

# Toxické látky v potravinách

Markéta Ivičičová

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta IVIČIČOVÁ**  
Osobní číslo: **T10450**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Toxické látky v potravinách**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše k problematice toxických látek v potravinách
2. Koncentrace toxických látek ve vybraných potravinách a jejich charakteristika
3. Závěry
4. Seznam literatury

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. Chemie potravin I.OSSIS, Tábor, r.2009, ISBN 978-80-86659-15-2
2. ČELECHOVSKÁ, O., MALOTA, L., ZIMA, S. Entry of heavy metals into food chains: a 20-year comparison study in northern Moravia (Czech Republic). Acta Veterinaria Brno, 2008, vol. 77, no. 4, p. 645-654.
3. Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Úřední věstník Evropské unie, 2006, L364, s. 5 - 24.
4. Vyhláška č. 53/2002 Sb., kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přírodních, pomocných a potravních doplňků. Sbírka zákonů, 2002, č. 22, s. 865 - 984.
5. WEXLER, P. (ed.): Encyclopedia of Toxicology. Volume 1-4. 2nd. ed. edition. Oxford: Elsevier, Ltd., 2005a. 794 p.

Vedoucí bakalářské práce:

**prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.**

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**11. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**17. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 13. 5.2013

.....

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

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce uvádí poznatky o toxických látkách, které můžeme nalézt v různých druzích potravin živočišného i rostlinného původu. Poukazuje na škodlivost výrobků, které mnohdy mylně považujeme za zdravé a najít jejich možné zdravější alternativy a řešení. Uvádí, že ne všechny toxické látky jsou do potravního řetězce vneseny vlivem životního prostředí (spalování paliv, spádem ze znečištěného ovzduší, kontaminovanou vodou, půdou, v důsledku používané agrochemie), ale také při technologickém zpracování, výrobě potravin, jejich balení a transportu.

Klíčová slova: toxikologie, toxicita, toxické látky, kontaminanty, potraviny

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis presents findings about toxic substances which can be found in different kinds of food of animal and plant origin. It refers to harmful products that are often mistaken for healthy and finds possible healthier alternatives and solutions. It states that not all toxic substances are injected into the food chain due to the environment (fuel combustion, pollutants from polluted air, contaminated water, soil, from the use of agrochemicals) but also in technological processing, food production, packaging and transportation.

Keywords: toxicology, toxicity, toxic substances, contaminants, foodstuffs

Touto cestou bych ráda poděkovala prof. Ing. Stanislavu Kráčmarovi, DrSc. za skvělé vedení, trpělivost, odborné informace a rady, které mi pomohly při vypracování této bakalářské práce.

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

## OBSAH

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÚVOD .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>                                 | <b>10</b> |
| <b>1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY.....</b>                             | <b>11</b> |
| 1.1 HISTORIE TOXIKOLOGIE.....                                  | 11        |
| 1.2 TOXIKOLOGIE JAKO VĚDA.....                                 | 13        |
| 1.2.1 Základní pojmy.....                                      | 13        |
| 1.3 KLASIFIKACE TOXIKOLOGIE.....                               | 16        |
| <b>2 TOXICKÉ ÚČINKY LÁTEK .....</b>                            | <b>18</b> |
| 2.1 AKUTNÍ TOXICITA .....                                      | 18        |
| 2.2 CHRONICKÁ TOXICITA .....                                   | 18        |
| 2.3 MUTAGENITA.....  | 18        |
| 2.4 KARCINOGENITA .....  | 19        |
| 2.5 TERATOGENITA .....   | 19        |
| 2.6 ALERGICKÉ ÚČINKY .....                                     | 19        |
| <b>3 INTERAKCE TOXICKÝCH SLOŽEK POTRAVY .....</b>              | <b>21</b> |
| <b>4 HYGIENICKÉ LIMITY TOXICKÝCH LÁTEK V POTRAVINÁCH .....</b> | <b>22</b> |
| <b>5 TOXICKÉ LÁTKY V POTRAVINÁCH .....</b>                     | <b>23</b> |
| 5.1 DĚLENÍ TOXICKÝCH LÁTEK.....                                | 24        |
| 5.1.1 Přírodní toxické látky .....                             | 24        |
| 5.1.1.1 Alkaloidy.....   | 24        |
| 5.1.1.2 Saponiny .....   | 31        |
| 5.1.1.3 Kyanogeny .....  | 32        |
| 5.1.1.4 Glukosinoláty .....                                    | 34        |
| 5.1.1.5 Fytoestrogeny .....                                    | 35        |
| 5.1.1.6 Lektiny .....  | 38        |
| 5.1.1.7 Biogenní aminy .....                                   | 39        |
| 5.1.2 Látky znečišťující (kontaminanty) .....                  | 45        |
| 5.1.2.1 Heterocyklické aminy .....                             | 45        |
| 5.1.2.2 Polycyklické a aromatické uhlovodíky .....             | 46        |
| 5.1.2.3 Nitrososloučeniny.....                                 | 48        |
| 5.1.2.4 Polychlorované bifenyly .....                          | 48        |
| 5.1.2.5 Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany .....    | 50        |
| 5.1.2.6 Dusičnany a dusitany .....                             | 51        |
| 5.1.2.7 Pesticidy .....  | 53        |
| 5.1.2.8 Ftaláty .....  | 55        |
| 5.1.2.9 Mykotoxiny .....                                       | 56        |
| 5.1.2.10 Toxické kovy .....                                    | 57        |
| <b>ZÁVĚR .....</b>   | <b>59</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>                         | <b>60</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>                 | <b>64</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>                                     | <b>65</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK .....</b>                                    | <b>66</b> |



## ÚVOD

Potravou vstupuje do organismu řada látek z prostředí, které se mohou vyznačovat toxickým potenciálem. Expozice gastrointestinálním traktem je pro mnohá xenobiotika (cizorodé látky) rozhodující pro jejich celkový přívod a toxické působení v organismu. O toxickém efektu a následném ovlivnění zdravotního stavu rozhoduje nejen pouhá přítomnost těchto látek v potravě, ale především jejich množství, které do organismu vstupuje (dávka) a četost, resp. délka trvání expozice. Cizorodé látky mohou mít v organismu v závislosti na dávce nejrůznější toxické účinky mnohdy specifické jen pro některé orgány, mohou ovlivňovat imunitní reakce, interferovat s nutričními složkami a zhoršovat jejich biologickou hodnotu. Závažný dopad mají jejich pozdní (mutagenní, karcinogenní, teratogenní, alergenní) účinky.

Toxické látky se dostávají do potravních řetězců z životního prostředí, spádem ze znečištěného ovzduší, kontaminovanou vodou, půdou, v důsledku používané agrochemie, při technologickém zpracování potravinářských surovin, výrobě potravin a jejich balení a transportu nebo jsou přirozenou složkou potravin. Limity nejzávažnějších toxických látek pro jednotlivé poživatiny jsou uvedeny v Nařízení komise ES č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

## 1.1 Historie toxikologie

Otravy doprovázejí dějiny lidského rodu od samého počátku. S úmyslným trávením, neboli travičstvím, se setkáváme v antice, ve středověku, v období renesance i baroka a ani dob a moderní a postmoderní nebyla a není tohoto fenoménu ušetřena. Formy a prostředky se proměňovaly tak, jak se vyvíjela míra lidského poznání v oblasti biologie, mikrobiologie, lékařství, chemie, biochemie, kriminalistiky a toxikologie, avšak důvody travičů se za tisíciletí příliš nezměnily. Touha po bohatství, touha po moci, nenávist a zaslepenost náboženská nebo národnostní, závist, zloba a pomsta. Ani o náhodné otravy nebyla a není nouze. Příroda, která nás obklopuje, oplývá rostlinnými a živočišnými jedy. S rozvojem řemesel a počátky průmyslu přibýly i takzvané otravy profesní, často po staletí spojované právě s určitou lidskou činností. V minulém století se navíc objevily jedy průmyslové a bojové otravné látky. S rozvojem lékařských věd bylo stále více patrné, že řada sloučenin nebezpečných lidskému organismu, může být, za určitých okolností, cíleně využita jako farmaka [1].

První zmínky o jedech jsou již v 16. století před n. l., kdy pátá kniha Mojžíšova popisuje „jedy hadůzemských“, „jedy draků“. Starý Egypt, Řecko i antický Řím znal již velmi dobře účinky některých jedů, stejně tak středověk a renesance, kde byly užívány především ke zločineckým účelům a popravám [2].

Ve 14. století se začalo v Evropě užívat k otravám arseniku, byly jím napouštěny rukavice, košile. Travičství doznalo nebývalého rozkvětu především v Itálii (14. - 16. století). Známý jsou např. rodiny Vicontidella Scala, Baglioni a další. Sám veliký Leonardo da Vinci se snažil přirozenou cestou připravit otrávené ovoce [2].

V usmrcování odpůrců jedem vynikly především ženy. Za jednu z největších traviček byla považována Marie Madelaine markýza de Brinvilliers, která byla deviantní a poctívala při otravování lidí pohlavní rozkoš. Zabíjela tak svého otce, své dva bratry a řadu sester, mnoho svého služebnictva a velkou řadu jiných osob. 16. června 1676 byla v Paříži sřata a její tělo spáleno [2].

Mnoho kmenů užívalo a dosud užívá nejrůznějších druhů otrávených zbraní. Dávno je užívali Gallové, Belgové, Dákové a Dalmatinci. Nejznámější takto užívané jedy jsou jedy srdeční, jedy křečové a jedy způsobující ochrnutí svalstva [2].

Velké bylo a je využívání jedů k sebevraždám. Především se k tomuto prostředku uchylují ženy v klamně představě, že otrava je nejestetičtější způsob sebevraždy a že mrtvola otrávené je nejméně znetvořená. Opak je však pravdou - poleptání, zvracení, průjmy, znetvoření v křečovitých stavech apod. nejsou nikterak estetické. K užití jedu je také zapotřebí nejméně energie. Před léty to byly fosforové zápalky (sirky), kresoly (lysol), čisticí (kyselina š'avelová). Dnes jsou to svítiplyn, hypnotika, analgetika, drogy, léky nejrůznějšího charakteru, ale i chemikálie (cyankáli, alkaloidy), výfukové plyny automobilů [2].

Prvním významným toxikologem byl **Paracelsus**, vlastním jménem Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1492 - 1541), který postavil toxikologii na vědecký základ. Za zdroj toxického účinku označil chemickou látku a experiment označil za základ zkoušení jejího účinku [3].

Zjistil, že terapeutické a toxické vlastnosti látek jsou při pohledu na látku nerozlišitelné, kromě jediného parametru - dávce (množství dodané organismu). Tak vznikla teorie o závislosti odpovědi organismu na dávce: „Všechny sloučeniny jsou jedy. Neexistuje sloučenina, která by jedem nebyla. Rozdíl mezi lékem a jedem tvoří dávka“ [4].

### **Základy moderní toxikologie**

Teprve osvětská doba a nastupující 19. století znamenaly prudkou změnu ve vývoji toxikologie jako vědního oboru [5].

Nejvýznamnější postavou tohoto období je bezesporu španělský lékař Matthieu Joseph Bonaventure Orfila (1787–1853). Původně měl být obchodníkem, ale nakonec studoval nejprve ve Španělsku a posléze ve Francii chemii a matematiku a až posléze lékařství. Roku 1823 se stal prvním profesorem toxikologie a soudního lékařství na Sorboně. Jako první definoval toxikologii jako samostatnou vědeckou disciplínu. Studium soustředil na toxické a terapeutické účinky chemických sloučenin. Zavedl kvantitativní metodologii do studií účinků chemikálií na zvířata a je proto právem pokládán za otce moderní toxikologie [5].

Od počátku 20. století dochází k nepřetržitému rozvoji toxikologie jako moderní vědecké disciplíny. Pozornost toxikologů se postupně soustřeďovala na studium mechanismu účinku jedů a na vyvozování obecnějších hypotéz a teorií o vztazích mezi strukturou chemických látek a jejich účinky [5].

Největší rozvoj toxikologie zažila za druhé světové války a v období následujícím. Tento rozvoj podnítilo zejména používání chemických léčiv a hojný výskyt všemožných

chemických látek v průmyslu a v zemědělství. K rozvoji moderní toxikologie přispívá značnou měrou i rozvoj moderních analytických metod k detekci toxických látek [3].

## 1.2 Toxikologie jako věda

Od roku 1988 je i v naší republice toxikologie uznaným vědním oborem v rámci lékařských věd jako obor mezioborový, interdisciplinární, na němž se podílejí prakticky všechny známé obory od teoretické fyziky po klinickou medicínu. Mezi vědy lékařské byla zařazena vzhledem k dopadu působení škodlivin na lidské zdraví a jeho léčení [4].

V užším slova smyslu je toxikologie věda o působení jedů na živý organismus. Samotné slovo toxikologie je vlastně odvozeno z řeckého „to toxikon“ tj. jed, jímž se napouštěly šípy, či „toxikos“ tj. luk a „logos“ tj. slovo, odbornost. Jedná se o obor, který spadá pod Vědecké kolegium lékařských věd, ale jedná se spíše o obor „smíšený“, kde však chemie sehrává nezastupitelnou roli [2].

Toxikologie dnes volně přebírá poznatky z nejrůznějších základních věd. Využívá principů a zákonů chemie, zvláště biochemie. Je závislá na znalostech fyziologie, ale i anatomie a patologie. Teoretická fyzika dává nahlédnout do nejzákladnějších mechanismů toxických účinků. V posledních desetiletích se bouřlivě rozvíjí i teoretické modely odhadu toxicity na počítačích [5].

Hlavním cílem toxikologie je zjištění škodlivých a nežádoucích biologických vlastností (toxicity) chemických sloučenin i jejich směsí. Hledá preventivní opatření na ochranu před jejich škodlivými účinky, a pokud již k otravě dojde pak také účinné způsoby diagnostiky a léčby [5].

### 1.2.1 Základní pojmy

**Toxicita:** chemikálie, která je pro člověka neškodná, nemusí být neškodná pro jiný biologický organismus a naopak. Proto, použijeme-li termín „toxický“, musíme uvést podmínky a mechanismus, kterým je škodlivý účinek vyvolán [4].

Termín „toxicita“ je pojem relativní, používaný při porovnání toxických účinků jedné chemikálie s druhou. Obvykle se říká, že jedna chemikálie je toxičtější než jiná. Tento výrok má smysl pouze tehdy, obsahuje-li též informaci o podmínkách a mechanismech porovnávaných účinků [4].

**Jed** neboli toxická látka, je v nejširším smyslu látka, která může vyvolat škodlivý účinek. Přesto, že byla vyřčena řada definic charakterizujících jed, není na škodu přidržet se jedné z nejstarších, kterou vyslovil již počátkem 16. století Paracelsus: Všechny látky jsou jedy a závisí jen na dávce, kdy látka přestává být jedem a stává se léčivem. Znamená to tedy, že toxicky mohou působit i látky s nízkou toxicitou, jsou-li podány v dostatečné dávce. Za jedy tedy považujeme prakticky ty látky, které jsou schopny vyvolat nepříznivý účinek (otravu) již v malých dávkách. Spektrum dávek, v nichž může chemická látka projevovat svůj toxický účinek je proto velmi široké a pohybuje se v rozpětí od několika  $\text{ng.kg}^{-1}$  až po desítky  $\text{g.kg}^{-1}$  [1,8].

Pro orientaci v širokém spektru jedů, jsou v toxikologii látky konvenčně děleny do několika kategorií podle dávky, která je schopna usmrtit průměrného dospělého člověka (asi 70kg). Příklad takového třídění jedů je ukázán v Tabulce 1. Nutno zdůraznit, že toto třídění látek vychází pouze z akutního, bezprostředního účinku. Nemusí odrážet riziko otravy, plynoucí z expozice lidí daným látkám. Mnoho jedů má totiž dlouhodobé účinky, které jsou mnohem významnější, než účinky bezprostřední. Tak například ethanol, látka akutně málo toxická, může při pravidelném požívání vyvolat vážnou nemoc, alkoholismus. Ten má za následek těžké poškození jater (cirhóza), ledvin, centrální nervové soustavy (CNS) a kardiovaskulárního systému [12].

Tabulka 1: Stupnice toxicity chemických látek [12].

| Kategorie              | Přibližná smrtná dávka po požití |                              | příklad   |
|------------------------|----------------------------------|------------------------------|---|
|                        | v $\text{mg.kg}^{-1}$            | celkové množství pro člověka |   |
| 1. Prakticky netoxické | >15 000                          | víc než litr                 | BaSO <sub>4</sub>   |
| 2. Málo toxické        | 5 – 10 000                       | půllitr až litr              | Ethanol*  |
| 3. Mírně toxické       | 500 – 5 000                      | půldeci až půllitr           | NaCl, Fe-SO <sub>4</sub>  |
| 4. Silně toxické       | 50 – 500                         | lžička až půldeci            | Cd <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , methanol                    |
| 5. Extrémně toxické    | 5 – 50                           | 7 kapek až lžička            | BaCO <sub>3</sub> , KClO <sub>3</sub>                             |
| 6. Supertoxické        | <5                               | stopa, méně než 7 kapek      | nikotin, As <sup>3+</sup> , botulotoxin, tetrachlorid-benzodioxin |

\*toxicita ethanolu je vyšší u dětí, smrtná dávka je asi  $3,5 \text{ g.kg}^{-1}$

**Dávka** je množství látky, přijaté do organismu, zpravidla se vyjadřuje v hmotnostních jednotkách škodliviny vztahených na jednotku tělesné hmotnosti organismu [7].

Hranice mezi bezpečnou (podkritickou) a nebezpečnou (nadkritickou) dávkou je u většiny látky neurčitá a u jednotlivců se liší. Řada jedovatých látek slouží v malých množstvích jako léčiva [8].

