

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA**

Chemická rizika kontaminace potravin a pokrmů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Alena Maršálová

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Pavel Daňha

13. 5. 2008

Chemical risks of food contamination

The bachelor thesis deals with the risks of chemical contamination of food and possible health risks for the consumers. Firstly, there is a general outline of foreign substances including the additives, which are added to foods intentionally, and contaminants. The contaminants are viewed as undesirable substances which occasionally occur in foods. They develop directly in the foods or penetrate into them from the outside during the basic stages of agricultural production, in stores, during transportation or during processing for culinary purposes, or due to environmental pollution. Such substances can have negative effects on human health. The second part of the thesis focuses on concrete contaminants - nitrates, nitrites and acrylamide.

Nitrates and nitrites are both contaminants and additives. Their use as food additives is motivated by their sensoric and protective effects. The sensoric function is to ensure a permanent pink colour of smoked meat and other meat products. The protective function consists in inhibiting the growth of the microorganisms *Clostridium botulinum* and thus preventing the origination of dangerous botulin. The nitrates exist as contaminants mainly in foods of vegetable origin, penetrating them from soil and water due to nitrogen cycle in the nature.

The acrylamide is a newly discovered food contaminant. It is considered to be a very dangerous substance as regards possible peroral exposure. The danger consists in its neurotoxic, genotoxic and possible carcinogenic effects. It originates in foods with a higher content of reducing sugars during the process of production or culinary processing if the temperature is higher than 120° C.

The thesis should provide information for the public as consumers or providers of different food-processing facilities. Its main objective is to pinpoint some risks connected with the consumption of various foods and meals, and to eliminate the risks as much as possible or to avoid them completely.

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma Chemická rizika kontaminace potravin a pokrmů jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s §47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě Zdravotně sociální fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 13. 5. 2008

.....

Alena Maršálková

Poděkování patří mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Daňhovi, jehož cenné rady a připomínky a odborné vedení přispěly k vypracování této práce.

OBSAH:

Úvod	8
1. Současný stav	9
<i>1.1 Aditivní látky</i>	9
1.1.1 Látky upravující barvu (barviva, bělidla)	10
1.1.2 Látky prodlužující údržnost	11
1.1.2.1 Konzervanty	11
1.1.2.2 Antioxidanty	11
1.1.3 Látky upravující aroma	12
1.1.3.1 Vonné a chuťové (aromatické) látky	12
1.1.3.2 Náhradní sladidla	12
1.1.3.3 Acidulanty a regulátory kyselosti	12
1.1.3.4 Látky hořké a povzbuzující	13
1.1.3.5 Intenzifikátory aroma	13
1.1.4 Látky upravující texturu	13
1.1.5 Látky zvyšující biologickou hodnotu	14
1.1.6 Další aditivní látky	14
<i>1.2 Kontaminující látky</i>	15
1.2.1 Toxické minerální látky	16
1.2.1.1 Toxické prvky	16
1.2.1.1.1 Kadmium (Cd)	16
1.2.1.1.2 Olovo (Pb)	17
1.2.1.1.3 Rtuť (Hg)	17
1.2.1.1.4 Arsen (As)	18
1.2.1.2 Dusičnany, dusitany	18
1.2.2 Toxiny mikroorganismů	19
1.2.2.1 Mykotoxiny	19
1.2.2.2 Bakteriální toxiny	20
1.2.3 Nitrosloučeniny	21
1.2.4 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)	21

1.2.5	Akrylamid	22
1.2.6	Perzistentní organochlorové sloučeniny	22
1.2.6.1	Polychlorované bifenyly (PCB)	22
1.2.6.2	Polychlorované dibenzdioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF)	23
1.2.7	Pesticidy	24
1.2.7.1	Insekticidy	24
1.2.7.2	Fungicidy	24
1.2.7.3	Herbicidy	24
1.2.8	Veterinární léčiva	26
1.3	Legislativa	27
1.3.1	Legislativa v ČR	27
1.3.2	Legislativa v EU	27
2.	Cíle práce a hypotézy	29
2.1	Cíle práce	29
2.2	Hypotézy	29
3.	Metodika	29
4.	Výsledky	30
4.1	Akrylamid	30
4.1.1	Fyzikální a chemické vlastnosti akrylamidu	31
4.1.2	Výskyt akrylamidu v potravinách	31
4.1.2.1	Situace v ČR	33
4.1.3	Zdravotní rizika z expozice akrylamidu	34
4.1.4	Eliminace obsahu akrylamidu v potravinách a doporučení pro konzumenty	35
4.1.5	Legislativa	36
4.2	Dusičnany, dusitany	38
4.2.1	Dusičnany a dusitany v potravinách	38
4.2.1.1	Potraviny rostlinného původu	38
4.2.1.2	Potraviny živočišného původu	41

4.2.2	Spotřeba zeleniny a brambor v ČR	41
4.2.3	Limitování obsahu dusičnanů v zelenině	43
4.2.4	Zdravotní hlediska působení dusičnanů a dusitanů v lidském organismu	44
4.2.5	Faktory ovlivňující obsah dusičnanů a dusitanů v potravinách	46
4.2.6	Možnosti ochrany před nepříznivým působením dusičnanů a dusitanů na lidský organismus	46
5.	Diskuse	47
6.	Závěr	50
7.	Seznam použité literatury	51
8.	Klíčová slova	55
9.	Přílohy	56

ÚVOD

Žijeme v době vyspělé civilizace, době neustálého vývoje a pokroku. Svého velkého vývoje dosáhl také potravinářský průmysl. Na obchodních pultech se objevuje stále větší množství zboží z domácí i zahraniční produkce a to nutí nás konzumenty neustále rozmýšlet jaký výrobek si vlastně koupit. Často hraje významnou roli cena, jindy obal výrobku, ale už méně se zamýšlíme nad tím, zda je ten či onen produkt bezpečný.

S prudkým rozvojem vědy, s rychlým technickým pokrokem v rozvoji nových technologických postupů ve výrobě, zpracování, konzervování a distribuci potravin a v neposlední řadě se znečišťováním životního prostředí totiž také souvisí stále rostoucí výskyt nejrůznějších cizorodých látek přítomných v potravinách. Jedná se jak o látky známé, již důkladně prozkoumané, tak o látky přinášející nová a doposud neznámá rizika pro zdraví člověka.

Ve své bakalářské práci chci poukázat na látky, se kterými se můžeme v potravinách běžně setkat, na jejich vlastnosti, funkci a také na možné ovlivnění zdraví. Jsou to jednak látky, které se do potravin přidávají záměrně (tzv. potravinová aditiva) a jednak látky, které jsou v potravinách nežádoucí, neboli látky kontaminující.

Větší část práce je zaměřena na problematiku dusičnanů, dusitanů a akrylamidu. Mým cílem je poskytnout ucelené informace jednak o obecných vlastnostech a četnosti výskytu v jednotlivých potravinách a jednak o zdravotních rizicích pro spotřebitele a možnostech jejich eliminace.

Jako metodu jsem zvolila sběr informací a dat z různých literárních a internetových zdrojů.

1. Současný stav

Cizorodé látky se zpravidla rozdělují na látky aditivní a na látky kontaminující. Za určitých podmínek mohou vznikat i látky cizorodé sekundární, což jsou produkty činnosti kontaminujících mikroorganismů, nebo produkty nežádoucích reakcí složek potravin (Davídek, 1983).

1.1 Aditivní látky

Dle definice EU se přídatnými či aditivními látkami rozumí látky, které se bez ohledu na jejich výživovou hodnotu zpravidla nepoužívají samostatně, ani jako potravina, ani jako charakteristická potravní přísada. Přidávají se do potravin při výrobě, zpracování, úpravě, balení, přepravě nebo skladování, čímž se samy stávají součástí konečné potraviny (Vědecký výbor pro potraviny, 2004). Jejich použití je za účelem zvýšení kvality potravin (prodloužení údržnosti, zlepšení vůně, chuti, barvy, textury, výživové hodnoty, technologických vlastností aj.).

Přítomnost přídatných látek musí být uvedena na obalu potraviny a to v sestupném pořadí podle klesajícího množství. V některých případech je nutný i údaj o možnostech nepříznivého ovlivnění zdraví člověka (Velíšek, 2002). Označování přídatných látek na obalu potravin vzbuzuje v poslední době velký zájem, neboť stále více spotřebitelů se zajímá o složení potravin, které nakupují a konzumují. Velmi důležité jsou informace o složení pro osoby, které jsou na některou přídatnou látku přecitlivělé (Vědecký výbor pro potraviny, 2004).

Látek, které se přidávají do potravin je obrovské množství. Nejčastěji se podle účelu používání rozeznává šest skupin aditivních látek. Jsou to *barviva* (látky upravující barvu), *konzervanty* (látky prodlužující údržnost), *látky upravující aróma* (např. vonné a chuťové látky, náhradní sladidla aj.), *látky upravující texturu* (zahušťovadla a želírující prostředky, emulgátory), *látky zvyšující biologickou hodnotu* a další aditivní látky (Velíšek, 2002). Přítomnost přídatné látky v potravině se na obalu označuje názvem kategorie, do které přídatná látka podle funkce patří a dále názvem látky nebo číselným

kódem (E...). Kód (E...) zavedla EU pro přídatné látky, které byly podrobně zhodnoceny na základě toxikologických studií a jsou v povolených dávkách bezpečné pro zdraví konzumentů. V rozporu s tím je však označování kódem E laickou veřejností vnímáno spíše negativně. Tím paradoxně nedochází k naplnění původního záměru poskytnout spotřebiteli informaci o tom, že obsažená přídatná látka je bezpečná. To vede výrobce k tomu, že mají tendenci neuvádět E – kódy na obalu a uvádějí raději často dost dlouhý název přídatné látky (Vědecký výbor pro potraviny, 2004).

1.1.1 Látky upravující barvu (barviva, bělidla)

Látky upravující barvu se používají ke stabilizaci přirozené barvy potravy nebo ke standardizaci zbarvení. V některých případech je přirozená barva potravy nežádoucí a ta se pak odstraňuje pomocí bělidel. Důvody jsou jak estetické tak fyziologické. Atraktivní barva potravy souvisí s vyšší oblibou spotřebitelů (Velíšek, 2002).

Základní dělení barviv je na *přírodní* a *syntetická*. Barviva přírodní jsou získávána z potravinářských surovin nebo jiných potravinářských materiálů. Syntetická barviva se vyrábějí chemickou syntézou (Vědecký výbor pro potraviny, 2004). Za barviva se nepovažují vonné a chuťové látky, které mají současně barvicí účinek (např. mletá paprika, šafrán, kurkuma), a dále barviva určená k barvení nejedlých vnějších částí potravin (např. parafinový povlak sýrů, salámových klihovkových střívek) (Velíšek, 2002). Přibarvování potravin se provádí podle přesně stanovených pravidel. Existuje seznam potravin, které se nesmějí v žádném případě přibarvovat a také seznam potravin, ke kterým lze přidávat pouze určité druhy barviv, obvykle v omezeném množství (např. Amarant E 123, Erythrosin E 127, hněd' FK E 154, Kanthaxanthin E 161) (Vědecký výbor pro potraviny, 2004).

Mezi bělidla se řadí sloučeniny, které nežádoucí barviva redukují a ty, které barviva oxidují na bezbarvé či méně intenzivně zbarvené produkty. Skupina látek s redukčními účinky je reprezentována oxidem siřičitým a siřičitany (jsou současně konzervanty). Zabraňují nežádoucí změně zbarvení při sušení ovoce, zeleniny, výrobě různých produktů z brambor apod. Kromě toho se tyto sloučeniny používají k bělení chmele, lecitinových koncentrátů, hub, ořechů a rybích výrobků. Mezi látky s oxidačními

účinky se řadí sloučeniny s aktivním kyslíkem a sloučeniny s aktivním chlorem. Využívají se především jako bělidla mouky nebo jako prostředky zlepšující pekařské vlastnosti mouky. Legislativa ČR však tyto látky z hygienicko-toxikologického hlediska nepovoluje (Velíšek, 2002).

1.1.2 Látky prodlužující údržnost

Mezi látky prodlužující údržnost řadíme *konzervanty*, látky používané k ochraně proti nežádoucím mikroorganismům (bakterie, plísně) a *antioxidanty*, které jsou ochranou některých složek potravin (Velíšek, 2002).

1.1.2.1 Konzervanty

Mezi nejdůležitější konzervační látky patří kyselina benzoová a její soli a kyselina sorbová a její soli. Obě tyto látky jsou účinným inhibitorem řady plísní, kvasinek a některých bakterií. Dalšími důležitými konzervanty jsou parabeny (alkylstyry kyseliny p-hydroxybenzoové). Na rozdíl od kyseliny benzoové a sorbové jsou účinné v kyselém i mírně alkalickém prostředí (Vědecký výbor pro potraviny, 2004). To je důkazem toho, že při uplatnění antimikrobiálních účinků mají velký vliv změny substrátu a to zejména kyselost prostředí (Rosival, 1969). Další látka, oxid siřičitý, je jako konzervant účinný zejména v kyselých potravinách, v nižších koncentracích má účinek bakteriostatický, ve vyšších baktericidní. Kromě konzervačního, má oxid siřičitý i antioxidační účinek, rovněž se používá k bělení a k inhibici reakcí enzymového a neenzymového hnědnutí. Nevýhodou však je to, že je zde možnost výskytu potravinové přecitlivělosti.

K ostatním povoleným konzervantům patří např. dusičnany a dusitany, bifenyl, kyselina propionová a kyselina boritá. Tyto látky však mohou být použity jen pro několik, vyhláškou jmenovitě určených potravin (Vědecký výbor pro potraviny, 2004).

1.1.2.2 Antioxidanty

Používání antioxidačních látek má předcházet nepříznivým organoleptickým změnám tuků, ale má význam i z hlediska ochrany fyziologicky důležitých složek (např. vitamíny, esenciální mastné kyseliny) (Rosival, 1969).

