdou a ročníkem. Variace obsahu NO_3^- mezi odrůdami a zejména ročníky byla značná. K obsahu hrubé bílkoviny odrůd existoval průkazný ($r=0,59$) a k obsahu sušiny neprůkazný vztah. Mezi obsahem NO_3^- jednotlivých odrůd a jejich vnitřními kvalitativními vlastnostmi nebyl prokázán žádný vztah, i když v r. 1983 při vysokých hodnotách NO_3^- byla stolní hodnota nejnižší. Autoři v článku diskutují o vhodnosti obsahu NO_3^- jako indikátoru dávek N-hnojiv a horší vnitřní kvality hlíz.

Rovněž v tříletých pokusech, které popisuje Ľ a h k ý (1989) na třech slovenských pokusných stanicích ÚKSÚP s různými variantami hnojení N, podíl tohoto faktoru na celkové variabilitě činil 43,2 %. Rozdílné meteorologické podmínky jednotlivých ročníků ovlivnily kumulaci dusičnanů z celkové variability 20,5 %. Nejdůležitější se ukazoval průběh počasí v červnu. Zvyšoval-li se objem srážek a snižovala-li se průměrná teplota v tomto měsíci, znamenalo to velmi pravděpodobný nárůst koncentrace dusičnanů v hlízách. Tato tendence se do značné míry udržovala i v červenci a při srážkách i v srpnu. Podíl hnojení na celkové variabilitě obsahu dusičnanů činil v citovaných pokusech 36,3 %.

Také v našich pokusech vedených na dvou lokalitách se prokázaly rozdíly v obsahu NO_3^- (Z r ů s t et al., 1997; H l u š e k et al., 2000). Pro zjišťované korelační vztahy mezi rizikovými prvky a dusičnany (viz další text) se ukázaly statisticky významné rozdíly mezi stanovišti (H l u š e k et al., 1998).

Rozdíly v obsahu dusičnanů byly také zjištěny při ekologickém a konvenčním způsobu hospodaření (P r u g a r et al., 1997; T u r n e r o v á, 1998). Pokus byl veden s početným souborem odrůd brambor na stanici VÚRV v Lukavci u Pacova v letech 1994 – 96 ve stejných půdně-klimatických podmínkách. V konvenčním způsobu pěstování se aplikovalo minerální i organické hnojení, v ekologickém systému pouze organické hnojení. Podobně tomu bylo i s používanými pesticidy na ochranu rostlin. Na ekologické variantě se nepoužívaly syntetické preparáty. Výsledky u šesti odrůd v obsahu dusičnanů, k nimž jsem pro zajímavost přiřadil i výnosy, jsou v tab. 15.

Tab. 15. Průměrné hodnoty dusičnanů a výnosy v přepočtu na t.ha⁻¹ u šesti odrůd brambor v letech 1994-96 (Podle Prugara et al., 1997 – upraveno)

Roky / Ukazatele	1994		1995		1996		Stat. pravděpod. v %	
	ekol.	konv.	ekol.	konv.	ekol.	konv.	rok sklizně	E/K*
NaNO ₃ ¹	185,17	301,33	89,67	241,83	65,21	75,00	99,2	100 ⁺
Výnosy ²	21,50	31,90	24,90	40,45	34,75	48,83	91,0	99,1 ⁺

¹ v mg.kg⁻¹ ² v t.ha⁻¹ * způsob pěstování: E – ekologicky; K - konvenčně

Pozn.: Uvedené hodnoty jsou hodnoty v čerstvé hmotnosti (č.h.) vzorku.

Výsledky jsou vyhodnoceny analýzou rozptylu. Stat. pravděpod. znamená statistická pravděpodobnost.

Způsob pěstování ekologicky/konvenčně (E/K) statisticky významně ovlivňuje sledovaný ukazatel v případě, je-li hodnota statistické pravděpodobnosti vyšší než 95 % (označeno +).

V té době nejvýše přípustné hodnoty obsahu NaNO₃ byly v mnoha případech právě u konvenční varianty značně překročeny v letech 1994 a 1995.

Srovnávací studie obsahu dusičnanů v hlízách bramboru pěstovaných konvenčním, resp. ekologickým způsobem se provádějí ve světových institucích od počátku sedmdesátých let. Jen zcela výjimečně nenalezli autoři mezi oběma variantami výraznější rozdíly. V přesvědčivé většině případů byla konstatována minimálně tendence k nižšímu obsahu dusičnanů v bramborách ekologického pěstování, většinou však šlo o statisticky signifikantní rozdíly (P r u g a r, 2000). Neznamená to však, že i při výlučně organickém hnojení by nemohlo dojít ke zvýšené koncentraci dusičnanů v hlízách. Příčinou mohou být např. větší kvanta dusíku nahromaděného předplodinou, jakož i nadměrné a časově nevhodné dávky organických hnojiv, bohatých dusíkem, k bramborám samotným. Důležitou roli při tom sehrávají meteorologické podmínky spolu se způsobem zpracování půdy a její mineralizační schopností. Tak může v některých případech dojít ke zvýšení intenzifikační aktivity a mineralizaci dusíku z organické substance v půdě až v pozdních vegetačních fázích a tudíž i k abnormálnímu nahromadění dusičnanů v hlízách. Rizikovější jsou v tomto směru velmi rané a rané odrůdy.

Výsledky z výše uvedeného pokusu z r. 1997 publikovali P r u g a r et al. (1999a; b). Analýzy sklizně ne ve všech případech korespondovaly s poznatky získanými v předešlých ročnících. Ze 17 sledovaných odrůd v tomto roce pouze ve dvou případech (u odrůd Koruna a Krasa) byl vyšší obsah NO₃⁻ zaznamenán při ekologickém způsobu pěstování, u 15 ostatních odrůd tomu bylo podle očekávání opačně.

Podrobné výsledky z r. 1999 a průměrné hodnoty kvalitativních ukazatelů a výnosů brambor z pěti let z pokusů v Lukavci uvedli P r u g a r a Z r ů s t (2000) (tab. 16).

Tab. 16. Průměrné hodnoty kvalitativních ukazatelů a výnosů brambor pěstovaných ekologickým a konvenčním způsobem v pokusech VÚRV Praha Ruzyně 1994-1998

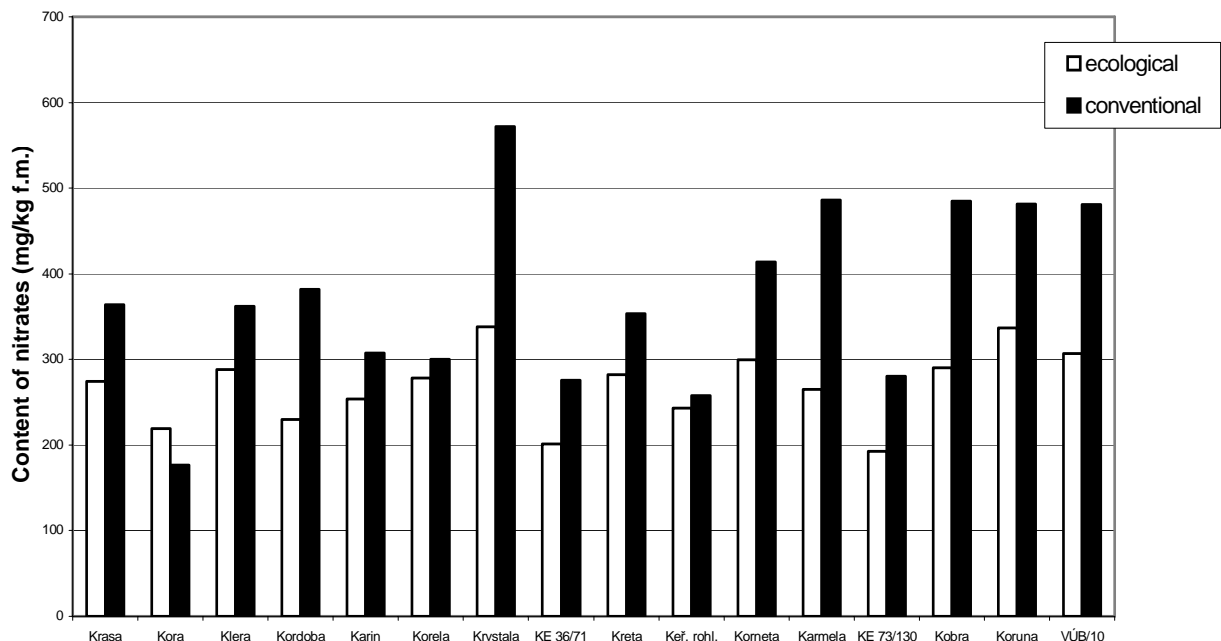
Ukazatel	Ekologicky	Konvenčně
Sušina v %	21,5	22,3
Škrobnatost v %	15,2	13,8
Kyselina L-askorbová v mg.kg ⁻¹	103,8	115,3
Dusičnany NO ₃ ⁻ v mg.kg ⁻¹	150,4	233,1
α-chaconin a α-solanin v mg.kg ⁻¹	77,8	81,3
Výnos hlíz v t.ha ⁻¹	35,6	47,6

Z výsledků v letech 1994 až 1998 jsme získali celkem 59 údajů o obsahu dusičnanů v různých odrůdách a nových šlechtěních, které v těchto letech byly pěstovány párově vždy ve variantách ekologické a konvenční. Ve více než 88 % případů byly lepší (nižší obsah NO_3^-) ekologicky vypěstované hlízy, v 10 % konvenční a ve 2 % nebyly vzájemné rozdíly prakticky žádné. V průměru za celé sledované období to znamenalo hodnoty 150,4 (eko), resp. 233,1 (konv.) mg.kg^{-1} č.h. Rovněž v r. 1999, ve kterém bylo v pokusu pokračováno, bylo u 13 odrůd a třech kříženců pěstovaných v konvenčním systému dosaženo hodnoty 373,6 $\text{mg NO}_3^- .\text{kg}^{-1}$, kdežto v ekologickém systému pouze 268,6 $\text{mg NO}_3^- .\text{kg}^{-1}$ č.h. (obr. č. 4). Naše výsledky tak v tomto ukazateli hovoří jednoznačně o přednosti ekologického systému hospodaření. K podobným výsledkům dospěli u nás ve svých studiích v letech (1996 – 1998) i pracovníci VŠChT v Praze (G u z i u r et al., 2000).

O významu odrůdy a stanoviště mj. pro akumulaci nitrátů v hlízách bramboru a ve výrobcích z nich referovali P r u g a r a Z r ů s t (2002). Významné rozdíly ve prospěch ekologického pěstování bramborů zaznamenali také D i v i š a V e l e t a (2003).

Kromě výše uvedených faktorů se na kumulaci dusičnanů podílejí ještě další, ne tak typické vlivy, které jsem zařadil do podkapitoly ostatní vlivy. V letech 1986 až 1989 jsme se zabývali vlivem růstových regulátorů na obsah dusičnanů v hlízách bramboru (M í č a, Z r ů s t, 1992). Ve fázi vytvořených pupat až začátku květu jsme použili 2 přípravky: Flordimex T a Cultar. Flordimex T (výrobce Chemie – kombinát, Bitterfeld, SRN) obsahoval v kapalné formě kyselinu 2-chloretylfosfonovou (CEPA) ve výši $340 \pm 35 \text{ g.l}^{-1}$. Cultar (výrobce ICI, Plant Protec-tion, Division, Anglie) obsahoval účinnou látku paclobutrazol (kódové označení P 333). Pro postřik byly zvoleny koncentrace CEPA 0,05 a 0,1 % a paclobutrazolu 0,25 a 0,5 %.

Comparison of nitrates content in ecological and conventional production (harvest 1999)



Obr. 4. Porovnání obsahu dusičnanů v hlízách bramboru z ekologického a konvenčního systému hospodaření (sklizeň, r. 1999) (podle Prugara, Zrůsta, 2000).

Na každý trs byla aplikována dávka 10 ml podle schématu v tab. 17.

Tab. 17. Přehled variant zařazených v pokusu Míči, Zrůsta (1992)

Varianty	Regulátory	Koncentrace v %	Dávka N (kg.ha ⁻¹)	Poznámka
1	-	-	80	kontrola
2	CEPA (Ethephon)	0,05	80	
3	CEPA (Ethephon)	0,10	80	
4	paclobutrazol	0,25	80	
5	paclobutrazol	0,50	80	
6	-	-	120	kontrola
7	CEPA (Ethephon)	0,05	120	
8	CEPA (Ethephon)	0,10	120	
9	paclobutrazol	0,25	120	
10	paclobutrazol	0,50	120	

K výraznějšímu snížení dusičnanů došlo při použití dávky 80 kg.ha⁻¹ ve spojení s postřikem růstovým regulátorem CEPA. Při této nižší dávce N se dokonce projevila i přímá souvislost s koncentrací růstového regulátoru. Čím vyšší koncentrace, tím bylo výraznější snížení obsahu dusičnanů (až o 40 mg, což představovalo 15,4 % původní hodnoty).

Aplikace paclobutrazolu se rovněž projevila pozitivně, především ve spojení s nižší dávkou dusíku. Snížení však nedosahovalo takových hodnot jako při použití růstového regulátoru CEPA. Ve spojení vyšší koncentrace paclobutrazolu s vyšší dávkou dusíku (var. 10) došlo dokonce ke zvýšení obsahu dusičnanů.

Bylo zaznamenáno rozdílné chování po aplikaci růstových regulátorů mezi ranou (Karin) a pozdní odrůdou (Kamýk). Zatímco u rané odrůdy došlo po aplikaci zejména CEPA ke snížení obsahu dusičnanů oproti kontrole, převládala u pozdní odrůdy tendence spíše ke zvýšení obsahu dusičnanů. Vysvětlení pro tento jev může poskytnout jediné rozdílná délka vegetační doby a s tím spojené i rozdílnosti v podmínkách přeměny dusičnanů na bílkovinnou složku.

Dalším faktorem, který hraje významnou roli v rozdílném chování obou odrůd, je i skutečnost, že u všech variant byla u odrůdy Kamýk nalezena nižší průměrná hodnota obsahu dusičnanů než u odrůdy Karin. Tento jev je obecný a může souviset i se změnami v konečném metabolismu přeměn dusíkaté složky, jak o tom bylo referováno výše. U odrůdy s delší vegetační dobou jsou především vytvořeny podmínky pro přeměnu dusičnanů na bílkovinnou složku. Převládá-li po aplikaci růstových regulátorů tendence ke zvýšení obsahu dusičnanů, může to nasvědčovat tomu, že nastal určitý posun v syntéze bílkovin vlivem růstového regulátoru ve spojení s délkou a podmínkami vegetační doby.

V grantovém projektu GAČR (Z r ů s t et al., 1997) jsme, jak jsem se zmínil výše, počítali korelační závislosti mezi rizikovými prvky a dusičnany. Výsledky z r. 1995 jsme publikovali (H l u š e k et al., 1998). Hodnoty korelačních koeficientů jsou v tab. 18.

Tab. 18. Hodnoty korelačních koeficientů mezi vybranými rizikovými prvky a dusičnany (podle Hluška et al., 1998 – upraveno)

Lokalita	Odrůda	Korelační koeficienty pro vztah mezi		
		Cd x NO ₃ ⁻	Ni x NO ₃ ⁻	Zn x NO ₃ ⁻
Žabčice	Impala	- 0,36	0,34	0,21
	Ukama	0,71	- 0,77*	- 0,25
	Krystala	0,75*	0,70	0,23
	Koruna	0,98**	0,79*	0,16
Valečov	Impala	0,82*	0,55	0,76*
	Ukama	0,77*	0,89**	0,82*
	Krystala	0,79*	- 0,51	0,45
	Koruna	0,77*	0,59	0,69

Legenda: 0,81 – 0,99 = velmi silný vztah 0,21 – 0,40 = slabý vztah
0,61 – 0,80 = silný vztah 0,00 – 0,20 = žádný vztah
0,41 – 0,60 = středně silný vztah

Pro zjištění korelační vztahy mezi sledovanými prvky byly charakteristické významné rozdíly mezi pokusnými lokalitami. Byly způsobeny půdními a meteorologickými odlišnostmi nejen v souvislosti s nadmořskou výškou obou stanovišť.

Vliv bílé netkané textilie Pegas-Agro 17 UV ve 2 letech na 2 stanovištích se 2 velmi ranými odrůdami prověřovali H a m o u z et al. (2001). Netkaná textilie – její natažení na hrubky bezprostředně po výsadbě a sejmutí po 49 dnech, resp. 30 dnech (v roce ve kterém průměrné denní teploty na přelomu dubna a května překračovaly 25 °C a textilie musela být odstraněna, neboť začala mikroklíma v porostu spíše zhoršovat), obsah nitrátů v žádném z obou let (1999 a 2000) průkazně neovlivnila a nebyl zaznamenán ani žádný trend v prvním termínu sklizně na přelomu května a června. Malé rozdíly v obsahu NO₃⁻ proti kontrole byly v obou letech protichůdné.

V další práci v pozmeněné sestavě autoři (L a c h m a n et al., 2003) zjistili u hlíz pěstovaných pod bílou netkanou textilií trend k nižším hodnotám dusičnanů, zvláště ve druhém termínu sklizně, následovaném 8 (rok 1999) až 15 dnů (v r. 2000) po termínu prvním.

Jak je z přehledu patrné do podmínek prostředí spadá velké množství faktorů, které rozhodujícím způsobem ovlivňují obsah dusičnanů v hlízách bramboru. Propočtení významu jednotlivých faktorů uvedl např. K o l b e (1989) (tab. 19).

Tab. 19. Propočtení významu jednotlivých faktorů: rok, odrůda a hnojení na kolísání obsahu bílkovin a nitrátů v hlízách bramboru (průměry z různých nádobových a polních pokusů na základě vícefaktorové analýzy variance bez ohledu na vzájemné působení, vyjádřeno v procentech vysvětlujících proměnlivost) (podle Kolbeho, 1987).