**Účinkem** se rozumí biologická změna, vyvolaná nebo související s působením škodliviny, projev interakce látky s organismem [7].

**Expozicí** se rozumí vystavení organismu účinkům látky, nebo proces vstupu škodliviny do organismu [7].

**Doba expozice** je doba, po kterou je organismus vystaven působení sledované látky [7].

**Xenobiotikum** je cizorodá látka, která je organismu cizí, za normálních okolností se v něm nevyskytuje, není produktem ani meziproduktem fyziologického metabolismu [1].

**Riziko** (očekávaná odpověď) je pravděpodobnost, že se za určitých podmínek expozice látky projeví poškození zdraví. Je tím větší, čím je nebezpečnost látky větší a čím méně bezpečný je způsob zacházení s ní. Závisí tedy na vlastnostech škodliviny i na způsobu zacházení s ní a možných ochranných opatřeních [7].

**Otrava** (intoxikace) je onemocnění, patologický stav organismu, který je zapříčiněn vstřebanou škodlivinou. Otrava se projevuje příznaky (symptomy), nebo celou skupinou příznaků (syndrom). Některé příznaky bývají pro otravu určitou látkou charakteristické, ale často bývají neurčité, vyskytující se při různých otravách i při jiných onemocněních. Podle příznaků je ve většině případů obtížné nebo dokonce nemožné určit látku, která intoxikaci vyvolá [7].

### 1.3 Klasifikace toxikologie

Z praktických důvodů se toxikologie člení, tak jako jiné rozsáhlé disciplíny, na užší specializované oblasti. Jednotlivá odvětví se navzájem překrývají jak mezi sebou, tak i s ostatními obory [7].

**Obecná toxikologie** zkoumá teorii a obecné zákonitosti, týkající se interakce chemických látek a živých organismů. Zajímá se o to, jak se látka do organismu dostává, jak se dále mění, jak interaguje s důležitými orgány a jak se vylučuje. Popisuje různé faktory, které tyto děje ovlivňují. Značnou měrou zde pomáhají poznatky z xenobiochemie nebo biochemie cizorodých látek. Obecná toxikologie se též stará o definici základních pojmů, užívaných v toxikologii [6].

**Speciální toxikologie** se zaměřuje na konkrétní chemické látky. Popisuje mechanismus jejich účinku, průběh otravy, shromažďuje informace o toxických vlastnostech [6].

**Experimentální toxikologie** zkoumá účinky toxických látek především na experimentální zvířata, stanovuje toxické dávky nebo koncentrace, objasňuje mechanismus v organismu a hledá látky, potlačující jejich účinek [10].

**Klinická toxikologie** studuje účinky jedů na člověka. Popisuje příznaky otrav, pomáhá při jejich diagnóze a léčení. Hraje důležitou roli také při prevenci otrav [6].

**Ekotoxikologie** (toxikologie životního prostředí) je nedávno vzniklý termín a disciplína. Soustřeďuje se na chemické znečištění životního prostředí (vody, potravin, ovzduší atd.) a to ve vztahu k jeho působení nejen na člověka, ale i na zvířata. Hledá možnosti odstraňování chemických látek ze životního prostředí a pomáhá při odstraňování nežádoucích účinků těchto látek [4,6].

**Analytická toxikologie** využívá metody, postupy a principy analytické chemie pro stanovení toxických chemikálií v biologickém materiálu, složkách přírody (voda, půda) i v živých organismech [4].

**Farmaceutická toxikologie** se zabývá toxickými vedlejšími účinky léčiv [6].



**Průmyslová toxikologie** se zabývá toxickými látkami, které se vyskytují v průmyslu, stanovuje max. přípustné koncentrace, dávky a expozice chemických látek, otravami v průmyslu, jejich léčbou a prevencí [9].

**Forezní (soudní) toxikologie** hledá způsoby průkazu otravy [6].

**Predikční toxikologie** umožňuje určit toxické vlastnosti látek bez použití pokusných zvířat. Využívá k tomu jednak nahromaděné pokusné informace, ale také chemické struktury. Pomocí zobecňování a použití různých modelů odhaduje toxicitu neznámé látky. Využívá znalosti chemie, fyziky, biologie, matematiky, kybernetiky a molekulové grafiky [6].

**Veterinární toxikologie** popisuje účinky jedů na zvířata. Zabývá se, podobně jako klinická toxikologie u člověka, také diagnostikou a léčením otrav [6].

**Vojenská toxikologie** se zabývá zejména problematikou chemických zbraní a předcházení jejich účinku [6].

**Potravinářská toxikologie** a předmětem jejího zájmu jsou rezidua škodlivin v potravinách, jejich chronické působení a zasahuje do hygienických oborů [11].

## 2 TOXICKÉ ÚČINKY LÁTEK

Chemické látky obsažené v potravinách mohou po požití vyvolat stav nazývaný intoxikace nebo otrava a v různém stupni tak poškodit lidské zdraví. Takovéto schopnosti chemické látky vyvolat intoxikaci říkáme toxicita a z praktických důvodů rozlišujeme toxicitu akutní a chronickou, mutagenitu, karcinogenitu, teratogenitu, alergii [13].

### 2.1 Akutní toxicita

Akutní toxicita je chápána jako akutní orální toxicita a vztahuje se na nepříznivé účinky, které se projeví po požití jedné dávky nebo více dávek chemické látky během 24 hodin. Výsledkem působení látky je akutní intoxikace, která je chápána jako náhle vzniklá porucha zdraví způsobená touto chemickou látkou. Intoxikace je závažná porucha zdraví, která může pacienta ohrozit na život [13].

Průběh otravy nelze vždy dostatečně předvídat. Látka může působit přímo i prostřednictvím svých metabolitů v závislosti na dávce, kombinaci s potravinou, ve které byla požitá, v závislosti na svých fyzikálně-chemických vlastnostech a řadě dalších faktorů. Prognózu určuje velikost dávky a doba, která uplynula od požití. Nejdůležitější zásadou je, že čím dříve bude zahájena intenzivní léčba, tím větší je naděje na úspěch [13].

### 2.2 Chronická toxicita

Chronická toxicita je chápána jako chronická orální toxicita a vztahuje se na nepříznivé účinky, které se projeví po dlouhodobém podávání nízkých dávek chemické látky po dobu měsíců až roků. Výsledkem působení látky je chronická intoxikace. Její průběh neohrožuje bezprostředně (akutně) život, ale může často trvale poškodit zdraví člověka [13].

### 2.3 Mutagenita

Mutageny jsou chemikálie, které způsobí změnu v genetické informaci buněk. Zvyšují frekvenci mutací, k nimž dochází i spontánně. Pojem mutace se obvykle spojuje se zásahem chemikálie v gametických (zárodečných) buňkách [4].

Mutagenita látky se ověřuje experimentálně laboratorními testy. Mutagenita není nutnou ani postačující podmínkou karcinogenity. Většina karcinogenů má mutagenní účinky, ale nádorové bujení mohou vyvolat i látky nemutagenní. Mutagenita sama o sobě neznamená, že musí jít o karcinogen [13].

## 2.4 Karcinogenita

Karcinogenita je schopnost vyvolat nádorové bujení tkáně. Chemické látky, které mají tuto schopnost, označujeme jako chemické karcinogeny. Současná medicína zastává názor, že většina nádorů vzniká vlivem expozice člověkem připravených a přírodních karcinogenů v potravě, vodě, tabákovém kouři, ovzduší a působením radonu a infekčních agens, tj. vlivem řady prokarcinogenních a karcinogenních faktorů, které působí spolu s některými genetickými vlivy. Odhaduje se, že bez působení těchto vnějších faktorů by byla incidence nádorů významně snížena, a to až o 80-90 %. Přes obrovské výdaje, které lidstvo věnuje na léčbu a výzkum nádorových onemocnění, zůstává tato léčba stále problematická [13].

Rozdíl mezi mutageny a karcinogeny je v tom, že karcinogeny vyvolávají mutace v somatických buňkách (všechny buňky v organismu kromě pohlavních), zatímco mutageny jsou schopny vyvolat mutace v zárodečných buňkách. Dochází zde tedy k mutaci genetické, která může být přenášena na další generaci [10].

## 2.5 Teratogenita

Teratogeny jsou chemikálie, které vyvolávají vrozené vady nebo abnormality postnatálním vývoji, pokud působili v období gravidity. Teratogenita je někdy definována i širěji jako účinek, který způsobuje vrozené vady bez ohledu na působení nebo způsobuje jiné nepříznivé projevy v těhotenství, případně poruchy plodnosti [4].

U člověka jsou teratogenní látky nejnebezpečnější mezi 17. až 90. dnem vývoje plodu. Zásadním rozdílem od mutagenních účinků je, že způsobené změny nejsou dědičné. U člověka byly prokázány teratogenní účinky metyl rtuti a dioxinu [10].

## 2.6 Alergické účinky

Alergie je přehnaná, nepřiměřená reakce organismu na látky, se kterými se většina z nás setkává ve svém prostředí. Pro alergický organismus jsou tyto látky nebezpečné. Rozlišujeme nadměrné, přehnané reakce přecitlivělosti a reakce „normální“. Normální reakcí organismu je vývoj imunity. Imunitní systém je zde proto, aby nás chránil před útoky cizorodých látek. Potravinové alergie jsou vyvolány potravinami, které mají většinou obsah histaminu nebo histamin uvolňují během chemických reakcí v zažívacím traktu nebo působením bakterií. Např. konzerva tuňáka nebo makrely obsahuje velké množství histaminu a může vyvolat příznaky, které jsou podobné alergickým projevům. Alergická reakce

může být v podstatě reakcí na jakékoliv jídlo. Znamé jsou např. alergie na mléko, alergie na vejce, na sóju, na rýži, alergie na ovoce a zeleninu, alergie na maso a mořské plody, alergie na ořechy apod. Reakci na potraviny mohou vyvolat také přídavné látky, které se používají jako barviva nebo konzervační přísady [13].

Přírodní produkty proti karcinogenům jsou kukuřičné a pšeničné otruby, které vážou mutageny a zabraňují jejich vlivu na organismus. Je nutno připomenout, že máme na mysli nikoli geneticky zmanipulovanou kukuřici, nýbrž přírodní. Z toho plyne, že používat můžeme jen domácí kukuřici a v žádném případě importovanou [35].

Kukuřičné otruby snižují na 92 % vliv karcinogenů dinitropyrenu a heterocyklických aminů, které se vytvářejí například při smažení ryb nebo jiného masa [35].

Pšeničné otruby obnovují normální činnost střevního traktu, jemně a přirozeně pomáhají organismu vylučovat škodlivé látky [35].

### 3 INTERAKCE TOXICKÝCH SLOŽEK POTRAVY

Stravovací zvyklosti a složení stravy jsou významným faktorem, který modifikuje kvalitativní i kvantitativní účinky toxických látek v potravinách. Mezi toxickými komponenty potravy a jednotlivými složkami potravy dochází k složitým interakcím, které významným způsobem ovlivňují absorpci toxické látky z GIT, její distribuci, biotransformaci i exkreci a modifikují tak její toxický účinek. V přijímané potravě ovšem nejsou přítomny jen cizorodé látky působící jako škodliviny, ale je tam i mnoho přirozených ochranných faktorů, takže vzájemné interakce jsou ve skutečnosti ještě složitější a natolik komplikované, že je lze jen obtížně předvídat. Snížíme-li množství potravy, snížíme tím také množství látek, které mohou působit nepříznivě, ale snížíme tím i množství přirozených ochranných faktorů, tedy látek působících na lidské zdraví pozitivně [13].

Z experimentů na zvířatech jednoznačně vyplývá, že omezení stravy, tedy restrikce energetické hodnoty diety, prodlužuje dobu jejich života a snižuje výskyt nádorů po aplikaci karcinogenních látek. Ukazuje se tedy, že nadbytečná energie je značně nepříznivým faktorem na zdraví i délku života organismu. Přenos výsledků z laboratorních zvířat na člověka je obtížný a ne vždy přináší jednoznačné výsledky. Nicméně četné epidemiologické studie posledních let prokazují, že podobná situace by mohla být u člověka. Mezi zvýšeným příjmem potravy a výskytem řady tzv. civilizačních chorob, jako jsou kardiovaskulární a nádorová onemocnění, existuje jasná korelace. Potravinářský průmysl na tuto situaci reaguje výrobou různých nízkokalorických výrobků, které se těší značné oblibě. Jak rychle a zda vůbec povede změna stravovacích zvyklostí u obyvatelstva také ke zlepšení jeho zdravotního stavu, zůstává nadále otevřenou otázkou [13].

## 4 HYGIENICKÉ LIMITY TOXICKÝCH LÁTEK V POTRAVINÁCH

V případě hodnocení obsahu toxických látek v potravinách se postupuje podle Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ve znění pozdějších předpisů, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Maximální limity se uplatňují na jedlou část dané potraviny, pokud se nestanoví v jednotlivých přílohách jinak [37].

Ve vyhlášce č. 53/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů jsou u jednotlivých kontaminujících látek uvedeny v příloze hodnoty *nejvyššího přípustného množství* (NPM), *přípustného množství* (PM) a *speciální množství* (SM) pro potraviny. Při zjištění, že je hodnota přípustného množství v potravine překročena do 50 procent, odebere se ze šarže, ze které byla tato potravina vybrána, odpovídající počet vzorků ( $n$ ). V případě, že překročení přípustného množství nebude prokázáno u vyššího počtu vzorků než ( $M$ ), bude potravina posouzena jako zdravotně nezávadná. Počty vzorků jsou uvedeny u jednotlivých kontaminujících látek pro dané druhy potravin ve sloupci přípustné hodnoty zlomkem  $n/M$ . Při překročení o více než 50 procent přípustného množství se potravina pokládá za jinou než zdravotně nezávadnou. Stanovené limitní hodnoty platí pro jedlý podíl potraviny [38].

## 5 TOXICKÉ LÁTKY V POTRAVINÁCH

Potravina se může stát pro člověka přímo zdraví škodlivou tím, že přináší do organismu toxické látky. Do potravního řetězce se tyto jedovaté látky dostávají jednak způsobem přirozeným (jsou obsaženy v plodech, v houbách), jednak jsou do poživatin vneseny vlivem životního prostředí nebo při jejich technologickém zpracování [14].

Škodlivý účinek těchto látek záleží na jejich biologických účincích (toxicitě) a také na množství, které přijmeme, ať už orálně (ústy), při dýchání (nikotin), kůží, sliznicemi, případně i jinak. Proto byl pro jednotlivé látky stanoven tolerovatelný denní příjem (TDI) [15].

TDI je odhad množství chemického kontaminantu, kterému jsme vystaveni z kontaminace životního prostředí a které, když se nachází v potravinách, může být konzumováno denně během života, aniž by představovalo výrazné riziko pro zdraví. Expozice těmito kontaminanty je sice nežádoucí, ale nelze ji vyloučit, protože některé z těchto látek se nacházejí v potravinách v důsledku znečištění životního prostředí (např. olovo, dioxiny) [16].

Akceptovatelný denní příjem (Acceptable Daily Intake, ADI) je množství specifické látky (např. potravinářského aditiva nebo rezidua pesticidu) v potravině nebo pitné vodě, které lze konzumovat denně v průběhu života bez patrného rizika pro zdraví. ADI se vyjadřuje v množství (obvykle mg), které je vztažené na kilogram tělesné hmotnosti a den [16,39].

Hodnoty ADI jsou založeny na vědeckém posouzení všech toxikologických údajů, které jsou v době hodnocení k dispozici ke specifické látce, včetně dlouhodobých testů na zvířatech, které slouží ke stanovení NOAEL (No Observed Adverse Effect Level). NOAEL je nejvyšší koncentrace nebo množství látky, při které se u exponované populace neprojevuje nežádoucí účinek. NOAEL se dělí bezpečnostním faktorem, obvykle 100, který zahrnuje rozdíly mezi testovanými zvířaty a lidmi a případnými rozdíly v citlivosti jednotlivých osob [16,39].

Pokud dojde v ojedinělých případech k překročení ADI, není důvod k obavám, neboť ADI bere do úvahy denní expozici látkou během celého života [16].

## 5.1 Dělení toxických látek

Některé toxické látky se vyskytují v potravinách přirozeně jako jejich běžná složka, které se nazývají **přírodní toxické látky** [15].

Jiné se do potravin dostávají neúmyslně při výrobě, zpracování, balení, přepravě a skladování zvané **látky znečišťující (kontaminanty)** [15].

### 5.1.1 Přírodní toxické látky

Zatímco přítomnost cizorodých látek, chemických škodlivin v potravě je veřejností obecně vnímána velmi negativně, toxické působení látek přirozeně se vyskytujících ve stravě rostlinného a vzácně i živočišného původu se (s výjimkou hub) až dosud příliš neuvažuje. Mnohdy se složky rostlinné stravy považují automaticky za zdraví prospěšné [17].

Toxické látky, které jsou přirozenou součástí některých rostlin používaných k lidské výživě, jsou produkovány v podstatě jako jejich specifický způsob obrany před napadením bakteriemi, plísněmi, hmyzem i vyššími živočichy. Z těchto látek je možno uvést např. solanin v lilkovitých rostlinách, především vyklíčených bramborách, který se vyznačuje příznaky inhibice cholinesterázy nebo glykosidy odštěpující kyanovodík v hořkých mandlích a jádrech peckovin [17].

#### 5.1.1.1 Alkaloidy

Alkaloidy jsou heterogenní skupinou zahrnující více než 1000 sloučenin různých struktur. Za alkaloidy se považují dusíkaté bazické sloučeniny, které vznikají jako sekundární metabolity a vykazují v závislosti na konzumovaném množství různé biologické účinky [19]. Vyznačují se často hořkou chutí nebo pálivým účinkem nebo štiplavou vůní. V přírodě někdy působí jako ochrana před hmyzem [18].