Látkami řadícími se do této skupiny jsou např. kyselina askorbová a erythorbová a jejich deriváty, tokoferoly, fenolové antioxidanty, galláty apod. V průmyslové výrobě

potravin se nejčastěji používají butylhydroxyanisol (BHA) a butylhydroxytoluen (BHT) a estery kyseliny galové. Ty jsou používány zejména pro ochranu tuků (Vědecký výbor pro potraviny, 2004).

1.1.3 Látky upravující aroma

Tyto látky, užívané k aromatizaci potravin, jsou nejrozsáhlejší skupinou aditivních látek. Rozeznává se následujících 5 hlavních skupin: *vonné a chuťové látky, náhradní sladidla, acidulanty a regulátory kyselosti, látky hořké a povzbuzující, intenzifikátory aróma.*

1.1.3.1 Vonné a chuťové (aromatické) látky

Do této skupiny jsou zařazeny látky, které působí na čichové a chuťové receptory člověka, a tím vyvolávají vjem vůně nebo chuti. Udělují potravině určité aroma, které by jinak neměla v charakteristické intenzitě nebo vůbec.

Některé rostlinné materiály (např. bez černý, máta kadeřavá) povolené jako zdroje vonných a chuťových látek obsahují jako přirozené složky zdravotně závadné látky (např. kyanovodík, pulegon). Pro takové toxické látky obsažené v aromatizovaných potravinách je proto určeno maximální povolené množství.

1.1.3.2 Náhradní sladidla

Jsou látky, které potravině dodávají sladkou chuť. Z výživového hlediska se rozeznávají dvě kategorie náhradních sladidel: výživová neboli kalorická a nevýživová, nekalorická sladidla. Mezi kalorická řadíme monosacharidy, disacharidy a cukerné alkoholy. Tyto látky přímo ovlivňují hladinu glukózy v krvi a při jejich nadměrném příjmu hrozí vznik obezity. Nevýživová sladidla jsou synteticky vyrobena a mají nulovou kalorickou hodnotu. Mezi nejvýznamnější patří aspartam a sacharin.

1.1.3.3 Acidulanty a regulátory kyselosti

Jako acidulanty se používají organické a anorganické kyseliny většinou identické s přírodními. Dávají potravině kyselou chuť o různé intenzitě a často se u nich vyskytují i jiné prospěšné vlastnosti (např. antimikrobiální účinek, významné organoleptické vlastnosti, jsou stabilizátory barvy apod.).

Regulátory kyselosti nebo regulátory pH mění nebo udržují kyselost a alkalitu potravin. Nejčastěji se jedná o soli kyselin s pufrujícími účinky a alkálie.

1.1.3.4 Látky hořké a povzbuzující

Tato kategorie aditivních látek zahrnuje pouze oktaacetylsacharosu a alkaloidy kofein a chinin (všechny tyto sloučeniny jsou bez čísla E). Hořké látky používané k aromatizaci potravin získávané z rostlinných materiálů (např. chmele, pelyňku apod.) se klasifikují jako vonné a chuťové (aromatické) látky.

Oktaacetylsacharosa smí být přidávána pouze v nezbytném množství. Kofein smí být přidáván jen k nealkoholickým nápojům a to pouze ve stanoveném maximálním množství a v nezbytném množství k lihovinám. Chinin je povolen pro nealkoholické nápoje a lihoviny.

1.1.3.5 Intenzifikátory aróma

Je to skupina látek zvýrazňující nebo modifikující původní aróma některých potravin, ačkoliv samy výrazné aróma nemají. Patří sem L-glutamová kyselina, která zesiluje a zvýrazňuje chuť masových a zeleninových výrobků (polévky, omáčky, masové a zeleninové konzervy, majonéza, dresingy, kečupy apod.).

1.1.4 Látky upravující texturu

Nejvýznamnějšími skupinami jsou zahušťovadla a želírující prostředky a emulgátory. Jak napovídá jejich název, tyto látky mají za úkol potravinu (i nápoj) zahustit, neboli změnit jejich viskozitu (Velíšek, 2002). Nejčastěji jsou to polysacharidy rostlin, mořských řas, mikroorganismů a také modifikované polysacharidy (modifikované škroby) (Vědecký výbor pro potraviny, 2004). Zahušťovadla zvyšují viskozitu potravin, látky želírující vytváří gely a emulgátory jsou povrchově aktivní látky umožňující vznik emulzí (zejména dispergování tuků ve výrobku). Emulgátory kromě toho také v mouce působí jako kondicionéry změkčující kůrku pečiva, v cukrovinkách jako modifikátory krystalizace tuků a mají i další prospěšné vlastnosti.

1.1.5 Látky zvyšující biologickou hodnotu

Mezi látky zvyšující biologickou hodnotu, neboli tzv. výživová aditiva, se řadí *vitamíny, minerální látky, aminokyseliny, některé mastné kyseliny, vláknina* a další látky s významnými biologickými účinky. Přidáváním těchto látek do potravin se daří korigovat nedostatek některých výživově cenných látek v organismu člověka (např. jodizace kuchyňské soli) (Baletková, 2006).

1.1.6 Další aditivní látky

Ve výrobě potravin se používá velké množství dalších přídatných látek. Mají různé vlastnosti a účinky, podle kterých se často klasifikují na *zpevňující látky, látky umožňující formulaci výrobku, pomocné látky, synergisty a potenciátory, propelanty a rozpouštědla*. Zpevňující látky jsou ty, které obnovují nebo udržují texturu potravin (např. chlorid vápenatý). Mezi látky umožňující formulaci výrobku náleží např. nosiči aromatických látek, adhezní látky nebo látky k úpravě povrchu. Pomocnými látkami jsou látky protispékavé (např. oxid křemičitý, fosforečnan vápenatý), katalyzátory, čířidla, látky tvořící zákaly, stabilizátory disperzí, pěnотvorné látky a další. Synergisty a potenciátory zvyšují účinky jiných aditivních látek. Používají se např. pro zvýšení aktivity antioxidantů (polyfenoly, kyselina citrónová), emulgátorů (fosfáty), aromatických látek. Propelanty zase vytlačují potravinu z obalu nebo umožňují vznik pěny (např. oxid dusný). Rozpouštědla jsou přídatné látky, které umožňují extrakci žádoucích látek, jejich rozpouštění a ředění (např. hexan, dichlormethan, aceton, trichlorethylen). Slouží jako nosiče aromatických látek (Velíšek, 2002).

1.2 Kontaminující látky

Za kontaminanty potravin jsou označovány takové nežádoucí látky (dříve používaný termín „cizorodé látky“), s jejichž přítomností je nutno v potravinách počítat, ale které se do potravinových surovin a následně do potravin dostávají neúmyslně (Komprda, 2004) v zemědělské prvovýrobě, při skladování, dopravě, ale i během technologického kulinárního zpracování, případně v důsledku znečištění životního prostředí. Takové látky pak mohou působit negativně na zdraví člověka. Dělíme je na kontaminanty *primární* čili exogenní, pocházející z vnějších zdrojů a kontaminanty *sekundární* neboli endogenní, vznikající vlivem různých fyzikálních a chemických vlivů (viz. antinutriční a toxické látky).

V zásadě lze možnosti průniku kontaminujících látek do potravinového řetězce člověka shrnout do dvou hlavních bodů:

Zemědělská produkce: sem patří používání pesticidních přípravků, hnojení (toxické kovy, zvláště Cd), imisní zátěž, tj. dálkový transport (perzistentní organochlorové sloučeniny, estery ftalové kyseliny, toxické kovy), použití závlivkové povrchové vody (zvláště pesticidy a jejich metabolity, průmyslové chemikálie, toxické kovy), napadení mikroorganismy, zejména plísněmi (mykotoxiny), veterinární ošetření (léčiva, pesticidy aj.)

Skladování a zpracování: posklizňová aplikace pesticidů (hlavně organofosfáty a pyrethroidy), vznik toxických degradačních produktů z relativně netoxických pesticidů, napadení mikroorganismy (mykotoxiny, bakteriální toxiny), některé technologické či kulinární úpravy (PAU, N-nitrosaminy), penetrace aditiv z plastů (např. estery kyseliny ftalové)

Mezi prioritní kontaminanty se řadí *toxické minerální látky* (kovy, metaloidy a jiné anorganické sloučeniny), *radioaktivní isotopy*, *mykotoxiny* a jiné *mikrobiální toxiny*, *halogenované organické sloučeniny* a některé další.

1.2.1 Toxické minerální látky

Obsah toxických minerálních látek je jedním z hygienicko-toxikologického ukazatelů jakosti potravin (Velíšek, 2002).

1.2.1.1 Toxické prvky

Výskyt toxických prvků v potravinách souvisí mimo jiné se znečišťováním životního prostředí. Vstup těchto prvků do potravního řetězce je často zapříčiněn činností člověka, ale zdroj může být i přírodního původu. Hlavními antropogenními prvky jsou spalování fosilních paliv, doprava, průmyslová výroba kovů, použití jednotlivých prvků v průmyslu a technice a s tím související produkce odpadů, nadměrné používání minerálních hnojiv a jiných agrochemikálií, případně aplikace čistírenských kalů do půdy. Mezi přírodní zdroje toxických prvků v životním prostředí patří zvětrávání hornin, lesní požáry a vulkanická činnost. Nejdůležitějšími prvky, které se mohou vyskytovat v potravinách jsou olovo (Pb), kadmium (Cd), rtuť (Hg) a arsen (As) (Velíšek, 2002).

1.2.1.1.1 Kadmium (Cd)

Kadmium je jednak škodlivina, která má význam jako kontaminující látka v potravinách, jednak profesionální škodlivina (Rosival, 1969). Vyznačuje se progresivní akumulací v životním prostředí, a tedy potravním řetězci člověka.

Hlavními zdroji znečištění životního prostředí jsou těžba a hutnictví rud železa a zinku, spalování fosilních paliv a výroba plastů. Závažným zdrojem kontaminace jsou také opotřebované a nesprávným způsobem likvidované akumulátorové baterie. V ČR k tomu dále přispívá relativně velké množství kadmia aplikovaného do půdy jako součást amonných a především fosforečných hnojiv, která nám byla v minulosti dovážena ve značných kvantech z Afriky.

Kadmium může do organismu vstupovat nejen trávicím ústrojím, ale i cestou inhalační, tedy plicemi. Vstřebané kadmium je transportováno do jater a ledvin, kde se kumuluje. Negativně ovlivňuje metabolismus vápníku, poškozují pohlavní orgány, nervový a kardiovaskulární systém (Komprda, 1997).

1.2.1.1.2 Olovo (Pb)

Olovo se jako technologický materiál z potravinářství vylučuje. Do potravinového řetězce se však stále dostává z některých obalových materiálů a nátěrových hmot (Komprda, 1997). Dnes se užívá kovové olovo také k výrobě akumulátorů, plechů a trubek (také vodovodních). Anorganické sloučeniny se používají při výrobě olovnatého skla. Dříve se používaly organokovové sloučeniny olova jako antidetonační přísada do benzínu (Velíšek 2002).

Do lidského organismu olovo vstupuje především alimentární cestou, existuje však též možnost vstupu respirační cestou. Ukládá se především v kostech, játrech a ledvinách. Důsledkem chronického zatížení organismu olovem jsou nervové poruchy, poruchy trávení, hubnutí, případně ochrnutí dolních končetin (Komprda, 1997).

1.2.1.1.3 Rtuť (Hg)

Rtuť se používá hlavně v elektronice pro výrobu baterií, spínačů, elektrod a měřicích přístrojů, pro elektrochemickou výrobu chloru a hydroxidu sodného elektrolýzou roztoku NaCl (rtuť jako katoda), při výrobě nátěrových hmot, katalyzátorů a fungicidů a v zubním lékařství. Vzhledem k vysoké toxicitě rtuti se její používání omezuje. Ke vstupu rtuti do životního prostředí přispívá hlavně vulkanická činnost, spalování uhlí, používání rtuti v průmyslu a zemědělství a manipulace s odpady. Potravinami, ve kterých se rtuť vyskytuje v relativně vysokých koncentracích, jsou některé jedlé houby, ryby, měkkýši a korýši. (Velíšek 2002).

Je to prvek s typickým kumulativním účinkem v lidském organismu. Akutní účinek rtuti se projevuje poruchami trávicího ústrojí, provázenými průjmy a zvýšením vylučováním slin, poruchami ledvin a centrálního nervového systému. Dlouhodobý příjem nízkých dávek má za následek nervové poruchy, uvolňování a vypadávání zubů, respektive poruchy ledvin (Komprda, 1997).

Historicky nejznámějším případem otravy rtutí je hromadná otrava několika tisíc lidí v Iráku v roce 1972 po přímém konzumu osiva mořeného přípravkem na bázi organické rtuti. Jinou známou událostí je hromadná otrava obyvatel v japonské zátocě Minamata v roce 1954. Příčinou byla kontaminovaná odpadní voda z chemické továrny a následný vstup sloučenin rtuti do potravního řetězce (Cibulka, 1986).

1.2.1.1.4 Arsen (As)

Hlavní průmyslově vyráběná sloučenina arsenu je oxid arsenitý. Elementární arsen se používá jako přísada ve slitinách olova a jiných kovů. Některé anorganické sloučeniny tohoto prvku se dříve používaly jako pesticidy pro postřiky ovocných stromů a vinné révy. Další látky se používaly a používají k ošetření tabáku a bavlny. Syntetické organické sloučeniny arsenu se v USA a v některých dalších zemích používají jako stimulatory růstu prasat a drůbeže a jako veterinární léčiva. V životním prostředí se arsen vyskytuje především v důsledku hutní činnosti, spalováním uhlí a dřeva konzervovaného sloučeninami arsenu. Ke vstupu do životního prostředí přispívá menší měrou také vulkanická činnost a zvětvávání hornin. Mezi potraviny obsahující arsen patří především mořské ryby a zvláště mořští korýši a měkkýši. Z potravin rostlinného původu se vyšší množství arsenu vyskytuje v ovsu, rýži a některých vínech (Velíšek 2002).