Znak \ Faktor	Rok	Odrůda	Hnojení
Bílkoviny	16	60	24
Nitráty	29	24	47

Nejzávažnější z faktorů prostředí jsou množství N, které je v půdě rostlinám k dispozici (v příští kapitole bude podrobněji rozebráno) a klimatické podmínky. Vyšší intenzita světla a větší množství slunečního záření zintenzivňují asimilaci dusíku a podporují pokles dusičnanů, sucho podmiňuje jejich zvýšenou akumulaci.

6. 3. Vliv hnojení

Zejména hnojení dusíkaté, bylo považováno, za hlavní příčinu nadměrného obsahu dusičnanů v hlízách bramboru, jak již bylo poznamenáno vpředu. Řešení obsahu dusičnanů tak jednoduché však není. Hnojení sice náleží k významným faktorům, ale omezení obsahu dusičnanů je možné pouze při komplexním přístupu k této problematice.

Obsah dusičnanů v hlízách ovlivňují všechny zdroje živin, které má rostlina bramboru k dis-pozici. Jedná se o živiny z půdní zásoby, z organických a průmyslových hnojiv, přichází v úvahu i živiny, které mají rostliny k dispozici např. v dešťových srážkách.

Půdním dusíkem, jeho formami a kumulací dusičnanů se zabýval M í č a (1993). B i s c h o f f et al. (1992) potvrdili ve čtyřletých pokusech, že je možné jedním N hnojením, s při-hlédnutím k dusičnanovému půdnímu N, dodáním N podle potřeby stanoviště a jednou kontrolou obsahu N u vyvíjejících se rostlin, udržet horní hranici obsahu dusičnanů ve výši 100 ppm v čerstvé hmotě hlíz a zbytkových dusičnanů po sklizni brambor v půdě (0-60 cm) v množství 50 kg NO₃⁻ .ha⁻¹. Rozdělení nitrátů v hlízách bramboru sledoval v nádobových pokusech K o l b e (1987) (obr. 5).

Obr. 5. Absolutní a relativní rozdělení nitrátů v hlízách bramboru v nádobových pokusech při rozdílném hnojení dusíkem – 2 g a 4 g N na nádobu (vlevo), v hlízách určených k prodeji (vpravo) (Kolbe, 1987, upraveno podle Maltze, 1983).

Šrafované sloupce: obsah nitrátů; plné sloupce: množství nitrátů v % z celkového množství hlíz. Průřez hlízou: S – slupka; M – korová vrstva a kruh cévních svazků; J – dřev (dužnina); x - průměr

Kolbe, H.: Untersuchungen zur Bedeutung des Nitratgehaltes in Kartoffelknollen. Kartoffelbau, 38 (3): 105-109, 1987.

Na působení organických hnojiv lze usuzovat z pokusu zakládaného ve VÚB v letech 1983 – 1986 (M í č a et al., 1991) (tab. 20), kde byl sledován obsah dusičnanů v syrových neloupaných hlízách. Nejmenší zvýšení obsahu bylo zaznamenáno při použití chlěvského hnoje, které bylo překvapivě překonáno i při použití samotné slámy či zeleného hnojení (především při zařazení hořčice). Nejvyšší obsah byl zjištěn při použití kejdy prasat. Další podrobnosti lze vyčíst z tabulky.

Z praktického hlediska je zřejmé, že při použití hnoje v doporučených dávkách kolem 35 t.ha⁻¹ a při zařazení slámy či zeleného hnojení ve formě jílku jednoletého nehrozí nebezpečí nadměrného obsahu dusičnanů v hlízách. Při použití hořčice k zelenému hnojení bude pravděpodobně záležet na množství hmoty a rychlosti mineralizace v období po její zaorávce.

U kejdy prasat (a částečně i skotu) bude podle M í č i et al. (1991) rozhodovat především obsah N (obsah sušiny) v tomto hnojivu. Nezbytné je proto před aplikací těchto hnojiv znát tyto základní údaje a podle nich volit dávku hnojiva. Zároveň dbát na rovnoměrnost aplikace. U kvalitní kejdy prasat (i s ohledem na dosahované výnosy hlíz) je možné vypustit hnojení dusíkatými průmyslovými hnojivy, tím vlastně chránit hlízy před nadměrným obsahem dusičnanů. Nekvalitní kejdu skotu (u které není minimálně 8 % sušiny) a především prasat (není minimálně 6 % sušiny) k organickému hnojení brambor nelze použít.

Tab. 20. Relat. vliv organ. hnojiv na obsah dusičnanů v syrových neloupaných hlízách (Míča et al, 1991)

organické hnojení	relativní porovnání (v %)				
	1983	1984	1985	1986	průměr
organicky nehnojeno	100,0				100,0
80 kg č.ž. N (+PK) v prům. hn.	137,6	101,6	105,0	107,5	112,9
hnůj 35 t.ha ⁻¹	124,0	105,1	93,9	96,0	104,8
kejda skotu 60 m ³ .ha ⁻¹	124,6	123,5	109,9	99,2	114,3
kejda prasat 60 m ³ .ha ⁻¹	141,2	121,6	126,6	143,2	133,2
sláma	103,3	117,6	107,6	106,9	108,9
zelené hnojení – jílek jednoletý	126,1	118,8	96,5	97,6	109,8
zelené hnojení – hořčice	124,8	132,2	111,1	99,5	116,9

Že se obsah dusičnanů v hlízách výrazně zvyšuje při jarní aplikaci zvýšených dávek organických hnojiv prokázali N a z a r o v, A b r a z o v (1991). Vlivem stupňovaných dávek N (0; 60; 120; 180 a 240 kg N.ha⁻¹) mj. na obsah nitrátů se zabývali H a m o u z et al. (1988). Uvádí, že dávka 120 kg N.ha⁻¹ se v pokusech ukázala bezpečná z hlediska nepřekročení limitovaného obsahu nitrátů, zatímco dávka 180 kg N.ha⁻¹ byla již riziková.

Při sledování vlivu N hnojení (0-200 kg.ha⁻¹) mj. na obsah dusičnanů v hlízách některých polských odrůd v letech 1988-89 zjistily Frydecka – Mazurczyk a Zgórska (1990), že aplikace N vyvolala zvýšení obsahu dusičnanů v hlízách všech odrůd. Při aplikaci vysoké dávky N (200 kg.ha⁻¹) byla hladina těchto látek 5-7 x vyšší než u kontroly (0 kg.ha⁻¹).

Porovnání vlivu různých forem zejména dusíkatých hnojiv a jejich různého období zapravení uvádí tab. 21. Z výsledků je zřejmé, že v průměru nedošlo k výraznému ovlivnění obsahu dusičnanů v syrových neloupaných hlízách. Projevila se tendence ke zvýšení obsahu NaNO₃ při aplikaci kapalného dusíkatofosforečného hnojiva na list. V pokusu se projevil relativně malý vliv různých forem průmyslových hnojiv na obsah NaNO₃ v hlízách, zároveň byl zaznamenán vliv ročníku. Z výsledků lze usuzovat, že dělení dávek průmyslových hnojiv v období od přípravy půdy do vzejití porostu brambor nebude působit problémy, což nelze již uvést o aplikacích prováděných „na list“.

Tab. 21. Relativní porovnání vlivu různých forem průmyslových hnojiv a období jejich zapravení na obsah NaNO₃ v syrových neloupaných hlízách (podle: Míča et al., 1991)

Hnojivo / roky	relativní porovnání k vlivu granulované močoviny (100 %)				
	1987	1988	1989	1990	průměr
granulovaná močovina zapravená před sázením	100,0				100,0
DAM-390 zapravený před sázením	109,0	89,9	83,0	109,5	97,9
DAM-390 aplikovaný preemergentně s herbicidem	100,0	104,3	75,5	111,0	97,7
DAM-390 v dělené dávce (1/2 před sázením, 1/2 preemergentně)	98,5	93,8	80,6	101,3	93,6
NP sol (40 N) v kombinaci s DAM 390 (80 N) před sázením	91,8	89,9	61,9	107,1	87,7
NP sol (40 N) před sázením v kombinaci s DAM 390 (80 N) preemergentně	109,0	104,8	nesledováno	94,4	102,7
přídavek DAM 390 (opakovaně 2 x 10 kg N) foliárně	115,7	92,8	105,4	96,8	102,7
přídavek NP sol (opakovaně 2 x 10 kg N) foliárně	109,7	98,8	121,8	112,3	110,7

Poznámka: jednotně k dávce hnoje 35 t.ha⁻¹ zapraveno (v kg č.ž. na ha) 120 N + 52,3 P + 132 K v průmyslových hnojivech. U variant s foliární aplikací bylo zapraveno při sázení 100 N.

Zajímavé v pokusech M í č i et al. (1991) bylo působení vybraných stopových prvků aplikovaných postřikem „sólokonzentrátů“ v období tvorby poupat (tab. 22).

Tab. 22. Relativní porovnání vlivu stopových prvků na obsah dusičnanů v syrových neloupaných hlízách (podle Míča et al., 1991)

Hnojivo / roky	Prvek	relativní porovnání (v %)				
		1987	1988	1989	1990	průměr
kontrola	-	100				100,0
Veborit	B	109,7	100,2	87,8	103,7	100,4
Molychel	Mo	124,6	98,6	77,9	110,8	103,0
Kuprohum	Cu	98,5	87,5	89,8	116,7	98,1
Mn humát	Mn	111,9	94,2	100,7	101,5	102,1
Zinkocit	Zn	97,0	77,7	83,3	92,4	87,6
Mg citrát	Mg	98,5	75,3	108,2	105,8	97,0

Jednoznačně bylo příznivé působení zinku, který v průměru snížil obsah dusičnanů v syrových hlízách o 12,4 % (v r. 1988 dokonce o 22,3 %). Relativně dobře (až na mimořádný suchý rok 1990) působila i měď, kterou mají porosty brambor k dispozici (i když není provedena aplikace „sólokonzentrátů“) tehdy, používají-li se k ochraně proti plísni bramborové měďnaté přípravky (především v ekologických systémech pěstování).

Č e p l et al. (1991) zjistili závislost mezi přijatým P k jednotce N (poměr P/N) v rostlině v období začátku květu porostu a obsahem NaNO_3 v hlízách po sklizni.

Touto problematikou se zabývalo velké množství autorů, např. M u n s h i (1990), P u g a j e v, P e č a t k i n (1991), M í č a, V o k á l (1991), S h a r m a (1991), B i s c h o f f, D i e p e n b r o c k (1995), B á r t a, D i v i š (2000), H o f f e r b e r t, G r o c h o l l (2000), M a r k s, K r z y s z t o f i k (2000) a další. Možno říci, že všichni shodně zjistili trend zvyšujícího se množství dusičnanů v hlízách se stupňujícím se hnojením N hnojivy. Některé výsledky byly i neprůkazné – viz práci Č e p l et al. (1991).

Faktor hnojení má význam především při přehnojení N při dávkách vyšších než 160 kg č.ž. $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

6. 4. Vliv skladování

S předchozí kapitolou souvisí i problematika, kterou sledovali N i k u l i n et al. (1994) ve čtyřech systémech hnojení při třech různých způsobech základního zpracování půdy. Čím více bylo aplikováno minerálních hnojiv, tím více klesala kvalita hlíz během skladování.

V průběhu skladování dochází ke snižování obsahu dusičnanů v hlízách. To je pozitivní zjištění směrem ke spotřebitelům. Jak konstatují M í č a et al. (1991) jsou znalosti z tohoto úseku poměrně malé. Výsledky jimi uváděné jsou v tab. 23. Jsou vyjádřeny v % původní hmoty.

Tab. 23. Obsah dusičnanů během skladování v mg NaNO₃.kg původní hmoty (podle Míči et al., 1991)

Termíny odběrů/odrůdy	Odrůda					Průměr
	1	2	3	4	5	
Sklizně	67,1	79,5	84,9	90,4	76,7	79,7
90 dnů skladování	60,3	71,2	86,3	72,6	64,4	71,0
180 dnů skladování	53,4	58,9	72,6	68,5	65,8	63,8
snížení ke konci skladování v %	20,4	25,9	14,5	24,2	14,2	19,9

Bylo zjištěno, že intenzitu poklesu ovlivňuje do jisté míry odrůda a záleží na původní hodnotě obsahu dusičnanů nalezené při sklizni. Obdobné poznatky získali rovněž G i s l a s o n et al. (1984).

V další tabulce 24. je zaznamenáno % snížení obsahu dusičnanů již v přepočtu na % sušiny, což je objektivnější měřítko. Hlízy byly skladovány při teplotě 2-4 °C. Ke snižování obsahu dusičnanů docházelo nejen v závislosti na odrůdě, ale i na variantě hnojení. K největšímu snížení během celého období skladování (od sklizně do dubna) došlo v těch případech, kde byl počáteční obsah dusičnanů vyšší. Závislost změn v obsahu NaNO₃ u jednotlivých variant, tj. s rozdílnou dávkou hnojení, nebyla jednoduchá. Diferenci mezi odrůdami v rozdílném snížení obsahu NaNO₃ vysvětlují autoři tím, že při skladování dochází k větší či menší změně sušnotvorných látek. Tyto změny ovlivňují konečné poměry ve složení sušiny hlíz.

G i s l a s o n et al. (1984) uvádějí výsledky pokusu s 5 odrůdami brambor pěstovaných na 5 lokalitách při 3 hladinách hnojení. U všech odrůd došlo během půlročního skladování při 5° C k poklesu nitrátů. V průměru všech vzorků to činilo po 90 dnech skladování cca 12 % a po 180 dnech skladování 20 % původního obsahu. Také G u m a r g l i e v a et al. (1989) v pokusech s několika odrůdami brambor konstatovali lineární pokles dusičnanů s časem skladování. Jiní autoři naproti tomu zaznamenali v průběhu sedmiměsíčního skladování hlíz bramboru jen nevýrazné kolísání obsahu dusičnanů – např. A u g u s t i n et al. (1977); W e b e r a P u t z (1993). Podobných výsledků bylo dosaženo při skladování v krechtu G r o b e l n a et al. (1983). Autoři též stanovili obsah dusitanů, avšak ani zde nenalezli rozdíly mezi hodnotami před (0,2 mg až 4,6 mg.kg⁻¹) a po skladování (0,5 až 4,3 mg.kg⁻¹). V jiných studiích v Polsku (S i k o r a, M i e d z o b r o d z k a, 1988) byly zjištěny po půlročním skladování hlíz úbytky obsahu dusičnanů (resp. dusitanů): v klimatizovaném skladu úbytek o 75 % (10 %), v krechtu o 86 % (13 %), v temném sklepě o 77 % (25 %) a ve světlém sklepě o 85 % (25 %). Vzhledem k rozdílnosti výsledků v úbytku dusičnanů v hlízách nelze podle P r u g a r a (1993) s ohledem na dusičnany definovat optimální skladovací podmínky.

C h a r k o v a Z y k i n a (1993) zjistili, že obsah dusičnanů v hlízách odrůd různých vegetačních délek nebyl stálý, ale měnil se během skladování. Charakter změn se lišil. U raných odrůd se maximum dusičnanů v hlízách objevovalo v lednu, u pozdních odrůd v únoru, poté se u obou skupin obsah NO₃⁻ snižoval. D i v i š (1993) naproti tomu u odrůdy Karin sledované v měsíčních intervalech od listopadu do dubna zjistil pokles obsahu NO₃⁻ od listopadu do března. V měsíci dubnu zaznamenal jejich nárůst, který však nepřekročil počáteční stav. Vyšší nárůst NO₃⁻ v měsíci dubnu byl zjištěn u variant, které měly vyšší počáteční obsah dusičnanů.

V posledních letech sledovali dynamiku změn NO_3^- během vegetace i v období zimního skladování Bodilev a Lesnevskaja (2000), kteří informovali rovněž o akumulaci dusičnanů v závislosti na velikosti hlíz. Haase (2002) sledoval změny obsahových látek (dusičnanů, vitamínu C a glykoalkaloidů) při skladování a zpracování. Zjistil, že na obsah nitrátů má podstatný vliv odrůda a poloha pěstování.

Tab. 24. Obsah NaNO_3 v mg.kg^{-1} sušiny během skladování brambor (průměr 2 let) (dle Míči et al., 1991)

Odr./Varianta	Sklizeň	Leden	Snížení v %	Duben	Snížení sklizeň- duben v %
Resy 1	1111,7	1006,9	9,4	956,7	13,9
2	1280,1	1171,8	8,5	1107,5	13,5
3	1213,8	1053,5	13,2	1147,5	5,5
4	1398,5	1282,9	8,3	1262,3	9,7
5	1387,6	1353,0	2,5	1281,5	7,6
6	1281,9	1283,6	0,0	1244,3	2,9
7	1361,2	1382,0	0,0	1299,8	5,5
8	1337,3	1297,2	3,0	1217,3	9,0
Průměr	1296,5	1228,9	5,2	1189,6	8,2
Radka 1	1133,6	1093,9	3,5	1124,3	0,8
2	1291,1	1228,3	4,9	1182,8	8,5
3	1264,6	1215,1	3,9	1183,2	6,4
4	1377,3	1250,7	9,2	1226,1	11,0
5	1276,5	1238,3	3,0	1292,3	0,0
6	1270,6	1273,7	0,0	1208,4	4,9
7	1319,1	1264,0	4,2	1183,5	10,3
8	1302,5	1240,3	4,8	1267,6	2,7
Průměr	1279,5	1225,5	4,2	1208,5	5,5
Kamýk 1	732,0	640,2	12,5	723,5	1,2
2	792,1	676,6	14,6	793,1	0,0
3	765,7	649,5	15,2	725,7	5,2
4	796,9	703,7	11,7	787,5	1,2
5	752,9	634,3	15,8	732,9	2,7
6	818,9	661,8	19,2	766,9	6,3
7	817,2	672,5	17,7	733,4	10,3
8	791,2	721,6	8,8	767,9	2,9
Průměr	783,4	670,0	14,5	753,9	3,8

6. 5. Vliv přerušení přísunu dusičnanů

V pokusech bylo zjištěno, že přerušení přísunu dusičnanů z media vede k rychlému poklesu jejich obsahu v rostlině. U mnohých zeleninových druhů bylo experimentálně dokázáno, že po převedení do živných roztoků s absencí aniontu NO_3^- se koncentrace dusičnanů už v průběhu několika dní výrazně snižuje.