Alkaloidy se nacházejí v různých částech 15-20 % cévnatých rostlin (v semenech, listech, kořenech, kůře aj.), ale také u určitých druhů mechů, hub, bakterií, některých bezobratlých živočichů (stonožek, brouků, motýlů, koryšů) a obratlovců (žab, mloků aj.) [19].

Řada alkaloidů a příbuzných sloučenin vzniká také během termického zpracování potravin ze základních živin. Například z tryptofanu v reakci Maillarda vzniká řada indolových alkaloidů, jako jsou beta-karbolin a jeho deriváty (norharman, harman a vyšší homology), derivátů chinolinu, chinoxalinu a dalších biologicky aktivních dusíkatých heterocyklických sloučenin [19].



**Alkaloidy se běžně klasifikují na 3 základní skupiny:**

1. Právě alkaloidy
2. Pseudoalkaloidy
3. Protoalkaloidy [19].

Právě alkaloidy jsou obvykle heterocyklické dusíkaté báze odvozené od aminokyselin. Vykazují široké spektrum fyziologických účinků a jsou často toxické pro člověka a jiné živočichy např. nikotin v tabáku, piperin v pepři, chinin z kůry chinovníku, morfin, kodein a další alkaloidy z opia. Pseudoalkaloidy jsou také heterocyklické dusíkaté báze, ale jejich prekurzory nejsou aminokyseliny, ale terpenoidy nebo puriny. Jsou obvykle méně toxické než právě alkaloidy a patří alkaloidy kávy, čaje a kakaa (purinové alkaloidy jako kofein, teobromin či teofylin), ale také glykoalkaloidy (solanin z brambor, tomatin z rajčat, rutin z černého bezu, čaje a pohanky). Protoalkaloidy jsou bazické aminy odvozené od aminokyselin, ale dusík není součástí aromatického systému. Příkladem je kapsaicin vyskytující se v pálivých paprikách [18,19].

Tabulka 2: Přehled potravinářsky významných alkaloidů [19].

| Strukturní typy podle základního selektu            | Významné skupiny                         | Prekurzory  | Příklady   |
|---|--|---|--|
| <b>Právě alkaloidy</b>                              |  |   |  |
| pyridinové, piperidinové, a pyrrolidinové alkaloidy | Arg, Lys, Orn, kys. nikotinová           | alkaloidy tabáku                                  | nikotin, nornikotin<br>anatabin, anabasin            |
| pyrrolizidinové alkaloidy                           | Lys, Phe<br>Arg, Ile, Leu, Orn, Val, Thr | alkaloidy pepře<br>alkaloidy starčeku (seneciové) | piperin<br>senecionin                                |
| chinolizidinové alkaloidy                           | Lys                                      | alkaloidy lupiny                                  | lupanin, lupinin, spartein                           |
| chinolinové alkaloidy                               | Trp, kys. mevalonová                     | alkaloidy chinovníku                              | chinin, chinidin, cinchonidin, cinchonin             |
| <b>Protoalkaloidy</b>                               |  |   |  |
| kapsacinoidy (vanillylamidy)                        | Leu, Phe, Val, malonyl-CoA               | alkaloidy papriky                                 | kapsaicin, nordihydrokapsaicin, homodihydrokapsaicin |
| <b>Pseudoalkaloidy</b>                              |  |   |  |
| purinové alkaloidy                                  | puriny                                   | alkaloidy kávy, čaje, kakaa                       | kofein, teobromin, teofylin                          |
| steroidní (terpenoidní) glykoalkaloidy              | kys. mevalonová                          | glykoalkaloidy brambor, rajčat                    | solanin, tomatin                                     |

#### 5.1.1.1.1 Pyridinové alkaloidy

Nejdůležitější alkaloidy, které obsahují v molekule pyridinový kruh, jsou **alkaloidy tabáku**. V malém množství je nikotin přítomen i v jiných rostlinách, hlavně však v lilkovitých rostlinách, kam náleží také brambory, rajčata a lilek vejcoplodý. Biosyntéza probíhá v kořenech rostlin odkud je nikotin transportován do nadzemních částí, především do listů [19].

Nikotin je v tabáku vždy doprovázen dalšími třemi význačnými alkaloidy, nornikotinem, anatabinem a anabasinem. Mimo tyto hlavní složky bylo v tabáku identifikováno více než 20 dalších alkaloidů, které se vyskytují jako minoritní látky [19].

Obsah nikotinu a ostatních alkaloidů v čerstvých tabákových listech mírně klesá během posklizňové úpravy, sušení a fermentace. Při hoření tabáku se nikotin částečně oxiduje na kotinin a oxynikotin, který se za vyšších teplot rychle rozkládá. Pyrolýzou nikotinu vzniká také kyanovodík. Vznikající oxidy dusíku reagují s rozkladnými produkty nikotinu za vzniku karcinogenních nitrosaminů [19].

Nikotin se do organismu dostává především z tabákového kouře. V nízkých dávkách má povzbudivé účinky, se zvyšující se dávkou se zrychluje dýchání a motorika, dostavuje se nucení ke zvracení a vysoké dávky vyvolávají třes až těžký stav bezvědomí. Tabákový kouř prokazatelně způsobuje rakovinu dýchacího systému a ve vyspělých státech musí být ze zákona zdravotní varování na každém balení tabákových výrobků určených pro konečné spotřebitele [15].

#### 5.1.1.1.2 Piperidinové alkaloidy

Do této skupiny patří alkaloidy pepře, např. piperin, který se vyskytuje nejvíce v zeleném a bílém pepři, povzbuzuje centrální mozkovou soustavu a má slabé antipyretické a mutagenní účinky, ve vysokých dávkách poškozuje tkáň jazyka, snižuje krevní tlak a rychlost dýchání [15].

Nejvyšší množství piperinu v plodech pepře bývá těsně před plnou zralostí. Zelený pepř, získávaný z nezralých plodů, proto obsahuje značné množství piperinu, stejně tak jako pepř černý, který se získává fermentací zelených semen. V bílém pepři, který se získává ze zralých červených semen, oddělením slupky, bývá piperinu poněkud méně. Obsah piperinu bývá 3-8 %. Záleží rovněž na původu pepře, např. cejlonský pepř obsahuje 7-15 % piperinu, indické, malajské a ostatní druhy asi dvakrát až šestkrát méně. Obsah piperinu

v olejoprskyřicích je běžně 35-40 %, což odpovídá mletému koření v poměru asi 1:25 [19].

#### 5.1.1.1.3 Pyrrolizidinové alkaloidy

Tyto alkaloidy jsou rozsáhlou a důležitou skupinou zhruba 250 alkaloidů produkováných asi 6000 rostlinnými druhy náležejícími do 13 čeledí. Nejdůležitější rostliny náleží do čeledi brutnákovitých např. kostival lékařský, brutnák lékařský, pilát lékařský, hadinec obecný, užanka lékařská, z čeledi hvězdnicovitých např. podběl obecný, devětsil lékařský, otočnickovitých, z čeledi bobovitých a z čeledi řešetlákovitých. Významným zdrojem alkaloidů mohou být některé léčivé rostliny a některé pícniny [19].

Biosyntéza probíhá v kořenech a odtud jsou potom transportovány do nadzemních částí rostlin a skladovány ve vakuolách [19].

K intoxikacím dochází nejčastěji konzumací různých částí rostlin jako součástí potravy (např. salátů z listů kostivalu a devětsilu), výluhu z léčiv bylin a při kontaminaci obilovin. Další rostliny obsahující pyrrolizidinové alkaloidy se používají jako tradiční léky v mnoha afrických, asijských a dalších zemích [19].

Tyto alkaloidy obsahuje také řada rostlin, které se mohou stát součástí krmiv, a vyvolat tak intoxikaci hospodářských zvířat [19].

Pyrrolizidinové alkaloidy jsou hepatotoxiny a karcinogeny [19].

#### 5.1.1.1.4 Chinolizidinové alkaloidy

Chinolizidinové alkaloidy jsou zvláštní skupinou bicyklických, tricyklických a tetracyklických sekundárních metabolitů některých luštěnin, ale také sekundární metabolity některých rostlin mečíkovitých, pryskyřníkovitých, dříšťálovitých a lilkovitých [19].

Potravinářský význam mají pouze alkaloidy některých druhů lupiny (vlčího bobu, *Lupinus* spp.), včetně domestikovaných odrůd. Vlčí bob patřil v Evropě, Africe a Americe od dávných dob mezi hodnotné luštěniny pro lidskou výživu a výživu hospodářských zvířat [19].

Prostřednictvím nastavování pšeničné a sójové mouky lupinou se může lupinidin dostat do potravin. Rovněž náhražky kávy mohou obsahovat chinolizidinové alkaloidy. Negativně se chinolizidinové alkaloidy projevují jako blokátory neuropřenašeče acetylcholinu v centrální i periferní nervové soustavě. Symptomy jsou neurologické povahy nebo se projevují v krevním oběhu a trávicím traktu [20].

Alkaloidy lupiny jsou velmi stálé sloučeniny. Během zpracování a skladování lupinových semen se jejich obsah nemění. Nejběžnější způsob odhoření (odstranění alkaloidů, resp. snížení jejich obsahu) je extrakce mletých semen vodou (máčením, vařením) Těmito postupy je možné snížit obsah alkaloidů až stokrát [19].

#### 5.1.1.1.5 Chinolinové alkaloidy

Alkaloidy hypoteticky odvozené od chinolinu jsou početnou skupinou sekundárních metabolitů rostlin. Nazývají se také terpenoidní indolové alkaloidy. Nejdůležitějším alkaloidy chinolinového typu jsou alkaloidy nacházející se v kůře chinovníku (*Chinchona* spp., *Rubiaceae*), které jsou odvozeny od základního skeletu rubanu [19].

Jedná se o silný protoplastický toxin, který inhibuje významné enzymy [14]. Chininová kůra se používá kromě jiného pro podporu chuti k jídlu, dříve sloužila jako lék proti malárii [13].

Chinin lokálně dráždí tkáň, ovlivňuje příčně pruhované svalstvo. Otrava se projevuje zvracením, zpomaluje se tep a intoxikovaný vypadá jako opilý. Objevují se halucinace, křeče, přechodná slepota a smrt nastává a smrt nastává po podání 10 gramů ochrnutím srdce [13].

Nealkoholické nápoje obsahující chinin nejsou vhodné pro gravidní ženy, neboť hrozí nebezpečí potratu. Používání chininu je regulováno. V potravinářství se používá jako standart hořkosti a jako hořká přísada do alkoholických nápojů [14].

#### 5.1.1.1.6 Kapsaicinoidy

Kapsaicinoidy, řazené mezi protoalkaloidy, jsou deriváty vanillylaminu, jejichž výskyt se omezuje na pálivé druhy rodu paprika (*Capsicum* spp.) z čeledi lilkovitých (*Solanaceae*) [19].

Obsah kapsaicinoidů v paprice je závislý na odrůdě, stáří, zralosti, ročním období a agronomických podmínkách. Hladina kapsaicinoidů ve velkých plodech papriky seté (*C. annuum*) je obvykle nízká, vyšší množství v plodech středně velkých (např. *Tobasco*) a nejvyšší v malých plodech (*chilli*). Většina alkaloidů se vyskytuje v dužině, v semenech a slupce jsou koncentrace nižší. Méně kapsaicinoidů je obsaženo v mladých zelených plodech). Množství alkaloidů během zrání vzrůstá a těsně před sklizní dosahuje maxima, poté mírně klesá [19].

Vařením ve vodě dochází částečně k vyluhování kapsaicinoidů. Také při jiných tepelných zákrocích dochází ke ztrátám, ale v některých případech i k růstu množství kapsaicinoidů. Sušení papriky na slunci má za následek snížení obsahu kapsaicinoidů. Skladováním v dobrých obalech nedochází ke ztrátám ani po dvouletém skladování [19].

Kapsaicin vykazuje slabé antimikrobní a antioxidační účinky. Stimuluje peristaltiku střev a podněcuje tvorbu žaludečních šťáv. Vysoké koncentrace mohou působit toxicky, vykazují karcinogenní a mutagenní účinky [14].

#### 5.1.1.1.7 Purinové alkaloidy

Purinové alkaloidy jsou methylderiváty xantinu. Nejrozšířenější z nich je kofein, teobromin a teofylin. Kofein se nachází v semenech, listech a ovoci více než šedesáti druhů rostlin. Předpokládá se, že účelem akumulace purinových alkaloidů je ochrana před poškozením mladých listů, květů a plodů škůdci [20].

Množství kofeinu je závislé na způsobu přípravy nálevu (teplotě vody, době extrakce aj.) Průměrný obsah kofeinu v jednom šálku čaje (250ml) je 6-16 mg u zeleného čaje, min. 12 mg u čaje oolong (částečně fermentovaný čaj) a 25-110 mg u čaje černého. Průměrný obsah kofeinu v jednom šálku kávy (100 ml) je asi 80 mg kofeinu, v nekofeinové kávě 1-6 mg, v instantní kávě 29-91 mg, v překapávané 37-132 mg a filtrované 93-127 mg. V nealkoholických kolových nápojích se obsah kofeinu pohybuje v rozmezí od 50 do 250 mg na litr nápoje (250 mg = nejvyšší přípustné množství). Pokud je obsah přidaného kofeinu vyšší než  $150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , musí být na obalu uvedeno upozornění („s vysokým obsahem kofeinu“) a skutečný obsah. Toto se nevztahuje na potraviny s přirozeným obsahem těchto látek, jako káva, čaj a výrobky z nich [15,18,20].

Káva bez kofeinu se vyrábí extrakcí kofeinu organickými rozpouštědly, zejména dichlormethanem, nověji superkritickým oxidem uhličitým. Získaný kofein se využívá k obohacování kolových nealkoholických nápojů a ve farmacii [19].

Celkový obsah alkaloidů kakaových bobů, semen kávovníku pravého bývá v rozmezí 0,7-3,2 % v sušině. Hlavního alkaloidu teobrominu je 0,6-3,1 %, kofeinu 0,02-0,5 % v sušině. Hořká čokoláda obsahuje 0,3-0,1 % teobrominu a 0,02-0,03 % kofeinu, mléčná čokoláda 0,1-0,4 % teobrominu a 0,01 až 0,02 % kofeinu. Čokoládové nápoje obsahují  $260-440 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  teobrominu a  $10-12,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  kofeinu [19].

Kofein v malých dávkách působí jako stimulant centrálního nervového systému a působí jako lehké diuretikum (odvodňuje organismus). Působením přítomných polyfenolů

se kofein z kávy vstřebává rychleji než kofein z čaje. Účinek kofeinu z čaje nastupuje sice pomaleji, ale déle trvá. Návykovost kofeinu nebyla prokázána, rovněž se nepotvrdilo, že by kofein zvyšoval pravděpodobnost vzniku rakoviny a osteoporózy. Kofein nezvyšuje hladinu cholesterolu v krvi ani riziko chorob srdce a cév, jisté opatrnosti je při pití kávy či jiných kofeinových nápojů zapotřebí u osob s vysokým krevním tlakem. Lidem s nízkými hodnotami naopak pomáhá tlak zvyšovat. Teobromin a teofylin vykazují slabší stimulační účinky než kofein [20].

#### 5.1.1.1.8 Steroidní glykoalkaloidy

Steroidní glykoalkaloidy jsou toxické látky obsažené v bramborách (**solanin**), rajčatech (**tomatin**), lilku a paprice. Lze je považovat za součást ochranných mechanismů rostliny. Glykoalkaloidy jsou značně termostabilní, odolávají mražení i sušení, nerozkládají se varem, pečením ani mikrovlnným ohřevem. Mohou se však částečně vyluhovat do varné lázně [14].

Nejvyšší koncentrace **solaninu** v hlízách brambor je v povrchových vrstvách, směrem do středu hlíz klesá. Vyšší množství solaninu obsahují zpravidla drobné hlízy. Množství alkaloidů je silně závislé na půdních a klimatických podmínkách [14].

Tabulka 3: Distribuce a obsah glykoalkaloidů v bramborách ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [19].

| Část hlízy                                   | Obsah $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v původní hmotě |
|--|--|
| Neloupané brambory                           | 75   |
| Pokožka (2- 3 % hmotnosti hlízy)             | 300-600  |
| Slupka po oloupaní (10-15 % hmotnosti hlízy) | 150-300  |
| Slupka a očka (průměr 3 mm)                  | 300-500  |
| Loupané brambory                             | 12-50  |

Vystavení hlíz světlu a jejich poranění zvyšuje biosyntézu alkaloidů až o 400 %. Stimulačně působí především světlo kratších vlnových délek, světlo delších vlnových délek stimuluje především tvorbu chlorofylu [14].

Bylo zjištěno, že při loupání brambor dochází k výraznému poklesu celkového obsahu solaninu až o 70 %. K dodání toxické dávky solaninu by bylo zapotřebí 500 g naklíčených brambor, 4 kg nezralých rajčat, 10 kg lilku nebo papriky. Otravu tedy může způsobit pouze požití většího množství naklíčených brambor. Ostatní jmenovaná zelenina není v běžně konzumovaném množství nebezpečná [14].

Typickým projevem otravy solaninem je zvracení průjem, žaludeční křeče, bolesti

hlava a závratě. Toxicita solaninu je způsobena jednak inhibicí cholinesterasy, jednak porušením membrán zaživacího traktu a některých orgánů. Pro snížení příjmu glykoalkaloidů z brambor (zejména v dětské výživě) platí následující doporučení:

- vyhnout se konzumaci netradičních a neregistrovaných odrůd,
- neskladovat brambory při vyšších teplotách a za přístupu světla,
- nekonzumovat hlízy silně poškozené, napadené, nezralé, v žádném případě zelené,
- konzumovat brambory po odstranění slupky, vykrajovat okolí klíčků,
- nenechávat dlouho rozkrájené nebo strouhané brambory bez tepelného ošetření [14].