Do lidského organismu vniká především cestou alimentární, ale možný je i průnik dalšími cestami. Pro akutní perorální otravu arsenem je typické dráždění gastrointestinálního traktu se zvracením, průjmy a dehydratací. Chronická otrava arsenem je výjimečná (Rosival, 1969).

1.2.1.2 Dusičnany a dusitany

Dusičnany a dusitany se jako součást koloběhu dusíku v přírodě vyskytují v mnoha potravinách rostlinného i živočišného původu. Do potravin rostlinného původu se dostávají z půdy, do potravin živočišného původu z krmiv a jsou užívány také jako látky aditivní (Velíšek 2002). Dusitany se používají v potravinách z důvodů sensorických a protektivních. V prvním případě se jedná o zajištění stálého růžového zbarvení některých masných výrobků (nakládaná masa). Jako konzervační činidlo se dusitan uplatňuje svou inhibicí růstu a množení klostridií, a tedy zábranou tvorby botulotoxinu v konzervovaných masných výrobcích (Komprda, 1997). Přidávky dusičnanů se někdy používají také při výrobě tvrdých sýrů, protože brání jejich nežádoucímu duření během zrání (Velíšek 2002).

Po příjmu kontaminovaných potravin se dusičnany v organismu redukují na dusitany a působí jako nitrozační činidlo při tvorbě vysoce karcinogenních N-

nitrosaminů. Pokud jde o akutní toxicitu dusitanů, smrtelná dávka pro člověka představuje asi 1 gram (Komprda, 1997).

Dusičnany nejsou v běžných koncentracích pro dospělého jedince nebezpečné, neboť se relativně rychle vylučují močí. Potencionální toxicita dusičnanů v potravinách však vyplývá z možnosti jejich redukce na dusitany. Toxický účinek dusitanů po vstřebání do krve spočívá v možnosti vzniku methemoglobinemie (oxidace červeného hemoglobinu na tmavě hnědý, který není schopen přenášet kyslík) (Velíšek 2002).

1.2.2 Toxiny mikroorganismů

1.2.2.1 Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou sekundární metabolity některých plísní. Riziko pro člověka představuje především konzumace mykotoxinů v kontaminovaných potravinách rostlinného původu a jejich metabolity a rezidua v produktech živočišných (Komprda, 2004). Producenti těchto nebezpečných přírodních kontaminantů vyvolávají různé toxické syndromy nazývané souhrnně mykotoxikózy (Velíšek 2002). Ze 114 druhů, které mají význam v potravinách, je 65 toxinogenních. K významným toxinogenním vláknitým mikroskopickým houbám patří zástupci rodu *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* (Vědecký výbor pro potraviny, 2004). Jsou všudypřítomní, a tak se mykotoxiny vyskytují prakticky na všech úrovních potravního řetězce většiny živočichů (Velíšek 2002). Mezi významné skupiny mykotoxinů patří aflatoxiny, ochratoxiny, patulin, zearalenon, fumonisiny, penicillová kyselina, trichotheceny.

Ke kontaminaci zemědělských produktů může dojít v různých fázích předcházejících jejich konzumaci. Vedle exogenní kontaminace však mohou být potraviny kontaminovány i v souvislosti s cíleným využíváním plísní v různých potravinářských provozech a biotechnologických procesech (Velíšek 2002).

Mykotoxiny se vyskytují u obilovin (respektive u výrobků z nich), u olejnatých ořechů (podzemnice olejná, vlašské ořechy, brazilské ořechy para, pistáciové ořechy), u kávových bobů a koření. Při nehygienické produkci a zpracování ovoce je třeba počítat s výskytem mykotoxinů v čerstvém ovoci jako takovém, ale především v ovocných

šřávách, resp. ovoci sušeném. Do živočišných produktů (mléko, sýry) se mykotoxiny dostávají sekundárně, zkrmováním kontaminovaného krmiva (Komprda, 2004).

Spektrum účinků mykotoxinů je poměrně široké. Z hlediska hlavního účinku nejdůležitějších mykotoxinů, kterým je jejich karcinogenita je možné tyto toxiny zjednodušeně rozdělit na *hepatotoxické*, které poškozují játra (aflatoxiny, fumonisiny) a *nefrotoxické*, které poškozují ledviny (ochratoxin) (Komprda, 1997). Z dostupných studií prováděných např. v zemích EU, však dochází k překročení hygienických limitů pro jednotlivé mykotoxiny v potravinách jen ve zcela ojedinělých případech. Zdravotní rizika vyplývající z celoživotní expozice, byť i velmi nízkým koncentracím mykotoxinů, nejsou v podstatě známa. Za rizikovou lze považovat zejména tu situaci, kdy shodou nepříznivých okolností dojde během krátkého období k příjmu vysokých dávek jednoho nebo více mykotoxinů s vlastním karcinogenním potenciálem či schopností rozvoj karcinogeneze podporovat (Velíšek 2002).

1.2.2.2 Bakteriální toxiny

Bakteriální toxiny lze rozdělit na dvě základní skupiny: *exotoxiny* a *endotoxiny*. Exotoxiny jsou uvolňované příslušnými mikroorganismy mimo buňku. Lze je dále klasifikovat podle toxických účinků. Rozeznávají se enterotoxiny (atakují intestinální mukózu a jsou příčinou průjmů), cytotoxiny (toxické pro buňky exponovaného organismu) a neurotoxiny (interferují s přenosem nervových impulsů) (Velíšek 2002). Endotoxiny jsou součástí lipopolysacharidového komplexu bakteriální buněčné stěny G-bakterií. Jsou tedy vázány na bakteriální buňku a uvolňují se teprve po rozpadu této buňky. Endotoxiny působí na funkci hostitelské buňky, a to ovlivněním jejího glykolitického cyklu (Komprda, 2004).

Asi nejznámějším zástupcem této skupiny jsou botulotoxiny. Jde o mimořádně nebezpečný toxin produkovaný baktériemi *Clostridium botulinum*. Jedná se o neurotoxin, který v organismu hostitele blokuje v nervové tkáni uvolňování mediátoru acetylcholinu (Komprda, 2004). Intoxikace může být smrtelná. Jedním z nejdůležitějších faktorů limitujících růst bakterií *C. botulinum* je snížení aktivity vody, zvýšení obsahu chloridu sodného a uchování potravin při nízkých teplotách (Velíšek, 2002).

1.2.3 Nitrosloučeniny

Nitrosloučeniny vznikají z různých organických sloučenin působením nitračních činidel. Ta se mohou do potravin dostávat během technologického zpracování jako potravinářská aditiva ve formě prekursorů, jako kontaminanty, nebo přímým ohřevem z kouře, který obsahuje oxidy dusíku. Vedle toho nitrosloučeniny mohou do potravin pronikat také jako exogenní kontaminanty migrací z různých zdrojů (např. některých obalů). Nejvýznamnějšími nitrosloučeninami jsou N-nitrosloučeniny (Velíšek, 2002).

Mezi N-nitrosloučeniny se řadí N-nitrosaminy a N-nitrosamidy. Mohou vznikat již v potravině nebo až v trávicím traktu člověka. Podmínkami vzniku N-nitrosloučenin je *přítomnost prekurzorů* (aminokyseliny, biogenní aminy, guanidiny), *působení nitračních činidel* (dusitan, oxid dusíku) a *spoluúčast katalyzátorů* (kovy, střevní bakterie, povrchově aktivní látky, sulfhydrylové sloučeniny, fenolické látky) (Komprda, 2004).

K nejčastěji kontaminovaným potravinám patří nakládané a uzené maso, uzené ryby, uzené sýry, odtučněné sušené mléko, pivo a destiláty (především whisky).

U N-nitrosaminů jsou prokázány mutagenní, teratogenní a především karcinogenní účinky. Rovněž byl prokázán synergický účinek N-nitrosaminů při podávání s jinými karcinogenními sloučeninami (Velíšek, 2002).

1.2.4 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)

PAH a jejich nitroderiváty vznikají především nedokonalým spalováním organických látek (čas. Hygiena, 1998). V důsledku tohoto mechanismu se PAH vyskytují v uzeném maso a uzených masných výrobcích, a dále v potravinách opékaných přímo na ohni. V posledně jmenovaném případě se PAH vyskytují především v povrchových vrstvách takto upravované potraviny a jejich koncentrace roste s rostoucím obsahem tuku v potravině (Komprda, 1997). Některé PAH jsou emitovány do ovzduší a sorbovány na tuhých částicích a spolu s nimi mohou být transportovány vzdušným prouděním i do značných vzdáleností. Ostatní PAH jsou v atmosféře přítomny v plynné fázi. Poměr mezi oběma fázemi je závislý na tenzi par a teplotě vzduchu. Suchým a mokrým spadem nebo přímo z plynné fáze se PAH dostávají

na povrch vegetace, odkud penetrují pod kutikulu rostlinného organismu. Míra kontaminace rostlin PAH závisí především na velikosti jejich povrchu a množství podílu vosku v povrchové vrstvě, na kterou jsou PAH vázány (čas. Hygiena, 1998).

Z kvantitativního a toxikologického hlediska mají z této rozsáhlé skupiny látek největší význam benzo- a ideno- sloučeniny pyrenu, fluoranthenu, perylenu a anthracenu (Komprda, 2004).

Vzhledem ke karcinogenním a mutagenním účinkům patří PAH v současné době k nejzávažnějším a nejsledovanějším organickým kontaminantům životního prostředí a potravního řetězce (čas. Hygiena, 1998).

1.2.5 Akrylamidy

Akrylamidy jsou významným objevem 21. století, který zasáhl odborníky jak z oblasti potravní toxikologie a průmyslu, tak i konzumenty. Jedná se o látky genotoxické, neurotoxické, a podle Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC) jsou zařazeny mezi potenciální lidské karcinogeny. Jeho vznik v potravinách je dáván do souvislosti s jejich tepelným opracováním. Podle vědeckých výzkumů se akrylamid vytváří při teplotách nad 100°C především v potravinách s vysokým obsahem redukujících cukrů.

Vzhledem k tomu, že zatím nejsou zkompletovány vědecké poznatky, neexistuje v ČR legislativa týkající se výskytu akrylamidu v potravinách a tím ani žádný hygienický limit (Ruprich, 2002).

1.2.6 Perzistentní organochlorové sloučeniny.

1.2.6.1 Polychlorované bifenoly (PCB)

I přes to, že se PCB již několik desetiletí nevyrábějí, jejich rezidua se vyskytují prakticky ve všech složkách životního prostředí a tedy i v potravním řetězci člověka (Komprda, 2004). Jejich koncentrace klesají jen velice pozvolna. Do prostředí se dostávají různými způsoby: použití v otevřených systémech (jako přísady do barev a laků, plastů, pesticidních přípravků, inkoustů, tiskařských barev atd.), uložení na povolených skládkách (špatné technické zabezpečení), nepovolená či technicky

nedokonalá likvidace (přímé vypouštění do prostředí, neúčinné spalování), náhodné účinky při výrobě, přepravě či provozu příslušných zařízení (hydraulická a teplotná zařízení, transformátory, kondenzátory atd.) (Velíšek, 2002). V životním prostředí se PCB transportují rozpuštěné ve vodě, emulgované ve vodě, resp. sorbované na tuhých částicích a kontaminují zdroje pitné vody (Komprda, 1997).

Hlavním zdrojem expozice člověka je potrava. Výjimku tvoří profesně exponované osoby. Hladiny kontaminantů jsou vesměs vyšší u produktů živočišných než rostlinných. Jedná se zejména o ryby a masné a mléčné výrobky, přičemž celkový obsah roste s obsahem tuků. Až do začátku 90. let 20. stol. bylo hlavním zdrojem příjmu PCB v ČR hovězí maso a mléko. V minulosti byla zátěž populace PCB u nás skutečně závažná, což se projevilo také srovnáním nálezů PCB ve vzorcích mateřského mléka s některými evropskými zeměmi (Velíšek, 2002).

Podle WHO je třeba považovat PCB za látku, u které nelze vyloučit možnost karcinogenního účinku na člověka (Turek, 1994). Tzn. že jsou zařazeny do skupiny mezi látky s pravděpodobným karcinogenním účinkem, tedy mezi tzv. podezřelé chemické karcinogeny. Na PCB nelze pohlížet jako na promotory jaterních tumorů, protože velmi silně potlačují biologické účinky jiných dietárních karcinogenů (např. aflatoxin B1) (Velíšek, 2002). Po expozici vysokým dávkám PCB však byly pozorovány teratogenní účinky (Turek, 1994). Epidemiologické studie jednoznačný vztah mezi dietární expozicí běžných konzumentů a určitým druhem onemocnění neprokázaly (Velíšek, 2002).

1.2.6.2 Polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF)

Tyto látky se v průběhu chemických procesů, spalování odpadů, resp. při zpracování kovů uvolňují do vzduchu a následně jsou deponovány do půdy odkud se dostávají do rostlin a dalších článků trofického řetězce. K jejich akumulaci v potravním řetězci dochází v důsledku jejich výrazné lipofilie a chemické stability. Zdrojem expozice člověka je především mléko a mléčné výrobky, maso (zejména hovězí), masné výrobky a ryby. Obecně tedy živočišné produkty s vyšším obsahem tuku (Komprda, 1997).

Z toxikologického hodnocení PCDD je u pokusných zvířat zjištěn především rozvrat regulace buněčného růstu a diferenciaci. To poukazuje na fakt, že u hlodavců jsou

dioxiny silnými karcinogeny. U člověka byla v důsledku průmyslových havárií spojených s únikem dioxinů v minulosti pozorována poškození imunitních funkcí, chlorakné (kožní vyrážky), poruchy jater a u dětí potom silné bronchitidy (Komprda, 2004).