V praxi se tohoto zjištění využívá např. při hydroponic-kém pěstování. Intenzita hromadění dusičnanů v jednotlivých orgánech (podle P r u g a r a, H a d a č o v é, 1994) jeví vzestupnou tendenci v řadě: semena < plody < hlízy < kořeny < listy. Kolísání obsahu i v rámci určitého orgánu je velmi široké a může představovat až desetinásobek. Zvláště v listech se vyskytují někdy extrémně rozdílné hodnoty (řapíky – čepele). Pro rostliny samotné však nepřinášejí vysoké koncentrace dusičnanového aniontu žádná rizika, protože dusičnan je nejjistější a energeticky „nejlacinější“ formou utilizace přijatého dusíku (Marschner, 1985).

7. Vliv kuchyňské a potravinářské úpravy na obsah dusičnanů

Potrava náleží k nejdůležitějším faktorům našeho životního prostředí a zcela evidentně ovlivňuje buď v pozitivním či negativním směru vývoj a zdravotní stav lidí. Odhaduje se, že zhruba 70 % nežádoucích vlivů prostředí působí na lidský organismus právě prostřednictvím potravy. Na hlavu se u nás ročně počítá s přibližně 600 kg hutných potravin a zhruba se 700 l vody či jiných nápojů (K o š t á l o v á, B a l l o n, 1986).

Že existují v oblasti hygieny výživy zdravotní rizika je zcela pochopitelné a stejně pochopitelným by mělo být i to, že jejich důsledným vyhledáváním by mělo dojít k jejich následné eliminaci nebo alespoň minimalizaci v této části potravinového řetězce, kde samovolně či nežádoucími zásahy vznikají.

Ve spektru potravin jsou brambory řazeny jako potravina s relativně nízkým obsahem dusičnanů (zmíněno bylo v kap. 5). Jak uvádějí M í č a et al. (1991), z tohoto pohledu bývá předpokládáno rozpětí mezi 0 – 300 mg NaNO₃ na kg původní hmoty. (U raných odrůd sklizených do 15. 7. může být vyšší – do 500 mg). I když brambory v porovnání s jinými potravinami rostlinného původu jsou z hlediska obsahu dusičnanů relativně příznivé, je nutno v důsledku objemu jejich konzumu (který je různý u nás a především ve světě – blíže viz M í č a, 1992) brát v úvahu i podíl dusičnanů, který brambory v denní dávce zaujímají. Vezme-li se v úvahu např. 250 g tzv. jedlého podílu a uvažuje-li se s limitem 300 mg NaNO₃ na kg původní hmoty u ostatních konzumních odrůd, pak tento jedlý podíl reprezentuje 75 mg NaNO₃. Světová zdravotnická organizace (WHO) uvádí maximální tolerovatelné množství dusičnanů pro dospělé osobu ve výši 300 mg na den. Z tohoto hlediska pak představují brambory jako zdroj dusičnanů na základě výše uvedených předpokladů 22,5 % podíl tolerovatelného denního příjmu.

V diskusích o dusičnanech vedených veřejností se převážně vychází z údajů týkajících se syrových brambor. To vede k chybnému informování spotřebitele, protože brambory se spotřebovávají pouze v upraveném stavu, nikoliv syrové. Je nasnadě, že jednotlivé postupy úpravy a zpracování mohou vést k jistým ztrátám dusičnanů. Tyto způsoby přípravy pak v důsledku nerovnoměrného rozložení dusičnanů v jednotlivých vrstvách hlízy ovlivňují konečný obsah dusičnanů v produktech.

7. 1. Vliv loupání

Vzhledem k poměrně vysokému obsahu dusičnanů ve slupce, jakákoliv manipulace s hlíza-mi, při které je slupka odstraněna (což bývá prakticky u většiny kuchyňských úprav, ale také při výrobě potravinářských výrobků z hlíz bramboru), má nezanedbatelný vliv na snížení obsahu dusičnanů. Podle M í č i et al. (1991) je hmotnostní poměr slupky k dužnině 1 až 2 ku 5,5 až 6,5 v závislosti na době zpracování a velikosti hlíz. Vybrané odrůdy jsou uvedeny v tab. 25.

Tab. 25. Obsah dusičnanů v dužnině a ve slupce vybraných odrůd (v mg.NaNO₃. kg⁻¹ pův. hmoty) (podle Míči et al., 1991)

Odrůdy	Dužnina	Slupka	Poměr NaNO ₃ dužnina : slupka
Velmi rané			
Resy	182	397	1 : 2,2
Ostara	151	541	1 : 3,6
Gloria	179	419	1 : 2,3
Ausonia	75	122	1 : 1,6
Rané			
Otava	260	648	1 : 2,5
Karin	208	355	1 : 1,7
Šárka	178	437	1 : 2,5
Polorané			
Radka	162	438	1 : 2,7
Svatava	158	309	1 : 2,0
Polopozdní			
Nora	123	287	1 : 2,3
Eba	130	380	1 : 2,9
Nicola	195	523	1 : 2,7
Pozdní průmyslové			
Kamýk	128	195	1 : 1,5
Zvíkov	66	112	1 : 1,7
Průměr celkem	156,8	368,8	1 : 2,35

Z tabulky je zřejmé, že poměr mezi obsahem dusičnanů ve slupce a v dužnině je závislý na odrůdě a pohybuje se v rozmezí 1,5 – 3,6. Průměr všech hodnot byl 2,35. Pouhým loupáním při průměrném hmotnostním poměru 1,5 : 6,0 (středě výše uvedených hodnot 1-2 a 5,5-6,5) by se v tabulce uvedený průměrný obsah dusičnanů pouze oloupáním snížil o 37 %. Do jaké míry lze tento údaj brát v úvahu, vyplývá podle M í č i et al. (1991) z následujícího porovnání. Bergthaller et al. (1986) zjistili, že samotné loupání snížilo obsah dusičnanů o 34 – 43 %, což odpovídá výše uvedeným poznatkům. Nalezené hodnoty však úzce souvisí se způsobem loupání, které je nejdůležitější technologickou operací u průmyslu zpracujícího hlízy bramboru na výrobky a je i nejdůležitější operací při zpracování brambor v domácnosti. Výše uvedené údaje poskytují pouze orientaci o možnostech ztrát obsahu dusičnanů z hlediska obecného pojmu loupání hlíz (tab. 26).

Tab. 26. Snížení koncentrace nitrátů během přípravy v domácnosti a během poloprovozního zpracování (podle: Bergthaller et al., 1986)

Způsoby zpracování	Snížení koncentrace nitrátů v %
Příprava v domácnosti	0 - 12
Brambory na loupáčku	34 - 43
Ruční oloupaní	43 - 66
Ruční oloupaní a vaření, poloprovozní zpracování	70 - 76
Předsmažené hranolky	72 - 77
Lupínky	70 - 80

Ztráty loupáním závisí na odrůdě, velikosti (obr. 6) a tvaru hlíz, hloubce oček, tloušťce slupky a způsobu loupání. Ztráty při různém způsobu loupání v provozu lze dokumentovat z údajů tabulky 27.

Obr. 6. Vztah mezi obsahem nitrátů a hmotností hlíz u bramboru (každý bod představuje střední hodnotu mezi hmotností a obsahem dusičnanů dvaceti zkoumaných hlíz) (podle Kolbeho, 1987)

Kolbe, H.: Untersuchungen zur Bedeutung des Nitratgehaltes in Kartoffelknollen. Kartoffelbau, 38 (3): 105-109, 1987.

Tab. 27. Ztráty obsahu dusičnanů loupáním a dočišťování při různých metodách loupání (Highlands, 1961 – podle Míči et al., 1991)

Odrůda	Abrasive loupání			Parní loupání			Louhové loupání			Kombinované loupání parou a louhem		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Katahdin	15,39	6,50	21,89	14,82	5,38	20,20	15,65	2,69	18,34	13,26	4,69	17,94
Kennebeck	24,25	3,69	27,94	15,88	4,38	20,26	16,15	2,00	18,50	11,06	4,25	15,31
Russet-Burbank	25,19	9,69	34,88	16,75	5,44	22,19	23,88	1,75	25,63	15,50	5,12	20,62

Vysvětlivky: A = ztráta loupáním v %; B = dočištění v %; C = celkem v %

Z tabulky je zřejmé, že způsoby loupání mohou výrazně ovlivnit i ztráty na obsahu dusičnanů. Dříve uvedené výpočty vycházely zhruba z 25 % ztrát oloupaním (poměr slupky k dužnině 1,5 : 6,0). Sníží-li se ztráty loupáním, jak je tomu v případě loupání louhem nebo parou, nebo u tzv. kombinovaného loupání, pak jsou ztráty odpovídajícím způsobem menší.

Při ručním loupání dochází k nižším ztrátám. Při loupání škrabkou bylo dosaženo ztrát 4,1 %, při loupání kuchyňským nožem stouply ztráty na 10 – 12 % podle loupáního materiálu. Ze všech těchto předpokladů je pak nutné hodnotit ztráty na obsah dusičnanů, které lze charakterizovat jako ztráty loupáním. Další údaje o vlivu loupání jsou uváděny při kuchyňské úpravě hlíz a potravinářských výrobků (hranolků, lupínků).

7. 2. Vliv vaření hlíz a sterilace

Tepelnou úpravou dochází ke změně v obsahu dusičnanů. Každá tepelná úprava hlíz bramboru má za následek snížení obsahu dusičnanů, jak lze vyčíst z tab. 28.

Tab. 28. Změny v obsahu dusičnanů po různé úpravě hlíz u raného křížence KE18. Snížení přepočteno na sušinu (podle Míči, 1986)

Způsob úpravy	% sušiny	NaNO ₃ v mg.kg ⁻¹ p.h.	NaNO ₃ v mg.kg ⁻¹ sušiny	% snížení
syrové hlízy	19,33	185,0	957,3	0
hlízy neloupané, vařené v páře	18,19	137,1	735,3	21,30
hlízy loupané, vařené v páře	19,92	88,1	447,3	53,67
hlízy neloupané, vařené ve vodě	19,37	95,9	495,4	48,25
hlízy loupané, vařené ve vodě	18,45	68,5	371,5	61,20
hlízy loupané, 1 h máčené ve vodě, vařené ve vodě	18,21	80,9	444,1	53,61
hlízy loupané, 1 h máčené ve vodě, vařené v páře	19,77	88,1	342,5	52,92
z hlíz vyrobené hranolky	34,73	137,1	394,6	58,78
z hlíz vyrobené lupínky	97,92	57,6	58,8	93,86

Nejmenší snížení bylo dosaženo při vaření hlíz v páře ve slupce (21,3 %). Oloupaním se při stejném způsobu vaření snížil obsah dusičnanů o 53,7 %. Rozdíl mezi vařením hlíz ve vodě po oloupaní (o 61,2 %) a ve slupce (48,3 %) je rovněž výrazný. Je zajímavé, že máčení oloupaných hlíz po dobu 1 h s následným vařením snížilo obsah dusičnanů pouze o 53,6 % v porovnání s hlízami, které byly vařeny ve vodě, ale nebyly předem máčeny (snížení o 61,2 %). U hlíz loupaných, vařených v páře a 1 h máčených ve vodě před vařením v páře nebyl zjištěn prakticky žádný rozdíl (53,67 – 52,92 %). Protože byly všechny hodnoty vztaženy na sušinu, bylo snížení obsahu dusičnanů vyjádřeno na jednotné úrovni. Z těchto výsledků lze tedy vyvodit, že i při případném vysokém obsahu dusičnanů v původní surovině, dochází k podstatnému snížení původního obsahu do té míry, že hlízy po tepelné úpravě mohou být použity ke konzumu.

Při vaření hlíz, v závislosti na tom jaký bude použit způsob vaření, může docházet ke snížení obsahu dusičnanů dvěma způsoby (pomineme-li způsob třetí – odbourávání na další produkty – blíže rozebraný v další 8. kapitole):

1. oloupaním slupky a přilehlé části dužniny,
2. vyluhováním do okolního prostředí.

Obě tyto možnosti se vzájemně doplňují podle použité metody vaření, jak bylo výše ukázáno. Zajímavě metodicky řešené pokusy v tomto směru provedli H e y m i n k et al. (1993). Analyzovali rozdělení dusičnanů v syrových a oloupaných vařených hlízách. K analýzám brali dva vzorky po 30 náhodně vybraných hlízách od každé odrůdy. Prvý vzorek sloužil k analýze syrových hlíz, ve druhém byly hlízy ručně oloupany a 20 minut vařeny ve vroucí vodě. Odběr vlastních vzorků prováděli pomocí korkovrtu (d=10 mm), kterým se hlízy provrtaly od korunky (K) k pupku (N – der Nabel) (obr. 7).

Obr. 7. Schéma odběru vzorků z hlízy (podle: Heymink et al., 1993)

Heymink, J., Krämer, U., Putz, B. Nitratverminderung durch küchentechnische Zubereitung und Verarbeitung von Kartoffeln. In: 15. Kartoffeltagung 1993, s. 1-10.

Vyvrtný váleček byl poté rozdělen na 5 segmentů a jednotlivé části byly analyzovány odděleně. V syrových hlízách se potvrdilo plynulé zvýšení NO_3^- od korunky k pupku (viz kap. 5). Obsah NO_3^- v pupkové části syrové hlízy zjistili víc jak 3 x vyšší než v korunkové části, tedy rozdíl mnohem vyšší než uvádějí M í č a et al. (1991) v tab. 7. Autoři usuzují, že příčinou této jednostranné akumulace NO_3^- v pupkové části je pravděpodobně přívod živin stolony. Oloupaní a vaření způsobilo převládající snížení obsahu dusičnanů v okrajových částech hlízy (tab. 29). Vliv loupání a vyluhování byl zvláště patrný na odrůdě Bintje, kde průměrné snížení obsahu NO_3^- bylo 53 %, u odr. Grandifolia naopak pouze 12 % a u odr. Première 29 %. U této posledně jmenované odrůdy bylo rozdělení NO_3^- v hlíze relativně stejnoměrné (12 a 22 ppm č.h. u korunkové a pupkové části), kdežto u odr. Grandifolia byl zaznamenán mezi oběma částmi hlízy velmi vysoký rozdíl (49 a 229 ppm).

Tab. 29. Průměrné rozdělení dusičnanů v hlízách různých odrůd (ppm čerstvé hmotnosti [č.h.] – zkratka platí v celém textu projektu) (podle Heymink et al., 1993)

Ukazatel	K ₁	K ₂	M	N ₂	N ₁	\bar{x}
NO_3^- syrové se slupkou	40	60	94	107	130	76
NO_3^- vařené bez slupky	25	49	85	101	105	53
snížení obsahu NO_3^- (v %)	38	18	10	7	19	30

V rámci kuchyňské úpravy sledovali výše uvedení pracovníci vliv vaření ve vodě a v páře (pod tlakem). Přípravovány byly neloupané (brambory na loupačku – Pellkartoffeln) a oloupané brambory (solené brambory – Salzkartoffeln). Loupání a vaření způsobilo různě silné výrazné snížení obsahu dusičnanů v bramborách (tab. 30).

Tab. 30. Obsah dusičnanů ve vařených bramborách (ppm sušiny) (podle: Heymink et al., 1993)

Brambory	syrové	vařené v páře (pod tlakem)	vařené ve vodě
neloupané	442	367	316
oloupané	333	243	208

Brambory na loupačku při vaření pod tlakem ztratily asi 17 %, při vaření ve vodě asi 30 % z původního obsahu dusičnanů. Snížení obsahu dusičnanů u solených brambor bylo podobné. Ruční loupání mělo za následek průměrné snížení obsahu dusičnanů zhruba o 25 %, následné vaření v páře pod tlakem o dalších 20 %, naproti tomu vaření ve vodě asi o 27 %. Tím se dostává celková ztráta dusičnanů u solených brambor v průměru na (25+27) 52 %.

Při porovnání snížení obsahu NO_3^- u brambor na loupačku a solených hlíz je zřejmé, že během vaření na loupačku působí zkorkovatělá slupka zjevně jako bariéra proti výměně rozpuštěných substancí. Dále lze z tabulek vyčíst, že rozdílné postupy úpravy brambor mají různý účinek. Tak při vaření ve vodě jsou ztráty dusičnanů zásadně vyšší než při vaření v páře pod tlakem. Výsledky potvrzují, že vyluhování vařící vodou závisí na intenzitě kontaktu mezi vařenou surovinou a vařící vodou.

Relativní snižování obsahu NO_3^- při kuchyňské úpravě brambor v poměru k obsahu dusičnanů v syrových hlízách je zachyceno v tab. 31. Autoři neuvádí z jakého počtu odrůd byly hodnoty zprůměrovány.

Tab. 31. Snižování obsahu dusičnanů při kuchyňské úpravě brambor (podle: Heymink et al., 1993)

Výrobek z brambor	A	B
Syrové brambory	442	100
Brambory na loupačku (vařené v páře pod tlakem)	367	17
Brambory na loupačku (vařené ve vodě)	316	29
Syrové brambory (ručně loupané)	333	25
Solené brambory (oloupané a vařené v páře pod tlakem)	243	45
Solené brambory (oloupané a vařené ve vodě)	208	52

A - průměrný obsah NO_3^- (ppm sušiny); B - relativní snížení v poměru k syrovým hlízám (%)

U konkrétních 3 odrůd publikovali snížení obsahu nitrátů kuchyňskou přípravou Putz a Bergthaller (1989). Rozmezí hodnot se oproti předchozí tabulce liší podle druhu přípravy jak směrem nahoru, tak dolů (tab. 32).