**Tomatin** je přítomen zejména v malých zelených plodech rajčat, ve zralých plodech je jeho množství velmi malé. Má především teratogenní účinky [15].

Při zmrazování nezralých rajčat dochází přibližně k 8 % (rajčata neloupaná, zeleno-žlutá) až 18 % ztrátám (stejná rajčata loupaná) [19].

Tabulka 4: Obsah tomatinu v rajčatech ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [19].

| Stav zralosti plodů        | Obsah $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v původní hmotě |
|----------------------------|--|
| plody malé zelené          | 69   |
| plody velké zelené         | 45   |
| plody růžové               | 2,5  |
| plody světle červené       | 3,9  |
| plody velmi červené, zralé | 1,6  |

### 5.1.1.2 Saponiny

Saponiny jsou látky přirozeně se vyskytující v rostlinách, které vykazují některé společné vlastnosti: hořkou chuť, detergenční účinky, hemolytické účinky, reagují se žlučovými kyselinami a cholesterolem. Jsou přítomné v červené řepě, špenátu, chřestu a dalších zeleninách. Velké množství saponinů obsahuje oddenek lékořice, zejména glycyrrhizin s intenzivně sladkou chutí [21].

Ve formě koncentrátů se některé saponiny používají jako pěnotvorné látky, emulgátory a antioxidanty, glycyrrhizin i jako náhradní sladidlo při výrobě cukrovinek a zpracování tabáku. Při výrobě nealkoholických nápojů a také při výrobě známého anglického zázvorového piva se jako pěnotvorné látky používají saponiny z kůry stromu *Quillaiasaponia*. Saponiny se běžně používají v kosmetických výrobcích, jako jsou šampony a jiné přípravky na vlasy [14].

Saponiny způsobují nežádoucí hořkost a trpkost sójových bobů a ostatních luštěnin. V minulosti byly veškeré saponiny považovány výhradně za antinutriční a toxické látky. Uplatňují se zpravidla nepříznivě v organoleptických vlastnostech potravin svojí hořkostí a trpkostí [14].

Z dnešního pohledu jsou jen některé saponiny skutečně toxické. Při běžné konzumaci a pestrém jídelníčku jejich pozitivní působení dokonce převládá nad negativy. Vykazují příznivé účinky fungicidní (například některé saponiny chřestu), antioxidační a antikarcinogenní (mají vliv na snížení hladiny cholesterolu v krvi). Podobně jako s cholesterolem reagují saponiny také s dalšími steroly a se žlučovými kyselinami, a tak inhibují jejich absorpci. To má souvislost s metabolismem cholesterolu a tedy i s prevencí kardiovaskulárních onemocnění. Schopnost ženského zpomalovat stárnutí organismu je mimo jiné připisována antioxidačním aktivitám přítomných saponinů a chinonů [21].

Množství saponinů závisí hlavně na druhu rostliny a klimatických podmínkách. Největší množství saponinů se nachází v kořenech, kůře a rychle rostoucích částech rostlin. V nízkých koncentracích jsou saponiny také přítomny u některých mořských živočichů a bakterií [19].

Tabulka 5: Obsah saponinů v luštěninách a dalších rostlinách ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [19].

| Rostlina        | Latinský název            | Obsah v % | Rostlina          | Latinský název           | Obsah v % |
|-----------------|---------------------------|-----------|-------------------|--------------------------|-----------|
| sója luštěinatá | <i>Glycine max</i>        | 0,22-5,6  | čočka jedlá       | <i>Lensculinaris</i>     | 0,11-0,51 |
| fazol obecný    | <i>Phaseolus vulgaris</i> | 0,35-1,6  | podzemnice olejná | <i>Arachishypoagea</i>   | 0,01-1,6  |
| fazol zlatý     | <i>Phaseolus aureus</i>   | 0,34      | špenát setý       | <i>Spinaciaoleracea</i>  | 4,7       |
| fazol měsíční   | <i>Phaseolus lunatus</i>  | 0,10      | řepa obecná       | <i>Beta vulgaris</i>     | 5,8       |
| cizrna beraní   | <i>Cicer arietinum</i>    | 0,23-6,0  | merlík čilský     | <i>Chenopodiumquinoa</i> | 0,14-2,3  |
| hrách setý      | <i>Pisumsativum</i>       | 0,11-0,18 | lékořice lysá     | <i>Glycyrrhizaglabra</i> | 2,2-15,0  |

### 5.1.1.3 Kyanogeny

Kyano-sloučeniny jsou přirozeně se vyskytujícími látky v rostlinách, které jsou samy o sobě neškodné. Při jejich rozkladu se však uvolní toxický kyanovodík (HCN), pokud se jedná o roztok, označuje se jako kyselina kyanovodíková. Podle chemické podstaty se dělí na **kyanogenní glykosidy** (z hlediska obsahu v potravinách nejrozšířenější), **pseudo-kyanogenní glykosidy** a **kyanogenní lipidy**. Tyto přírodní toxiny chrání rostliny před škůdci, ale u člověka způsobují otravu v důsledku blokování enzymu přenášejícího kyslík. Před otravou chrání určité postupy úpravy jako rozmělnění, máčení ve vodě a vaření. Pokud se voda z vaření slije, kyselina kyanovodíková se odstraní [18].



Kyanogeny jsou obsaženy v manioku čili kasavě, v semenech lnu setého, v semenech řady plodů jako slívy, hrušky, jablka, jeřabiny, bezinky a to zejména v nezralých plodech a listech bezinek. Významným kyanogenním glykosidem je **amygdalin** přítomný v hořkých mandlích a semenech meruněk, broskví, švestek a třešní (v malém množství i v semenech jablek, hrušek a kdoulí) [18].

Prekurzorem amygdalinu je zde zřejmě prunasin, který se nachází také v dužnině nezralých plodů. Množství amygdalinu není veliké a není ani životu nebezpečné. K otravám dochází většinou jen náhodně, např. při konzumaci většího množství pecek hořkých mandlí dětmi [19].

Pseudokyanogenní glykosid cykasin se vyskytuje v cykasovitých rostlinách (rostliny s pérovitými listy, podobné palmám), které se např. v tropických oblastech používají k lidské výživě (zdroj škrobu-ságo), působí nepříznivě na játra, možná i kancerogenně. Nepatrné množství HCN v potravinách může pocházet z pesticidů aplikovaných např. na obiloviny a luštěniny [18].

Kyanogeny v peckovitém ovoci jsou přítomny v nejedlé části plodu, v peckách. Pokud jsou zpracovávány celé plody, mohou kyanogeny z pecek postupně přecházet do jedlé části plodu. Při lisování neodpeckovaného ovoce může šťáva dokonce obsahovat až  $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  kyanovodíku. Vyšší koncentrace se vyskytují i u kompotů vyrobených z neodpeckovaného ovoce). Množství uvolněného kyanovodíku závisí na použitých technologických podmínkách, především na teplotě. K enzymové degradaci může docházet jen tehdy, pokud došlo k tepelnému poškození buněčných membrán a ještě nebyly inhibovány enzymy. Čím vyšší je inaktivační účinek, tím nižší je koncentrace kyanovodíku v hotovém výrobku. Benzaldehyd, který vzniká při enzymové degradaci kyanogenů peckového ovoce, bývá nositelem charakteristické vůně a chuti výrobků z tohoto ovoce. Oxidací částečně vzniká benzoová kyselina, která má výrazné antimikrobní účinky [19].

Jádra některých peckovin (např. hořkých mandlí) se používají k výrobě marcipánu, mandlového želé a jiných cukrářských výrobků. I zde během výroby dochází k enzymové hydrolyze kyanogenních glykosidů a k uvolňování kyanovodíku, který se však v dalších technologických operacích odstraní. Podobné změny nastávají při výrobě ovocných destilátů, kdy během fermentace dochází k enzymovému uvolňování kyanovodíku, který z větší části při fermentaci vytěká [19].

Při využívání surovin, které obsahují kyanogenní glykosidy, se výrobci snaží zpracovávat odrůdy s nízkým obsahem kyanogenů a používat takové technologické nebo kuli-

nární postupy, které zaručí odstranění vzniklého kyanovodíku v procesu tepelného zpracování [19].

Jestliže se konzumují čerstvé kyanogenní rostliny, které obsahují neporušené glykosidy, vzniká jen malé množství kyanovodíku, neboť v kyselém prostředí zažívacího traktu člověka a dalších monogastrických živočichů jsou enzymy rozkládající kyanogenní glykosidy inhibovány a nedochází ani k chemickému rozkladu kyanogenů. U přežvýkavců (polygastrických živočichů) nejsou rostlinné enzymy v neutrálním prostředí zažívacího traktu inhibovány a kyanogenní glykosidy jsou částečně rozkládány přítomnou mikroflórou, což může vést k intoxikacím [19].

#### **5.1.1.4 Glukosinoláty**

Glukosinoláty, dříve nazývané thioglukosidy, tvoří významnou skupinu více než 150 sekundárních metabolitů výlučně dvouděložných rostlin náležejících do řádu brukvotvarých. Z hlediska významu má dominantní postavení čeleď brukvovitých, která zahrnuje hospodářsky významné plodiny řazené mezi olejniny, zeleniny nebo pochutiny. Glukosinoláty jsou např. zodpovědné za typicky štiplavou chuť semen řepky, aroma hořčice, křenu, ředkve a jiných druhů zelenin a některého koření. Proto se dříve také nazývaly glykosidy hořčičných olejů [19].

Příležitostně jsou konzumovány také některé části rostlin náležejících do jiných čeledí např. kapary, poupata kapary trnité, která jsou lahůdkovou zeleninou, obsahují glukokapparin. Semena tropického ovoce papáji melounové obsahují glukotropeolin a pro svojí kořeněnou štiplavou chuť se mleté používají jako náhrada pepře [19].

Při blanšírování a vaření zelenin se značná část glukosinolátů vyluhuje, v průměru 30-40 % (např. u zelí 28 % během 10 minut varu). Přibližně třetina až polovina původního obsahu glukosinolátů zůstává během vaření nezměněna. Ve zmrazených zeleninách se v poškozených pletivech nachází asi 50 % původně přítomných glukosinolátů. Při kvašení zelí dojde během prvního týdne fermentace k prakticky úplnému rozkladu glukosinolátů [19].

Tabulka 6: Obsah glukosinolátů v čerstvých a vařených brukvovitých zeleninách ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [19].

| Zelenina          | Celkový obsah $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v čerstvé hmotě |           |      |
|-------------------|--|-----------|------|
|                   | Rozsah   | Průměr    |      |
| zelí              | syrové   | 360-2754  | 1089 |
|                   | vařené   | 315-1651  | 786  |
| květák            | syrový   | 138-2083  | 620  |
|                   | vařený   | 94-1111   | 420  |
| růžičková kapusta | syrová   | 1455-3939 | 2260 |
|                   | vařená   | 597-2452  | 1237 |
| tuřín             | syrový   | 392-1657  | 560  |
|                   | vařený   | 205-944   | 291  |

Denní příjem glukosinolátů může u častých konzumentů brukvovité zeleniny činit několik set mg na osobu. Samotné glukosinoláty jsou sloučeniny indiferentní vzhledem k vlivu na lidské zdraví. Biologické účinky mají jen jejich degradační produkty. Některé z nich mají výrazné mikrobiální a insekticidní účinky. Přítomnost glukosinolátů představuje problém v krmivářství, když se používají řepkové šroty (obsahují 36-40 % bílkovin). U člověka při běžném konzumovaném množství brukvovité zeleniny nejsou škodlivé účinky významné [24].

Brkvovité zeleniny mají naopak ze všech zelenin nejpříznivější vliv na lidské zdraví. Výzkumy prokazují, že brukvovité zeleniny snižují riziko tvorby chemicky indukovaných nádorů, tj. rakoviny vyvolané příjmem karcinogenů. V čínském zelí tvoří indolové glukosinoláty 95 %. Askorbigen se v žaludku částečně rozkládá a uvolňuje se askorbová kyselina a produkty s antikarcinogenním a antimutagenním účinkem [24].

### 5.1.1.5 *Fytoestrogeny*

Látek s estrogenními účinky je známo několik desítek, vyskytují se zhruba v 300 druzích rostlin. Hlavními fytoestrogeny jsou isoflavony, lignany, kumestany, stilbeny [19,22].

Isoflavony jsou fytoestrogeny, vykazující různé biologické účinky. Výskyt isoflavonů se prakticky omezuje na luštěniny, zejména na sóju, v menším množství jsou obsaženy např. i v amarantu, moruších [18].

V sójových bobech se vyskytuje isoflavon daidzein, který je neaktivnějším estrogením isoflavonem, dále genistein, fotmononetin, glycitein a biochanin A [19].

Estrogenní isoflavony se vyskytují také v některých dalších rostlinách, ale v podstatně menším množství. Např. v semenech podzemnice olejné bývá asi  $0,50 \text{ mg.kg}^{-1}$  daidzeinu a  $0,83 \text{ mg.kg}^{-1}$  genisteinu, v semenech slunečnice  $0,08 \text{ mg.kg}^{-1}$  daidzeinu a  $0,14 \text{ mg.kg}^{-1}$  genisteinu, v semenech máku  $0,18$  a  $0,07 \text{ mg.kg}^{-1}$  [24].

Sójové potraviny obvykle obsahují více genisteinu než daidzeinu, nicméně tento poměr není konstantní. Syrové, sušené sójové boby obsahují 2 až 4 mg isoflavonů na gram. Většina tradičních sójových výrobků, jako tofu, sójové mléko, tempeh a miso jsou bohatým zdroji isoflavonů, kterých dodávají v jedné porci 30 až 40 mg. Pouze dva sójové výrobky isoflavony neobsahují, a to sójová omáčka a sójový olej. Sójové proteinové koncentráty (65 % sójového proteinu) v závislosti na způsobu zpracování buď obsahují nutričně významné množství isoflavonů, nebo je neobsahují prakticky vůbec. Obecně je ale hladina isoflavonů v nejběžnějších sójových koncentrátech poměrně nízká. Bohaté na isoflavony jsou naopak texturovaný sójový protein a sójová mouka. Sójové proteinové izoláty (90 % sójového proteinu) obsahují isoflavonů méně než posledně jmenované výrobky, obsažené množství je ale stále ještě velmi významné. Skupina sójových výrobků, často označovaná jako výrobky druhé generace" (např. sójová zmrzlina a hot dog) má mnohem nižší obsah isoflavonů vzhledem k tomu, že obsahují značné množství nesójových ingrediencí [18].

Tabulka 7: Obsah fytoestrogenů v potravinách ( $\mu\text{g}/100 \text{ g}^{-1}$ ) [22].

| Potravina                 | obsah fytoestrogenů ( $\mu\text{g}/100 \text{ g}^{-1}$ ) |
|---------------------------|--|
| plnotučné mléko           | 12   |
| odtučněné mléko           | 20   |
| Smetana                   | 8  |
| sójové mléko              | 6028   |
| Jogurt                    | 20   |
| sójový jogurt             | 8286   |
| sýr gouda                 | 24   |
| sýr camembert             | 29   |
| Máslo                     | 11-17  |
| Vejce                     | 11   |
| hovězí maso               | 7-19   |
| vepřové maso              | 4-20   |
| sójový karbanátek         | 4430   |
| ryby a mořští živočichové | 2-9  |

**Isoflavony** přecházejí prakticky beze změn z bobů do sójové mouky. Při namáčení sójových bobů dochází zhruba ke ztrátě 11 % isoflavonů výluhem, ztráty při vaření činí asi 50 % původního obsahu. Asi 40 % isoflavonů se ztrácí při extrakci alkáliemi během výroby bílkovinných izolátů [19].

**Lignany**, látky obsažené v semenu lnu, bobulovin a v obilovinách, z nichž vzniká lignin, a z toho se ve střevě vytváří estrogeně působící enterolakton [23]. Spolu s polymerním ligninem patří lignany k nejrozšířenějším složkám rostlin, kde mají funkci v ochraně proti patogenům. Vykazují také různé další biologické účinky, neboť se uplatňují jako fytoestrogeny, antioxidanty a také jako antikarcinogenní látky [19].

Tabulka 8: Obsah hlavních lignanů ve vybraných potravinách ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [19].

| Produkt       | Voda (%) | Pinoresinol ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Lariciresinol ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Secoisolariciresinol ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Matairesinol ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Celkem ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) |
|---------------|----------|--|--|---|---|---|
| lněné semeno  | -        | 332  | 304  | 29420   | 55,3  | 30110                                       |
| sezamové sem. | -        | 2933   | 947  | 6,6   | 48,1  | 3935  |
| arašídý       | -        | 0  | 4,1  | 5,3   | 0   | 9,4   |
| brokolice     | 89       | 56,8   | 21,2   | 0,8   | 0   | 78,7  |
| mrkev         | 92       | 1,9  | 8,0  | 9,3   | 0   | 17,1  |
| cibule        | 90       | 0  | 1,9  | 1,8   | 0   | 3,6   |
| špenát        | 94       | 1,2  | 6,8  | 0,2   | 0   | 8,2   |
| rajčata       | 94       | 1,4  | 4,2  | 0,2   | 0   | 5,8   |
| brambory      | 80       | 0  | 1,7  | 0,2   | 0   | 2,0   |
| pomeranče     | 86       | 2,4  | 4,7  | 0,5   | 0,2   | 7,8   |
| broskve       | 80       | 18,6   | 8,0  | 2,7   | 0   | 29,3  |
| olivový olej  | -        | 24,3   | 0,4  | 0   | 0   | 24,8  |

**Kumestany** a jejich účinným zástupcem je kumestrol z alfalfa a jiných jetelovin, který je asi 10krát účinnější než izoflavony ze sóje [23].