1.2.7 Pesticidy

Pesticidy jsou chemikálie používané proti škodlivým živočichům, plevelům a parazitickým houbám, které ohrožují zemědělské, zahradní a lesní rostliny, zásoby potravin a zemědělských produktů, průmyslové materiály (textil, kůži, dřevo), užitečná zvířata nebo i samotného člověka.

Převážná část vyráběných pesticidů se aplikuje v zemědělské výrobě jako přípravky na ochranu rostlin.

Pesticidy se nejčastěji dělí podle použití proti škodlivým činitelům. Nejdůležitějšími a nejrozšířenějšími skupinami jsou *insekticidy*, *fungicidy* a *herbicidy*.

1.2.7.1 Insekticidy

Insekticidy jsou určeny proti hmyzu, který působí škody na zemědělských plodinách, obtěžují užitečná zvířata a jako častý přenašeč chorob ohrožuje i člověka.

1.2.7.2 Fungicidy

Pomocí fungicidů bojujeme proti škodlivým parazitickým houbám. Tyto jednoduché organismy z rostlinné říše nemají schopnost fotosyntézy a získávají potřebné živiny z žijících rostlin nebo organického materiálu. Působí škody na zemědělských plodinách, na ovoci a zelenině, ale i na dřevu, kůži nebo textilu. Některé fungicidy mají též bakteriální schopnost.

1.2.7.3 Herbicidy

Herbicidy se používají proti plevelům, tj. vyšším rostlinám, které se vyskytují v porostech všech kulturních rostlin. Některé se uplatňují i jako totální herbicidy k hubení plevelů na nezemědělských objektech. Ve speciálních případech slouží některé herbicidy k desikaci nebo defoliaci, což je chemicky vyvolané zasychání zelených částí rostlin (např. bramborové natě) nebo jejich odlistění (např. bavlníku před sklizní) (Cremlyn, 1985).

Pesticidy se používají nejčastěji ve formě vodných postřiků, vodných roztoků přípravků, poprašky, granulovaných pesticidů, aerosolových přípravků nebo plynů pro uzavřené prostory (Rosival, 1969).

Hlavní rozmach výroby pesticidů nastal po roce 1945. Přispěly k tomu výsledky intenzivního výzkumu v letech světové války, především objev a využití insekticidních vlastností DDT, zavedení systémových herbicidů pro hubení širokolistých plevelů v porostech obilovin a dalších úzkolistých plodin, zavedení výroby a aplikace organofosforových insekticidů a některé další objevy (Cremlyn, 1985).

Aplikace pesticidních přípravků představuje celosvětově jeden z významných faktorů intenzifikace zemědělské produkce. Eliminace či potlačení škodlivých činitelů umožňuje nejenom dosažení dobrých výnosů a omezení ztrát při skladování, ale v řadě případů použití těchto přípravků pozitivně ovlivňuje i kvalitativní parametry (např. nutriční, technologické, sensorické) zemědělských plodin. Ve specifických případech je přímá aplikace pesticidních přípravků nezbytná i v živočišné výrobě.

Na rozdíl od pesticidů staré generace např. organochlorových (látky typu DDT, aldrin, heptachlor apod.), které se vyznačovaly vysokou perzistencí v životním prostředí a u nichž díky jejich značné afinitě k lipidické složce živých organismů, docházelo ke kumulaci v potravních řetězcích, tzv. „moderní“, v současnosti rozsáhle používané, pesticidy po splnění své ochranné funkce podléhají vlivem různých fyzikálně-chemických či biochemických faktorů řadě změn, které vesměs vedou k postupnému poklesu mateřských reziduí. K jejich kumulaci v potravním řetězci tak nedochází (Vědecký výbor pro potraviny, 2005).

Pesticidy mohou být toxické i pro necílové organismy včetně člověka, a to zejména tehdy, když podstata jejich účinku spočívá v interferenci s obdobnými pochody, které probíhají v lidském organismu. Z hlediska možnosti intoxikace pesticidy jsou nejvíce diskutována rizika související s dlouhou expozicí jejich reziduí dietou. Mechanismus toxických účinků na savce je exaktně popsán jen u několika málo skupin pesticidů. V posledních letech se v souvislosti s posuzováním expozičních rizik často hovoří o schopnosti některých pesticidů interferovat s hormonálními pochody obratlovců včetně člověka, a vyvolávat tak řadu nežádoucích účinků (Velíšek, 2002).

V ČR za státní kontrolu pesticidů v oblasti potravin rostlinného původu zodpovídá Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI). Kontrolu produktů živočišného původu garantuje Státní veterinární správa (Vědecký výbor pro potraviny, 2005).

1.2.8 Veterinární léčiva

Veterinární léčiva (farmaka) jsou farmakologicky a biologicky aktivní chemické látky určené k léčbě, prevenci a diagnostice chorob u zvířat.

Mezi nejpoužívanější skupiny těchto léčiv patří antimikrobní látky a antiparazitární přípravky. Dalšími používanými látkami jsou preparáty s protizánětlivým účinkem (antiglogistika), preparáty působící na nervovou soustavu (anestetika, trankvilizátory), preparáty působící na ledviny (látky močopudné, neboli diuretika), preparáty působící na zažívací trakt (např. proti průjmům, tzv. antidiarrhoika), hormony, vitaminy, stopové prvky a jiné.

Přívod veterinárních léčiv do těla hospodářských zvířat vede k výskytu jejich reziduí ve svalovině, různých orgánech, mléku a vejcích. V důsledku toho se mohou stopová množství nacházet také v mase, masných a mléčných výrobcích i dalších produktech přicházejících do obchodní sítě.

Hodnocení rizika z veterinárních léčiv v potravinách a zavádění účinných opatření ke snížení tohoto rizika se v poslední době věnuje stále vyšší pozornost, a to na národní úrovni i v mezinárodních organizacích (Velíšek, 2002).

1.3 Legislativa

Současný celosvětový trend směřuje k zabezpečení zdravotní a hygienické nezávadnosti potravin, a tím k maximální ochraně spotřebitele. Při zajištění bezpečnosti potravin je nezbytné vzít v úvahu všechna hlediska řetězce výroby jako celek, a to od prvovýroby a výroby krmiv až po prodej nebo dodání potravin spotřebiteli, jelikož každý článek může mít potenciální dopad na bezpečnost potravin. Než se potravina dostane do rukou konečnému spotřebiteli, může projít několika fázemi nakládání, které ovlivňují její bezpečnost. To znamená, že požadavky na bezpečnost potravin musí být zohledňovány nejen během zpracování a výroby, ale také při distribuci, skladování, prodeji či jakékoliv jiné manipulaci, kdy hrozí nebezpečí kontaminace potravin různými cizorodými látkami (Tkáčiková, 2007).

1.3.1 Legislativa v ČR

Zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích

Vyhláška č. 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách.

Vyhláška č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a pomocných látek při výrobě.

Vyhláška č. 381/2007 Sb., kterou se stanoví maximálně přípustné množství reziduí jednotlivých druhů pesticidů v potravinách a potravinových surovinách.

Vyhláška č. 273/2000 Sb., kterou se stanoví nejvyšší přípustné zbytky veterinárních léčiv a biologicky aktivních látek používaných v živočišné výrobě v potravinách a potravinových surovinách.

1.3.2 Legislativa v EU

Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.

Nařízení Rady (ES) č. 315/93, kterým se stanoví postup Společenství pro kontaminanty v potravinách.

Z uvedeného výčtu látek, které se za určitých okolností mohou stát kontaminanty lidské potravy vidíme, že je jich opravdu nepřehledné množství. Pro svoji práci jsem si proto vybrala pouze některé, jímž se budu dále věnovat podrobněji. Těmito látkami jsou dusičnany a dusitany, které jsou jak významnými kontaminanty, tak i látkami aditivními, a akrylamid, jakožto nově nalezený kontaminant potravin.

2. Cíle práce a hypotézy

2.1 Cíle práce

Hlavním cílem této práce je upozornit na problematiku chemické kontaminace potravin a pokrmů, a tím poukázat na možné zdravotní riziko konzumentů.

2.2 Hypotézy

1. Ke kontaminaci potravin dochází již při zemědělské produkci a dále pak při zpracování a skladování.
2. Ke druhotné kontaminaci cizorodými látkami může dojít i při kuchyňské úpravě
3. Dlouhodobá nebo častá konzumace malého množství škodlivých látek obsažených v potravinách může být příčinou poškození zdraví konzumenta.

3. Metodika

Jako metodu jsem zvolila sběr informací a dat z odborné literatury a z internetových zdrojů. Literární i internetové zdroje, které jsem použila jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Co se týče www stránek, nejčastěji jsem volila stránky Státního zdravotního ústavu a stránky Centra hygieny potravinových řetězců, kde jsou zpřístupněny informace o aktuálním stavu problematiky formou závěrečných zpráv nebo jiných studií.

4. Výsledky

4.1 Akrylamid

Akrylamid je nově nalezená endogenní látka kontaminující potraviny (Macháčková, 2006). Vědecká skupina profesorky Margarety Törnqvist z University of Stockholm zjistila, že v troubě pečené a na vysoké vrstvě tuku smažené brambory a cereálie mohou obsahovat vysoký obsah tohoto kontaminantu (SZPI, 2002). Obecně se jedná tedy především o potraviny bohaté na redukující cukry. Nebezpečnost akrylamidu spočívá v jeho neurotoxickém a možném karcinogenním působení na člověka v případě perorální expozice (Macháčková, 2006).

Sloučenina akrylamid je běžně užívána v nejrůznějších průmyslových odvětvích. Jedná se především o odvětví papírenské, stavební, slévárenské, textilní, kosmetické, hutnické, potravinářské, zemědělské, obalové a důlní (SZPI, 2002).

Primární problém se objevil v roce 1997 ve Švédsku, kde při ražení tunelů unikl nebezpečný akrylamid do vody a způsobil tak ekologickou havárii. Chemikálie se dostala do ekosystému a zapříčinila tak úhyn ryb a krav. To bylo podnětem také pro lékaře, kteří začali prověřovat, jak byli poškozeni dělníci, kteří přišli s akrylamidem do kontaktu.

Překvapením pro vědce pak bylo, když byl potvrzen nález akrylamidu u kontrolní skupiny lidí (tzn. lidí, kteří nebyli exponováni) (Planeta věda, 2006). Možná expozice byla zatím vždy očekávána pouze z pitné vody a kosmetiky, kde se akrylamid vyskytuje jako možný kontaminant z polyakrylamidových gelů. Analytické metody byly proto zaměřeny především na kontrolu pitné vody, která mohla být kontaminována z flokulantů používaných při čištění vody na bázi polyakrylamidových gelů. Fakt, že akrylamid je produkován v potravinách, je nový poznatek výzkumu (Ruprich, 2002).

V roce 2000 se tedy poprvé představil světu nový kontaminant potravin a to prostřednictvím švédského časopisu a v něm publikovaného článku „Akrylamid, karcinogen, který vzniká při vaření“. V roce 2002 švédští vědci z Národního ústavu pro potraviny (NFA) ve spolupráci se Stockholmskou univerzitou oznámili, že tepelným

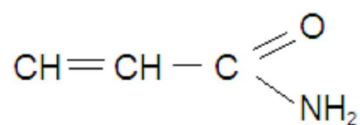
zpracováním potravin vzniká potenciální lidský karcinogen. Do této problematiky se zapojují jak průmysl, WHO a EU, tak např. i Americký úřad pro kontrolu potravin a léků (FDA) (Planeta věda, 2006). WHO poskytla na setkání v Ženevě 25. – 27.6. 2002 k tomuto tématu metody analýz a hypotézy o mechanismu vzniku akrylamidu (Marková, 2007). V roce 2004 se do výzkumu problematiky akrylamidu v potravinách zapojily laboratoře celého světa (Planeta věda, 2006). Početné studie pomáhají porozumět tvorbě akrylamidu v průběhu tepelného opracování potravin bohatých na redukující monosacharidy. Nehledě na rozvoj analytických metod a stanovení obsahu akrylamidu v potravinách byl výzkum zaměřen na objasnění mechanismu vzniku a snížení obsahu v konečném produktu (Marková, 2007).

4.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti akrylamidu

Akrylamid je bílá krystalická pevná látka o molekulární hmotnosti 71 g/mol. Je velmi dobře rozpustný ve vodě, v nižších alkoholech a v ostatních polárních organických rozpouštědlech (Macháčková, 2006). Je stabilní a citlivý na vzduch a světlo. Rozkladem akrylamidu vzniká oxid uhelnatý, oxid uhličitý, oxidy dusíku, amoniak a jeho deriváty a vodíkové plyny (Marková, 2007).

Existují 2 formy této látky: akrylamid jako monomer a polyakrylamid jako polymer (Macháčková, 2006). V podstatě se jedná o jednoduchou sloučeninu uhlíku, vodíku, kyslíku a dusíku (viz. obr. č. 1) (Planeta věda, 2006).

Akrylamid



Obr. č. 1

4.1.2 Výskyt akrylamidu v potravinách

Akrylamid vzniká hlavně tepelným opracováním v potravinách rostlinného původu s vysokým obsahem redukujících sacharidů a nízkým obsahem proteinů. Stopová množství akrylamidu mohou vznikat i vařením, ale podle současných poznatků se

významné množství vytváří až při teplotě 120 °C a více. Nejvyšší obsah vzniká na konci pečení, smažení nebo pražení s klesajícím obsahem vody a zvyšující se teplotou potravin (Marková, 2007).