Tab. 32. Procentuální snížení obsahu nitrátů kuchyňskou přípravou (podle Putze, Bergthallera, 1989)

Syrové hlízy, odrůda	Amalia	Grandifolia	Saturna	
Obsah nitrátů v mg.kg^{-1} č.h.	280	180	80	rozmezí
Druh přípravy	Procentuální snížení vztaženo na syrové hlízy			
Brambory na loupačku	0	0	12	0-12
Ručně oloupané brambory	40-43	39-43	34-42	34-43
Solené brambory*)	61	61	66	61-66
Vařené brambory pod tlakem v páře*)	43	48	57	43-57
Vařené brambory ve vodě *)	46	49	44	44-49

*) obsah nitrátů ve vodě na vaření pod 2 mg.l^{-1}

Vyluhování do okolního prostředí je rovněž značně závislé na obsahu dusičnanů v tomto prostředí. Při vaření hlíz bramboru (Putz, Bergthaller, 1989) ve vodě z vodovodu s obsahem dusičnanů 2 mg.l^{-1} došlo ke snížení obsahu dusičnanů v bramborách až o 49 % (což je extrémní případ), zatímco při vaření brambor ve vodě s obsahem 100 mg dusičnanů nedošlo k žádnému vyluhování do okolního prostředí (tab. 33).

Tab. 33. Obsah nitrátů ve vařených hlízách bramboru v závislosti od obsahu nitrátů ve vodě použité při vaření

Směsný poměr vařených hlíz ku vodě použité k vaření 1:1; odrůda Saturna (obsah nitrátů 80 mg.kg^{-1} č.h.)	Obsah nitrátů mg.kg^{-1} č.h.	Snížení přípravou %
Oloupané hlízy	53	
Vařené hlízy v odmineralizované vodě	29	45
Vařené hlízy ve vodě s obsahem nitrátů 2 mg.kg^{-1}	27	49
Vařené hlízy ve vodě s obsahem nitrátů 100 mg.kg^{-1}	58	0

V letech 1987-89 byly ve VÚ bramborářském prováděny pokusy s rozdílnými dávkami průmyslových hnojiv NPK u třech odrůd. Schéma hnojení v těchto pokusech uvádí tab. 34.

Tab. 34. Schéma hnojení v pokusech na Výzkumné st. ve Valečově v letech 1987-89

Varianta č./ hnojivo	Dávka č.ž. průmyslových hnojiv v kg.ha ⁻¹		
	N	P	K
1	-	52,3	132,8
2	120	52,3	132,8
3	80	52,3	132,8
4	160	52,3	132,8
5	120	78,5	132,8
6	120	52,3	199,2
7	120	78,5	199,2
8	120 + i. n.*	52,3	132,8

* inhibitor nitrifikace

Mimo jiného byl v hlízách z těchto pokusů sledován obsah dusičnanů. Výsledky u vařených hlíz ve slupce v páře jsou uvedeny v tab. 35.

Tab. 35. Obsah NaNO₃ v mg.kg⁻¹ u vařených hlíz (podle Míča et al., 1991)

Odr./ varianta	syrové hlízy			\bar{x}	vařené hlízy			\bar{x}	průměr. sníž. v %
	1987	1988	1989	1987-9	1987	1988	1989	1987-9	
Resy 1	962,7	1260,6	851,2	1024,8	480,2	861,1	804,0	717,8	30,3
2	984,8	1575,3	873,1	1144,4	550,5	1502,6	880,3	977,8	14,6
3	930,9	1496,7	770,7	1066,1	566,6	1421,7	650,7	897,7	17,5
4	938,8	1858,1	809,4	1202,1	534,2	1630,1	706,6	957,0	20,4
5	934,4	1840,8	845,8	1207,0	544,9	1534,8	978,1	1019,3	15,5
6	931,2	1632,6	892,3	1152,0	566,1	1296,1	690,9	851,0	26,1
7	923,6	1798,8	884,0	1202,1	582,4	1385,0	829,4	932,3	22,4
8	919,0	1555,7	873,8	1116,2	541,4	1459,1	1001,4	1000,6	10,4
\bar{x}	940,7	1596,8	850,0	1139,3	545,8	1386,3	818,8	916,9	19,5
Radka 1	707,0	1560,2	1020,5	1095,9	596,1	1487,8	979,4	1004,4	8,3
2	799,0	1785,2	1207,1	1263,8	557,6	1556,8	1311,8	1142,1	9,6
3	794,6	1734,6	1045,8	1191,7	571,2	1487,1	833,7	964,0	19,1
4	850,9	1903,7	1069,0	1274,5	588,0	1485,9	919,5	997,8	21,7
5	700,9	1852,1	912,0	1155,0	577,4	1713,3	953,3	1081,3	6,4
6	769,6	1771,6	1140,4	1227,2	562,7	1504,8	817,0	961,5	21,7
7	813,4	1824,7	1200,6	1279,6	486,4	1525,6	875,7	962,6	24,8
8	773,3	1861,6	1224,0	1286,3	575,4	1637,7	1212,5	1141,9	11,2
\bar{x}	776,1	1786,7	1102,4	1221,8	564,4	1549,9	987,9	1032,0	15,5
Kamýk 1	488,2	975,8	839,8	767,9	550,1	882,3	767,9	726,8	5,4
2	476,4	1107,7	812,2	798,8	467,5	947,6	538,5	651,2	18,5
3	482,4	1049,0	728,0	753,1	481,3	1041,1	653,2	725,2	3,7
4	488,9	1104,8	868,2	820,6	490,3	929,5	562,5	660,8	19,5
5	528,8	976,9	860,3	788,7	454,4	864,5	603,6	640,8	18,8
6	572,4	1065,4	830,9	822,9	450,9	836,0	545,9	610,9	25,8
7	516,9	1117,4	723,4	785,9	484,2	978,8	587,6	683,5	13,0
8	485,9	1096,5	983,6	855,3	448,3	987,9	641,7	692,6	9,0
\bar{x}	505,0	1061,7	830,8	799,2	478,4	933,5	612,6	674,8	15,6

Z výsledků vyplývá, že u odrůdy Resy se u vařených brambor snížil obsah dusičnanů v průměru všech variant o 19,5 %, u odrůdy Radka o 15,5 % a u odrůdy Kamýk o 15,6 %. Tyto údaje jsou poněkud nižší než ztráty, které by mohly nastat v provozu a které byly udávány v minulých šesti tabulkách, a to z toho důvodu, že záleží značně na původu vzorku, kromě způsobu loupání a způsobu vaření. Podle M í č i et al. (1991) vztahy výše ztrát k původu vzorku (tj. k výši dávky základních živin, za kterých byly brambory pěstovány) nelze zcela zobecnit, protože vlivy, které působí na nerovnoměrnost rozdělení dusičnanů v hlíze, jsou značně komplikované.

G o l a s z e w s k a a Z a l e w s k i (2001) porovnávali 7 metod vaření. Některé řadili k mokrým „wet“ a další k suchým „dry“ (např. pomocí mikrovlnné trouby) typům metod. Nejlepší kvalita vařených hlíz byla dosažena užitím tzv. „suchých“ metod, které snižovaly obsah vitamínu C o 8-17 %, ale zachoval se obsah tzv. neefektivních kontaminantů (rizikových prvků 0,005-0,014 mg.kg⁻¹ Pb a Cd). Užitím „mokrých“ metod byly ztráty vit. C vyšší (20-40 %), ale bylo vylouženo 20-30 % kontaminantů.

Oloupané syrové brambory se vyznačují krátkou dobou údržnosti. Tato doba závisí na skladovací teplotě, preparaci a ošetření po oloupaní, způsobu loupání, balení apod. Tím vzniká potřeba denního rozvozu a zásobování loupány bramborami a jejich okamžité zpracování. Z těchto důvodů vzniká nutnost řešení konzervace brambor další úpravou, a to zmrazením nebo sterilací (S o c h o r, 1979).

Výroba sterilovaných brambor se provádí tak, že oloupané, vytříděné a řádně očištěné brambory se naplní do plechovek nebo skleněných obalů, zalijí nálevem, uzavřou, sterilují a ochladí. Posuzují-li se změny, které mohou nastat u sterilovaných brambor, pak tyto změny v podstatě odpovídají změnám, které nastanou oloupaním a blanšírováním, např. při výrobě hranolky. Výši ztrát tedy bude určovat vedle původu vzorků způsob loupání a způsob sterilace a v neposlední řadě i obsah dusičnanů v nálevu. Současně bude, podle dříve uvedených poznatků, záležet i na vzájemném poměru objemu, který zaujímá surovina a nálev. Mezi surovinou a nálevem se mění poměr podle velikosti použitých hlíz a obalu tak, že při velikosti hlíz 2 – 3 cm tvoří nálev 47 % objemu, při velikosti hlíz 3 – 4 cm je to již 50 % objemu a konečně při velikosti hlíz 4 – 5 cm se zvýšil podíl nálevu na 55 % ve sklenicích Omnia 720 (S o c h o r, 1979). Z toho vyvozují M í č a et al. (1991), že při stejném obsahu dusičnanů v nálevu by se u větších hlíz vyluhovalo do nálevu více dusičnanů než u hlíz menších. Otázkou zůstává jak by to vypadalo ve skutečnosti, když menší hlízy obsahují NO₃⁻ více (dodává zpracovatel projektu). V tomto případě se však nejedná o výrazně větší rozdíly, prioritní je obsah dusičnanů v použitém nálevu.

7. 3. Vliv smažení hlíz

Smažení je technologický proces, při kterém se různě tvarované hlízy smaží v horkém tuku nebo oleji. U nás stále převládají ze smažených výrobků dva druhy (hranolky a lupínky), které se od sebe liší nejen tvarem, ale i obsahem tuku, sušiny i konzistencí.

7. 3. 1. Smažené hranolky (též zmražené a před smažené hranolky)

Při jejich výrobě přicházejí z hlediska ztráty na obsahu dusičnanů v úvahu tyto hlavní technologické postupy:

- a) loupání a dočišťování,
- b) krájení a praní,
- c) blanšírování a praní,
- d) smažení.

Hodnoty při jednotlivých technologických operacích je nutné vyjadřovat v % sušiny, protože při těchto pochodech, zejména pak při smažení, dochází k výrazné změně v obsahu sušiny oproti původní surovině. Vliv ad a) byl podrobně rozebrán v kapitole 7.1. Z postupu ad b) má větší vliv na snížení dusičnanů praní, které v důsledku větší přístupnosti krájených ploch způsobuje vyluhování dusičnanů zejména z poškozených buněk. Bergthaller a Ocker (1986) zjistili, že snížení obsahu dusičnanů při postupu ad b) se pohybuje v závislosti na odrůdě od 3 do 14 %. Celkově však lze (podle Míči et al., 1991) počítat se snížením obsahu kolem 10 %. Odrůdová závislost souvisí zřejmě s nestejným rozdělením obsahu dusičnanů. V případě postupu ad c) hraje do jisté míry významnou úlohu i teplota při blanšírování, která může podpořit vyluhovací proces. Současně však bylo uvedeno, že vyluhování je v tomto zpracovatelském procesu podpořeno i tehdy, je-li použito více vody a naopak je omezeno v případě zvýšeného obsahu dusičnanů v použité vodě. Tyto otázky souvisí s chemickou rovnováhou mezi dusičnany ve vodě a dusičnany v blanšírovaných hranolkách. Obecně se tomuto zpracovatelskému úseku přisuzuje ztráta kolem 15 – 17 %, rovněž v závislosti na původu vzorku.

Konečným procesem při výrobě hranolků je postup ad d). I zde dochází k dalšímu snížení obsahu dusičnanů, toto snížení však nelze přičítat teplotě smažicího prostředí, protože při této teplotě ještě nemůže docházet k tepelné degradaci dusičnanů. Redukci obsahu dusičnanů smažícím procesem, jako konečnou fází, lze částečně vysvětlit příjmem tuku, který v tomto případě může podle Míči et al. (1991) fungovat jako do jisté míry vytěsňující prostředek. Přesto však této konečné fázi lze přisuzovat snížení obsahu dusičnanů okolo 10 %. I v tomto procesu hraje významnou roli odrůda, zřejmě opět v souvislosti s nerovnoměrným rozdělením obsahu dusičnanů v hlíze. V tabulce 36. jsou uvedeny údaje o změnách (zahrnujících všechny čtyři technologické postupy) v obsahu dusičnanů při výrobě hranolků z hlíz tří odrůd z pokusu popsaného v minulé kapitole (s osmi variantami podle schématu tab. 34).

U odrůdy Resy v průměru všech osmi variant se snížil obsah dusičnanů v hranolkách oproti výchozí surovině o 45,5 %, u odrůdy Radka o 47,2 % a u odrůdy Kamýk o 43,4 %. Z výsledků vyplývá, že zatímco se u syrových hlíz se zvyšováním dávek dusíku zvyšoval i obsah dusičnanů v % sušiny hlíz u všech odrůd, v hranolkách po snížení obsahu dusičnanů zůstala tato tendence jednoznačně zachována pouze u odrůdy Resy a částečně u odrůdy Radka. Je zajímavé, že relativně největšího snížení obsahu dusičnanů bylo dosaženo u variant nehnojených dusíkem (var. 1). Z průměrných hodnot ročníků je zřejmý značný rozdíl mezi obsahem dusičnanů, a to jak u syrových hlíz, tak i u hranolků. Z toho vyplývá i značný rozdíl mezi intenzitou snížení obsahu dusičnanů smažením. Všechny tyto diference lze zřejmě přičítat nerovnoměrnému rozložení dusičnanů v hlízách, které je ovlivněno faktory již dříve diskutovanými.

Tab. 36. Obsah NaNO_3 v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny hranolků (podle: Míča et al., 1991)

Odr./ varianta	syrové hlízy			\bar{x}	hranolky			\bar{x}	průměr. sníž. v %
	1987	1988	1989	1987-9	1987	1988	1989	1987-9	
Resy 1	962,7	1260,6	851,2	1024,8	580,6	490,4	377,6	482,9	52,9
2	984,8	1575,3	873,1	1144,4	898,2	634,0	358,9	630,4	44,9
3	930,9	1496,7	770,7	1066,1	587,4	729,0	415,2	577,2	45,9
4	938,8	1858,1	809,4	1202,1	595,1	850,5	600,5	682,0	43,3
5	934,4	1840,8	845,8	1207,0	649,2	823,5	476,0	649,6	46,2
6	931,2	1632,6	892,3	1152,0	662,4	774,2	516,4	651,0	43,5
7	923,6	1798,8	884,0	1202,1	566,4	682,8	448,4	565,9	52,9
8	919,0	1555,7	873,8	1116,2	513,0	898,6	775,7	729,1	34,7
\bar{x}	940,7	1596,8	850,0	1139,3	631,5	735,4	496,1	621,0	45,5
Radka 1	707,0	1560,2	1020,5	1095,9	470,6	684,4	375,8	510,3	53,4
2	799,0	1785,2	1207,1	1263,8	535,8	638,5	670,5	614,9	51,4
3	794,6	1734,6	1045,8	1191,7	562,4	812,7	664,2	679,8	43,0
4	850,9	1903,7	1069,0	1274,5	648,2	761,1	1009,5	806,3	36,7
5	700,9	1852,1	912,0	1155,0	553,4	766,9	474,2	598,2	48,2
6	769,6	1771,6	1140,4	1227,2	620,6	845,4	466,1	644,0	47,5
7	813,4	1824,7	1200,6	1279,6	599,1	883,9	724,2	735,7	42,5
8	773,3	1861,6	1224,0	1286,3	550,5	771,9	421,1	581,2	54,8
\bar{x}	776,1	1786,7	1102,4	1221,8	567,6	770,6	600,7	646,3	47,2
Kamýk 1	488,2	975,8	839,8	767,9	359,2	494,5	296,0	383,2	50,1
2	476,4	1107,7	812,2	798,8	371,5	514,7	302,7	396,3	50,4
3	482,4	1049,0	728,0	753,1	470,1	547,1	345,0	454,1	39,7
4	488,9	1104,8	868,2	820,6	437,9	520,1	417,4	458,5	44,1
5	528,8	976,9	860,3	788,7	443,5	513,8	726,6	561,3	28,8
6	572,4	1065,4	830,9	822,9	521,5	522,7	622,7	555,6	32,6
7	516,9	1117,4	723,4	785,9	452,1	560,2	275,5	429,3	45,4
8	485,9	1096,5	983,6	855,3	376,3	477,6	286,2	380,0	55,6
\bar{x}	505,0	1061,7	830,8	799,2	429,0	518,8	409,0	452,3	43,4

Mnohem větší snížení NO_3^- zaznamenali ve svém výše popsaném pokusu Heyminka et al. (1993) (tab. 37), kteří odebírali vzorky na 7 místech výrobní linky a analyzovali je.

Tab. 37. Snížení obsahu dusičnanů při výrobě hranolků u vybraných odrůd (ppm sušiny) (podle Heyminka et al. 1993)

Průměr	syrové	oloupané	nakrájené a omyté	blanširované	2x omyté	před smažením	dosmažené
ppm sušiny	268	140	113	86	88	81	79

V tabulce je uvedeno snížení obsahu dusičnanů vlivem mechanického a tepelného zpracování v průměru všech sledovaných vzorků; snížení obsahu dusičnanů při loupání o zhruba 50 %, druhou výrobní operací snížení o asi 10 %, blanširováním o dalších 10 %. V dalším průběhu výroby lze již pohlížet na obsah NO_3^- jako na konstantní. Obsah NO_3^- se v poměru k hodnotě syrových hlíz snížil v celém výrobním procesu zhruba o 70 %. Poměrně velké rozdíly zjistili autoři mezi odrůdami. Při loupání hlíz klesl obsah NO_3^- u odr. Bintje rovněž asi o 50 %. U odr. Agria činila ztráta při loupání kolem 40 %. Při dalším zpracování odr. Bintje bylo možno prokázat snížení u dosmaženého a ke spotřebě připraveného výrobku

o 81 %. Agria se chovala podobně, zaznamenala však lehké zvýšení při dosmažování. Pro tento jev neznali výzkumní pracovníci vysvětlení. Podobné rozdíly zaznamenali již dříve u odrůd Bintje, Grandifolia a Saturna B e r g t h a l l e r et al. (1986).