**Stilbeny** a jejich hlavním zástupcem je estrogeně aktivní resveratrol obsažený ve slupkách červených hroznů (a tím pádem v červeném víně). Snižuje riziko kardiovaskulárních chorob při vysokém příjmu tuku [23].

Některé fytoestrogeny produkují také plísně rodu *Fusarium*. Účinky fytoestrogenů na lidský organismus mohou být škodlivé i přínosné. Na straně jedné dochází u žen, které konzumují stravu bohatou na fytoestrogeny, k poruchám menstruačního cyklu a na druhé straně je u osob s vysokým příjmem isoflavonů sóji pozorován nižší výskyt rakoviny prsu a prostaty. Některé isoflavony jsou zároveň antioxidanty [15].

### 5.1.1.6 Lektiny

Jeden z mechanismů ochrany, kterým rostliny disponují, spočívá v akumulaci určitých proteinů v semenech a vegetativních částech souvisejících s rozmnožováním. To pak činí tyto orgány rostlin nepřijatelné, nestravitelné nebo toxické pro parazity a predátory. Takovými proteiny jsou lektiny [19].

Většina dnes známých lektinů náleží do jedné ze 4 hlavních podskupin:

- lektiny luštěnin
- lektiny jednoděložných rostlin vázající mannosu
- lektiny vázající chitin
- lektiny inaktivující ribosomy typu 2 [19].

Tabulka 9: Hlavní lektiny hospodářsky významných rostlin [19].

| Rostlina                                    | Latinský název                | Výskyt | Obsah v g.kg <sup>-1</sup> | Tepelná stabilita <sup>a)</sup> | Toxicita v potravině |            |
|---|-------------------------------|--------|----------------------------|---------------------------------|----------------------|------------|
|   |                               |        |                            | syrové                          |                      | zpracované |
| <b>lektiny luštěnin</b>                     |                               |        |                            |                                 |                      |            |
| podzemnice olejná                           | <i>Arachishypogaea</i>        | semena | 0,2-2                      | nestálý                         | ano                  | ano        |
| hrách setý                                  | <i>Pisu sativum</i>           | semena | 0,2-2                      | nestálý                         | snad                 | ne         |
| fazol obecný                                | <i>Phaseolusvulgaris</i>      | semena | 1-10                       | střední                         | ano                  | snad       |
| fazol měsíční                               | <i>Phaseoluslunatus</i>       | semena | 1-10                       | střední                         | ano                  | snad       |
| fazol ostrolistý                            | <i>Phaseolusacutifolius</i>   | semena | 1-10                       | střední                         | ano                  | snad       |
| fazol šarlatový                             | <i>Phaseoluscoccineus</i>     | semena | 1-10                       | střední                         | ano                  | snad       |
| čočka jedlá                                 | <i>Lensculinaris</i>          | semena | 0,1-1                      | nestálý                         | ano                  | ne         |
| sója luštinatá                              | <i>Glycine max</i>            | semena | 0,2-2                      | nízká                           | ano                  | ne         |
| bob obecný                                  | <i>Viciafaba</i>              | semena | 0,1-1                      | nestálý                         | snad                 | ne         |
| <b>lektiny vázající mannosu</b>             |                               |        |                            |                                 |                      |            |
| cibule kuchyňská                            | <i>Alliumcepa</i>             | cibule | <0,01                      | střední                         | ne                   | ne         |
| česnek setý                                 | <i>Alliumsativum</i>          | cibule | 0,5-2                      | střední                         | ne                   | ne         |
| česnek pór                                  | <i>Alliumampeloprasum</i>     | cibule | <0,01                      | střední                         | ne                   | ne         |
| <b>lektiny vázající chitin</b>              |                               |        |                            |                                 |                      |            |
| pšenice obecná                              | <i>Triticumaestivum</i>       | semena | <0,01                      | vysoká                          | ano                  | ano        |
| pšenice obecná                              | <i>Triticumaestivum</i>       | klíček | 0,1-0,5                    | vysoká                          | ano                  | ano        |
| žito seté                                   | <i>Secalecereale</i>          | semena | <0,01                      | vysoká                          | ano                  | snad       |
| ječmen obecný                               | <i>Hordeumvulgare</i>         | semena | <0,01                      | vysoká                          | ano                  | snad       |
| rýže setá                                   | <i>Oryzasativa</i>            | semena | <0,01                      | vysoká                          | ano                  | snad       |
| lilek brambor                               | <i>Solanumtuberosum</i>       | hlíza  | 0,01-0,05                  | vysoká                          | -                    | snad       |
| rajče jedlé                                 | <i>Lycopersiconesculentum</i> | plody  | <0,01                      | vysoká                          | snad                 | snad       |
| <b>lektiny inaktivující ribosomy typu 2</b> |                               |        |                            |                                 |                      |            |
| skočec obecný <sup>b)</sup>                 | <i>Ricimscommunis</i>         | semena | 1-5                        | nestálý                         | -                    | -          |
| bez černý                                   | <i>Sambucusnigra</i>          | ovoce  | 0,01                       | střední                         | ano                  | snad       |
| <b>další rostlinné lektiny</b>              |                               |        |                            |                                 |                      |            |
| laskavec ocasatý                            | <i>Amaranthuscaudatus</i>     | semena | 0,1-0,5                    | nestálý                         | snad                 | není známo |
| banánovník                                  | <i>Musa x paradisiaca</i>     | ovoce  | <0,01                      | neurčeno                        | není známo           | není známo |

<sup>a)</sup> Tepelná stabilita vysoká: lektin neztrácí aktivitu zahřevem při 80 °C, střední: při 70 °C, nízká: při 60 °C, nestálý: lektin denaturuje při 60 °C. <sup>b)</sup>Nejedná se o potravinu

Za netoxické se považují lektiny česneku, cibule, póru, rajčat a laskavce. Z běžných lektinů jsou slabě toxické lektiny arašídů, čočky, hrachu, fazolí a sóji. Toxické jsou lektiny pšenice. Vysoce toxické jsou lektiny některých fazolí (měsíční aj.). Letálně působí lektiny skočce. Některé lektiny např. česneku mají probiotické účinky, inhibují nežádoucí střevní bakterie *Escherichia coli*. Často nejsou lektiny jedinými toxickými látkami přítomnými v rostlinném materiálu [19,24].

Jako bílkoviny lektiny teplem denaturují. Ke snížení aktivity také dochází proteolýzou. K detoxikaci lektinů se nejčastěji používá máčení (samotné není však dostačující) a tepelná úprava (vaření). Např. máčení fazolí 16 hodin při 22-25 °C sníží obsah lektinů jen asi o 4-5 %. K detoxikaci pouhým vařením fazolí je zapotřebí asi 90 minut, zatím co k detoxikaci předem máčených fazolí 16 hodin stačí 4-10 minut vaření. Vhodné je také vaření při vyšší tlaku. Při extruzi dochází jen k malým ztrátám (12-18 %). Klíčením dochází ke značnému poklesu lektinů. Podstatné snížení nastává po 4-6 dnech klíčení. K detoxikaci u nás pěstovaných luštěnin a brambor většinou postačují běžně používané technologické a kulinářské postupy [24].

Konzumace syrových nebo nedostatečně vařených fazolí způsobuje žaludeční potíže, zvracení a průjem. Ve srovnání s lektiny fazolí jsou sójové lektiny poměrně dobře štěpeny v tenkém střevě, přesto však po požití syrových sójových bobů působí antinutričně či toxicky [21].

### 5.1.1.7 Biogenní aminy

Biogenní aminy (BA) jsou organické sloučeniny odvozené od aminokyselin, které se běžně podílejí na metabolických procesech v živých tkáních a vykazují různé biologické účinky [18].

Můžou to být látky alifatické (putrescin, kadaverin, spermin, spermidin), aromatické (tyramin, fenylalanin) nebo heterocyklické (histamin, tryptamin), které se nacházejí v celé řadě potravin [13].

Vznikají z aminokyselin působením karboxylas nebo z aminokyselin a karbonylových sloučenin působením transaminas. Endogenní biogenní aminy jsou jako produkty metabolismu v nízkých koncentracích přirozenou složkou prakticky všech potravin. Exogenní biogenní aminy vznikají v potravinách jako důsledek mikrobiální kontaminace, zpracováním potravin při vyšších teplotách a při kvasných procesech [19].

Ve větším množství jsou obsaženy ve fermentovaných výrobcích, jako jsou sýry, trvanlivé salámy, pivo, víno, zakvašované zeleniny, kde vznikají mikrobiální činnosti (mikrobiální enzymy dekarboxylasy). Čím více obsahuje potravina bílkovin a čím déle na ní mikroorganismy působí, tím je vyšší obsah nitrosaminů. Vysoké koncentrace BA se vyskytují u potravin v pokročilém stupni kažení. U špatně skladovaných ryb bývá obsah biogenních aminů velmi vysoký (tuňák nebo makrely). V ovoci se vyskytuje nejvíce biogenní amin serotonin, který se nachází v banánu, avokádu, pomeranči a tyramin v malinách. V čokoládě je přítomen tryptamin a tyramin. V mase, rybách a sýrech bývají hlavními biogenními aminy histamin, kadaverin, putrescina tyramin. Obsah biogenních aminů lze využít jako indikátor čerstvosti masa. Čerstvé maso obsahuje do  $7 \text{ mg.kg}^{-1}$  kadaverinu a putrescinu, zatím co zkažené maso  $60 \text{ mg.kg}^{-1}$  a více. V čerstvém rybím mase je málo biogenních aminů. Rybí maso obsahuje hodně histidinu vázaného v bílkovinách i volného, proto při kažení rybího masa vzniká velké množství histaminu, zejména v makrelovitých rybách (tuňák, makrela). Mohou obsahovat až  $3000 \text{ mg.kg}^{-1}$  (makrela) nebo  $8000 \text{ mg.kg}^{-1}$  (tuňák). Vařením dochází k částečnému rozkladu biogenních aminů. Při zrání sýrů dochází k výrazné tvorbě biogenních aminů především vlivem kontaminující mikroflóry [13,24].

Tabulka 10: Obsah hlavních biogenních aminů v potravinách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [24].

| Potravina        | histamin | kadaverin | putrescin | fenyletylamin | tyramin | tryptamin |
|------------------|----------|-----------|-----------|---------------|---------|-----------|
| <b>Maso</b>      |          |           |           |               |         |           |
| vepřové          | 0-45     | 0-171     | s-702     | -             | 1-35    | 1-48      |
| hovězí           | 0-217    | 0-27      | s-26      | -             | s-61    | -         |
| kuřecí           | 1        | 9         | 6         | s             | 23      | -         |
| šunka            | 1-271    | s-97      | s-598     | s-215         | s-618   | 8-67      |
| uzeniny          | s-550    | s-787     | 1-396     | 0-696         | 0-1240  | 0-29      |
| <b>Ryby</b>      |          |           |           |               |         |           |
| tuňák            | s-8000   | s-447     | s-200     | s-45          | s-1060  | -         |
| makrela          | s-3000   | s-226     | s-40      | s-126         | s-75    | -         |
| slaneček         | s-1300   | s-34      | 1-37      | s             | 0-3000  | -         |
| sardinky         | 4-2350   | 18-1050   | 4-300     | -             | 1-68    | -         |
| <b>Sýry</b>      |          |           |           |               |         |           |
| Cheddar          | 0-1300   | 4-408     | 1-996     | 0-303         | 0-1500  | 0-300     |
| Emmental         | s-2000   | 0-460     | 1-130     | 0-490         | 1-1000  | 0-210     |
| Gouda            | 0-850    | 1-140     | 1-200     | 0-46          | 0-670   | 10-200    |
| Eidam            | 0-88     | s         | s         | -             | s-320   | -         |
| Roquefort        | 0-4100   | 42-905    | 44-830    | 10-25         | s-1350  | 10-1100   |
| Kysané potraviny | 1-200    | 1-311     | 6-550     | 0-9           | 2-310   | -         |
| Pivo             | 0-22     | 0-40      | 2-15      | 0-8           | 1-68    | 0-5       |
| Víno červené     | 0-30     | 0-47      | s-6       | s             | 0-90    |           |
| Víno bílé        | 0-20     | 3-108     | 1-11      | -             | s-212   |           |
| Špenát           | 200-400  |           |           |               | 0-680   |           |
| Rajčata          | s-1      |           |           |               | 0-1200  | 4         |



Obsah BA v různých potravinách je velmi intenzivně sledován kvůli jejich potenciální toxicitě. BA jako tyramin a beta-fenylethylamin jsou považovány za možné iniciátory hypertenzní krize u některých pacientů a také jako spouštěče migrény vyvolané potravinami. Jiný amin, histamin, byl zjištěn jako hlavní příčina některých otrav potravinami. Příjem histaminu v rozsahu 8-40 mg v průběhu dne může způsobit slabé a v rozsahu 40-100 mg střední až intenzivní otravy. Maximální obsah histaminu a tyraminu v potravinách by se měl pohybovat v rozmezí 50-100 mg.kg<sup>-1</sup> respektive 100-800 mg.kg<sup>-1</sup> u potravin konzumovaných v malých dávkách. Putrescin, spermin, spermidin a kadaverin nemají nežádoucí zdravotní účinky, ale mohou reagovat s dusitany za vzniku karcinogenních nitrosaminů a také jsou markery mikrobiální kontaminace. Toxický účinek tryptaminu spočívá ve zvýšení krevního tlaku, způsobuje tedy hypertenzi. Maximální obsah tryptaminu v potravinách není limitován žádnými předpisy [13].

Otrava potravinami může nastat zejména v případě potenciačních faktorů, jako je inhibovaná monoaminoxidáza (vlivem některých léčiv, alkoholu, zažívacích nemocí či jiných aminů). Otrava histaminem, hypertenzní krize kvůli interakci mezi potravinou a monoaminoxidázovými antidepresanty migrény způsobené potravinami jsou nejběžnějšími reakcemi způsobenými konzumací jídla s vysokým obsahem biogenních aminů. Diaminy putrescin a kadaverin a polyaminy spermin a spermidin se absorbují střešní sliznicí a snižují odbourávání výše zmíněných BA a stupňují tak jejich toxicitu [13].

### **Potraviny bohaté na histamin nebo ho ovlivňující**

Konzumace potravin s vysokým obsahem histaminu je nejznámějším spouštěčem zdravotních potíží. Znamé histaminové bomby jsou červené víno, rybí konzervy (tuňák), kyselé zelí a kvasnice [25].

### **Maso a uzeniny**

Čerstvé maso není biogenními aminy zatíženo vůbec nebo jen v minimálním množství. Histamin, který je pro neúnosně vysoký, se může objevit teprve při skladování nebo v procesu zrání. Jde hlavně o sušené, uzené a nasolované uzeniny. Mikroorganismy účastnící se na jejich zrání mají vliv nejen na jejich aroma, ale obohacují je i histaminem. Zvláště uzeniny jako salámy, syrové nebo uzené šunky vykazují značnou koncentraci histaminu. Čím déle je však živočišná strava uchována, o to více je času na dekarboxylaci histidinu na histamin. Masné výrobky jako sekaná, čajovka či klobásy by se měli lidem dostat na stůl co nejčerstvěji [25].

Tabulka 11: Zjištěné hodnoty histaminu v mase a uzeninách ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [25].

| Druh potraviny                     | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Druh potraviny             | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) |
|------------------------------------|---|----------------------------|---|
| Klobása po 5 dnech                 | 6   | Městský salám 2. týden     | 1-10  |
| Klobása čerstvá                    | <1  | Městský salám 3. -4. týden | 1-80  |
| Vuřty                              | <10-100                                     | Hovězí maso čerstvé        | <2,5  |
| Vlašský, pařížský salám            | 9-310                                       | Hovězí játra               | 65  |
| Mleté maso po 3-4 dnech            | 8   | Trvanlivý salám            | 1-450                                       |
| Mleté maso čerstvé                 | <1  | Vepřová játra              | 225   |
| Kuřecí maso čerstvé                | <1  | Vestfálská uzená šunka     | 6,6   |
| Městský salám (čajovka) po 1 týdnu | <1  |                            |   |

### Ryby a mořské plody

Čerstvě ulovená ryba je právě tak jako čerstvé maso téměř bez histaminu. Rybí maso však má vysoký obsah histidinu, a proto v nepříznivých podmínkách rychle podléhá mikrobiálním procesům [25].

Zvláště ryby z teplých vod (např. tuňák) se musejí po ulovení rychle zmrazit, aby se předešlo vzniku vysoké koncentrace histaminu. Na přijatelné hodnoty histaminu se lze spolehnout jen tehdy, je-li zaručeno nepřetržité chlazení, nejlépe okamžité hluboké zmrazení a správné zpracování ryb [25].

Mimořádně bohaté na histamin jsou také sušené, nasolené a marinované ryby. Koncentrace histaminu u nakládaných ryb dále zvyšuje používání octových marinád [25].

Tabulka 12: Zjištěné hodnoty histaminu v rybách a mořských plodech ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [25].

| Druh potraviny                 | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Druh potraviny      | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) |
|--------------------------------|---|---------------------|---|
| Sardelky (konzerva)            | 34,5-176                                    | Rybí salát          | 500-1430                                    |
| Ančovičky (konzerva)           | 1250  | Krabí paštika       | 8   |
| Ančovičky čerstvé              | 44  | Uzená makrela       | 80-576                                      |
| Marinované ryby                | 2400  | Matjesy             | <0,1-10                                     |
| Rybí prsty (hluboce zmražené)  | <0,1  | Zavináče            | 7,7-80                                      |
| Pstruh                         | 333   | Sardinky (konzerva) | 110-1500                                    |
| Sleď                           | 350   | Tuňák (konzerva)    | <0,1-13 000                                 |
| Sleď v rajské šťávě (konzerva) | 500-3000                                    |                     |   |

## Sýry a mléčné výrobky

Také zde je příčinou jako u všech potravin přeměna histidinu na histamin. Čím déle mléčný výrobek zraje, tím vyšší je nakonec obsah biogenních aminů. Extrémně velké množství histaminu může vzniknout tedy zvláště v dlouho zrajících druzích sýra, jako je ementál, parmezán nebo gouda. Sýry zhotovené z mléka neupraveného pasterací se mohou kvůli své mikrobiální aktivitě proměnit i po krátké době v histaminovou bombu [25].