Koncentrace akrylamidu je závislá na množství prekursoru obsaženého v dané potravíně a způsobu zpracování, kulinární úpravě. Prekursory jsou látky potřebné k vzniku dané sloučeniny. U akrylamidu jsou takovými prekursory glukóza a aminokyselina asparagin (Planeta věda, 2006).

Hlavním mechanismem tvorby akrylamidu v potravinách je tzv. Maillardova reakce (neenzymatické hnědnutí). Během pečení nebo smažení dochází k reakci mezi karbonylovou skupinou přítomnou v redukujícím cukru jako je glukóza a aminokyselinou asparagin (Macháčková, 2006).

Potraviny rostlinného původu bohaté na prekursory akrylamidu jsou převážně brambory a obiloviny (ječmen, rýže, pšenice), naopak potraviny živočišného původu (ryby, drůbeží a vepřové maso) obsahují jen velmi nízké koncentrace sloučeniny (Marková, 2007). Konkrétními potravinami s vysokým obsahem akrylamidu jsou tedy např. brambůrky, spálené toasty, hranolky, pečivo a káva (Planeta věda, 2006). Zvláštní pozornost je věnována právě bramborovým produktům jednak kvůli vysokým koncentracím látky a jednak kvůli konzumnímu poměru jako základní potravíně (Marková, 2007).

Na základě analýzy více než 100 různých vzorků potravin, kterou provedla švédská laboratoř Národního úřadu pro potraviny (NFA) v Uppsale a AnalyCen AB v Lidköpingu, bylo zjištěno, že obsah akrylamidu může v potravinách značně kolísat. Nicméně nejvyšší koncentrace byly zjišťovány pravidelně v brambůrkách (1000 µg/kg) a bramborových hranolcích (500 µg/kg). Mezi další potraviny s nízkým či vysokým obsahem patřily – křehký chléb, cereální snídaně, smažené bramborové výrobky, sušenky, přesnídávky, např. popcorn. Potraviny, které nejsou smažené, fritované nebo pečené, ale jsou syrové nebo vařené, neobsahovaly detekovatelná množství akrylamidu. Na základě šetření spotřeby potravin bylo zjištěno, že 36 % denního průměrného příjmu akrylamidu z potravy pocházelo z bramborových výrobků, 16 % z chleba, 5 % ze sušenek, 3 % z cereálních snídaní a 40 % z ostatních potravin. Byli uvažováni

konzumenti ve věku 17-70 let ve Švédsku na úrovni asi 40 µg/kg tělesné hmotnosti/den (Ruprich, 2002). Přesné výsledky této analýzy znázorňuje tabulka č. 1.

Tab. č. 1 *Výsledky analýzy různých skupin potravin na přítomnost akrylamidu v µg/kg.*

Skupina potravin	Počet vzorků	Průměr	min. – max
<i>brambůrky</i>	10	980	330-2300
<i>hranolky</i>	6	410	300-110
<i>sušenky a kreky</i>	11	280	<30-640
<i>křehký chléb</i>	21	160	<30-1900
<i>cereálie snídaňové</i>	15	160	<30-1400
<i>kukuřičné lupínky</i>	3	150	120-180
<i>měkké chleby</i>	21	50	<30-160
<i>další potraviny*</i>	9	40	<30-60

Zdroj: CHPŘ SZÚ

* pizza, palačinky, vafle, rybí prsty, masové kuličky, kousky kuřete, fritované ryby, vegetariánský řízek, zapečený květák

Autoři studií zdůrazňují, že doposud byly zkoumány pouze některé potraviny, u kterých se předpokládá, že obsahují akrylamid, a nelze tedy zatím říci, které skupiny potravin nejvíce přispívají k zátěži touto látkou. Důležitým faktem je i to, že v naměřených hladinách akrylamidu existují významné odchylky (SZPI, 2002).

Další problémem z hlediska vzniku akrylamidu v potravinách je kypřicí prášek. Existují výzkumy, řada publikací i průmyslových studií, které ukazují, že množství kypřícího prášku může množství škodliviny zvýšit třeba až o řád. Zjednodušeně je to proto, že právě tento prášek podporuje tvorbu určitého faktoru (dusíku) potřebného k výstavbě molekuly akrylamidu. K zamezení tohoto procesu se z dlouhodobého hlediska počítá s tím, že se prášek postupně nahradí látkou, která není riziková, nebo že se dané výrobky budou vyrábět jinými typy technologií (Planeta věda, 2006).

4.1.2.1 Situace v ČR

V rámci bezpečnosti a kontroly potravin probíhá pravidelně v ČR monitoring cizorodých látek. Obsah akrylamidu v potravinách je sledován od roku 2003. Na základě výsledků z minulých let, kdy byly zjišťovány nízké hladiny v předsmažených

bramborových výrobcích (krokety, hranolky), byla přítomnost sledována pouze ve smažených bramborových lupíncích. V roce 2006 se hladina akrylamidu u smažených bramborových lupínků pohybovala v rozmezí od 561 do 2550 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Průměrný obsah akrylamidu ve smažených lupíncích za sledované období 2003 - 2006 je 1187 mg/kg . U pekařských výrobků byly provedeny analýzy na přítomnost akrylamidu u vzorků chleba a krakerového pečiva. V případě chleba (s posypem olejnatých semen) nebyl akrylamid detekován. U krakerového pečiva se hladina akrylamidu pohybovala od 42 do 407 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Přítomnost akrylamidu v kávě byla sledována v letech 2003, 2005 a 2006. Průměrná hodnota v roce 2006 činila 341 $\mu\text{g}/\text{kg}$, nejvyšší zjištěná hodnota 463 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (SZPI, 2007).

4.1.3 Zdravotní rizika z expozice akrylamidu

Akrylamid je organická sloučenina nalezena v mnoha potravinových produktech našeho každodenního života. Jak už bylo řečeno, je považována za velmi nebezpečnou látku z hlediska perorální expozice a to kvůli jejím neurotoxickým a možným karcinogenním účinkům na lidský organismus (Macháčková, 2006).

Podle shrnutí IARC jsou dostatečné důkazy o karcinogenitě akrylamidu u zvířat, ale karcinogenita u lidí nebyla přesvědčivě prokázána. Proto je akrylamid zařazen do skupiny látek pro člověka pravděpodobně karcinogenní (Marková, 2007).

Podle toxikologických studií, kde byly použity vysoké dávky akrylamidu, bylo zjištěno, že nejnižší dávkou, která zvyšuje frekvenci mutací u myši je 25-50 mg/kg /tělesné hmotnosti. Současné studie v laboratořích NFA ve Švédsku ukázaly, že chromozomové aberace u myši byly způsobeny i 10 - 20 krát nižšími dávkami. U krys, kterým byl podáván akrylamid v pitné vodě, se objevila neurologická poškození. Nejnižší dávka tzv. the lowest effective dose byla 2 mg/kg /tělesné hmotnosti/den, nejvyšší tzv. no-effect dose, neboli dávka, která nevyvolává žádné účinky, byla 0,5 mg/kg /tělesné hmotnosti/den (SZPI, 2002).

Na základě informací EPA, WHO a NFA lze konstatovat, že expozice akrylamidu zvyšuje počet nádorů v různých orgánech zvířat. Po expozici látce v pitné vodě se u potkanů staly specifickými orgány pro výskyt nádorů mléčná žláza, děloha, nadledvina,

skrotální mesothelium a u myši to byly především nádory plic a kůže. Genotoxické údaje ukazují, že látka nemá zjistitelný prahový účinek při zvyšování rizika nádorového onemocnění.

Z hlediska stanovení karcinogenity akrylamidu existují odlišné závěry různých institucí v závislosti na použitém matematickém modelu. Při expoziční dávce 1 µg/kg tělesné hmotnosti/den po dobu celého života lze očekávat pravděpodobnost zvýšení počtu nádorových onemocnění následovně: podle EPA je to 4.5 / 1000 a WHO uvádí 0.7 / 1000 (Ruprich, 2002).

I přes nejrozumnější závěry a odhady vědců doposud nejsou známy žádné statistické odchylky od průměru, tudíž neexistují fakta podporující hypotézu vzniku rakoviny. Všeobecným pozorováním úmrtnosti na všechny typy rakoviny bylo zjištěno 11 zemřelých oproti 7,9 očekávaných u pracovníků s předchozím vystavením organickým barvivům. Studie však nepotvrzují vztah mezi vystavením akrylamidu a celkové úmrtnosti nebo vzniku rakoviny (Marková, 2007).

4.1.4 Eliminace obsahu akrylamidu v potravinách a doporučení pro konzumenty

Již od samotného počátku, kdy byl světu akrylamid představen poprvé, jsou prováděny nejrozumnější výzkumy zaměřeny především na objasnění mechanismu vzniku a snížení obsahu akrylamidu v potravinách.

Znalosti právě mechanismu vzniku a také různé metody analýzy usnadňují studie účinků faktorů na vznik a eliminaci akrylamidu v potravinách. Studie prokazatelných účinků lze následně využívat při výrobě a zpracování potravin za účelem snížení obsahu akrylamidu, čímž by se snížila i možná zdravotní rizika pro spotřebitele spojená se zvýšeným příjmem akrylamidu potravou a v neposlední řadě také nesprávnými stravovacími návyky. Mezi eliminační faktory patří například čas, teplota (např. u brambor), obsah vody, pH a další (Marková, 2007).

Současný výzkum indikuje také některá jednoduchá opatření k redukci expozice konzumentů akrylamidu. Například kouření je zdroj akrylamidu, proto je vhodné se mu vyhýbat. Více akrylamidu vzniká při vyšší teplotě, při smažení, fritování, pečení, grilování, proto je doporučováno vyhýbat se těmto způsobům úpravy potravin a

preferovat vaření potravin, které je výhodné i z hlediska nutričního. Ve vařených potravinách akrylamid nalezen nebyl. Ke změně stravovacích zvyklostí se řadí konzumace potravin s vysokým obsahem vlákniny, tedy ovoce a zeleniny, cereálií a redukce spotřeby tučných potravin jako jsou hranolky a brambůrky.

Klíčovými hráči v eliminaci nebezpečí expozice akrylamidu jsou výrobci potravin. Současné znalosti říkají, že akrylamid je produkován v potravinách bohatých na uhlohydráty při vystavení vysoké teplotě (Ruprich, 2002). Další výzkum mechanismu vzniku může být nápomocný k nalezení nových technologií výroby, které povedou ke kvalitním výrobkům ve smyslu sensorické jakosti, ale i jejich bezpečnosti (snížení produkce látky) (Planeta věda, 2006). Výrobcům je tedy doporučeno studovat obsah akrylamidu v jejich potravinách a zahájit výzkum jak redukovat jeho obsah na co nejnižší míru (Ruprich, 2002).

4.1.5 Legislativa

Vzhledem k tomu, že zatím nebyly zkompletovány vědecké poznatky, neexistuje v České Republice legislativa stanovující hygienické limity akrylamidu v potravinách. Dosud se předpokládalo, že hlavním zdrojem akrylamidu pro populaci je pitná voda a kouření.

Dle **vyhlášky MZ ČR 283/2003 Sb.**, kterou se stanoví práce a pracovní prostředí, které jsou zakázané všem ženám, těhotným ženám, matkám do konce devátého měsíce po porodu a mladistvým, je akrylamid zařazen mezi látky mutagenní a do seznamu karcinogenů 2. skupiny.

Vyhláška MZ ČR 252/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly a **Směrnice Rady 98/83/ES** o jakosti vody určené k lidské spotřebě vyžadují monitorování akrylamidu a nápravná opatření nebo omezení užívání v případě jeho možného výskytu uvolněním z materiálů (např. z rozvodového potrubí) a předmětů sloužících k úpravě a distribuci pitné vody. Akrylamid je zařazen mezi fyzikální a chemické ukazatele zdravotně významné – organické. Stanovený limit neboli nejvyšší mezní hodnota akrylamidu v pitné vodě a balené pitné vodě je 0,1 µg/litr.

MUDr. František Kožíšek z Národního referenčního centra pro pitnou vodu (Státní zdravotní ústav Praha) v komentáři k vyhlášce uvádí, že akrylamid má uveden limit v pitné vodě (0,1 µg /l), v budoucnu by se však jeho obsah ve vodě neměl stanovovat (analyzovat), ale kontrolovat prostřednictvím materiálů, které mohou být jejich zdrojem v pitné vodě (SZPI, 2002).

Vyhláška MZ ČR 38/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy uvádí akrylamid na seznamu povolených monomerů a jiných výchozích látek, které mohou být použity při výrobě výrobků z plastu.

Komise evropských společenství vydalo 3. května 2007 doporučení č. **2007/331/ES** o monitorování množství akrylamidu v potravinách. Tímto doporučením Komise žádá, aby členské státy každoročně v letech 2007, 2008 a 2009, v souladu s ustanovením přílohy I, vykonávaly monitorování akrylamidu v potravinách podle této přílohy (Komise ES, 2007).

4.2 *Dusičnany, dusitany*

Problematika dusičnanů v rostlinách a jejich negativního působení na organismus člověka i zvířat začala nabývat na významu v 60. až 80. letech minulého století. Souviselo to se vzrůstající intenzifikací zemědělství, zvýšeným používáním agrochemikálií a také s novými poznatky o možných negativních účincích na zdraví člověka při vzniku nitrosaminů (Prugar a kol., 2008).

Dusičnany a dusitany jsou přirozenou složkou životního prostředí (Velíšek, 2002). Jako součást koloběhu dusíku v přírodě jsou přítomny v půdě, ve vodě, v poživatinách rostlinného a živočišného původu, mohou být obsaženy i ve vzduchu a v atmosféře. Jako produkt metabolismu jsou přirozenou součástí rostlin (Míča, Vokál, Penk, 1991).