Procentické vyjádření snížení obsahu NO_3^- z pokusu H e y m i n k a et al. (1993) při výrobě hranolků je v tab. 38.

Tab. 38. Snížení obsahu dusičnanů při výrobě hranolků (podle Heyminka et al., 1993).

Výrobek z brambor	Průměrný obsah dusičnanů (ppm sušiny)	Relativní snížení v poměru k syrovým bramborám (%)
Syrové brambory	268	100
Syrové, oloupané	140	48
Nakrájené a omyté	113	58
Blanširované	86	68
Podruhé omyté	88	67
Předsmažené	81	70
Dosmažené	79	70

Ve Velké Británii provedli v letech 1997-98 kontrolu prodeje zeleniny včetně bramborů v supermarketech (A n o n y m, 1998), která sloužila Evropské komisi (EC) k úpravě normy č. 194/97, stanovující maximálně povolené hladiny nitrátů v salátu a špenátu. Kromě toho posloužila k odhadu dietární expozice konzumentů. V testované zelenině byly nalezeny následující obsahy nitrátů (v mg.kg^{-1}): špenát 1631, červená řepa 1211, hlávkový salát 1051, hlávkové zelí 338, brambory 155, tuřín 118, mrkev 97, květák 86, růžičková kapusta 59, cibule 48 a rajčata 17. Vaření a dušení snižovalo u většiny druhů zeleniny obsah dusičnanů až o 75 %. Smažení a pečení neovlivňovalo koncentraci nitrátů v hlízách bramboru. Dietární příjmy konzumentů této zeleniny v průměru a horní hranice (97,5 %) jsou 104 mg.den^{-1} a 151 mg.den^{-1} . Akceptovatelný příjem nitrátů pro dospělého (o hmotnosti 60 kg) stanovený vědec-kým výborem pro potraviny při Evropské komisi je 219 mg.den^{-1} .

Snížení koncentrace dusičnanů v průběhu poloprovozní výroby předsmažených hranolků je znázorněno na obr. 8.

Obr. 8. Snížení koncentrace nitrátů během poloprovozní výroby předsmažených hranolků (podle Bergthallera et al., 1986) [Ordináta: koncentrace nitrátů v mg.kg^{-1} sušiny; abscisa: jednotlivé odrůdy]

Redukce nitrátů v předsmažených hranolcích:

1. hlízy se slupkou
2. hlízy bez slupky
3. omyté hranolky
4. blanširované hranolky
5. předsmažené hranolky

Bergthaller, W., Putz, B., Ocker, H.O., Einfluss der Verarbeitung auf die Nitratkonzentration in Produkten der Kartoffelverarbeitung. Kartoffelbau, 37 (9): 337-341, 1986.

7. 3. 2. Lupínky

Technologický proces se liší od výroby hranolky v podstatě tím, že jsou brambory krájeny místo na hranolky na tenké plátky (do tloušťky 1,5 mm). Síla plátek pak usnadňuje větší intenzitu vyluhování dusičnanů do okolního prostředí. V tab. 39. jsou zaznamenány změny v obsahu dusičnanů u lupínek vyrobených ze stejných vzorků v pokusu Míči, Vokála, jako byly vyrobeny hranolky. Z údajů vyplývá, že došlo k relativně vyššímu snížení obsahu dusičnanů. Z porovnání hodnot v obou tabulkách (hranolky, lupínky) je pak zřejmé, že odlišnosti technologického procesu (plátkování na menší sílu plátek) způsobilo u odrůdy Resy v průměru rozdíl 6,3 %, u odrůdy Radka 7,5 % a u odrůdy Kamýk jen 0,9 %.

Odrůda Kamýk vybočovala z tohoto hodnocení podle Míči et al. (1991) zřejmě v důsledku odlišné konzistence dužniny hlíz (odpovídá tomu i výrazně vyšší sušina), a tím k většímu zabránění vyluhování do prostředí oplachových vod.

V pokusu Heyminka et al. (1993) došlo v průběhu výroby lupínek od syrových hlíz až po konečný výrobek k průměrnému snížení obsahu dusičnanů pouze o 30 %. Důvodem bylo upuštění od loupání. Dále zaznamenali výše uvedení pracovníci přechodné zvýšení obsahu NO_3^- asi o 7 % po omytí způsobeném prací vodou, která nebyla po oplachu nakrájených hlíz na lupínky vyměněna, ale byla dále používána. Tím docházelo pravděpodobně ke zjištěnému obohacení (tab. 40).

Putze a Bergthaller (1989) upozorňují, v souvislosti s velmi variabilním obsahem dusičnanů i v jednotlivých hlízách jedné partie a dalšími skutečnostmi popsány v minulých kapitolách, na obtížné dosažení kvalitativních parametrů při výrobě potravinářských výrobků. Uvedli koncentraci nitrátů u sedmi trsů odr. Bintje ze tří stanovišť, kdy nejnižší obsah nitrátů v mg.kg^{-1} č.h. byl 41 s rozpětím 6 až 108 zjištěný v partii 9 hlíz z nichž 5 podrobili analýzám a nejvyšší u partie u jiného stanoviště, kde odebrali 23 hlíz a 15 analyzovali s průměrným výsledkem 292 mg.kg^{-1} s rozpětím 119-518. Stanovili také koncentraci nitrátů při odběru 25; 50; 75 a 100 hlíz při 4 měřeních s výsledkem 115; 120; 111 a 113 mg.kg^{-1} č.h. a interval spolehlivosti, který se snižoval s počtem hlíz odebraných k analýzám ± 27 ; ± 20 ; ± 18 a ± 7 . Rozdělení četnosti obsahu nitrátů jimi zjištěné u 40 vzorků hlíz ze spádové oblasti výrobce lupínek je na obr. 9.

Obr. 9. Rozdělení četnosti obsahu nitrátů 40 vzorků brambor odr. Saturna ze sklizně r. 1983 rozdílného původu ze spádové oblasti výrobce lupínek (podle Putze a Bergthallera, 1989) [Ordináta: četnost; abscisa: koncentrace nitrátů v mg.kg^{-1} č.h.]

Putz, B., Bergthaller, W. Nitrat in Kartoffeln. Kartoffelbau, 40 (8): 287-293, 1989.

Tab. 39. Obsah NaNO_3 v mg.kg^{-1} sušiny lupínků (podle Míči et al., 1991)

Odr./ varianta	syrové hlízy			\bar{x}	hranolky			\bar{x}	průměr. sníž. v %
	1987	1988	1989	1987-9	1987	1988	1989	1987-9	
Resy 1	962,7	1260,6	851,2	1024,8	365,8	528,3	497,0	463,7	54,8
2	984,8	1575,3	873,1	1144,4	348,5	737,2	616,0	567,2	50,4
3	930,9	1496,7	770,7	1066,1	413,8	702,8	651,0	589,2	44,7
4	938,8	1858,1	809,4	1202,1	399,0	664,0	616,0	559,7	53,4
5	934,4	1840,8	845,8	1207,0	410,5	701,2	616,0	575,9	52,3
6	931,2	1632,6	892,3	1152,0	425,8	561,6	497,0	494,8	57,0
7	923,6	1798,8	884,0	1202,1	439,0	669,6	685,0	597,9	50,3
8	919,0	1555,7	873,8	1116,2	409,2	599,1	616,0	541,4	51,5
\bar{x}	940,7	1596,8	850,0	1139,3	401,5	645,5	599,3	548,7	51,8
Radka 1	707,0	1560,2	1020,5	1095,9	396,9	563,0	548,0	502,6	54,1
2	799,0	1785,2	1207,1	1263,8	411,5	528,5	548,0	496,0	60,8
3	794,6	1734,6	1045,8	1191,7	424,9	509,0	445,0	459,6	61,4
4	850,9	1903,7	1069,0	1274,5	425,2	701,0	719,0	615,1	51,7
5	700,9	1852,1	912,0	1155,0	436,3	668,5	685,0	596,6	48,3
6	769,6	1771,6	1140,4	1227,2	411,3	631,5	651,0	564,6	54,0
7	813,4	1824,7	1200,6	1279,6	396,7	736,3	685,0	606,0	52,6
8	773,3	1861,6	1224,0	1286,3	407,8	666,3	685,0	586,4	54,4
\bar{x}	776,1	1786,7	1102,4	1221,8	413,8	625,5	620,8	553,4	54,7
Kamýk 1	488,2	975,8	839,8	767,9	378,1	493,3	497,0	456,1	40,6
2	476,4	1107,7	812,2	798,8	364,9	527,3	514,0	468,7	41,3
3	482,4	1049,0	728,0	753,1	411,5	508,7	445,0	455,1	39,6
4	488,9	1104,8	868,2	820,6	398,8	508,6	497,0	468,1	43,0
5	528,8	976,9	860,3	788,7	377,7	491,2	497,0	455,3	42,3
6	572,4	1065,4	830,9	822,9	363,5	437,6	445,0	415,4	49,5
7	516,9	1117,4	723,4	785,9	376,2	454,9	425,0	418,7	46,7
8	485,9	1096,5	983,6	855,3	400,1	422,0	455,0	422,4	50,6
\bar{x}	505,0	1061,7	830,8	799,2	383,9	480,5	471,9	445,0	44,3

Tab. 40. Snižování obsahu dusičnanů při výrobě lupínků (podle Heyminka et al., 1993)

Průměr	syrové	nakrájené	omyté	smažené
ppm sušiny	307	252	273	215

Výsledky u konkrétních odrůd se lišily (tab. 41).

Tab. 41. Snižování obsahu dusičnanů při výrobě lupínků u vybraných odrůd (ppm sušiny) (podle Heyminka et al., 1993)

Odrůda	syrové	nakrájené	omyté	smažené
Erntestolz	387	337	346	305
Saturna	379	272	322	213
Panda	156	147	151	127

7.4. Vliv sušení

Prvým rozšířeným výrobkem vyrobeným touto technologií byly sušené bramborové kostky. Používaly se v obou světových válkách. V r. 1944 se zabývalo sušením bramborových kostek v USA již 111 firem (S o c h o r, 1979). Po roce 1945 došlo k nárůstu jejich výroby. Dehydrované bramborové kostky se staly důležitým polotovarem pro potravinářský průmysl. Používají se do masových sterilovaných konzerv a zmrazených výrobků. Podíl jednotlivých technologických postupů na změnách v obsahu dusičnanů u odrůdy Grandifolia charakterizuje tab. 42.

Nejvíce se na snížení obsahu dusičnanů podílí krájení hlíz bramboru s následným praním. Je patrný rozdíl mezi blanširováním parou a vodou. Vyluhování vodou je účinnější než vyluhování parou. Při sušení brambor na kostky dochází ke snížení obsahu dusičnanů až o polovinu. Zobecní-li se tento postup na všechny sušené výrobky, může se říci, že při výrobě sušených výrobků, jako je sušená bramborová kaše apod., může docházet k určitým posunům oproti výše uvedeným hodnotám. Půjde však spíše o další snížení obsahu dusičnanů v důsledku větší styčné plochy s prostředím (sušení na válci apod.), není však pravděpodobné, že by vzniklé ztráty přesáhly hranici ztrát při výrobě smažených lupínků.

Podle M í č i et al. (1991) se budou technologickým postupem, v důsledku větší homogenizace výrobku, stírat rozdíly, které se projeví při zpracování brambor na hranolky nebo lupínky.

Tab. 42. Změny v obsahu dusičnanů při výrobě sušených kostek z brambor (podle: Bergthaller, Ocker, 1986)

Technologická operace	Obsah NaNO ₃ v mg.kg ⁻¹ sušiny	Celkové procento snížení	% snížení pro danou operaci
výchozí surovina	352,0	-	-
loupání a dočištění	309,8	12	12
krájení a praní	256,9	27	
blanširování a praní			
a) blanširování parou	204,2	42	15
b) blanširování vodou	172,5	51	24
a) parou blanširované kostky	190,1	46	4
b) vodou blanširované kostky	158,4	55	4

Při výrobě sušených konzumních brambor se loupáním snížil obsah dusičnanů v pokusu H e y m i n k a et al. (1993) o 40 % (tab. 43).

Tab. 43. Snížení obsahu dusičnanů při výrobě sušených brambor (podle Heyminka et al., 1993)

Průměr	syrové	oloupané	nakrájené a omyté	blanširované	2 x omyté	sušené
ppm sušiny	443	257	298	191	153	123

Následným krájením a omýváním došlo – v poměru k obsahu dusičnanů v syrových hlízách – k malému zvýšení hodnot. Po blanširování a druhém praní nastal nový pokles obsahu dusičnanů, takže z výchozí hodnoty ještě zůstalo asi 35 %. Sušení, poslední úsek zpracování, snížilo obsah dusičnanů ještě o dalších 5 %, takže v poměru k surovině bylo možné zjistit celkové snížení dusičnanů o 70 %.

Zvýšení obsahu dusičnanů během praní je obdobně jako u výroby lupínků možno objasnit přijímáním dusičnanů z použité prací vody bohaté na dusičnany. Při zpracování jednotlivých odrůd záleží na výchozí surovině a obsahu dusičnanů v ní (tab. 44).

Odrůda Grandifolia ukazovala podobný trend jako celkový průměr všech vzorků. Odrůda Bintje naproti tomu ztratila loupáním asi 48 % původního obsahu dusičnanů. V dalším průběhu zpracování přineslo krájení a praní menší snížení, blanširováním se ztratilo ještě asi 6 %. Následným praním blanširovaných proužků brambor se hodnoty snížily o dalších 6 %.

Tab. 44. Snížení obsahu dusičnanů při výrobě sušených brambor u vybraných odrůd (ppm sušiny) (podle Heyminka et al., 1993)

Průměr	syrové	oloupané	nakrájené a omyté	blanširované	2 x omyté	sušené
Grandifolia	668	405	533	308	262	180
Bintje	346	181	169	134	88	79

Proces sušení snížil obsah dusičnanů ještě o 12 %. Tím se snížil obsah dusičnanů celkově asi o 73 % hodnoty syrových hlíz. K podobným závěrům dříve dospěla P o k r o v s k a j a (1987). Změny v obsahu dusičnanů a dusitanů při zpracování zeleniny sledoval G a b a l l a (2000), konkrétně vliv oloupaní, mytí, blanširovací teploty a uskladnění v mrazničce v obchodech u kolekce zeleniny v oblasti Ismailia. Hladiny dusičnanů klesly během 3 minut blanširování o 65,7 % při 100 °C v hlávkovém zelí, o 73,8 % ve špenátu a o 63,6 % v hlízách bramboru. Naproti tomu oprání špenátu snížilo obsah dusičnanů od 0 do 14,9 %, ruční oloupaní hlíz bramboru o 8,6 a oprání o 6,3 %. K největším ztrátám dusičnanů došlo během uskladnění v mrazničce při -18 °C o 53,71 % u špenátu a o 59,6 % u hlíz bramboru. Celkově při zpracování ztratily špenát od 10 do 86 % a hlízy bramboru od 6,7 do 70 % dusičnanů. Blanširování způsobilo vzestup obsahu dusitanů o 50 % u špenátu a o 15,4 % u bramborů, dalších 66,7 % získaly špenát a 53,3 % hlízy během uskladnění v mrazničce.

7. 5. Bramborové saláty a obsah dusičnanů

V české i slovenské kuchyni oproti kuchyním jiných národů se používá a zpracovává značné množství brambor k přípravě malých denních jídel, zejména ve formě různých salátů. Technologie přípravy těchto výrobků se zajišťuje v různých centrálních výrobnách. Požadavky na jakost zpracovávané suroviny jsou obdobné jako na výrobu sterilovaných brambor, a to s tím rozdílem, že se zpracovávají hlízy nad 35 mm. Jde tedy zásadně o brambory s nízkým obsahem škrobu, stejnoměrné struktury a pravidelných tvarů. Tradiční způsob přípravy hlíz představuje jejich uvaření ve slupce a oloupaní za tepla. Tento způsob má nesporné výhody i nevýhody. Nevyskytuje se zde velké nebezpečí rozvaření hlíz a není tak důležitá naprostá jednotnost velikosti a tvaru. Vaření ve slupce zajišťuje vysokou zůstat. hodnotu vit. C a relativně dobrou konzistenci nakrájených tvarů (S o c h o r , 1979).

Z hlediska změn v obsahu dusičnanů při výrobě bramborových salátů je nutno vycházet ze základního předpokladu, a to je způsob vaření brambor. Pokud se brambory vaří ve slupce, dochází k malému snížení obsahu dusičnanů a výsledné ztráty z hlediska brambor jako suroviny by se mohly definovat jako ztráty obsahu dusičnanů ve slupce (viz kap. 7.2.).

Vzhledem k tomu, že komponenty salátů tvoří mimo brambory kořenová zelenina – čerstvá nebo sterilovaná, ovoce včetně jižního, pečená masa, drůbež, uzeniny a ostatní uzenářské výrobky, majonéza, ryby, vejce a výrobky z vajec, je nutno při konečném obsahu dusičnanů a v některém případě i dusitanů vzít v úvahu i obsah těchto sloučenin v příslušné ingredienci, která bude vytvářet salát určitého typu. Pro konečný výpočet obsahu dusičnanů uvádí S o c h o r (1979) tabulku (č. 45) s přehledem podílu brambor v daném salátu.