Vznik biogenních aminů závisí na mnoha faktorech, a proto jsou udávané hodnoty histaminu u různých sýrů rozdílné [25].

Dobře jsou snášeny málo zralé měkké sýry nebo holandské sýry, které jsou histaminem minimálně zatíženy [25].

Tabulka 13: Zjištěné hodnoty histaminu v sýrech a mléčných výrobcích ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [25].

| Druh potraviny      | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Druh potraviny                | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) |
|---------------------|---|-------------------------------|---|
| Brie                | <10-600                                     | Sušené mléko                  | 0,4   |
| Měkký plnotučný sýr | < 10  | Mozarella                     | 1,6 – 50                                    |
| Podmáslí            | 2,3   | Parmezán                      | < 10 – 580                                  |
| Camembert           | < 10 – 600                                  | Tvaroh                        | 0,1 – 3                                     |
| Čedar               | <10 – 1300                                  | Čerstvé mléko nepasterizované | 0,1 – 1                                     |
| Eidam               | < 10 – 500                                  | Smetana                       | 2,1   |
| Ementál             | < 10 – 2500                                 | Ovčí sýr                      | 0,4 – 60,7                                  |
| Gouda               | < 10 – 900                                  | Plísňový sýr                  | < 10 – 79                                   |
| Olomoucké tvarůžky  | 390   | Sýr Tilsit                    | < 10 – 60                                   |
| Jogurt              | 2,1   | Plnotučné mléko pasterizované | 0,3 – 3,1                                   |
| Kondenzované mléko  | 1,2   |                               |   |

## Chléb a pečivo

Příčinou je používání histaminem zatíženého droždí a jiných přísad do pečiva. Jako kypřící prostředek by byl vhodný např. prášek do pečiva, který neobsahuje histamin.

Patří sem téměř všechny duhy chleba, bílé pečivo, koláče, kynuté těsto, toasty, bagety, těsto na pizzu, sladkosti jako keksy a sušenky a slané pečivo. S přihlédnutím k významu, který v naší denní stravě mají, by jejich úplná eliminace nebyla žádoucí ani prakticky možná. Proto alespoň konzumaci těchto výrobků omezit [25].

Tabulka 14: Zjištěné hodnoty histaminu v přísadách do pečiva ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [25].

| Potravina    | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Potravina      | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) |
|--------------|---|----------------|---|
| Droždí       | 1660  | Pšeničná mouka | 3,5   |
| Sójová mouka | 2,4   |                |   |

### Ovoce a zelenina

Bohaté na histamin je kvašené ovoce a zelenina (kyselé zelí). Také víno připravované z hroznů má kvůli svému procesu zrání vysoký obsah histaminu a to hlavně vína červená. Na histamin jsou bohaté také špenát, rajčata hlavně při výrobě protlaků, dále lilek, jahody, citrusové plody, ananas, ořechy a kiwi [25].

Tabulka 15: Zjištěné hodnoty histaminu v ovoci a zelenině ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [25].

| Potravina   | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) | Potravina | Histamin ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) |
|-------------|---|-----------|---|
| Lilek       | 26  | Špenát    | 2-38  |
| Avokádo     | 23  | Rajčata   | 11-22                                       |
| Ocet        | 0,1-4                                       | Kečup     | 119   |
| Kyselé zelí | 60-200                                      |           |   |

Jsou-li některé aminy přijímány potravou v nadměrném množství, mohou vyvolat řadu nepříznivých reakcí. Histamin a tyramin ovlivňují nervový systém, histamin snižuje krevní tlak, tyramin jej naopak zvyšuje. Projevy otrav jsou nervové a kožní, zvracení, bolesti hlavy, zrudnutí v obličeji, pálení v ústech, červená vyrážka na kůži. U osob trpících migrénami představuje zvýšený příjem těchto aminů riziko [14].

Stanovení hranice, kdy BA působí toxicky, je velmi obtížné a individuální, protože tato dávka silně závisí na účinnosti detoxikačních mechanismů každého jedince. Běžně je malá část požitých BA metabolizována již v žaludku na méně aktivní degradační produkty. Tyto mechanismy zahrnují specifické enzymy, jako je diaminoxidáza. Přesto vysoké dávky není schopen organismus účinně odbourat [13].

Potenciál diaminoxidázy je u dospělých vyšší než u dětí a u mužů je vyšší než u žen. Možná proto ženy-statisticky vzato-trpí histaminovou intolerancí častěji než muži [25].

### 5.1.2 Látky znečišťující (kontaminanty)

Dostávají se do potravin neúmyslně, často ze zemědělské produkce jako zbytky pesticidů, znečištěniny hnojiv (kadmium), ze závlivkové vody např. průmyslové chemikálie, z veterinárního ošetření zbytky léčiv apod. Při skladování a zpracování mohou být potraviny napadeny plísněmi (mykotoxiny), mohou obsahovat zbytky posklizňových pesticidů, během kulinárního zpracování se v nich mohou vytvořit N-nitrosaminy či polycyklické aromatické uhlovodíky [15].

#### 5.1.2.1 Heterocyklické aminy

Heterocyklické aminy (HA) můžeme podle jejich chemické struktury rozdělit na pyrido-imidazoly a pyrido-indoly, chinoliny, chinoxaliny, pyridiny, benzoxaziny [26].

Tyto látky vznikají při vysokých teplotách v průběhu tepelné úpravy potravin s obsahem živočišných bílkovin na základě reakce aminokyselin, kreatinu a sacharidů, které jsou přirozenou součástí svalové tkáně zvířat. Touto tzv. pyrolýzou vznikají při pečení, smažení a grilování nežádoucí produkty Maillardových reakcí. HA jsou tedy karcinogenní a mutagenní látky [26,27].

Množství HA v tepelně upravované potravě stoupá s vyšší teplotou a délkou jeho působení. Při pečení při teplotě 300 °C vznikne až 4x vyšší množství heterocyklických aminů při teplotě 200 °C. Nejvíce HA vzniká při opékání potravin nad přímým plamenem, a to v povrchové vrstvě takto upravované potraviny [26,27].

Při grilování a smažení vzniká nejvíce HA v rybím, hovězím, případně vepřovém mase, zatímco jejich výskyt v drůbežím mase je poměrně nízký [26].

Z hlediska expozice člověka je nutno uvést, že mutagenní pyrolyzáty jsou obsaženy nejen ve vlastním pokrmu, resp. v jeho povrchových vrstvách, ale i v párách tvořících se v průběhu vaření [26].

Heterocyklické aminy se vyskytují obecně v tepelně upravených potravinách s určitým (nikoliv nezbytně vysokým) obsahem bílkovin. Konkrétně se jedná o maso, ryby, smažená vejce, grilované uzeniny, hamburgery. Relativně vysoké obsahy heterocyklických aminů však byly nalezeny také ve smažené cibulce, pražené kávě a cigaretovém kouři [28].

V rámci prevence vzniku HA v potravinách je možno jmenovat následující faktory:

- šetrná tepelná úprava potravin
- vyloučit působení přímého plamene při tepelné úpravě
- zabránit připalování potravin
- omezit dobu působení vysoké teploty [27].

Je třeba dát přednost vaření, případně mikrovlnnému ohřevu před pečením, smažením a grilováním. Pokud je ze senzorických důvodů žádoucí pečení, je vhodné použít co nejnižší teplotu (200 °C) [27].

Při prevenci účinku heterocyklických aminů je třeba zmínit také možnost ovlivnění jejich vstřebatelnosti, a to např. absorpcí na potravní vlákninu. I zde se tedy může projevit příznivý vliv konzumace zeleniny, ovoce nebo celozrnných obilovin [27].

V rámci projektu FFE 439/01/SME19 byly zkoumány látky v potravě působící jako ochrana proti škodlivému vlivu HA. Jako účinné se ukázaly některé typy extraktů ze zeleného čaje, červeného vína, borůvek, ostružin, červené vinné révy, kiwi, vodního melounu, petržele a špenátu [18].

### 5.1.2.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky

Z kvalitativního a toxikologického hlediska mají z této rozsáhlé skupiny látek největší význam benzo- a indeno- skupiny pyrenu, fluoranthenu, perylenu a anthracenu [27].

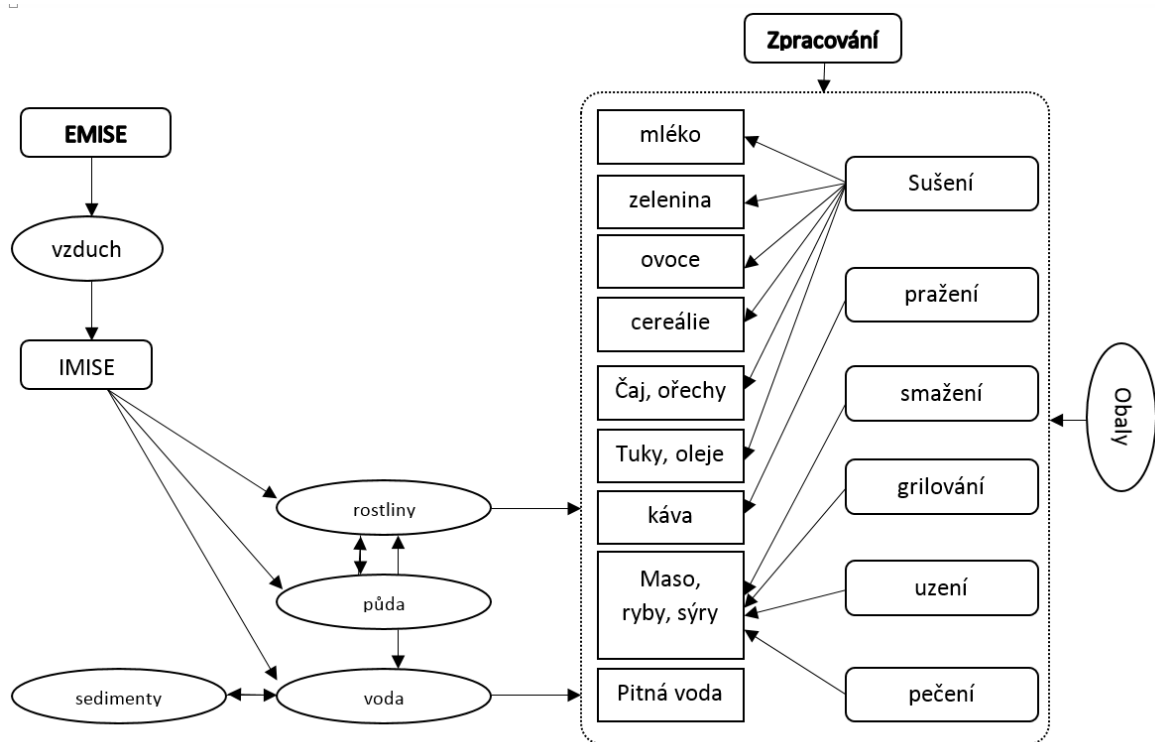
Největším zdrojem PAU pro člověka (nekuřáka) jsou potraviny. Vyskytují se v grilovaných a uzených výrobcích, v tucích a olejích, v sušeném ovoci a cereáliích, v čerstvém ovoci a zelenině, ale v nepatrných množstvích i v nealkoholických nápojích, kávě, čaji a mléce [18].

PAU se tvoří především nedokonalým spalováním organických látek a nejdůležitější cesty jejich vstupu do potravního řetězce člověka jsou:

- z atmosféry, kam se dostávají sopečnou činností, resp. při rozsáhlých lesních požárech
- z oceánu jako následek ropných havárií, což způsobí kontaminaci ryb
- průsaky ze skládek odpadů
- jsou přirozeným metabolitem některých rostlin (zelí, pórek, hlávkový salát, rajčata, špenát, olivy-olivový olej)
- tepelná úprava potravin [27].

Přítomnost PAU v uzeném mase, uzených masných výrobcích, v potravinách opékaných na přímém ohni, zde se PAU vyskytují především v povrchových vrstvách, jejich koncentrace v takto upravené potravine roste s rostoucím obsahem tuku, při grilování tuk z masa odkapává na horký povrch grilovacího zařízení, je pyrolyzován a kouř z pyrolýzy tuku je následně adsorbován na povrch masa – povrch stogramové porce steaku může obsahovat množství PAU ekvivalentní množství obsaženému v kouři ze sta cigaret, obsah PAU v takto upravených potravinách se pohybuje až v desetinách  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , přičemž hodnoty PM jsou pro jednotlivé PAU v současnosti v řádu jednotek  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [27,40].

PAU se mohou vytvářet i během pražení (káva, ořechy, mandle), vzhledem k nízkému obsahu PAU v těchto výrobcích a jejich relativně malému zastoupení ve stravě nelze však předpokládat podstatný význam této technologie v celkovém příjmu PAU potravou [26].



Obrázek 1: Možné cesty kontaminace poživatin PAU [19].

Všechny PAU jsou liposolubní, pronikají velmi snadno a velmi rychle všemi tkáňmi vstupních cest, jimiž jsou orgány dýchacího, trávicího a zažívacího ústrojí i kůže. Čím více obsahuje tkáň tuku, tím větší objem PAU se do ní může uložit [30].

PAU byli prvními sloučeninami, u kterých byla objevena a potvrzena karcinogenita pro člověka [7].

### 5.1.2.3 Nitrososloučeniny

Mezi nitrososloučeniny se řadí nitrosaminy a nitrosamidy. Tyto látky mohou vznikat již v potravíně (exogenně) nebo až v trávicím traktu člověka (endogenně) [27].

Nitrososloučeniny vznikají z různých organických sloučenin působením nitrosačnických činidel. Do potravin se nitrosační činidla mohou dostávat během technologického zpracování jako potravinářská aditiva (např. jako dusitany nebo dusičnany), jako kontaminanty (např. dusičnany z hnojiv), sušením potravin přímým ohřevem, z kouře, který obsahuje oxidy dusíku [19].

Nitrososloučeniny se mohou do potravin dostávat také jako exogenní kontaminanty migrací z různých zdrojů, např. z některých obalů. Zdrojem nitrosaminů je také tabákový kouř [19].

Nitrososloučeniny působí jako silné karcinogeny a to nitrosaminy v žaludku a nitrosamidy především ve střevě [28].

K nejčastějším kontaminovaným potravinám patří nakládané maso, uzené maso, uzené ryby, uzené sýry, nakládaná a solená zelenina [27].

### 5.1.2.4 Polychlorované bifenyly

Polychlorované bifenyly (PCB) patří mezi látky řazené v posledních desetiletích mezi prioritní škodliviny z hlediska hygienického i ekologického. PCB jsou směsí 209 kongenerů, tedy látek s podobnou strukturou, s různým počtem a uspořádáním atomů chlóru v molekule. Sloučeniny tohoto typu jsou dobře rozpustné v tucích (lipofilní) a proto se více hromadí jako chemické kontaminanty v tukových tkáních. Průmyslově byly PCB vyráběny od r. 1929, u nás, resp. na Slovensku od r. 1959 a používány jako teplovodní média a součást nátěrových hmot [17,18].

Největší podíl vyrobených PCB ve světovém měřítku připadá na technické směsi s komerčním názvem Aroclor vyráběné firmou **Monsanto** (USA). Produkty vyráběné v podniku Chemko Stáržské v bývalém Československu nesly komerční označení Delor, Hydeler a Delotherm [19].

V 70. letech, v souvislosti s jejich detekcí v prostředí a rozpoznáním jejich závažných toxikologických účinků, byla jejich výroba zastavena. Jejich perzistence v prostředí je vysoká. K expozici docházelo v důsledku havárií, profesionálně při jejich výrobě a zpracování a při jejich průniku do potravního řetězce, především cestou potravin s vyšším ob-



sahem živočišných tuků. V organismu jsou přednostně ukládány v tukových tkáních, procházející placentou a jsou vylučovány do mléka včetně mateřského [17].

Hlavní expoziční cestu těchto látek u člověka představuje z více než 90 % potrava. Přívod do organismu závisí na přítomnosti těchto látek v jednotlivých potravních komoditách, složení spotřebního koše i individuálních stravovacích zvyklostech. Molekuly s menším počtem chlorových atomů se mohou snadněji metabolizovat a vylučovat. Pro svoji perzistenci a rozpustnost v tuku se tyto látky kumulují v tělních tekutinách a tkáních, především ve tkáni tukové [29].

Potraviny rostlinného původu přispívají k dietnímu příjmu jen menším dílem. U potravin živočišného původu (masných a mléčných), zejména ryb, jsou koncentrace těchto kontaminantů vesměs podstatně vyšší [19].

Hodnoty NPM pro PCB se v ČR pohybují od 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> tuku v mléce, resp. 0,2 mg.kg<sup>-1</sup> v mase, po 3,0 mg.kg<sup>-1</sup> jedlého podílu u mořských dravých ryba 5,0 mg.kg<sup>-1</sup> tuku v tresčích játrech. Průměrné hodnoty obsahu PCB ve většině potravin jsou v současné době v ČR pod legislativními limity. Výjimkou může být v některých případech maso lovné zvíře. Relativně vysoké hodnoty obsahu PCB byly zjištěny v mateřském mléce v důsledku skutečnosti, že PCB mají afinitu k tukové tkáni a člověk je relativně dlouhověký organismus, stojící na vrcholu potravinové pyramidy [27].