Dusičnany, neboli nitráty, jsou kyslíkaté, vysoce rozpustné sloučeniny dusíku významné pro výživu rostlin (Prugar a kol., 2008). Dusík se do půdy dostává z posklizňových zbytků, ze zeleného hnojení nebo průmyslových hnojiv (amonných solí a dusičnanů). Amonné ionty se pak v půdě zadržují sorpčními schopnostmi půdy a dusičnanový dusík se naopak z půdy lehce vyplavuje, a tím může způsobit kontaminaci vody (Velíšek, 2002). Dusičnany se pak v půdě tvoří díky činnosti mikroorganismů přes amonné sloučeniny z organické hmoty a jsou v této formě přijímány rostlinami (Prugar a kol., 2008).

4.2.1 *Dusičnany a dusitany v potravinách*

Dusičnany, jako součást koloběhu dusíku v přírodě, jsou přítomny u řady potravin rostlinného i živočišného původu. Mohou se do nich dostávat z různých zdrojů. Do potravin rostlinného původu se dostávají z půdy a do potravin živočišného původu z krmiv, nebo do nich jsou přidávány záměrně jako potravinářská aditiva na zlepšení sensorické hodnoty finálních výrobků (Velíšek, 2002).

4.2.1.1 *Potraviny rostlinného původu*

Dusičnany jsou velmi důležitým zdrojem dusíku pro všechny rostliny, které nemají možnost fixace vzdušného dusíku (Matula, 1977). Jejich obsah v rostlině je dán poměrem mezi hodnotami jejich příjmu z prostředí a intenzitou jejich redukce v rostlině samotné (Prugar, Hadačová; 1994). Dusík z prostředí pro rostliny obstarává jednak

zemědělství prostřednictvím organických a průmyslových hnojiv, a jednak je má rostlina k dispozici z půdní zásoby, z dešťových srážek, ze závlahové vody, vzdušných imisí atd. (Míča, Vokál, Penk; 1991). Právě výživa rostlin hnojením je jedním z nejzávažnějších faktorů, který ovlivňuje hromadění dusičnanů v rostlinách a následně jejich zvýšená koncentrace je většinou příčinou nadměrné nabídky dusíku v půdním prostředí (Prugar a kol., 2008).

Dusičnany se v rostlinách akumulují v době, kdy dusík nemůže být rostlinou využíván, tzn. v době, kdy rostlina neredukuje dusičnany na snadněji asimilovatelné formy amonných solí. K tomuto stavu dochází působením nevyhovujících teplotních, vlhkostních nebo světelných podmínek, které zapříčiňují nedostatek uhlikatých sloučenin nezbytných pro přeměnu nahromaděných dusičnanů na aminokyseliny a v konečné fázi na bílkoviny (Velíšek, 2002). Příčinou může být také nadbytek nebo naopak nedostatek některé živiny i některého ze stopových prvků. V souvislosti s tím lze říci, že nadměrný obsah dusičnanů se dá současně považovat i za určitý indikátor zdravotního stavu rostliny, kdy vyšší koncentrace dusičnanů netypická pro daný druh signalizuje, že podmínky, za kterých rostlina vegetuje, se vzdalují od optima (Prugar a kol., 2008).

Mnoho výzkumných pramenů připisuje největší hromadění dusičnanů zelenině pěstované v zimních měsících ve sklenících (tzn. za podmínek nízké intenzity osvětlení a krátkého dne) (Matula, 1977).

Protože jednotlivé druhy plodin akumulují dusičnany v různém množství, můžeme si naše jednotlivé zeleniny a okopaniny rozdělit zhruba do tří kategorií:

Plodiny s vysokým obsahem dusičnanů $>1000 \text{ mg.kg}^{-1}$, kam náleží listové, kořenové, košťálové, ale i cibulové zeleniny (pěstované při vyšším obsahu přístupných N-živin v půdě a při nedostatku slunečního svitu) jako jsou: hlávkový a listový salát, špenát, mangold, štěrbák (endivie), rukola, řepa salátová, ředkvička, ředkev (bílá i černá), zelí čínské, zelí pekingské, kedluben, celer řapíkatý, reveň (rebarbora), řeřicha zahradní, fenykl sladký, kopr, kozlíček polníček, šrucha (portulák).

Plodiny se středním obsahem dusičnanů $250-1000 \text{ mg.kg}^{-1}$, mezi které patří zelí hlávkové (bílá a červená), kapusta hlávková, kadeřávek květák, pór, lilek, mrkev, celer,

petržel, pastinák, okurky salátové rychlené, okurky nakládačky, meloun cukrový a vodní, tykev (obecná a velkoplodá), patizon, cuketa, brokolice, pažitka, česnek, čekanka, tuřín, vodnice, křen, fazol zahradní, brambory. Jsou sem zařazeny i některé plodové zeleniny, které byly pěstovány při vyšším obsahu přístupných N-živin v půdě a při nedostatku světla.

Plodiny s nízkým obsahem dusičnanů <math><250 \text{ mg.kg}^{-1}</math>, kam se zařazují plodové zeleniny pěstované v polních podmínkách, hlavně v letním období jako jsou: kapusta růžičková, cibule, paprika, rajče, hrách zahradní, artyčok, chřest, černý kořen (lidově též hadí mord), okurky, kukuřice cukrová, kozí brada (Prugar a kol., 2008).

Obsah dusičnanů v jednotlivých plodinách může vlivem vegetačních podmínek kolísat v širokém rozmezí (až stovek procent), proto je takové dělení pouze pomocné (Velíšek, 2002).

V tabulce č. 2 lze vidět, jaké množství dusičnanů bylo naměřeno v potravním řetězci města Plzně za rok 2005 - 2007.

*Tab. č. 2: Naměřené obsahy dusičnanů v zelenině a bramborách v letech 2005 – 2007
v mg NO₃/kg*

Druh zeleniny	celkem vzorků	2005	2006	2007
<i>Brambory pozdní</i>	29	166,4	189,9	269,7
<i>Brambory rané</i>	19	137,3	218,1	213
<i>Kedluben</i>	44	1296,4	1149,6	695,3
<i>Květák</i>	38	122,9	73,3	60,3
<i>Karotka</i>	46	140,9	152	116,5
<i>Okurka</i>	46	168,2	112,7	68
<i>Paprika</i>	47	145,6	105	81
<i>Petržel</i>	26	129,9	613,9	470,3
<i>Pór</i>	43	403,5	438,2	913,3
<i>Rajče</i>	46	80,6	85,9	47
<i>Ředkvička</i>	45	1379,1	1393,6	1754
<i>Řepa</i>	27	2415,9	1140,3	1499
<i>Salát ledový</i>	38	1306,3	1087,3	1227,8
<i>Zelí bílé</i>	45	599,3	207,4	129,8

Zdroj: Benedíková, 2007 (Diplomová práce)

Nejvyšší hodnoty dusičnanů obsahovala řepa (v průměru 1685,1 mg/kg), ředkvičky (průměrně 1508,9 mg/kg), ledový salát (průměrně 1207,1 mg/kg) a kedluben (v průměru 1047,1 mg/kg). Naopak nejnižší obsah byl analyzován v rajčatech, kvěťáku, paprice a okurce, kde se průměrná hodnota pohybovala mezi 71,2 – 116,3 mg/kg.

V ovoci se nitráty objevují ve srovnání se zeleninou většinou jen v zanedbatelném množství. Vyšší koncentrace bývají čas od času nacházeny pouze v melounech, banánech a v citrusovém ovoci (Prugar a kol., 2008).

4.2.1.2 Potraviny živočišného původu

V živočišných tkáních je obsah nitrátů ve srovnání s rostlinnými pletivy velmi nízký. Výjimkou jsou pouze některé potraviny, jako např. šunky a některé další uzeniny, do kterých byly dusičnany nebo dusitany použity jako látky aditivní (Velíšek, 2002).

Dusitany jako aditiva se v potravinách používají z důvodů sensorických a protektivních. Aby se zajistilo stálé růžové zbarvení některých masných výrobků (např. nakládaná masa) (Komprda, 1997) a současně se zabránilo růstu mikroorganismů *Clostridium botulinum*, jsou přidávány dusitany nebo dusičnany spolu s chloridem sodným. Účinnost závisí na pH prostředí, protože je úměrná koncentraci kyseliny dusité (HNO_2).

Přidávky dusičnanů jsou někdy používány také při výrobě tvrdých sýrů, neboť brání jejich nežádoucímu duření během zrání (Velíšek, 2002).

4.2.2 Spotřeba zeleniny a brambor v ČR

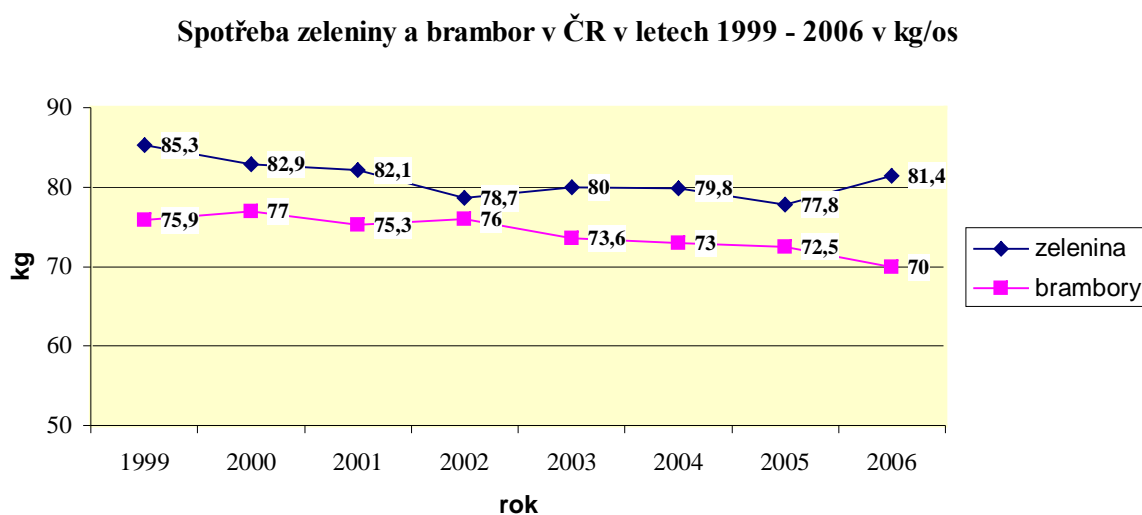
Hlavní zdroje dusičnanů pro člověka představuje především zelenina a brambory (Velíšek, 2002). I přes to, že brambory jsou v porovnání s jinými potravinami rostlinného původu z hlediska obsahu dusičnanů relativně příznivé (0 – 300 mg NaNO_3), je nutno vzhledem k objemu jejich konzumu brát v úvahu i podíl dusičnanů, které brambory v denní dávce zaujímají (Míča, Vokál, Penk; 1991). Ve výživové pyramidě sestavené odborníky na výživu zaujímají brambory úlohu příloh, stejně jako těstoviny nebo rýže. Z nutričního hlediska se tedy neřadí mezi běžnou zeleninu.

Zeleniny jsou plodiny, které nejsou energeticky bohaté, za to jsou však nositelem látek nezbytných pro lidské zdraví – vitamínů, minerálů, vlákniny, aromatických, léčivých a dalších složek (Pekárková, 2000). Za ideální množství konzumované zeleniny je považováno 120-130 kg/os./rok, přičemž minimum by nemělo klesnout pod 90 kg/os./rok (Hlušek, 1996).

Otázkou spotřeby zeleniny a ovoce se kromě jiných zabývá také Společnost pro výživu (SPV). Tato společnost byla založena v prosinci 1945 jako občanské sdružení odborníků a pracovníků v oboru lidské výživy. Podle jejich doporučení by měl denní příjem zeleniny a ovoce dosahovat až 600 g, včetně zeleniny tepelně upravené, přičemž poměr zeleniny a ovoce by měl být cca 2:1 (Dostálová, Hrubý, Turek; 2004).

Na grafu č. 1 je vidět vývoj spotřeby zeleniny a brambor v ČR v letech 1993 až 2006.

Graf č. 1: Vývoj roční spotřeby zeleniny a brambor v letech 1999 – 2006 v kg na jednoho obyvatele ČR



Zdroj: ČSÚ

Z grafu je dobře patrné mírné zvýšení průměrné spotřeby zeleniny v roce 2003 a následný výraznější pokles v roce 2005 o 2 kg/os./rok. V roce 2006 došlo opět k obratu a průměrná spotřeba se vyšplhala na hodnotu 81,4 kg/os. což je o 3,6 kg/os. více než

v roce 2005. Největší nárůst spotřeby byl zpozorován např. u rajčat, okurek (salátových i nakládaček), cibule, zelí nebo kedluben. Naproti tomu ve spotřebě melounů, kapusty, špenátu nebo mrkve došlo k mírnějšímu poklesu.

Průměrná spotřeba brambor za rok 2006 je 70,0 kg/os./rok, což je o 7 kg/os./rok méně než dosahovala hodnota v roce 2000 (ČSÚ, 2007). Příčinou může být jednak poměrně výrazné zvýšení ceny a paradoxně i rozšířená nabídka výrobků z brambor, kde dochází k podstatnému snížení ztrát ve finálním konzumu (Štiková, 2004).

Vývoj roční spotřeby jednotlivých druhů zeleniny na jednoho obyvatele ČR v číslech je zachycen v tabulce č. 9.1., která je součástí příloh.

4.2.3 Limitování obsahu dusičnanů v zelenině

Problematika dusičnanů je předmětem soustředěného zájmu především u zeleniny a konzumních brambor. Konzumací zeleniny a brambor přijímá člověk zhruba 70 % z celkového příjmu dusičnanů. Z těchto důvodů je zde obsah dusičnanů stejně jako i v jiných poživatinách limitován (Míča, Vokál, Penk; 1991).