Tab. 45. Obsah brambor v různých druzích salátů (podle Sochora, 1979)

Druh salátu	Obsah hlíz bramboru ve výrobku v %		
	plátků	kostek	nudliček
italský salát	-	-	12,5
rybí salát s hořčicí	-	16,0	-
francouzský salát	-	20,0	-
třeboňský salát	-	20,0	-
speciální vlašský salát	-	-	22,0
vlašský salát s vejci	-	-	23,0
vajíčkový salát	-	25,0	-
konzumní salát s vejci	-	-	25,0
lahůdkový salát	-	38,0	-
rybí salát z ruských rybiček	-	40,0	-
ruský salát	-	40,0	-
salát z uzené kambaly	-	40,0	-
slanečkový salát s majonézou	-	40,0	-
konzumní salát	-	-	45,0
vlašský salát	-	-	50,0
salát z uzenáčů	-	50,0	-
slovenský bramborový salát	50,0	-	-
bramborový salát s vejci	60,0	-	-
rybí salát z čerstvých ryb	-	65,0	-
bramborový salát s majonézou	70,0	-	-
bramborový salát na chlebičky	-	73,0	-
salát ze slanečků	-	80,0	-

8. Přeměny dusičnanů při kuchyňské úpravě brambor

Jak již bylo dříve zmíněno, dusičnany samy o sobě lze považovat za relativně netoxické sloučeniny. Má-li být organismu dodané množství dusičnanů spojeno se zdravotními riziky, musí z toho vyplývat, že se dusičnany za určitých podmínek přemění na dusitany. Dochází-li však k jejich tvorbě, vzniklá množství dusitanů, podle současných poznatků, se pohybují v hodnotách zhruba desetkrát nižších než původní množství dusičnanů. Dusitany tvoří dále předpoklad pro vznik nitrosacních produktů z aminů a amidů. Vzniklé množství nitrosaminů se však pohybuje opět v rozmezí desetkrát menším než byl výchozí obsah dusitanů.

Pro vznik dusitanů z dusičnanů a pro další tvorbu nitrosaminů jsou však nutné určité reakční podmínky. Je-li, podle M í č i (1990) obecně tvrzeno, že: „Z dusičnanů vznikají dusitany a z nich rakovinotvorné nitrosaminy“ vyvolává toto tvrzení mylné závěry. Tam, kde se vyskytují dusičnany, nemusí být z nich nutně vytvořeny dusitany a nitrosaminy, zejména však ne v kvantitativním poměru.

Podmínkou pro vytvoření dusitanů z dusičnanů je přítomnost enzymu nitrátoreduktázy, jehož zdrojem jsou mikroorganismy přítomné v každé dusičnany obsahující potravině rostlinného původu. Tyto mikroorganismy se množí zejména při nesprávném uložení potravin při pokojové teplotě. Dusitany však mohou vzniknout i v zažívacím traktu člověka, zejména v jeho slinách (W o l f, 1986; M í č a, 1990).

Brambory oproti jiným potravinám neobsahují v syrovém stavu žádné dusitany. Vystává tedy otázka, zda existují potenciální možnosti výskytu dusitanů po kuchyňské úpravě brambor. Na základě četných údajů i vlastních pokusů ve VÚ bramborářském v H. Brodě nebyly dusitany ani v upravených hlízách bramboru prokázány. Z toho vyplývají dva závěry:

- 1) případné odbourávání dusitanů neproběhlo kuchyňskou úpravou,
- 2) odbourávání dusičnanů na dusitany mohlo probíhat, vzniklé dusitany však reagovaly dále pravděpodobně na nitrosločeniny, popř. ještě dále.

Druhý závěr je podle M í č i et al. (1991) velmi významný, protože podle dosavadních poznatků mají všechny nitrosaminy nežádoucí účinky.

8.1. Nitrosaminy (N-nitrosločeniny)

Patří mezi ty organické sloučeniny, které jako takové neměly a nemají praktický význam. Objevily se sice patenty na jejich využití jako průmyslových rozpouštědel, antioxidantů, změkčovadel, repelentů, pesticidů apod., širšího uplatnění však nikdy nedosáhly.

Široké publicity se dočkaly N-nitrosločeniny díky svým negativním biologickým vlastnostem. Jejich značná toxicita byla známa již v r. 1937. Velmi závažné další účinky, jako je karcinogenita, mutagenita a teratogenita, však byly zjištěny značně později. Z výsledků testace těchto sloučenin na mnoha živočišných druzích byl prokázán u 80 % nitrosločenin karcinogenní účinek.

N-nitrosločeniny patří mezi látky, jejichž společným znakem je nitroskupina vázaná na jeden atom dusíku. Vznikají reakcí dusitanů především se sekundárními, ale i terciárními a dokonce i kvartárními aminy, jak již bylo podotknuto v úvodu. Na rychlost nitrosace aminů má mnohem větší vliv koncentrace dusitanů než koncentrace aminů. Nitrosace závisí značně i na pH (maximum pH = 2 – 4), teplotě (maximum 170 °C) a době působení teploty. Kromě aminů mohou být prekursory nitrosaminů také α -aminokyseliny a bílkoviny.

Za předpokladu vzniku nitrosaminů při kuchyňské úpravě brambor se vyskytne otázka, jaké množství nitrosaminů může vzniknout a jaká je nejvyšší přípustná hranice nitrosaminů v denní dávce. U člověka nebyla dosud tato hranice určena především ze dvou důvodů. Zhodnocení působení nitrosaminů na lidský organismus není dosud možno provést,

což je dáno především nemožností experimentovat v této oblasti. Tyto látky se prakticky vždy vyskytují spolu s dalšími sloučeninami, takže není možno vyloučit jejich spolupůsobení. Podle některých zjištění byla na základě pokusů se zvířaty odhadnuta maximální přípustná koncentrace nízkomolekulárních nitrosaminů mezi 20 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Pro ilustraci uvádí M í č a et al. (1991) schéma kontaminace potravinového řetězce s konečnou produkcí nitrosaminů (obr. 10).

Míča, B., Vokál, B., Penk, J.: Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu. Praha MZe ČR, č. 732, 1991, 75 s.

8.2. Výsledky pokusů ke zjištění obsahu nitrosaminů

U lidí je všeobecně akceptováno, že člověk je exogenně vystaven expozici nitrososloučenin v rozmezí 1 – 2 μg na osobu a den. Tvorba nitrososloučenin je podmíněna rovněž přítomností aminů a nitrosovatelných aminokyselin jako je prolin, histidin, arginin, tryptofan apod. Všechny tyto sloučeniny jsou v bramborách přítomny v relativně značném množství (M í č a, 1990).

Na základě těchto poznatků si vytkl výše uvedený autor ověřit, zda existují již v syrových hlízách bramboru nitrosaminy a zda je reálná možnost vzniku nitrosaminů u brambor, které byly kuchyňsky upraveny (vařením nebo smažením). Vznik nitrosaminů vychází z předpokladu, že kuchyňská úprava by mohla v důsledku vysoké teploty urychlit průběh nitrosačních reakcí. Vyskytuje se však otázka vzniku dusitanů, které by dále reagovaly s aminy a s jinými odpovídajícími složkami na nitrosaminy. Reakce dusičnanů na dusitany by mohla nastat enzymaticky nitrátoreduktázou v první fázi tepelného opracování brambor do doby, než nastane tepelná degradace enzymu.

Naplánoval proto pokusy, které měly za cíl ověřit, zda při kuchyňské úpravě brambor mohou vzniknout nitrosaminy a eventuálně jak vysoká je vzniklá hodnota v porovnání s obsahem dusičnanů.

Hlízy bramboru byly analyzovány v jedné skupině syrové a po uvaření a v druhé skupině brambory syrové a z nich vyrobeny smažené lupínky. Rovněž byly analyzovány vzorky oleje před a po smažení. Stanoveny byly: dimethylnitrosamin (DMNA), diethylnitrosamin (DENA), diisopropylnitrosamin (DIPNA), dipropylnitrosamin (DPNA), diisobutylnitrosamin (DIBNA), dibutylnitrosamin (DBNA), N-nitrosopiperidin (NPIP), N-nitrosopyrrolidin (NPYR) a N-nitrosomorfolin (NMOR).

U první skupiny vzorků byly zjištěny pouze DMNA a DENA, a to u syrových hlíz v průměru 38,4 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a u vařených 44,0 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, přičemž detekční limit byl 10 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. U druhé skupiny vzorků nebyly u syrových hlíz nalezeny vyšší hodnoty, než byl detekční limit. Výsledky analýz smažených lupínek vyrobených z těchto hlíz jsou uvedeny v tab. 46.

Tab. 46. Obsah N-nitrosaminů v bramborových lupíncích v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (podle Míči, 1990)

Odrůda	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Désirée	170	91	208	< 10	< 10	< 10	232	< 10	< 10
Resy	163	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
VE 68	159	119	248	< 10	221	< 10	446	< 10	< 10
Ponto	246	126	225	< 10	< 10	< 10	316	< 10	< 10
Karin	201	156	199	< 10	< 10	< 10	357	< 10	< 10
Průměr	187,8	100,4	178	< 10	52,2	< 10	272,2	< 10	< 10

1 – DMNA, 2 – DENA, 3 – DIPNA, 4 – DPNA, 5 – DIBNA, 6 – DBNA, 7 – NPIP, 8 – NPYR, 9 – NMOR

Z výsledků je zřejmé, že nastalo zvýšení obsahu některých nitrosaminů v lupíncích, a to DMNA, DENA DIPNA a NPIP. Současně byl analyzován smažicí olej před a po smažení. V oleji nebyl zjištěn žádný nitrosamin. Souhrnně lze říci, že smažicí proces podporuje do určité míry vznik některých těkavých nitrosaminů, zřejmě v závislosti na přítomnosti některých prekursorů. Toto zvýšení je podle M í č i (1990) nepodstatné, hodnoty se pohybují v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a představují tedy zhruba 0,4 – 0,8 hypotetické limitní hodnoty (=1).

Předpokládaný vztah mezi obsahem dusičnanů, dusitanů a nitrosaminů porovnal M í č a (1990). Pro odrůdy, které byly sledovány, platil tehdy limit 300 mg NaNO_3 na kg. Vyrobené lupínky z těchto hlíz měly sušinu vyšší zhruba 4 x. Je tedy nutno nalezenou hodnotu nitrosaminů vydělit 4, abychom dostali možnost porovnat nalezenou hodnotu nitrosaminů k původním syrovým hlízám. Z průměrných hodnot vyplývá, že obsah nitrosaminů přepočtený na kg původních hlíz by se pohyboval kolem $198 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Vzniklo tedy z 300 mg NaNO_3 pouze $198 \mu\text{g}$ nitrosaminů, což je množství zcela zanedbatelné. Nárůst pouze některých nitrosaminů lze podle autora zdůvodnit především různou reakční schopností aminů vytvářet nitrososloučeniny. Tak např. výtěžek nitrosaminů ze sekundárních aminů roste se čtvercem koncentrace, výtěžek u terciárních aminů je dokonce třetího řádu.

Tvorba nitrosaminů je však nejen podporována některými katalysátory, přítomnými i v hlízách bramboru, ale je i výrazně omezena. Mezi účinné sloučeniny omezující tvorbu nitrosaminů patří i kyselina askorbová, jejíž účinek ve spojení s α -tokoferolem byl vysoce pozitivní.

Ze všech těchto údajů vyplývá, že předpoklad změny dusičnanů přes dusitan na nitrosamin se v důsledku kuchyňských úprav brambor prakticky nepotvrdil. Vznik nitrosaminů byl minimální a hluboko pod minimem tolerance. Dochází-li ke snížení obsahu dusičnanů po jakékoliv kuchyňské úpravě, musí podle M í č i (1990) docházet k destruktivním reakcím spíše enzymatického charakteru, eventuálně ke změnám při vyluhování do okolního prostředí. Je možné, že při tepelné úpravě, z počátku než nastane destrukce enzymů, probíhá odbourávání dusičnanů přes meziprodukty až na plynný dusík, který je potom příčinou snížení obsahu dusičnanů.

9. Doporučení ke snížení dusičnanů v hlízách a produktech z nich vyráběných

V předchozích kapitolách bylo uvedeno, že obsah dusičnanů v hlízách ovlivňuje řada faktorů a nelze jejich výši ztotožnit pouze s výší dusíkatého hnojení. Opatření směřující k jejich snížení proto musí být komplexní, zahrnující jak agronomická doporučení při celém procesu pěstování bramborů včetně posklizňové úpravy a skladování (zahrnující také silážování¹), tak dodržování určitých zásad při výrobě potravinářských výrobků z hlíz bramboru.

Lze je shrnout do následujících bodů:

- agrotechnickými opatřeními pozitivně ovlivnit průběh mineralizačních procesů v půdě, fyzikální stav orničního profilu, vodní a vzdušný režim v půdě, stupeň zaplevelenosti aj.,
- k výsadbě používat sadbu biologicky připravenou, pro porosty velmi raných odrůd zásadně předklíčenou, pro ostatní alespoň narašenou. Sázet sadbu nepřipravenou, neotuženou, těsně po odklíčení (nebo odklíčenou při nešetrné výsadbě) je nepřijatelné,
- jarní agrotechnická opatření nemohou vyrovnat nedostatky vyplývající z nekvalitně provedených podzimních prací. Špatně provedená kultivační práce (vedle nepříznivého vlivu na stav půdního prostředí) mohou vést k poškození kořenů, klíčků, stolonů, natě. Důsledkem je, že o dobu nutnou na regeneraci se zkracuje délka období, po které mohou rostliny přijímat živiny z půdního prostředí a přeměňovat je na žádoucí zásobní látky,
- pěstitelské zásahy volit v návaznosti na průběh počasí tak, aby byly vytvořeny co nejlepší podmínky pro růst a vývin porostu brambor,
- při náhradě mechanické kultivace aplikací herbicidů nebyl zaznamenán vliv na obsah dusičnanů v hlízách. I tak je jejich použití vhodné zejména pro vlhčí půdy a vlhčí stanoviště,
- pro rostliny je nutné zajistit co nejlepší a vyvážený stav v nabídce živin z půdního prostředí, respektující požadavky brambor v celém komplexu; používat takovou intenzitu hnojení, která by odpovídala dosahovaným výnosům a půdně ekologickým podmínkám,
- zpřesněním termínu aplikace a dávky N dosáhnout lepšího využití N z hnojiv rostlinami a tím přispět ke snížení jeho ztrát,
- používáním kvalitních hnojiv a rozmetadel zajistit i kvalitní vyhnojení pozemku,
- odrůdy s kratší vegetační dobou přednostně umísťovat na pozemky s jižní expozicí, na lehčí, propustnější půdy,

¹ Zmínka o silážování se přímo nehodila do žádných předchozích kapitol s výjimkou snad kap. 6. Proto jen stručně: Bylo zjištěno, že v důsledku intenzivního používání dusíkatých hnojiv dochází ke snížení silážovatelnosti plodin s tím, že se snižuje obsah zkrasitelných sacharidů. Současně se zvyšuje i obsah dusičnanů. Fermentační procesy, které při silážování probíhají, však podporují degradaci dusičnanů. Na této degradaci se výrazně podílí enzym nitrátoreduktáza, který je přítomen v plodině určené k silážování a v různých bakteriích, z nichž jsou nejvýznamnější enterobaktérie, klostridia a laktobacily. Z výsledků vyplývá, že silážování je proces, který umožňuje použít např. hlízy vyřazené z přímé spotřeby pro nadlimitní obsah dusičnanů. V takovém případě bylo zjištěno snížení obsahu dusičnanů na 17 % počáteční hodnoty (M í č a, 1992a).

- volba výše dávky N musí vycházet z délky vegetační doby jednotlivých odrůd. Nutno brát v úvahu použitou dávku (kvalitu) organického hnojiva, obsah N v půdě (N_{an}). Dodržovat doporučenou pěstební technologii, postupovat podle: „Pěstitelské technologie jednotlivých užitkových směrů brambor (V o k á l a kol., 2001); zajistit přesnou bilanci vstupů a výstupů N při pěstování brambor,
- volit účinnou ochranu proti škodlivým činitelům spočívající v celém komplexu opatření zabráňujících vzniku chorob a výskytu škůdců, nebo alespoň omezující jejich vliv pod hranici škodlivosti. Systémem ochrany je třeba udržet asimilační aparát porostu brambor po celou vegetační dobu v plné výkonnosti, nepřipustit jeho předčasné zničení,
- závlahou vytvořit podmínky pro dosažení přiměřené výnosové úrovně hlíz v ekonomicky výhodných termínech v ranobramborářských oblastech,
- rozšíření možnosti zavlažování na další plochy i mimo ranobramborářskou oblast, neboť řízenou závlahou lze snížit obsah $NaNO_3$ v hlízách; využívat kapkové závlahy a fertigace dusíkem,
- všemi těmito opatřeními se v co nejvyšší míře přiblížit stavu, kdy porost ukončí vegetaci plně fyziologicky dozrálý (s ohledem na délku vegetační doby podle odrůd),
- konzumní brambory sklízet po fyziologickém dozrání porostů (panují-li v době sklizně běžné meteorologické podmínky),
- pokud v období sklizně převládá suché, teplé počasí, které vystřídají vydatné deště, vyčkat se sklizně do té doby, až po spotřebování nahromaděných nitrátů v půdě klesne jejich obsah i v hlízách (jinými slovy řečeno: posunout termín sklizně v závislosti na obsahu dusičnanů v hlízách),
- skladovat zdravé, nepoškozené, fyziologicky dozrálé hlízy se zpevněnou slupkou, sklizené za příznivého počasí (ne za deště nebo extrémních teplot) s odstraněným podílem příměsí ve skladech dokonale tepelně izolovaných s fungujícím větracím systémem umožňujícím v zimních měsících směšovat vnitřní a vnější vzduch,
- účinnou poradenskou činností přispět k celkovému zefektivnění výroby konzumních brambor, včetně dodržování všech zásad směřujících ke snížení obsahu dusičnanů v hlízách,
- jednotlivé postupy úpravy a zpracování hlíz směřovat k co největšímu snížení obsahu dusičnanů v konečném výrobku,
- při vysoké hladině dusičnanů v surovině upřednostňovat zpracování hlíz po jejich oloupaní před zpracováním hlíz se slupkou,
- při potřebě snížit obsah dusičnanů v konečné úpravě hlíz (výrobku) dát přednost prostředí, ve kterém se úprava provádí, s co nejnižším obsahem dusičnanů (k vyloužení co největšího množství dusičnanů),
- při výrobě sušených kostek dávat u suroviny s vyšším obsahem dusičnanů přednost při blanšírování vyluhování vodou před parou,
- pokud by se potvrdil dosud spekulativní názor, že při tepelné úpravě (z počátku než nastane destrukce enzymů) probíhá odbourávání dusičnanů přes meziproducty až na plynný dusík, doporučit pomalé počáteční zvyšování teploty varné lázně před vařením hlíz.