Vařením masa nebo tavením sádla mokrou cestou lze dosáhnout účinného snížení obsahu PCB v těchto potravinách. Naopak při smažení potravin na sádle kontaminovaném PCB byl pozorován vysoký přestup bifenylyů do smažené potraviny. Jak bylo výše zmíněno, PCB se kumulují v tukové tkáni, např. mléko lze tedy účinně dekontaminovat odstředěním [27].

Akutní toxicita těchto látek je nízká, ale při dlouhodobém zvýšeném příjmu mohou u člověka nastat zdravotní komplikace. Symptomy otravy zahrnují celou škálu patologických projevů. Karcinogenní účinek dosud nebyl jednoznačně prokázán, ale je považován za pravděpodobný. Zvýšenému riziku jsou vystaveny skupiny populace konzumující převážně potraviny s vysokým obsahem PCB (především kojenci z mateřského mléka, populace živící se rybami) [30].

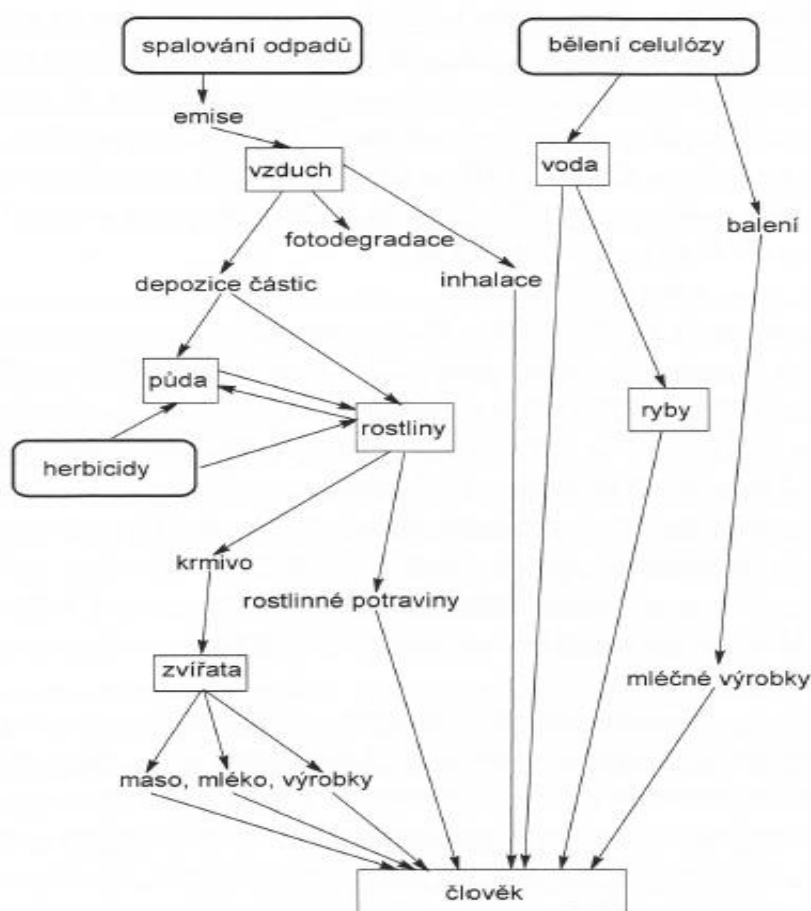
Bylo zjištěno, že PCB zasahují do tvorby jaterních enzymů, do metabolismu a syntézy cholesterolu s následným zvýšením jeho hladiny v krevním séru a ovlivňují i imunitní stav organismu [30].

### 5.1.2.5 Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany

Polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a dibenzofuran (PCDF) patří mezi chlorované uhlovodíky vznikající jako nežádoucí složky při chemických reakcích v průmyslové výrobě, při spalovacích procesech (dřevo, uhlí) za přítomnosti chlóru a při fotochemických reakcích v atmosféře. Tyto látky nemají žádné praktické využití, nebyly tedy cíleně vyráběny. Pomocí prachových částic jsou rozšířeny po celé zeměkouli. Ukládají se na rostlinách nebo v důsledku promývání vzduchu deštěm i v půdě a vodách [18].

Kontaminace potravního řetězce dioxiny představuje pro člověka největší riziko, protože právě potravinami do našeho těla přichází až 99 % veškerého příjmu dioxinů a dioxinům podobných látek (například PCB) [31].

Nejvýznamnější vstupy PCDD do potravního řetězce jsou především spalování komunitních odpadů, používání určitých chlorovaných herbicidů (tento vstup je již v současnosti přerušeno zákazem používání inkriminovaných herbicidů) a bělení celulosy [27].



Obrázek 2: Polychlorované dibenzodioxiny v potravním řetězci člověka [27].

Do lidské potravy se PCDD a PCDF dostávají prostřednictvím potravních řetězců, přičemž nejvýznačnější cesta vede přes vodní ekosystémy do rybiho masa a tuku, které jednak slouží přímo jako potravina, a též slouží jako přísada krmivových směsí hospodářských zvířat, přes která se dostávají do jejich masa a mléka. Druhým významným vstupem PCDD/PCDF do potravin je objemová píce hovězího dobytka, do které se dioxiny dostávají depozicí z ovzduší. Nejvíce kontaminovanými potravinami a krmivy jsou rybí maso, tuk a moučka pocházející z Baltského moře, a dále pak ze Severního moře. Obsah PCDD a PCDF je v těchto oblastech až 10 x vyšší než u ryb z jižní polokoule a Tichomoří [31].

Toxicita některých dioxinů je velmi vysoká a v závislosti na délce expozice a koncentraci působí u člověka nepříznivě na imunitní a hormonální systém, na játra a nervovou soustavu. Některé dioxiny mají rovněž účinky teratogenní a karcinogenní [18].

#### 5.1.2.6 *Dusičnany a dusitany*

Dusičnany a dusitany jsou přirozenou složkou životního prostředí a podílejí se na koloběhu dusíku v přírodě. V rámci tohoto koloběhu se rozkladem bílkovin a jiných dusíkatých látek uvolňuje amoniak, ten je nitrifikačními bakteriemi oxidován na dusitany, a ty se dále oxidují na dusičnany. Denitrifikační bakterie z dusičnanů uvolňují dusík, který se vrací do atmosféry. Do půdy se dusík dostává z posklizňových zbytků, ze zeleného hnojení, stájového hnoje, průmyslových hnojiv. V půdě se dusík vyskytuje především ve formě amonných solí a dusičnanů. Amonné ionty se v půdě zadržují sorpčními schopnostmi půdy, dusitanový dusík se naopak z půdy lehce vyplavuje a může kontaminovat vodu. Z půdy přecházejí dusičnany do rostlin a odtud se dostávají do lidské potravy. Vysokým hnojením dochází k zvýšení obsahu dusičnanů v půdě a tím i v potravinách [19].

V zelenině přítomné dusičnany, které samy o sobě nejsou ještě natolik toxické, se za určitých podmínek mohou zredukovat na dusitany. V těchto případech se však hovoří o zdraví ohrožujících kontaminantech, tedy o látkách znečišťujících, které se do potravinového řetězce dostávají nechtěně [34].

Na obsah dusičnanů v rostlinách má vliv i nedostatek světla, tepla, vody, pěstování ve sklenících, urychlování růstu minerálními hnojivy a sklizeň nevyzrálých plodů [33].

V ekologickém zemědělství je nutné dodržovat takové postupy, které zajišťují co nejnižší množství škodlivých látek, a to i dusičnanů. Proto bio zelenina obsahuje o 10-50 % nižší množství dusičnanů než konvenční zelenina. Proto pokud není možnost kupovat biozeleninu, pak vybírat českou, sezónní, vyzrálou a nejlépe přímo z farmy či trhu [33].

Různé druhy zeleniny akumulují dusičnany v různé míře, a také záleží na klimatických podmínkách, takže obsah značně kolísá. Obvykle však bývá vysoký obsah (nad 1000 mg.kg<sup>-1</sup>) hlavně v salátu, špenátu, ředkvičce, celeru a cukrové kukuřici. Středně vysoký obsah dusičnanů (250-1000 mg.kg<sup>-1</sup>) má zelí, kapusta květák, lilek, petržel, mrkev, brokolice, česnek, brambory. Nízký obsah (pod 250 mg.kg<sup>-1</sup>) má růžičková kapusta, cibule, rajčata, hrách, chřest, okurky. Z ovoce jsou významnějšími dodavateli dusičnanů jen jahody, melouny a banány [18].

Podle výzkumu se ale ukazuje, že i když určité druhy zeleniny opravdu vysoké množství dusičnanů obsahují, tak současně obsahují i vitamíny a minerální látky, které fungují jako ochrana před jejich škodlivými účinky. Proto stále platí, že zelenina by měla být součástí každodenního jídelníčku [33].

Vařením lze snížit obsah dusičnanů i dusitanů až o polovinu původního množství. Odstraněním vnějších listů, košťálů a širokých žeber se lze zbavit až 30% dusičnanů, avšak např. oškrábání karotky má malý vliv na obsah obou sloučenin, protože obě se zde nacházejí ve dřeni. Skladování kulinárně upravené zeleniny je nežádoucí, neboť obsah dusitanů při něm stoupá až několikanásobně [27,33].

Dusičnanů a dusitanů se také využívá jako aditivních látek (dusitan sodný a draselný má označení E 250, 249, dusičnan sodný a draselný má označení E 251, E 252) při nakládání masa, kdy je cílem stabilizovat jeho barvu a inhibovat růst bakterií *Clostridium botulinum*, produkujících vysoce toxické botulotoxiny. Přídavky dusičnanů se někdy používají při výrobě tvrdých sýrů, neboť brání jejich nežádoucímu duření během zrání. Dusitany se také uplatňují v reakcích vedoucích ke vzniku toxických nitrosaminů a dalších nitrosoloučenin [19].

Z dusitanů se mohou tvořit rakovinné látky. Tento proces se eliminuje pomocí vitamínu C, který se proto do různých uzenin přidává jako přídatná látka [33].

Dusičnany nejsou v běžných koncentracích pro dospělé osoby nebezpečné, protože se poměrně rychle vylučují močí. Za nejvyšší přípustnou denní dávku se považuje 3,5 mg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti (tzn. kolem 245 mg). Potenciální nebezpečí plyne z dusitanů, resp. dusičnanů po jejich přeměně na dusitany [18].

### 5.1.2.7 Pesticidy

Pesticidy jsou širokou skupinou chemických prostředků na ochranu rostlin využívaných při pěstování a skladování rostlinné produkce, která zahrnuje insekticidy používané pro regulaci hmyzu, herbicidy používané pro regulaci plevelů, rodenticidy používané pro regulaci hlodavců a fungicidy používané pro regulaci plísní a hub. Dále mezi pesticidy patří i akaricidy (proti pavoukovitým), moluskocidy (proti měkkýšům) a regulátory růstu rostlin [18].

S rozšířením aplikace pesticidů vzniklo však i mnoho problémů. Dostalo se tak do oběhu tisíce tun chemických sloučenin, mnohdy dosti toxických nebo s jinými nežádoucími vlastnostmi. Nadměrné používání pesticidů a jiných cizorodých látek se projevuje v konečné fázi zvýšenou zátěží organismů a narušení jejich fyziologických procesů. Pesticidy se dnes používají na 95 % zemědělské půdy [32].

Účinku pesticidních látek jsou vystaveny všechny složky biosféry - vzduch, půda, voda, rostliny i živočichové [32].

Na rozdíl od jiných skupin environmentálních kontaminantů probíhá vstup pesticidů do životního prostředí za kontrolovaných podmínek, které by měly být v souladu se zásadami tzv. zemědělské praxe. Podmínky aplikace musí na jedné straně zaručovat účinnou a spolehlivou kontrolu škodlivého činitele, na straně druhé musí být množství a způsob použití pesticidního přípravku takové, aby byla jeho rezidua v daném produktu minimální [19].

V rostlinných potravinách se mohou vyskytovat tzv. moderní pesticidy, v potravinách živočišného původu spíše perzistentní organochlorové pesticidy, které se nacházejí nejvíce v tukové složce. U žádného z dnes používaných pesticidů nebyl zatím prokázán rakovinotvorný účinek, nicméně některé starší pesticidy jako je dichlor-difenyl-trichlorethan (DDT) jsou hodnoceny jako potenciální karcinogeny. U velké většiny není mechanismus účinku znám, nicméně jejich rizikovost je diskutována zejména v souvislosti s dlouhodobým dietárním příjmem jejich zbytků (reziduí) v potravinách [15].

DDT se používal jako insekticid od r. 1939. Později byla zjištěna jeho toxicita, a jeho používání bylo zakázáno. VČR bylo používání DDT zakázáno v r. 1974, ve světě se již používá jen výjimečně (např. proti přenašečům malárie). Vzhledem ke své stálosti (perzistenci), a proto, že se dostává do potravního řetězce, se však stal dlouhodobým problémem. I když se jeho koncentrace pomalu snižuje, stále se vyskytují zbytky DDT v živočišných, ale i rostlinných potravinách. DDT vykazuje kumulativní toxicitu. Je to

pravděpodobný lidský karcinogen, poškozuje játra, reprodukční systém, způsobuje dočasné poškození nervového systému [18].

Znalosti o vlivech způsobujících snížení či zvýšení hladin reziduí pesticidů v surovině a finálním potravinářském produktu jsou velmi důležité [19].

### **Sušení**

Při sušení může za určitých okolností dojít ke zkoncentrování reziduí v důsledku zvýšení podílu sušiny v produktu. U těkavých pesticidů lze ovšem očekávat ztráty povrchových reziduí vrstev cereálií [19].

### **Odstraňování povrchových vrstev**

Odstraňování povrchových vrstev může vést u plodin, jako jsou banány, ananasy, kiwi, citrusy, melouny aj., k markantnímu snížení hladin reziduí pesticidů aplikovaných před sklizní či po ní přímo na danou plodinu. Obdobných efektů lze dosáhnout odstraněním povrchových listů některých druhů zeleniny (zelí, kapusta) nebo lusků z luštěnin [19].

### **Mytí a blanširování**

Se vzrůstající lipofilitou rezidua klesá jeho rozpustnost ve vodě a naopak roste afinita ke kulinárním voskům, omytí je málo účinné. Vyšší teplota či přidavek detergentu solubilizují rezidua, která se z povrchu lépe odstraňují. K významnému snížení obsahu reziduí dochází v alkalické lázni (roztok NaOH) používané někdy pro usnadnění loupání ovoce a zeleniny [19].

### **Vaření**

Při vaření zeleniny se výrazně snižuje množství pesticidů. Ovšem jsou potom ve vývaru. Proto vždy neplatí, že všechny části zeleniny je ideální vyvařovat do vývarů [33].

### **Mletí**

Aktivní složky pesticidních přípravků používaných k ošetření obilí v posklizňovém období se nacházejí hlavně v povrchových vrstvách zrn. Hladiny přítomných reziduí bývají proto nejvyšší v otrubách. U výrobků z celozrnných mouk je ovšem riziko výskytu reziduí vyšší než u produktů z bílých mouk. Loupání rýže běžně odstraňuje až 90 % reziduí [19].

### 5.1.2.8 Ftaláty

Estery kyseliny ftalové s většinou alifatických alkoholů zvaných ftaláty jsou lipofilní látky, kumulující se v tukové tkáni. Používají se jako změkčovadla plastických hmot (převážně PVC). Výsledný produkt může obsahovat až 40 % změkčovadla, které není v polymeru chemicky vázáno, a může tedy docházet k jeho uvolňování (vyluhování) do materiálu, se kterým je plast v kontaktu. Z takto měkčených plastů je vyráběna široká paleta výrobků od běžných potřeb pro domácnost, jako jsou podlahové krytiny, závěsy do koupelen, gumové rukavice apod., přes potravinářské obaly, folie a uzávěry, přísady v kosmetických výrobcích jako zvýraznění vůně, ale i v insekticidech a také jako adheziva [13,19].

Člověk ftaláty do svého těla dostává prostřednictvím znečištěného ovzduší (ústý nebo kůží) nebo z potravin. Vysoké koncentrace toxických ftalátů jsou opakovaně zjišťovány v mateřském mléce. Malá množství jsou někdy zjištěna v lihovinách nebo v balených vodách. Do potravin s obsahem tuků se ftaláty mohou dostat migrací z plastového těsnění víček (papriky nebo olivy v oleji, dresinky, arašídové máslo), z vložek hliníkových uzávěrů a ze zátek. V ČR však nebyly zjištěny extrémně vysoké hodnoty. U malých dětí způsobují problém hračky, které děti vkládají do úst [18].

Výskyt ftalátů v potravinách může být důsledkem kontaminace vstupních surovin i meziproductů v průběhu jejich zpracování nebo kontaminace již hotových výrobků z obalových materiálů. Migrace ftalátů z obalu do potravin je obecně ovlivněna mnoha faktory, jako jsou druhy polymerních obalových materiálů, druhy potravin, teplota, délka kontaktu aj. Čím více mají potraviny tuku, tím větší je riziko vyluhování ftalátů [19].

I když ftaláty vykazují nízkou akutní toxicitu, při dlouhodobé expozici i nízkými dávkami byly prokázány závažné negativní účinky embryotoxické, teratogenní (způsobující vývojové vady), spermiotoxické, hepatotoxické (poškození jater), nefrotoxické (poškození ledvin), karcinogenní a na srážlivost krve [18].

Mladé, vyvíjející se organismy jsou vůči expozici ftalátům citlivější než organismy dospělé. Mimořádně citlivé jsou z tohoto hlediska zejména mužské pohlavní orgány ve fázi vývoje [18].

Stanovená hodnota tolerovatelného denního příjmu ftalátů ze stravy se odhaduje na 0,15-0,3 mg na osobu za den, což je v mezích hodnoty TDI. Větší opatrnost je nutná u dětí s ohledem na jejich nižší tělesnou hmotnost [18].