Limitní hodnoty pro dusičnany v zelenině vycházejí z ADI (přijatelná denní dávka). Vědecký výbor pro potraviny (SCF) uvedl, že celkový denní příjem dusičnanů je obvykle výrazně nižší než hodnota ADI stanovená na 3,65 mg/kg tělesné hmotnosti (Komise ES, 2006). ADI se nedoporučuje používat pro děti do 3 měsíců věku (Ruprich, 2003).

Současná evropská legislativa uvádí maximální přípustná množství pouze v některých listových zeleninách a dětské výživě. Konkrétně se jedná o **Nařízení Komise (ES) 1881/2006** (viz. tab. 9.2 v přílohách). V tomto předpisu je také uvedeno, že v některých členských státech je z důvodu klimatických podmínek obtížné zajistit, aby maximální limity pro čerstvý salát a čerstvý špenát nebyly překročeny. Tyto státy by pak měly mít možnost na přechodné období povolit uvádění čerstvého hlávkového salátu a čerstvého špenátu vypěstovaného a určeného ke spotřebě na jejich území na trh, i když obsah dusičnanů překračuje maximální stanovené limity. Producenti salátu a špenátu ve členských státech, vydávající toto povolení, by se měli snažit postupně

upravovat své pěstitelské metody podle správné zemědělské praxe doporučené na vnitrostátní úrovni (Komise ES, 2006).

Přípustná množství dalších druhů zeleniny a brambor byla uvedena v dříve platné vyhlášce Ministerstva zdravotnictví 53/2002 Sb., konkrétně v příloze č. 2 této vyhlášky.

4.2.4 Zdravotní hlediska působení dusičnanů a dusitanů v lidském organismu

Člověku se dusičnany dostávají orálně s potravou a v mnohých případech i s pitnou vodou z místních zdrojů (Prugar a kol., 2008).

Dusičnany nejsou v běžných koncentracích pro dospělé jedince nebezpečné pro jejich relativně rychlé vylučování z organismu močí. Dusičnany přijaté potravou se asi z 80 % (u starších lidí z 50 %) vylučují za 4 až 12 hodin, zbytek jich zůstává v organismu.

Samotná přítomnost dusičnanů v potravinách však ještě zdravotní rizika pro organismus neznamená (Velíšek, 2002). Jejich přímé negativní důsledky nejsou prokázány (Míča, Vokál, Penk; 1991). Potenciální toxicita vyplývá až z možnosti jejich redukce na dusitany (Velíšek, 2002). Tuto redukci zprostředkovává enzym nitrátreduktasa, kterou produkují některé běžné, většinou neškodné, mikroorganismy přítomné jednak v potravinách, jednak ve střevní mikroflóře člověka (Prugar a kol., 2008). Exogenní redukce nastává např. při dopravě, skladování i zpracování rostlinných surovin s vyšším obsahem dusičnanů. K endogenní redukci na dusitany dochází již v dutině ústní (až 65 % celkového obsahu dusitanů), a to jak u dětí, tak u dospělých (Velíšek, 2002). Takto vzniklé dusitany již lze považovat za toxické a tím i zdraví škodlivé látky.

Dusitany se v lidském organismu mohou spojit s iontem železa krevního barviva hemoglobinu, kde se oxidací iontu Fe^{2+} na Fe^{3+} vytvoří forma hemoglobinu, která není schopna vázat kyslík. Tímto krev ztrácí schopnost přenášet kyslík tkáním, a tak dochází ke vzniku methemoglobinemie (Míča, Vokál, Penk, 1991). U zdravého dospělého člověka se tento stav rychle likviduje pomocí reductázy červených krvinek, která methemoglobin převádí zpět na hemoglobin. Množství methemoglobinu za normálního fyziologického stavu činí asi 2 %.

Methemoglobinemie představuje životní riziko především pro kojence do 2-4 měsíců jejich života. Ti v tomto období ještě nemají dostatečně vyvinutý příslušný enzymový systém. Mohou se u nich vyskytovat a množit i nepatogenní mikroorganismy, které redukují přijaté dusičnany na dusitany dříve než se dusičnany stačí resorbovat. Mimo to v jejich krvi doposud převládá tzv. plodový hemoglobin (F hemoglobin), přenesený z matčina těla, který se snadněji oxiduje dusitany než hemoglobin dospělých (hemoglobin A) (Prugar a kol., 2008; Velíšek, 2002).

Vnější projevem methemoglobinemie je šedomodré až modrofialové zbarvení sliznic, pokožky a okrajových částí těla, bolestmi hlavy, poklesem krevního tlaku, bušením srdce, zhoršením dýchání až ztrátou vědomí (Míča, Vokál, Penk, 1991). První symptomy se objevují při koncentraci 6-7 % methemoglobinu v krvi. Z těchto důvodů jsou pro obsah dusičnanů a dusitanů přítomných v kojenecké vodě a stravě určené pro dětskou výživu stanoveny limity (Velíšek, 2002).

Dalším závažným rizikem, které je spojeno s expozicí člověka dusičnanům a dusitanům je vznik nitrosaminů. Jsou to sloučeniny řadící se do početné skupiny látek charakteristických obsahem skupiny $>N-N=O$ v molekule a s karcinogenními, mutagenními a teratogenními účinky na organismus. Nejběžnějším a zároveň nejtoxičtějším těkavým nitrosaminem je N-nitrosodimethylamin. Samotné nitrosaminy se v zemědělských produktech nevyskytují, mohou však za určitých podmínek vznikat z prekurzorů, kterými jsou dusitany a sekundární či terciární aminy.

Dusičnan se v lidském organismu může redukovat na dusitan i po relativně dlouhém časovém úseku po jeho přijetí potravou. Orálně přijatý dusičnan se již v ústní dutině působením přítomné mikroflóry částečně redukuje na dusitan a ten spolu s nezredukovaným dusičnanem přichází do žaludku. Tam se dusitan buď mění na nitrosaminy, nebo je detoxikován. Dusičnany s nezreagovanými dusitany se pak resorbují v horní části střevního traktu a dostávají se do krevního oběhu. Dusitan se tu váže na krevní barvivo za vzniku nitrosohemoglobinu a je tím vyřazen z možnosti dalších reakcí. Dusičnan cirkuluje v organismu. Velká část je prostřednictvím ledvin vyloučena močí (asi 75 %) a zbývající čtvrtina se znovu vylučuje do žaludku. Prostřednictvím krevního oběhu a slinných žláz se znovu dostává zpět do ústní dutiny,

čímž proces začíná znovu. Problematika tvorby nitrosaminů je nadále předmětem studií významných evropských a světových výzkumných pracovišť (Prugar a kol., 2008).

4.2.5 Faktory ovlivňující obsah dusičnanů a dusitanů v potravinách

K faktorům, které přímo nebo nepřímo ovlivňují obsah dusičnanů v potravinách a pokrmech z nich vyráběných, patří vedle biologických a genetických vlastností plodin, světelných, vlhkostních a tepelných podmínek, půdních podmínek, vlivů organického a minerálního hnojení také způsob potravinářského a kuchyňského zpracování (Míča, Vokál, Penk; 1991). Vařením je údajně možné snížit obsah dusičnanů o 13 – 57 % a obsah dusitanů o 48 – 59 %. Nežádoucí je také následné skladování kulinárně upravené zeleniny, neboť obsah dusitanů při něm stoupá až několikanásobně (Komprda, 1997).

4.2.6 Možnosti ochrany před nepříznivým působením dusičnanů a dusitanů na lidský organismus

Jednou z možných cest, jak snížit riziko nepříznivých účinků většího množství dusičnanů je příjem dostatečného množství ochranných faktorů. Je dokázáno, že kyselina askorbová účinně brání redukci dusičnanů na dusitany (Komprda, 1997). Její pravidelný přísun dokáže významně potlačit proces tvorby nitrosaminů. Kromě vitamínu C existují i další látky, které mají podobně příznivé účinky. Mohou to být např. některé další vitamíny (karoteny, tokoferoly), pektiny a ostatní polysacharidy typu vlákniny, flavonolové látky, některé minerály atd. (Prugar a kol, 2008).

Další možností jak eliminovat nepříznivé působení nitrosaminů a obecně i dusičnanů a dusitanů je omezení příjmu potravin s jejich vysokým obsahem. Z potravin jsou z hlediska obsahu nitrosaminů, kromě zeleniny a brambor, nejvíce rizikové také nakládaná masa (šunka, uzeniny), ryby (zvláště nakládané), mléko a mléčné výrobky, tmavá piva se sladem přímo sušeným spaliny (Kolář, 1989).

5. Diskuse

V práci jsem se věnovala problematice cizorodých látek chemické povahy v potravinách, podrobně potom dusičnanům a dusitanům a akrylamidu.

Na základě informací získaných z různých literárních a internetových zdrojů jsem zjistila, že akrylamid je látka vznikající v potravinách v průběhu jejich zpracování, a to vlivem působení teplot vyšších jak 120 °C, tedy při smažení, pečení nebo fritování. Na základě analýzy několika různých skupin potravin, kterou provedla švédská laboratoř NFA, bylo zjištěno, že nejvyšší množství akrylamidu obsahují smažené bramborové lupínky a naopak nejnižší množství bylo nalezeno v potravinách jako je pizza, maso (kuřecí, vepřové), ryby nebo zelenina – vše již po určité kulinární úpravě (Ruprich, 2002). Dusičnany a dusitany se do naší stravy mohou dostávat z několika zdrojů. Jednak úmyslně jako potravinová aditiva a jednak v důsledku intenzifikace zemědělské výroby jako kontaminanty potravin rostlinného původu, nebo z krmiv do potravin živočišného původu. Podle Benedíkové (2007), která provedla analýzu různých druhů zeleniny bylo zjištěno, že nejvyšší hodnoty dusičnanů obsahují řepa, ředkvičky, ledový salát a kedluben. Naproti tomu nejnižší obsah byl analyzován v rajčatech, květáku, paprice a okurce. Podle Prugara (2008) je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující hromadění dusičnanů v rostlinách již hnojení. Mezi další důležité faktory jsou pak řazeny například nevyhovující světelné, vlhkostní, či tepelné podmínky v průběhu růstu a zrání rostlin a v neposlední řadě též nevhodné uchování již zpracovaných potravin.

Předpokládaná hypotéza č. 1, která zní: „*Ke kontaminaci potravin dochází již při zemědělské produkci a dále pak při zpracování a skladování*“, se výše zmíněnými poznatky potvrdila zejména u dusičnanů a dusitanů, kde ke kontaminaci skutečně dochází již při zemědělské produkci a při skladování kulinárně upravené zeleniny stoupá obsah dusitanů až několikanásobně (Komprda, 1997). V případě akrylamidu lze říci, že hypotéza byla potvrzena částečně, protože ke vzniku látky dochází až při tepelném zpracování a její obsah se již při skladování nijak nezvyšuje.

Hypotéza č. 2 předpokládá, že *k druhotné kontaminaci cizorodými látkami může docházet i při kuchyňské úpravě*. Jak už jsem zmínila, akrylamid vzniká v potravinách bohatých na redukující cukry při teplotách vyšších jak 120 °C. Naopak obsah dusičnanů, respektive dusitanů v potravině lze určitou kulinární úpravou potravin do jisté míry ovlivnit. Podle Komprdy (1997) je vařením možno snížit obsah dusičnanů o 13 – 57 % a obsah dusitanů až o 48 – 59 %. Hypotéza č. 2 je tedy potvrzena pouze v případě akrylamidu. Zjištění o snižování obsahu dusičnanů a dusitanů při kuchyňské úpravě tuto hypotézu vyvrací a svědčí o pravém opaku.

Hypotéza č. 3 zní: *„Dlouhodobá nebo častá konzumace malých množství škodlivých látek obsažených v potravinách může být příčinou poškození zdraví konzumenta“*.

Jak akrylamid, tak dusičnany a dusitany nesporně přinášejí určitá zdravotní rizika konzumentům.

V případě akrylamidu se jedná zejména o jeho mutagenní, neurotoxický a možný karcinogenní účinek na organismus. Závěry různých institucí se z hlediska stanovení karcinogenity akrylamidu poněkud liší. Ruprich (2002) uvádí, že při expoziční dávce 1 µg/kg tělesné hmotnosti/den, po dobu celého života, lze očekávat pravděpodobnost zvýšení počtu nádorových onemocnění následovně: podle EPA je to 4.5 / 1000 a podle WHO 0.7 / 1000. I přes nejrůznější závěry a odhady vědců však doposud nejsou známy žádné statistické odchylky od průměru, tudíž neexistují fakta podporující hypotézu vzniku rakoviny. Z tohoto důvodu lze říci, že hypotéza č. 3 nebyla ani potvrzena ani vyvrácena. Škodlivý účinek expozice akrylamidu v potravinách existuje, avšak zatím nemá dostatečný vědecký podklad.

Dusičnany samy o sobě zdravotní rizika neznamenají. Jejich nebezpečnost se skrývá až v jeho možné redukci na dusitany, které mohou být příčinou nemoci methemoglobinemie. V tomto případě nelze mluvit o poškození zdraví v důsledku kumulace dusitanů v organismu, protože u dospělého člověka je nebezpečí vzniku methemoglobinemi rychle likvidováno obranným enzymovým oxiredukčním systémem. Nebezpečné jsou dusitany zejména pro novorozence asi do 4 měsíců věku, kteří tento systém zatím nemají dostatečně vyvinutý a v jejich krvi ještě převládá na dusitany

citlivější hemoglobin přenesený z matčina těla (Prugar a kol., 2008). Z těchto důvodů se nedá mluvit o poškození zdraví v důsledku dlouhodobé konzumace potravin s vysokým obsahem dusičnanů, ale pouze za dočasnou citlivost organismu na účinky dusitanů. Dusitany v organismu ale mohou procházet ještě dalšími změnami, při kterých vznikají mnohem nebezpečnější látky, nitrosaminy. Ty představují hrozbu z důvodu jejich karcinogenního, mutagenního a teratogenního účinku na každého člověka bez rozdílu věku. Z hlediska dlouhodobé konzumace potravin s vysokým obsahem dusičnanů je toto mnohem významnější a lze tedy říci, že i třetí hypotéza je tímto potvrzena.