Mimo tato opatření, pro přesnější informaci spotřebitele, uvádět obsahy dusičnanů v konkrétní úpravě hlíz pro trh nebo v potravinářsky zpracovaných výrobcích, nikoliv v syrových hlízách.

10. Závěr

Obsah dusičnanů v hlízách bramboru je výsledkem metabolismu rostliny jako odezvy na podmínky prostředí (obr. 11).

Míča, B., Vokál, B., Penk, J.: Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu. Praha MZe ČR, č. 732, 1991, 75 s. (podle Míča et al., 1991)

Teoreticky by neměl být vysoký, protože brambory nepatří k plodinám, které by byly schopny nadměrně akumulovat dusičnany. Z hlediska obsahu dusičnanů se nacházejí spíše v dolní hranici spektra rostlinných produktů. Přesto jsou však brambory z hlediska celkového příjmu potravy zdrojem dusičnanů, který není zanedbatelný (tab. 47).

Tab. 47. Propočítání denního příjmu nitrátů lidmi tuhou potravou. (podle: Kolbe, 1987)

Potravina	Statistická spotřeba v g/osobu/den měnící se podle: Německé společnosti pro výživu (1984); Kampe (1984)	Průměrný obsah nitrátů v mg.kg ⁻¹ č.h. měnící se podle: Selenka a Brand-Grimm (1976); Kampe (1984)			Průměr příjmu dusičnanů v mg/osobu/den			Podíl celkového příjmu dusičnanů/osobu/ den v %		
		a ⁺	b	c	a	b	c	a	b	c
Živočišné produkty (včetně mléčných)	263		18			4,7		9,1	5,1	6,5
Obilné produkty (včetně pečiva)	238		11			2,6		5,1	4,5	3,6
Ovoce	135		16			2,2		4,2	3,7	3,0
Zelenina	138		255			35,2		68,0	59,8	48,3
Brambory	141	50	100	200	7,1	14,1	28,2	13,6	24,0	38,7
Celkem	915		-		51,8	58,8	72,9		-	

⁺ předpokládané hodnoty pro nízký (a), střední (b), případně vysoký (c) obsah dusičnanů hlíz bramboru po odečtení 50 % po kuchyňské přípravě

Nejsou však tak vážným problémem jako je tomu u některých druhů zeleniny. Jejich obsah je možno u hlíz konzumních bramborů ovlivnit žádaným směrem i přesto, že existuje mnoho faktorů, které zasahují velmi intenzivně do tvorby dusičnanů v hlízách bramboru. Na druhé straně docílit velmi dobré výnosy s vyhovujícím obsahem dusičnanů pouze usměrňováním dusíkaté výživy by nemuselo být účinné.

Sami autoři domácích i zahraničních prací často upozorňují, že ani při dodržování konkrétních doporučení nelze vyloučit, že vypěstované hlízy budou (i při minimálních dávkách N ve formě hnojiv) obsahovat zvýšená množství NO₃⁻ jako důsledek intenzivní mineralizace půdního N vlivem povětrnostních činitelů během vegetace. K úspěchu může vést jen pochopení a řešení nitrátové problematiky v celém jejím komplexu. Podstatné a příznivé pro konzumenta je zjištění, že obsah dusičnanů podléhá výrazně změnám směrem k minimu po tepelné úpravě hlíz, resp. obsah NO₃⁻ se snižuje i po jejich pouhém oloupání.

Ze všech shromážděných údajů vyplývá, že brambory, které představují objemově velmi významnou složku ve výživě člověka, by měly obsahovat dusičnanů co nejméně, i když další přeměna na dusitanů a nitrosaminů není tak výrazná a pohybuje se ve velmi malém rozmezí. Je však nutno vzít v úvahu, že i tato nízká hodnota může vést, v celkovém příjmu dusičnanů, k nežádoucí zdravotní zátěži. Čím více se sníží obsah dusičnanů, tím více se omezí možnost tvorby nežádoucích produktů. Tím, že nebyla v hlízách prokázána přítomnost dusitanů (ani po kuchyňské úpravě), není ještě zcela objasněna otázka, zda a za jakých podmínek se mohou vytvořit nežádoucí sloučeniny. Kuchyňská úprava ať už vařením nebo smažením hlíz, vedla sice k částečné tvorbě některých nitrosaminů, jejich obsah však dosahoval velmi nízkých hodnot. Lze tedy přičítat ztráty, které vznikají u dusičnanů při kuchyňské úpravě brambor, na vrub především loupání a vyluhování do okolního prostředí.

Složitou problematiku dusíkaté výživy je třeba podle P r u g a r a (1997; 1999) nadále sledovat v souvislosti s agroekologickými faktory, které mohou rozhodující fyziologické a biochemické pochody v rostlinném metabolismu, a tím i konečný výsledek, velmi výrazně ovlivnit. Rovněž tak proto, že v dusičnanové problematice je ještě mnoho nezodpovězených otázek, které mohou být rozhodující pro kvantifikaci jejich skutečného působení v organismu.

Docílení přípustných hodnot NO_3^- v jednotlivých výrobcích upravených pro trh a v potravinářských výrobcích (tzn. do upravených „měkkých“ limitů vydaných v r. 1997) je z hlediska pěstitelů za normálních povětrnostních podmínek reálné. Pro spotřebitele neznamenaají tyto hodnoty dusičnanů zvýšená rizika. Z preventivních důvodů je nutné omezovat tyto nežádoucí látky ze všech možných zdrojů a nespolehat se na omezení přísunu pouze eventuální další úpravou limitů pro výrobky rostlinného původu.

11. Souhrn

V projektu byly shrnuty poznatky z naší i zahraniční literatury týkající se problematiky dusičnanů u konzumních brambor. Úvodem byl stručně rozebrán příjem dusíku rostlinami obecně, podán historický přehled týkající se spotřeby N hnojiv a limitních hodnot pro nitráty, účinek dusičnanů na člověka. Přehledně je uvedeno rozložení dusičnanů v hlíze a faktory ovlivňující jejich akumulaci a obsah. Vliv kuchyňské a potravinářské úpravy na jejich obsah je rozveden v další části projektu. Předposlední kapitola je věnována jejich přeměně při kuchyňské úpravě brambor a zvláště jsou probrány nitrosaminy. Doporučení ke snížení dusičnanů v hlízách a produktech z nich vyráběných jsou uvedena v závěru projektu.

12. Literatura

- Anonym:** Nitrate in vegetables. UK, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Food-Surveillance-Information-Sheet, No. 158, 1998, 23 pp.
- Andrjuščenko, V. K.** Nitraty v ovoščach i puti ich sniženija. Obzor Inform. Mold. NINTI (Kišinev), 1983.
- Auffray, A., Paufique, T.** Comment réduire la teneur en nitrates dans les aliments de l'enfance. Ann. Nutr. et Aliment., 30 (5-6): 700-705, 1976.
- Augustin, J., McDole, R. E., Painter, G. C.** Influence of fertilizer, irrigation and storage treatments on nitrate-N content of potato tubers. Amer. Potato J., 54(4): 125-136, 1977.
- Autorský tým:** Zemědělství 2002. (Připravilo 8 odborů MZe ve spolupráci s PGRLF, a.s., SZIF a VÚZE). MZe ČR, Praha 2003, 71 s.
- Balík J., Tlustoš P.** Zemědělství a obsah dusičnanů ve vodách. Zemědělec, 2 (15): 10, 1994.
- Bárta J., Diviš J.** Obsah dusičnanů v bramborách a hnojení dusíkem. Úroda, 48(11):10-11, 2000.
- Bennet, A. C., Adams, F.** Concentration of NH₃ (aq) required for incipient NH₃ toxicity to seedlings. Soil Sci. Amer. Proc., 34: 250-263, 1970.
- Beránek, K., Klement, V.** Dusičnany v bramborách v období 1991-2000. Agro (ochrana, výživa, odrůdy), 6 (6): 28-29, 2001.
- Bergthaller, W., Ocker, H. O.** Die Verminderung von Nitrat durch Verfahren der Kartoffelverarbeitung – Mitt. d. Arbeitsgemeinschaft, Kartoffelforschung 6: 11, 1986.
- Bergthaller, W., Putz, B., Ocker, H. O.** Der Einfluss der Verarbeitung auf die Nitratkonzentration in Produkten der Kartoffelverarbeitung. Kartoffelbau, 37 (9): 337-341, 1986.
- Biedermann, R., Leu, D., Vogelsanger, W.** Nitrate in Nahrungsmitteln, eine Standortbestimmung. Dtsch. Lebens-Rundsch., 76 (5): 149-156, (6): 198-207, 1980.
- Bischoff, J., Kopp, R., Scharf, H., Lanfermann, M.** Erkenntnisse zur Stickstoffdüngung von Kartoffeln auf einer Sandlöss-Braunschwazerde. Kartoffelbau, 43 (2): 74-77, 1992.
- Bischoff, J., Diepenbrock, W.** Bedarfsgerechte N-Düngung von Speisekartoffeln im mitteldeutschen Trockengebiet. Kartoffelbau, 46 (2): 52-55, 1995.
- Bodilev, V.R., Lesnevsckaja, R.I.** Izmenenije soderžanija nitratov v klubnjach kartofelja različnych po skorospelosti sortov. In: Kartofelevodstvo. Sbornik naučnych trudov, vyp. 10. BeNIK 2000. Minsk, Merlit 2000, s. 134-138.
- Boek, K., Schuphan, W.** Der Nitratgehalt von Gemüse in Abhängigkeit von Pflanzenart und einigen Umweltfaktoren. Qual. Plant. Mater. Veg., 5: 199-208, 1958/1959.
- Breteler, H., Smit, A. L.** Effect of ammonium nutrition on uptake and metabolism of nitrate in wheat. Neth. J. agric. Sci., 22: 73-81, 1974.
- Brown, J. R., Smith, G. E.** Nitrate accumulation in vegetable crops as influenced by soil fertility practices. Missouri Agric. Exp. St. Res. Bull., No. 920, 1967.
- Claus, P.** Nitrat im Gemüsebau – ein Umwelt- und Qualitätsproblem. Deutscher gartenbau, 30: 1371-1374, 1983.
- Čepl, J., Vokál, B., Míča, B.** Vliv příjmu živin v začátku květu bramboru na výnos hlíz a obsah dusičnanů v hlízách. Rostl. Výr., 37 (2): 137-144, 1991.
- Čepl, J.** Hnojení a jarní příprava půdy pro brambory. Bramborářství, 2 (1): 11-13, 1994.

- Činčerová, A.** Vestavba dusíku do organických sloučenin rostliny. In: Votruba, M. et al. (Eds.) Physiological aspects of plant nutrition III Proceedings. 3rd National Symposium 2. – 3. September 1982, Líšno u Benešova. VŠZ Praha, 1982: 3-17.
- Diviš, J.** Změny obsahu dusičnanů v průběhu skladování. In: Sborník Jihočeské univerzity, zemědělské fakulty v Č. Budějovicích, ř. fytotechn., 10 (2): 71-79, 1993.
- Diviš, J., Veleta, V.** Reakce vybraných odrůd bramboru na ekologické a konvenční vstupy. Bramborářství, 11 (5): 8-9, 2003.
- Dvořák, M., Votrubová, O., Meravý, L., Černožská, J., Nátr, L., Marek, M., Dvořák, P.** Funkce a metabolismus nitrátů v rostlinách. In: Votruba, M. et al. (Eds.) Physiological aspects of plant nutrition III Proceedings. 3rd National Symposium 2. – 3. September 1982, Líšno u Benešova. VŠZ Praha, 1982: 18-68.
- Ekeberg, E.** Vanning og gjødsling til potet. II. Innhold av nitrogen, fosfor og kalium. Forskn. Fors. Landbr., 37: 197-204, 1986.
- Epstein, E.** Mineral nutrition of plants. Principles and perspectives. John Willey and Sons, Inc., N.Y. – London – Sydney – Toronto, 1972.
- Fricker, A.** Einfluss der Verarbeitung auf den Nitratgehalt pflanzlicher Lebensmittel. Landwirtschaftliche Forschung, Kongressband 1984, 418 (1985): 45-49.
- Frydecka-Mazurczyk, A., Zgórska, K.** Zawartość azotanów w bulwach kilku odmian ziemniaka uprawianych w Jadwisinie w 1988. In: Biuletyn IZ Bonin, č. 40: 17-22, 1990.
- Gaballa, A.A.** Changes in nitrate and nitrite contents of some vegetables during processing. Ann. Agric. Sci. Cairo, 45 (2): 531-539, 2000.
- Geyer, B.** Untersuchungen zur Wirkung hoher Stickstoffgaben auf den Nitratgehalt von Freilandgemüse. Arch. Gartenb., 26 (1): 1-13, 1978.
- Gislason, J., Dahle, N.K., Baerug, R., Roer, L., Ronsen, L.** Nitrate in potatoes. 1. The effect of fertilization and storage on nitrate content in 5 genotypes grown in widely separated localities. Potato Res., 27 (4): 321-337, 1984.
- Golaszewska, B., Zalewski, S.** Optimisation of potato quality in culinary process. Polish J. Food Nutrit. Sci., 10 (1): 59-63, 2001.
- Granges, A., Quinche, J.P.** Accumulation des nitrates chez la carrote: différences variétales, influences du type de sol et de la maturité du légum. Rev. Suis. Viticult. Arboric. Hort., 14 (6): 337-341, 1982.
- Grassert, V., Bartel, W.** Untersuchungen zum Nitratgehalt von Kartoffelknollen. In: Kartoffelforschung aktuell. 1987. Gross Lüsewitz, IfK 1987: 73-82.
- Grobelna, M., Machoy, Z., Niewiarowska-Paulus, A., Pilawska, H., Skusiński, S.** Zawartość azotanów i azotynów w wybranych warzywach z terenu województwa Szczecińskiego. Roczn. Państw. Zakł. Hig., 34 (5-6): 481-486, 1983.
- Gumargalieva, K.T., Kalinina, I.G., Kuchumov, N.N.** Changes in nitrate content of potatoes during storage. Pišč. Prom., č. 1: 61-62, 1989.
- Guziur, J., Schulzová, V., Hajšlová, J.** Vliv lokality a způsobu pěstování na chemické složení hlíz brambor. Bramborářství, 8 (1): 6-7, 2000.
- Haase, N.U.** Veränderung der Inhaltsstoffe durch Lagerung und Verarbeitung. Kartoffelbau, 53 (7): 284-289, 2002.
- Hamouz, K.** Vliv dusíkatého hnojení na obsah dusičnanů u zavlažovaných porostů raných brambor. Rostl. Výr., 37 (2): 145-149, 1991a.
- Hamouz, K.** Vliv hnojení dusíkem na výnos a obsah dusičnanů u raných zavlažovaných brambor. Úroda, 39 (8): 368-369, 1991b.

- Hamouz, K.** Vliv stupňovaných dávek dusíku na dynamiku tvorby výnosu u raných zavlažovaných brambor odrůdy Resy. Rostl. Výr., 39 (11): 995-1002, 1993.
- Hamouz, K., Krejčová, H., Capouchová, I.** Výzkum účinků stupňovaných dávek dusíku u velmi raných zavlažovaných brambor. VÝZKZ, VŠZ Praha 1988, 73 s.
- Hamouz, K., Vokál, B., Čepl, J.** Výnos a kvalita brambor vypěstovaných v bramborářské a řepářské výrobní oblasti. Bramborářství, 8 (5): 5-6, 2000.
- Hamouz, K., Lachman, J., Orsák, M., Pivec, V.** Vliv netkané textilie na výnos a vybrané ukazatele kvality u raných zavlažovaných brambor. Bramborářství, 9 (1): 4- 6, 2001.
- Heymink, J., Krämer, U., Putz, B.** Nitratverminderung durch küchentechnische Zubereitung und Verarbeitung von Kartoffeln. In: 15. Kartoffel Tagung 1993, s. 1-10.
- Hlušek, J., Jůzl, M., Zrůst, J.** Kvalita brambor v závislosti na odrůdě, hnojení a lokalitě pěstování. Úroda, 46 (6): 23-25, 1998.
- Hlušek, J., Zrůst, J., Jůzl, M.** Nitrate concentration in tubers of early potatoes. Rostl. Výr., 46 (1): 17-21, 2000.
- Charkov, I.A., Zykina, T.N.** Nitraty v kartofele v period chranenija. Kartoffel i Ovošči, č. 4: 8-9, 1993.
- Jarvan, M.E.** Soderžanije nitratov v produktach ovoščevodstva. Chim. sel'choz., No. 10: 27-29, 1980.
- Jůzl, M.** Pěstování brambor v ranobramborářských oblastech. Bramborářství, 2 (1): 1-3, 1994.
- Kampe, W.** Nitrat- und Nitritzufuhr mit Lebensmitteln und mit dem Gesamtverzehr fester und flüssiger Nahrung. Ernährungsumschau 31: 400-405, 1984.
- Kaniszewski, S., Rumpel, J.** Wplyw nawadniania i nawozenia na zawartość składników pokarmowych w porach i selerach. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., No 199. 439-449, 1978.
- Hofferbert, U., Grocholl, J.** Speisekartoffeln – muss die N-Düngung sortenspezifisch erfolgen? Kartoffelbau, 51 (1/2): 43-49, 2000.
- Kolbe, H.** Untersuchungen zur Bedeutung des Nitratgehaltes in Kartoffelknollen. Kartoffelbau, 38 (3): 105-109, 1987.
- Koršunov, A.** Verfahren zur Regulierung des Nitratgehaltes in Knollen und Lagereignung der Kartoffeln unter Bedingungen des europäischen Teils der Ud SSR. In: Schulz, H. et al. (Eds.): Produktion – Lagerung – Vermarktung von Pflanz- und Speisekartoffeln, Symp. Halle/Saale, Gross Lüsewitz, 1988: 43-47.
- Košťálová, V., Ballon, O.** Organizační opatření ke sledování cizorodých látek a přehled platných předpisů limitujících cizorodé látky v poživatinách. In: Míča, B. (ed.): Sledování výskytu cizorodých látek v potravinovém řetězci. ČSVTS Hradec Králové, 1986: 95- 103.
- Lahký, J.** Vplyv hnojenia, lokalit a ročníkov na kumuláciu dusičnanov v zemiakoch. Agrochémia, 29 (1): 11-14, 1989.
- Lachman, J., Hamouz, K., Hejtmánková, A.** Effect of white fleece on the selected quality parameters of early potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. Plant, Soil and Envir., 49 (8): 370-377, 2003.
- Lorenz, H. P., Schlaghecken, J., Engl, E.** Gezielte Stickstoff-Versorgung. Dtsch. Gtnbau, 39 (13): 644-648, 1985.
- Marschner, H.** Einfluss von Standort und Wirtschaftsbedingungen auf die Nitratgehalte in verschiedenen Pflanzenarten. Landwirtsch. Forsch., 37, Kongressband 1984, Sonderheft, 41:16-33, 1985.
- Marks, N., Krzysztofik, B.** Wplyw przyjaznego srodowisku nawozenia na jakosc plonu bulw ziemniaka. In: VII. Miedzynarodowe Sympozjum Ekologiczne Aspekty Mechanizacji Nawozenia ... Warszawa, 18-19 wrzesien 2000: 23-28 s.