### 5.1.2.9 Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou škodlivé látky produkované zejména plísněmi (tzn. mikroskopickými vláknitými houbami). Z celkového počtu 114 druhů, které mají význam v potravinách, je 65 druhů toxinogenních. Producenti těchto nebezpečných kontaminantů v potravinách a krmivech vyvolávají různé toxické syndromy nazývané souhrnně mykotoxikózy [18,19].

Riziko pro člověka představuje především konzumace mykotoxinů v kontaminovaných potravinách rostlinného původu a jejich metabolitů a reziduí v produktech živočišných. Mykotoxiny poškozují především játra a ledviny [27].

Ke kontaminaci potravin může dojít ve všech fázích předcházejících jejich konzumaci nebo i v případě nedodržení požadavků na kontrolu nezávadnosti plísňových kultur cíleně využívaných v různých potravinářských a biotechnologických procesech. Komplexní výčet zdrojů dietární expozice je následující:

- **potraviny rostlinného původu v případě předsklizňové či posklizňové kontaminace plodin a produktů** (zvláště cereálie, olejniny, ovoce a zelenina, často sušené produkty či suché plody)
- **potraviny živočišného původu v případě zkrmování kontaminovaných krmiv** (mléko a mléčné výrobky, maso a masné výrobky)
- **potraviny při jejich výrobě se využívají kulturní mikroskopické vláknité houby** (plísňové sýry, fermentované masné výrobky, fermentované masné výrobky ze sóji a dalších surovin)
- **produkty biotechnologií používané jako potravinová aditiva, pomocné prostředky či potravní doplňky** (mikrobiální proteiny, technické enzymy, koncentráty aminokyselin, vitamínů [19]).

Mykotoxiny jsou často členěny podle hlavních producentů, kterými jsou písně rodů *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* [18].

K významným skupinám mykotoxinů patří aflatoxiny (extrémně vysoká toxicita) produkované plísněmi *Aspergillus*, které se nacházejí nejčastěji v arašídách, kukuřici a skořápkových plodech. Ochratoxiny produkované plísněmi *Aspergillus* (ochratoxin A) či *Penicillium* jsou nejčastěji v obilovinách, cereálních výrobcích, kávě, kakau, grapefruitové šťávě, vínu (zejména v červeném, kam přechází ze slupek při výrobě moštu) hroznkách a



koření. Patulin produkovaný plísněmi *Penicillium* se nalézá především v jablkách, ale prokázán byl i v hroznech, pomerančích aj. Jde o relativně velmi běžný kontaminant koncentrátů a džusů připravených z těchto surovin, zejména bylo-li k jejich výrobě použito ovoce ve vysokém stupni zralosti, přezrálé či poškozené. Fumonisy produkované plísněmi *Fusarium* jsou nalézány v cereáliích, nejčastěji však v kukuřici a kukuřičných výrobcích jako jsou kukuřičné lupínky, křehké chlebové plátky, polenta. Námelové alkaloidy (produkované plísní *Claviceps*), které parazitují na některých travinách, včetně obilovin (především žito a triticales, ale i pšenice) [18,19].

K výskytu mykotoxinů na zemědělských produktech (krmivech i potravinách rostlinného původu) dochází v důsledku nepříznivých teplot a vlhkosti při sklizni, skladování, přepravě a dalším zpracování [18].

Je třeba co nejvíce chránit potraviny a krmiva před plesnivěním. Vysoké teploty ničí jen některé z mykotoxinů. V domácnosti je důležité, aby potraviny se sklonem k plesnivění byly uchovávány v suchu a chladnu. Růst plísní lze omezit, pokud se hladké povrchy v kuchyni omyjí octovou vodou. Zásadně nekonzumovat potraviny, kde jsou plísně vidět nebo cítit. Jen u málokterých potravin stačí, když se odstraní plesnivé místo včetně rozsáhlého okolí (např. bochník chleba), toxiny pronikají do hmoty, aniž by byly vidět [18].

#### 5.1.2.10 Toxické kovy

Mezi nejznámější toxické kovy v potravinách patří **arzen, kadmium, olovo a rtuť**, jejichž biologický význam je v současnosti omezován na jejich toxické vlastnosti při relativně nízkých koncentracích [36].

Faktory, které mají vliv na toxicitu kovů, na určité úrovni expozice, jsou důležité a to zejména v citlivých populacích. Patří sem metabolické interakce esenciálních kovů, tvorba kovových proteinových komplexů, stáří a stavu vývoje exponovaných jedinců, faktory životního stylu, chemická forma a speciace a imunitní stav hostitele [40].

Jedním z významných způsobů průniku do potravinového řetězce je rostoucí používání průmyslových hnojiv, která v závislosti na výrobě a původu obsahují vysoký obsah řady prvků, v některých případech toxických. Zvyšuje se tak jejich obsah v půdě a přestup kořenovým systémem do rostlin [36].

Vlivem emisí pronikají kovy do potravinového řetězce také v oblastech kolem velkých průmyslových center a závodů zpracovávající kovové rudy a samotné kovy. Na kontaminaci se významně podílejí také emise z dopravy. Olovo ve znečištěném ovzduší se projeví i na obsahu tohoto prvku v mléce [36].

V setovém obilí po aplikaci fungicidů obsahující rtuť zůstávají relativně vysoké reziduální koncentrace tohoto toxického prvku. Zkrmování obilí ošetřeného tímto způsobem znamená závažnou cestu průniku rtuti do potravinového řetězce. Důsledkem je výrazné zvýšení prvku ve svalovině, ledvinách a játrech takto krmených zvířat [36].

Obsah prvků v potravinových řetězcích je ovlivňováno chemickými vlastnostmi samotných prvků, složením půdy, druhem rostliny, dobou sklizně a mnoha dalšími faktory. Na koncentraci prvků v potravine se podílí rovněž způsob zpracování a uchování potravin [36].

Tabulka 16: Nejvyšší přípustné množství prvků v poživatinách ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [36].

| <b>Prvek</b> | <b>Mléko</b> | <b>Maso</b> | <b>Zelenina</b> | <b>Ostatní poživatiny</b> |
|--------------|--------------|-------------|-----------------|---------------------------|
| Arzen        | 0,05         | 0,1         | 0,5             | 1,0                       |
| Kadmium      | 0,01         | 0,05        | 0,03            | 0,05                      |
| Olovo        | 0,1          | 0,5         | 0,5             | 1,0                       |
| Rtuť         | 0,002        | 0,01        | 0,01            | 0,02                      |

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce je rozšířit poznatky o toxických látkách, které můžeme nalézt v potravinách a které škodí našemu zdraví. Neboť zamyslíme-li se, co nejvíce škodí našemu zdraví, tak jídlo a pití zaujímá první místo a chemie s potravinami velice úzce souvisí. Dále také poukázat na škodlivost výrobků, které mnohdy mylně považujeme za zdravé a najít možné zdravější alternativy a řešení. Objasnit si, že ne všechny toxické látky jsou do potravního řetězce vneseny vlivem životního prostředí (spalování paliv, spádem ze znečištěného ovzduší, kontaminovanou vodou, půdou, v důsledku používané agrochemie), ale také při technologickém zpracování, výrobě potravin, jejich balení a transportu. Toxické látky mohou být i přirozenými složkami potravin, kterými se brání proti hmyzu a škůdcům. Takže i zelenina a ovoce mohou být někdy zdraví škodlivé. Proto jíst nejlépe ovoce a zeleninu, kterou si samy vypěstujeme nebo alespoň sezónní.

V bakalářské práci se seznámíme s chemickou povahou některých látek, v jakém množství se můžou v jednotlivých potravinách vyskytovat a jejich vlivy na zdraví člověka a s možnostmi, jak se negativnímu působení nebezpečných látek vyvarovat.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HORÁK, Josef, Igor LINHART a Petr KLUSOŇ. *Úvod do toxikologie a ekologie pro chemiky*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2004, 188 s. ISBN 80-708-0548-X.
- [2] RUSEK, Vlastimil. *Základy toxikologie: a úvod do problematiky hygieny a bezpečnosti práce v chemické laboratoři* [online]. Pardubice, 2001 [cit. 2013-05-04].
- [3] Historie toxikologie: PK & JK. *Biotox* [online]. 2009 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.biotox.cz/toxikon/toxikologie/historie.php>
- [4] TICHÝ, Miloň. *Toxikologie pro chemiky: toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2003, 119 s. ISBN 80-246-0566-X.
- [5] NESMĚRÁK, Karel. Toxikologie dříve a nyní. *Otevřená věda* [online]. 2009 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://archiv.otevrenaveda.cz/users/Image/default/C1Kurzy/Chemie/25nesmerak.pdf>
- [6] Členění toxikologie: PK & JK. *Biotox* [online]. 2009 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.biotox.cz/toxikon/toxikologie/deleni.php>
- [7] KOMÍNKOVÁ, Dana. *Ekotoxikologie*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, c2008, 156 s. ISBN 978-80-01-04058-4.
- [8] PATOČKA, Jiří. *Základy toxikologie* [online]. 2005 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=10>.
- [9] KOLSKÁ, Zdeňka. *Toxikologie* [online]. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. Ústí nad Labem, 2007 [cit. 2013-05-04].
- [10] KUPEC, Jan. *Toxikologie*. 1. vyd. Brno, Zlín: VUT v Brně, 1999, 176 s. ISBN 80-214-1332-8.
- [11] BALÍKOVÁ, Marie. *Forenzní a klinická toxikologie: laboratorní toxikologická vyšetření*. Praha: Galén, c2004, 140 s. ISBN 978-807-2622-849.
- [12] PALEČEK, Jaroslav, Josef HORÁK a Igor LINHART. *Toxikologie a bezpečnost práce v chemii*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1999, 189 s. ISBN 80-708-0266-9.
- [13] PATOČKA, Jiří. *Nutriční toxikologie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2008, 71 s. ISBN 978-80-7394-055-3.

- [14] MARÁDOVÁ, Eva. *Výživa a hygiena ve stravovacích službách*. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola hotelová v Praze 8, 2007, 196 s. ISBN 978-80-86578-69-9.
- [15] Toxické látky v potravinách. *Víš co jíš* [online]. 2012 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: [http://www.viscojis.cz/teens/index.php?option=com\\_content&view=article&id=162:141&catid=93:toxicke-latky-v-potravinach&Itemid=143](http://www.viscojis.cz/teens/index.php?option=com_content&view=article&id=162:141&catid=93:toxicke-latky-v-potravinach&Itemid=143).
- [16] KVASNIČKOVÁ, Alexandra. Akceptovatelný a tolerovatelný denní příjem chemické látky. *Informační centrum bezpečnosti potravin* [online]. 2011 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/akceptovatelnly-a-tolerovatelnly-denni-prijem-chemicke-latky.aspx>
- [17] KUDLOVÁ, Eva. *Hygiena výživy a nutriční epidemiologie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2009, 287 s. ISBN 978-80-246-1735-0.
- [18] Informační centrum bezpečnosti potravin. *A-Z Slovník pro spotřebitele* [online]. 2012 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/default.aspx>
- [19] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, xx, 623 s. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [20] SUKOVÁ, Irena. Alkaloidy v potravinách. *Agronavigátor* [online]. 2012, č. 2, s. 69-70 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=168&ch=13&typ=1&val=120197>
- [21] MARÁDOVÁ, Eva, Leoš STŘEDA a Tomáš ZIMA. *Vybrané kapitoly o zdraví*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2010, 111 s. ISBN 978-807-2904-808.
- [22] SUKOVÁ, Irena. Fytoestrogeny v potravinách živočišného původu. *Agronavigátor* [online]. 2009, č. 2, s. 93-94 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=88828>
- [23] SUKOVÁ, Irena. Fytoestrogeny: selektivní modulátory receptorů estrogenů. *Agronavigátor* [online]. 2009, č. 11, s. 458-463 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=150&ch=13&typ=1&val=97108>
- [24] STRATIL, P. *Antinutriční a toxické látky* [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: [http://share.centrax.cz/CPO-9-13\\_Antinutricni\\_a\\_toxicke\\_latky,\\_str\\_337-378.pdf](http://share.centrax.cz/CPO-9-13_Antinutricni_a_toxicke_latky,_str_337-378.pdf)

- [25] SCHLEIP, Thilo. *Histaminová intolerance*. 1. české vyd. Praha: Galén, c2009, 118 s. ISBN 978-807-2626-663.
- [26] TUREK, Bohumil, Milena ČERNÁ a Stanislav HRUBÝ. *Nutriční toxikologie*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1994, 123 s. ISBN 80-701-3177-2.
- [27] KOMPRDA, Tomáš. *Obecná hygiena potravin*. Dotisk 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007, 148 s. ISBN 978-80-7375-059-6.
- [28] KOMPRDA, Tomáš. *Hygiena potravin*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997, 171 s. ISBN 80-715-7276-4.
- [29] ČERNÁ, Milena. *Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring): Odborná zpráva za rok 2003*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2003. ISBN
- [30] KOTULÁN, Jaroslav a Drahoslava HRUBÁ. *Preventivní lékařství: učební text pro lékařské fakulty*. Brno: Masarykova univerzita, 1993, 207 s. ISBN 80-210-0563-7.
- [31] Dioxiny. *Arnika* [online]. 2011 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://arnika.org/dioxiny>
- [32] Pesticidy. *Arnika* [online]. 2011 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://arnika.org/pesticidy>
- [33] ZEMANOVÁ, Hana. *BioAbecedář Hanky Zemanové*. Vyd. 1. Praha: Smart Press, 2010, 422 s. ISBN 978-80-87049-30-3.
- [34] SYROVÝ, Vít. *Tajemství výrobců potravin: [příručka zákazníka, kterému není lhostejné, co všechno přijímá společně se svou stravou--]*. 4., rozš. vyd. Praha: V. Syrový, c2007, 127 s. ISBN 978-80-903137-9-8.
- [35] NIKITIN, Sergej. *Pozor! Škodlivé potraviny: ne vše, co chutná, je dobré*. 1. vyd. Překlad Mária Schwingerová. Praha: Lott, 2005, 181 s. ISBN 80-868-5403-5.
- [36] BENCKO, Vladimír. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2. přepr. a dopl.vyd. Praha: Grada Publishing, 1995, 282 s. ISBN 80-716-9150-X.
- [37] Nařízení komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. In: *Ústřední věstník Evropské unie*. 2006, L 364/5.

[38] Vyhláška č. 53/2002 Sb., kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků. In: *Sbírka zákonů*. 2002, č. 22.

[39] WEXLER, P. *Encyclopedia of toxicology*. 2nd ed. Oxford: Elsevier, 2005, 794 s. ISBN 0-12-745354-7.

[40] DESHPANDE, S. *Handbook of food toxicology*. New York: Marcel Dekker, c2002, x, 903 p. ISBN 08-247-0760-5.

.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

|       |  |
|-------|--|
| Tj.   | To jest  |
| CNS   | Centrální nervová soustava                             |
| GIT   | Gastrointestinální trakt                               |
| NPM   | Nejvyšší přípustné množství                            |
| PM    | Přípustné množství                                     |
| SM    | Speciální množství                                     |
| TDI   | Tolerovaný denní příjem                                |
| ADI   | Akceptovaný denní příjem                               |
| NOAEL | Dávka, při které ještě nebyl pozorován škodlivý účinek |
| Aj.   | A jiné   |
| HCN   | Kyanovodík   |
| Např. | Například  |
| HA    | Heterocyklické aminy                                   |
| PAU   | Polycyklické aromatické uhlovodíky                     |
| PCB   | Polychlorované bifenyly                                |
| PCDD  | Polychlorované dibenzodioxiny                          |
| PCDF  | Polychlorované dibenzofurany                           |
| Tzn.  | To znamená   |
| DDT   | Dichlor-difenyl-trichlorethan                          |
| NaOH  | Hydroxid sodný   |
| Resp. | Respektive   |



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1: Možné cesty kontaminace požívatin PAU [19]. .....                    | 47 |
| Obrázek 2: Polychlorované dibenzodioxiny v potravním řetězci člověka [27]...... | 50 |

**SEZNAM TABULEK**

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1: Stupnice toxicity chemických látek [12].   | 14 |
| Tabulka 2: Přehled potravinářsky významných alkaloidů [19].   | 25 |
| Tabulka 3: Distribuce a obsah glykoalkaloidů v bramborách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [19].                     | 30 |
| Tabulka 4: Obsah tomatinu v rajčatech ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [19].   | 31 |
| Tabulka 5: Obsah saponinů v luštěninách a dalších rostlinách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [19].                  | 32 |
| Tabulka 6: Obsah glukosinolátů v čerstvých a vařených brukvovitých zeleninách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [19]. | 35 |
| Tabulka 7: Obsah fytoestrogenů v potravinách ( $\mu\text{g}/100 \text{ g}^{-1}$ ) [22].                     | 36 |
| Tabulka 8: Obsah hlavních lignanů ve vybraných potravinách ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) [19].                  | 37 |
| Tabulka 9: Hlavní lektiny hospodářsky významných rostlin [19].  | 38 |
| Tabulka 10: Obsah hlavních biogenních aminů v potravinách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [24].                     | 40 |
| Tabulka 11: Zjištěné hodnoty histaminu v mase a uzeninách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [25].                     | 42 |
| Tabulka 12: Zjištěné hodnoty histaminu v rybách a mořských plodech ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [25].            | 42 |
| Tabulka 13: Zjištěné hodnoty histaminu v sýrech a mléčných výrobcích ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [25].          | 43 |
| Tabulka 14: Zjištěné hodnoty histaminu v přísadách do pečiva ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [25].                  | 44 |
| Tabulka 15: Zjištěné hodnoty histaminu v ovoci a zelenině ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [25].                     | 44 |
| Tabulka 16: Nejvyšší přípustné množství prvků v potravinách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) [36].                   | 58 |