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo poukázat na problematiku cizorodých látek chemické povahy vyskytujících se v potravinách a na zdravotní rizika plynoucí z expozice těmto látkám. Z větší části jsem se pak zaměřila na akrylamid a na dusičnany a dusitany.

Z výsledků vyplývá, že akrylamid je nebezpečná látka, vyskytující se prakticky v našem každodenním životě. Je třeba jí věnovat větší pozornost a to především z řad konzumentů. Vědecké výzkumy zatím nedošly k 100 % závěru z hlediska jeho karcinogenity, ale právě z toho důvodu je větší opatrnost na místě. Pro běžné spotřebitele platí doporučení formou snížení konzumace připálených pokrmů a to především topinek, brambor nebo sušenek.

Dusičnany a dusitany jsou na žebříčku nebezpečnosti o něco níže než akrylamid. Je to způsobeno kromě jiného také právní úpravou, která stanovuje maximální limity obsahu dusičnanů v určitých potravinách. I přes to však nelze říci, že by význam těchto látek mohl být nějakým způsobem zlehčován. Stejně jako u akrylamidu je důležité dbát na výběr potravin a také na dostatečný příjem tzv. látek ochranných, které do určité míry eliminují zdravotní rizika.

Obecně lze říci, že základním předpokladem pro řešení problematiky kontaminujících látek v poživatinách je zlepšení úrovně znečištění prostředí a důsledné dodržování principů dobré technologické praxe při výrobě poživatin.

Myslím, že cíl stanovený pro tuto bakalářskou práci byl splněn.

7. Seznam použité literatury

- 1) BALETKOVÁ, Lenka. *Cizorodé látky v potravinách a rizika spojená s jejich konzumací: bakalářská práce*. Brno. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. 2006. 60 s., 3 příl. Vedoucí bakalářské práce MVDr. Leoš Landa Ph.D.
- 2) BENEDÍKOVÁ, Petra. *Sledování a vyhodnocení obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítí města Plzně: diplomová práce*. České Budějovice. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. 2007. 69 s., 8 příl. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Suchý, Ph.D.
- 3) CIBULKA, Jiří. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře*. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy ČR, 1986. 157 s. ISBN 04-815-83.
- 4) CREMLYN, Richard. *Pesticidy*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1985. 244 s. ISBN 04-625-85.
- 5) DAVÍDEK, Jiří; JANÍČEK, Gustav; POKORNÝ, Jan. *Chemie potravin*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1983. 632 s. ISBN 04-815-83.
- 6) DAVÍDEK, Jiří; HAJŠLOVÁ, Jana; POKORNÝ, Jan; VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Praha: VŠCHT, 1991. 142 s. ISBN 80-7080-097-6.
- 7) DOSTÁLOVÁ, Jana; HRUBÝ, Stanislav; TUREK, Bohumil. *Výživová doporučení pro obyvatelstvo ČR* [online]. Praha: Společnost pro potraviny, 2004 [cit. 2008-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.czso.cz/csu/2007edicniplan.nsf/p/3004-07>>.
- 8) DOUCHA, Martin. *Sledování a srovnání obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny produkovaných malovýrobcem a distribuovaných obchodní sítí ve zvoleném regionu: diplomová práce*. České Budějovice. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. 2003. 82 s., 5 příl. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Suchý, Ph.D.
- 9) HLUŠEK, Jaroslav. *Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur*. Praha : Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1996. 48 s. ISBN 80-7105-111-X.
- 10) KOLÁŘ, Ladislav. Úvod. In *Sborník referátů z odborné akce: Nitráty a nitrosaminy v potravním řetězci*. Závodní pobočka ČSVTS v Jihočeském biologickém centru ČSAV. České Budějovice, 1989. s. 1-3.

- 11) KOMPRDA, Tomáš. *Hygiena potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1997. 180 s. ISBN 80-7157-276-4.
- 12) KOMPRDA, Tomáš. *Obecná hygiena potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 148 s. ISBN 80-7157-757.
- 13) LEDEREROVÁ, Vlastislava. Polycyklické aromatické uhlovodíky v jablkách pěstovaných v oblastech s různou úrovní znečištění ovzduší. *Hygiena, časopis pro ochranu a podporu zdraví*, 1998, roč. 43, č. 3, s. 154 – 161. ISSN 1210-7840.
- 14) MACHÁČKOVÁ, Kristýna. *Akrylamid v potravinách a možnosti jeho stanovení: bakalářská práce*. Brno. VUT Fakulta chemická. 2006. 50 s. Vedoucí bakalářské práce prof. RNDr. Emanuel Šucman, CSc.
- 15) MARKOVÁ, Lucie. *Analytické postupy stanovení obsahu akrylamidu v potravinách: bakalářská práce*. Brno. VUT Fakulta chemická. 2007. 78 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Peter Šimko, DrSc.
- 16) MATULA, Jiří. *Výživa rostlin*. Praha: Institut výchovy a vzdělání MZVŽ ČSR v Praze, 1977. 181 s.
- 17) MÍČA, Bohumil; VOKÁL, Bohumil; PENK, Jan. *Dusičnany v bramborách a možnosti snížení jejich obsahu*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 1991. 75s. ISBN 80-7084-039-0.
- 18) PEKÁRKOVÁ, Eva. *Pěstujeme zeleninu*. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 2000. 152 s. ISBN 80-247-9040-8.
- 19) PRUGAR, Jaroslav; HADAČOVÁ, Věra. *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině: Studijní zpráva*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1994. 60 s. ISSN 0862-3562.
- 20) PRUGAR, Jaroslav a kol., *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Editor: Mgr. Světlana Sýkorová, CSc. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- 21) ROSIVAL, Ladislav; SZOKOLAY, Alexandr. *Cudzorodé látky v požívatinách*. Martin: OSVETA, 1969. 344 s.
- 22) RUPRICH, Jiří. *Akrylamid v některých tepelně upravených potravinách s vysokým obsahem škrobu* [online]. Brno: CHPŘ SZÚ, 2002 [cit. 2008-04-09]. Dostupný

z WWW:

<<http://www.chpr.szu.cz/chemtox/chem/acrylamide/chpr/stanovisko1.htm>>.

- 23) RUPRICH, Jiří. *Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců v roce 2002*. Hlášená onemocnění přenášená potravinami, bakteriologická a mykologická analýza potravin, dietární expozice člověka chemickým látkám a výskyt GMO na trhu v ČR. 1. vydání. Praha: Státní zdravotní ústav Praha, 2003. 175 s. ISBN 80-7071-228-7.
- 24) ŠTIKOVÁ, Olga. *Spotřeba potravin, spotřeba hlavních živin a některých akcesorních živin a srovnání s některými evropskými státy* [online]. Praha: Společnost pro potraviny, 2004 [cit. 2008-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.czso.cz/csu/2007edicniplan.nsf/p/3004-07>>.
- 25) TKÁČIKOVÁ, Jana. *Bezpečnost potravin: Disertační práce*. Brno. Právnická fakulta Masarykovy univerzity. 2007. 233 s.
- 26) TUREK, Bohumil; HRUBÝ Stanislav; ČERNÁ, Milena. *Nutriční toxikologie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1994. 123 s. ISBN 80-7013-177-2.
- 27) VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1.*. Tábor: OSSIS, 2002. 303 s. ISBN 80-86659-01-1
- 28) VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2.* Tábor: OSSIS, 2002. 368 s. ISBN 80-86659-02.
- 29) Český statistický úřad. *Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů na 1 obyvatele v ČR v letech 1999 – 2006* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2007 [cit. 2008-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.czso.cz/csu/2007edicniplan.nsf/p/3004-07>>.
- 30) Česká televize. *Planeta věda : Od vesmíru až po buňky - svět do nejmenších detailů* [online]. Česká televize, 2006 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.ceskatelevize.cz/vysilani/10095530301-planeta-veda/206411058200014-16.07.2006-18:05-nebezpecne-akrylamidy.html?from=100>>.
- 31) Komise evropských společenství. *Nařízení Komise (ES) 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách* [online].

- Úřední věstník EU, 2006 [cit. 2008-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:CS:PDF>>.
- 32) Komise evropských společenství, *Doporučení Komise (ES) č. 2007/331/ES o monitorování akrylamidu v potravinách* [online]. Úřední věstník Evropské unie. 2007 [cit. 2008-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:123:0033:0040:CS:PDF>>.
- 33) Státní zemědělská a potravinářská inspekce. *Akrylamid* [online]. Brno: Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 2002 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.szpi.gov.cz/cze/print.asp?id=54172&chapter=0&cat=2190&ts=1ec9>>.
- 34) Státní zemědělská a potravinářská inspekce. *Zpráva o výsledcích plánované kontroly cizorodých látek v roce 2006* [online]. Zpracoval Ing. Petr Schneeweiss. Brno: Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 2007 [cit. 2008-04-12]. Dostupný z WWW: <http://www.szpi.gov.cz/news_files/files/30/9D031867-9792-4AF8-841A-3945E17D337A.pdf>.
- 35) Vědecký výbor pro potraviny [online]. *Přídavné látky (aditiva) v potravinách*. Brno: Státní zdravotní ústav, 2004 [cit. 2007-12-20]. Dostupný z WWW: <http://www.chpr.szu.cz/vedvybor/dokumenty/studie/adit_2003_1_deklas.pdf>.
- 36) Vědecký výbor pro potraviny [online]. *Mikrobiologické kontaminanty v potravinách*. Brno: Státní zdravotní ústav, 2004 [cit. 2008-02-23]. Dostupný z WWW: <http://www.chpr.szu.cz/vedvybor/dokumenty/studie/mikro_2003_2_deklas.pdf>.
- 37) Vědecký výbor pro potraviny [online]. *Rezidua pesticidů v potravinách*. Brno: Státní zdravotní ústav, 2005 [cit. 2008-02-25]. Dostupný z WWW: <http://www.chpr.szu.cz/vedvybor/dokumenty/studie/pest_2005_1_deklas.pdf>.

8. Klíčová slova

Akrylamid

Dusičnany

Dusitany

Kontaminace

Pokrmy

Potraviny

9. Přílohy

9.1 Vývoj roční spotřeby zeleniny podle druhů v hodnotě čerstvé a brambor na jednoho obyvatele ČR

Druh zeleniny	Měrná jednotka	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Okurky salátové	kg	6,6	6,1	5,5	5,7	5,5	4,6	6,4	7,4
Rajčata	kg	8,9	8,9	9,4	9,7	12,6	9,3	10,3	12,0
Paprika	kg	4,0	4,0	4,3	5,1	4,8	4,6	5,1	5,4
Okurky nakládačky	kg	3,8	2,9	3,1	3,3	2,7	1,8	2,2	2,8
Zelí	kg	14,1	14,5	12,7	10,5	11,0	14,0	8,3	8,8
Kapusta	kg	1,8	1,6	1,2	0,8	0,7	0,8	0,7	0,5
Květák	kg	4,1	3,9	3,4	3,2	3,2	3,6	2,5	2,5
Kedlubny	kg	2,6	2,5	2,2	1,8	1,9	1,9	2,0	2,5
Cibule	kg	11,0	10,6	11,2	9,9	8,8	11,5	9,3	10,0
Česnek	kg	1,2	1,2	1,1	0,8	0,9	1,0	0,8	0,8
Hlávkový salát	kg	1,0	1,1	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,7
Špenát	kg	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,5
Mrkev	kg	8,8	7,4	6,9	6,6	6,1	6,5	6,2	6,0
Petržel	kg	1,8	1,6	1,6	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
Celer	kg	2,3	2,1	1,7	1,3	1,5	1,6	1,5	1,6
Melouny	kg	5,3	4,9	5,7	7,3	7,7	5,8	8,8	7,3
Zelený hrášek	kg	0,9	0,7	0,9	0,7	0,5	0,7	0,6	0,7
Zelená fazole	kg	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Ostatní zelenina	kg	4,9	6,7	7,9	7,5	7,0	7,0	8,1	8,1
Brambory	kg	75,9	77,0	75,3	76,0	73,6	73,0	72,5	70,0

Zdroj: ČSÚ

9.2 Maximální přípustné hodnoty obsahu dusičnanů ($\text{mg NO}_3^- \times \text{kg}^{-1}$) v listové zelenině a dětské výživě dle Nařízení Komise (ES) 1881/2006 (platné od 1.3.2007).

Potraviny ⁽¹⁾		Maximální limity ($\text{mg NO}_3/\text{kg}$)	
1.1	Čerstvý špenát (<i>Spinacia oleracea</i>) ⁽²⁾	Sklizeň od 1. října do 31. března Sklizeň od 1. dubna do 30. září	3 000 2 500
1.2	Konzervovaný, hluboce zmrazený nebo zmrazený špenát		2 000
1.3	Čerstvý hlávkový salát (<i>Lactuca sativa</i> L.) (skleníkový a polní salát) kromě salátu uvedeného v bodě 1.4	Sklizeň od 1. října do 31. března: hlávkový salát pěstovaný pod ochranným krytem hlávkový salát pěstovaný na otevřených plochách Sklizeň od 1. dubna do 30. září: hlávkový salát pěstovaný pod ochranným krytem hlávkový salát pěstovaný na otevřených plochách	4 500 4 000 3 500 2 500
1.4	Salát typu „Iceberg“	hlávkový salát pěstovaný pod ochranným krytem hlávkový salát pěstovaný na otevřených plochách	2 500 2 000
1.5	Obilné příkrmy a ostatní příkrmy určené pro kojence a malé děti ⁽³⁾ ⁽⁴⁾		200

Zdroj: Nařízení Komise (ES) 1881/2006