- Maynard, D. N., Barker, A. V., Minotti, P. L., Peck, N. H.** Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.*, 28: 71-118, 1976.
- Mazureczyk, W., Lis, B.** Zawartosc azotanow i glikoalkaloidow w dojrzalych bulwach ziemniaka jadalnego. *Roczniki-Panstwowego-Zakladu-Higieny*, 51 (1): 37-41, 2000.
- Medved, M., Pechová, B., Miklovič, D.** Vplyv foriem dusíkatých hnojiv na využitie dusíka (15N) zemiakmi a tvorbu dusičnanov v zemiakoch. *Agrochémia*, 33 (11): 284-286, 1993.
- Mengel, K.** Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1984.
- Mengel, K., Viro, M., Hehl, G.** Effect of potassium on uptake and incorporation of ammonium-nitrogen of rice plants. *Plant and Soil*, 44: 547,558, 1976.
- Míča, B.** Výskyt dusičnanů v konzumních bramborách. In: Míča, B. (ed.) Sledování výskytu cizorodých látek v potravinovém řetězci. ČSVTS Hradec Králové, 1986: 1-24.
- Míča, B.** Dusíkaté látky v hlízách brambor. In: Míča, B. (ed.) Dusík ve výživě brambor. Soubor referátů. VŠÚB, Škrobárny, červen 1988: 77-106.
- Míča, B.** Dusičnany, dusitany a nitrosaminy u brambor. *Výživa lidu*, 45 (6): 83-84, 1990.
- Míča, B.** Jedlíci brambor. *Výživa*, 47 (4): 126-127, 1992.
- Míča, B.** Změny obsahu dusičnanů u silážovaných plodin. *Úroda*, 40 (8): 355-356, 1992a.
- Míča, B.** Půdní dusík, jeho formy a kumulace dusičnanů v bramborách. *Úroda*, 41 (3): 117-119, 1993.
- Míča, B., Bečka, J.** Obsah dusičnanů a jejich podíl v celkovém obsahu dusíku v hlízách brambor z různých stanovišť. *Acta Univ. agric. (Brno)*, 32: 9-15, 1984.
- Míča, B., Vokál, B.** Dynamika dusíku a ostatních živin v půdě a obsah dusičnanů v hlízách. *Záv. zpráva za etapu C01-329-807-01-03*, VŠÚB, Havl. Brod, 1990, 78 s.
- Míča, B., Vokál, B.** Rozložení dusičnanů v rostlině bramboru v závislosti na dávkách dusíku. *Rostl. Výr.*, 37 (2): 107-118, 1991.
- Míča, B., Vokál, B., Penk, J.** Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu. *Praha MZe ČR*, č. 732, 1991, 75 s.
- Míča, B., Vokál, B.** Vztah obsahu a poměru hlavních živin k akumulaci dusičnanů v hlízách brambor. *Agrochémia*, 32: 151-154, 1992.
- Míča, B., Zrůst, J.** Vliv růstových regulátorů na obsah dusičnanů v hlízách bramboru. *Rostl. Výr.*, 38 (9-10): 835-840, 1992.
- Munshi, C.B.** Effect of nitrogen fertilization on glycoalkaloid and nitrate content of potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, 38 (2): 565-567, 1990.
- Munzert, M.** Nitrat in der Kartoffel – eine Literaturstudie. *Kartoffelbau* 40 (5): 184-188, 1989.
- Munzert, M., Lepschy, J.** Zur Frage des Nitratgehaltes in Kartoffelknollen. *Kartoffelbau*, 34:163-168, 1983.
- Müller, K.** Zur Diskussion um den Nitratgehalt in der Kartoffel. *Kartoffelbau*, 34: 202-204, 1983
- Müntz, K.** Stickstoffmetabolismus der Pflanzen, VEB, Gustav Fischer Verlag, Jena, 1984.
- Nátr, L.** Minerální výživa. In: Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. (eds.) a kol. *Fyziologie rostlin*. Academia Praha, 1998: 89-123.
- Nazarov, A.V, Abrazov, A.Ch.** Snizit' soderžaniye nitratov v klubnjach. *Kartofel' i ovošči*, 4:10-11, 1991.
- Nečas, J.** Vodní režim bramborů. I. Růstové a výnosové reakce bramborů na sníženou půdní vlhkost. *Rostl. Výr.*, 8 (1): 17-44, 1962.

- Nečas, J., Zrůst, J.** The influence of soil moisture and unbalanced mineral nutrition on chemical composition of potato tubers. *EAPR, Sec. Physiol. Munich, Eur. Potato J.*, 7: 251, 1964.
- Neubauer, W., Westphal, A., Griess, I.** Zur Ausprägung des Nitratgehaltes in Kartoffelknollen in Abhängigkeit von einigen produktionstechnischen Massnahmen und Schlussfolgerungen für den Anbau. *Kartoffelbau*, 42: 56-59, 1991.
- Nikulín, A.F., Kos'jancuk, V.P., Kuvsinov, N.M.** Kačestvo i sochranjajemost' kartofelja v zavisimosti ot tehnologii vzdelyvanija. *Kartofel' i Ovošči*, č. 4: 3-4, 1994.
- Novák, V.** Voda v půdě – vodní režim půdní. In: Klika, J. a kol. (eds.): *Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství*. Praha, ČSAV 1954: 440-484.
- Paschold, P.J., Hundt, I.** Einfluss von Standort und N-Angebot auf den Nitratgehalt von Spinat bei Frühjahrs-, Herbst- und Überwinterungsanbau. *Arch. Gtnbau*, 35 (7): 287-296, 1987.
- Pokora, J.** Výsledky kontroly konzumních brambor v roce 1995. *Bramborářství*, 4 (3): 17-19, 1996.
- Pokora, J.** Letošní výsledky kontroly kvality konzumních brambor v ČR. Referát na 13. Bramborářských dnech v Havl. Brodě dne 16. října 2003. (Bude publikováno v *Bramborářství* č. 6, 2003).
- Pokrovskaja, S.F.** Nitratnoje zagraznenije při vnesenii azotnych udobrenij i mery borby s nimi. *Vestnik sel.-choz. nauki*, č. 8: 132-136, 1987.
- Procházka, S.** Transport látek floémem. In: Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. (eds.) a kol. *Fyziologie rostlin*. Academia Praha, 1998: 198-214.
- Prugar, J.** Agroekologické faktory ve vztahu k hromadění dusičnanů v zelenině a bramborách. *Rostl. Výr.*, 38 (9-10): 875-882, 1992.
- Prugar, J.** Změny obsahu dusičnanů a dusitanů při skladování rostlinných produktů. *Rostl. Výr.*, 39 (12): 1155-1161, 1993.
- Prugar, J.** Nové pohledy na problematiku jakosti rostlinných produktů. In: Badalíková, B., Hrubý, J.: *Nové pohledy na jakost produktů rostlin. původu*. Sbor. ref. z konf. 22.-23.X.1997, Brno, 1997: 8-13.
- Prugar, J.** Kvalitativní charakteristiky brambor z ekologického a konvenčního systému pěstování. *Bramborářství*, 8 (1): 8-10, 2000.
- Prugar, J., Vaněk, V., Sokolov, O. A., Semenov, V. M.** Nitrates in plants. In: Bielek, P., Kudejarov, V. N. (Eds.): *Nitrogen cycles in the present agriculture*. Soil Fertil. Res. Inst. Bratislava, *Príroda* 1991, s. 127-167.
- Prugar, J., Hadačová, V.** Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině. *Stud. inf., Rostl. výr.* 5/94, ÚVTIZ, Praha 1994, 59 s.
- Prugar, J., Štorková, J., Zrůst, J.** Obsah glykoalkaloidů a dusičnanů v hlízách brambor pěstovaných konvenčním a ekologickým způsobem. In: *Zborník, XVII. Konferencia s medzinárodnou účasťou na téma „Cudzorodé látky v požívatinách“*. Tatranská Štrba, 13. – 15. máj 1997: 6 s.
- Prugar, J., Zrůst, J., Turnerová, J., Přichystalová, V.** Porovnání jakosti brambor z ekologického a konvenčního pěstování. *Bramborářství*, 7 (1): 5-8, 1999a.
- Prugar, J., Turnerová, J., Zrůst, J., Přichystalová, V.** Ernährungsphysiologische Qualität von ökologisch und konventionell angebauten Kartoffeln – Ernte 1997. 34. Vortragstagung der DGQ „Zerstörungsfreie Qualitätsanalyse“. Universität München. Freising-Weihenstephan 22. – 23. März 1999b, P25.
- Prugar, J., Zrůst, J.** Ekologické a konvenční hospodaření a ukazatele vnitřní kvality hlíz bramboru. *Úroda*, 48 (11) Tematická příloha: 23-25, 2000.
- Prugar, J., Zrůst, J.** Bedeutung der Sorte und Anbauweise für die Glykoalkaloide und Nitratakkumulation in Kartoffeln und in Kartoffelproduktion. 37. Vortragstagung der DGQ „Qualität und Pflanzenzüchtung“ Universität Hannover. Freising, 2002: 101-106.

- Pugajev, S.V. Pečatkin, B.S.** Udobrenija i nitraty. Kartofel' i ovošči, č. 9:15-16, 1991.
- Putz, B., Bergthaller, W.** Nitrat in Kartoffeln. Kartoffelbau, 40 (8): 287-293, 1989.
- Räber, F., Kocher, H. P.** Nitratgehalt von Karotten. Gemüse, 18 (4): 156-158, 1982.
- Rajkova, L. L., Rankov, V. P.** Uslovija za akumulirane i vzmožnosti za regulirane na sdržaniето na nitraty v zelenčukovite i v furažnite kulturi při intenzivno mineralno torene. Sofia, NAPS 1984.
- Reda, S., Lojkowska, E., Jastrzebska, Z.** Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. In: Biuletyn IZ, č. 42, Bonin, IZ 1993: 29-37.
- Sanders, D.C., Nylund, R. E., Quisumbing, E.C., Shetty, K. V. P.** The influence of mist irrigation on the potato. IV. Tuber quality factors. Amer. Potato J., 49: 243-254, 1972.
- Selenka, F., Brand-Grimm, D.** Nitrat und nitrit in der Ernährung des Menschen, Kalkulation der mittleren Tagesaufnahme und Abschätzung der Schwankungsbreite. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 162: 449-466, 1976.
- Sharma, U.C.** Release pattern of nitrate-nitrogen from nitrogenous fertilizers under field conditions in Meghalaya and its effect on yield of potato (*Solanum tuberosum*). J. Agric. Sci., 61 (8): 561-566, 1991.
- Schachtschabel, P.** Bestimmung des fixierten Ammoniums im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden., 93: 125-136, 1961.
- Scharpf, H. C.** Die Stickstoffdüngung in Gemüsebau. Dtsch. Gartenbau, 39 (13): 644-646, 1985.
- Scharpf HC, Weier U.** Abgestimmte Sollwerte für die Stickstoffdüngung. Gemüse, 24 (1): 4-5, 1988.
- Schlaghecken, J.** Das Kulturbegleitende N_{min} – Sollwerte – System (KNS-System). Rhein. Mschr. Gemüse Obst Zierpflanzen, 74 (5): 323-324, 1986.
- Schuphan, E.** Nutritio et Dieta, 11: 120, 1969. (Cit dle: Míča, B., 1986).
- Schmidt, D. R., MacDonald, H. A., Brockman, F. E.** Oxalate and nitrate contents of four tropical leafy vegetables grown at two soil fertility levels. Agron. J., 63 (4): 559-561, 1971.
- Sikora, E., Międzobrodzka, A.** Wpływ niektórych czynników na zawartość azotanów i azotynów w korzeniach marchwi i bulwach ziemniaka w czasie przechowywania. Bromat. Chem. Toksykol., 21 (4): 257-262, 1988.
- Smith, R. C., Epstein, E.** Ion absorption by shoot tissue: kinetics of potassium and rubidium absorption by corn leaf tissue. Plant Physiol., 39: 992-996, 1964.
- Sochor, V.** Zušlechtěné výrobky z brambor. Škrobárny, o.p. H.Brod – Praha, 1979, 230 s.
- Sokolov, O. A., Semenov, V. M., Agajev, V. A.** Nitraty v okružajuščej srede. Nauč. Cent. Biol. Issled. AN SSSR, Puščino, 1990.
- Stark, J.C., McCann, I.R., Westermann, D.T.** Potato response to split nitrogen timing with varying amounts of excessive irrigation. Amer. Potato J., 70 (11): 765-777, 1993.
- Turek, B.** et al. Hygienický význam dusičnanů v životním prostředí. Čs. hygiena, 25 (3): 301-305, 1980 (Cit. dle Míča, B., Bečka J., 1984).
- Turnerová, V.** Výsledky hodnocení jakosti souboru odrůd brambor z ekologického a konvenčního pěstebního systému za období 1994-1996. Bramborářství, 6 (1): 17-19, 1998.
- Vaněk, V., Tlustoš, P.** Nitráty v rostlinách. Farmář, 5 (6): 24-25, 1999.
- Vokál, B., Čepl, J., Domkářová, J., Hausvater, E., Rasocha, V., Vacek, J., Zrůst, J.** Pěstitelské technologie jednotlivých užitkových směrů brambor. Praha, ÚZPI 2001, 41 s. – Zeměd. Inform., 2001, č. 8.
- Votrubová, O., Votruba, M.** Příjem a distribuce nekovových makrobiogenních prvků. In: Votruba a kol. (eds.) Fyziologické aspekty minerální výživy – rostliny a člověk. VŠZ Praha, 1984: 40-50.

- Venter, F.** Nitratgehalt in Gemüse-Lokalisierung und jährliche Schwankungsmöglichkeiten. *Landwirtsch. Forsch.*, 37, Kongressband, 1984, Sonderheft, 41: 277-287, 1985.
- Vetter, A., Schmidt, H., Scharf, H.** Beziehungen zwischen der Wasserversorgung in einzelnen Ontogeneseabschnitten der Kartoffelpflanze und ausgewählten Inhaltsstoffen sowie Qualitätsparametern bei mittelfrühen und mittelspäten Kartoffeln. *Arch. Acker-Pfl.-Bau Bodenkde*, 35: 147-158, 1991.
- Weber, L., Putz, B.** Untersuchungen zur Analytik des Nitrats in Kartoffeln. 15. Kartoffel-tagung, Detmold 1993, 13 S.
- Wehrmann, J., Scharpf, H.-C.** Nitrat in Grundwasser und Nahrungspflanzen. Bonn: Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID), 1984, 28 S. (AID-Nr. 136).
- WHO-FAO:** WHO Techn. Rep. Ser. 1974, S. 539.
- Wolf, A.** Účinek cizorodých látek z potravy na lidské zdraví. In: Míča, B. (ed.) Sledování výskytu cizorodých látek v potravinovém řetězci. ČSVTS Hradec Králové, 1986: 25-44.
- Zänker, J., Gall, H., Mirswa, W., Ebert, K., Töpfer, S.** Einfluss hoher mineralischer Stickstoffdüngung und Beregnung auf Ertrag und Qualität der Kartoffel. 3. Mitt.: Blaufleckigkeit, Rohverfärbung, Speisewert, Gehalt an verschiedenen Inhaltsstoffen sowie Schlussfolgerungen für die optimale Stickstoffversorgung bei Speisekartoffeln. *Arch. Acker- Pfl.- Bau Bodenkde*, 19: 811-825, 1975.
- Zavadil, J., Doležal, F., Vacek, J.** Pěstování brambor se zřetelem na stabilitu výnosů a kvalitu hlíz a na ochranu vod v bramborářských oblastech. *Bramborářství*, 11 (2): 17-22, 2003.
- Zrůst, J.** Dusík ve fyziologii výživy brambor. In: Míča, B. (ed.) Dusík ve výživě brambor. Soubor referátů. VŠÚB, Škrobárny, červen 1988: 77-106.
- Zrůst, J., Holá, Z.** Vliv sucha na některé ukazatele kvality hlíz brambor. *Rostl. Výr.*, 40 (3): 261-270, 1994a.
- Zrůst, J., Holá, Z.** Vliv přechodného období sucha na obsah celkového a bílkovinného dusíku a dusičnanů v hlízách brambor. *Rostl. Výr.*, 40 (3): 271-279, 1994b.
- Zrůst, J., Čepl, J.** Příčiny hromadění a možnosti snížení obsahu glykoalkaloidů v hlízách v průběhu pěstování a zpracování brambor. Záv. zpráva za projekt RE093095-RV04. VÚB Havl. Brod, 1996, 39 s. + přílohy.
- Zrůst, J., Jůzl, M., Hlušek, J.** Stabilita produkce a kvality velmi raných brambor. Záv. zpráva za grantový projekt GAČR 503/95/0185, 10 s. + přílohy.