

Bisfenol A - jeho vliv na zdraví člověka a životní prostředí

Petr Pokoj

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr POKOJ**
Osobní číslo: **T07095**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Bisfenol A -- jeho vliv na zdraví člověka a životní prostředí**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Provedte literární průzkum na dané téma podle pokynů vedoucího práce.
2. Na základě literárního průzkumu zpracujte přehled o výrobě, vlastnostech a použití bisfenolu A, posuďte jeho vliv na zdraví člověka a životní prostředí.
3. Výsledky literárního průzkumu kriticky zhodnoťte a přehledně písemně zpracujte.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] Literární databáze dostupné online na FT,UTB.

[2] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2, OSSIS, Tábor 1999.

[3] LIDAŘÍK, M. a kol. Epoxidové pryskyřice, 3., přeprac. a rozš. vyd., SNTL, Praha, 1983

[4] KŘESINOVÁ, Z., SVOBODOVÁ, K., CAJTHAML, T. Mikrobiální dogradace endokrinně disruptivních látek. Chemické listy [online].2009 [cit. 2010-02-08]. Dostupný z WWW: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_03_200-207.pdf

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Markéta Julinová, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2010

Ve Zlíně dne 15. dubna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: POKO) PETR

Obor: CHEMIE A TECHNOLOGIE
POTRAVIN

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji 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 27.5.2010

Petr

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku bisfenolu A a jeho dopadů na zdraví člověka. Jsou zde popsány jeho vlastnosti, výroba, použití a jeho vliv na zdraví člověka. Dále se tato práce zabývá jeho výskytem v potravinách a mírou jeho migrace do potravin, včetně metod jeho stanovení. Jsou zde také zmíněny způsoby možné degradace bisfenolu A.

Klíčová slova: bisfenol A, BPA, bisfenol-A-diglycidéter, BADGE

ABSTRACT

This bachelor thesis is intended on the problems of bisphenol A and its effects on human health. There are described characteristics, production, use and health effect of bisphenol A. This thesis also deals with its occurrence and migration to foodstuffs, with the inclusion of its determination. In the last part there are ways of degradation of bisphenol A.

Keywords: bisphenol A, BPA, bisphenol-A-diglycid ether,

Na tomto místě bych rád vyslovil poděkování vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Markétě Julinové, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady, informace a připomínky, které mi umožnili vypracování této práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	8
1 BISFENOL A A JEHO VLASTNOSTI	10
OBECNÉ INFORMACE	10
FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ VLASTNOSTI	10
BEZPEČNOSTNÍ INFORMACE.....	11
2 VÝROBA BPA	15
3 POUŽITÍ BISFENOLU A	18
4 DEGRADACE BPA	20
5 STANOVENÍ BPA	23
6 VÝSKYT BPA V POTRAVINÁCH	24
ZÁVĚR	32
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	33
SEZNAM OBRÁZKŮ	36
SEZNAM TABULEK	37

ÚVOD

Používání plastových hmot je jednou z určujících charakteristik moderní doby. S plastovými výrobky se setkáváme prakticky ve všech sférách našeho života, běžně se využívají ve stavebnictví, elektronice, potravinářském průmyslu a v dalších mnoha odvětvích. Řada plastových výrobků se kterými se denně setkáváme však obsahuje složky škodící lidskému zdraví a životnímu prostředí (např. bromované retardéry hoření, estery kyseliny ftalové).

Jednou z takovýchto látek je i Bisfenol A (BPA), který se stal s rozvojem chemie polymerů důležitou surovinou pro přípravu plastů. Nejvíce je Bisfenol A využíván při přípravě polykarbonátových plastů, které se užívají při výrobě nádob na tekutiny, kojeneckých lahví, nosičů CD a DVD, campingových příborů, dóz na potraviny, apod. Běžně se tak začal používat a dodnes se používá v řadě produktů ve stavebnictví, elektronice, medicíně, potravinářském průmyslu aj. Bisfenol A je také součástí potahů vnitřních stěn konzerv a plechovek na potraviny všeho druhu.

V roce 2005, světová roční produkce bisfenolu A (2,2-bis(4-hydroxyphenyl)propan, BPA) činila přibližně 3,200,000 tun. V Evropě, je 700,000 tun ročně BPA vyrobeno na šesti výrobních plochách čtyřmi společnostmi (Bayer Material Science Polycarbonate, GE Plastics, Dow Chemicals) , a to i s jednou výrobnou v jižním Španělsku, která vyprodukuje více než 250,000 tun ročně (GE Plastics). [2]

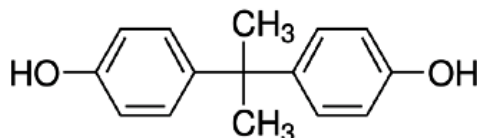
Podezření, že bisfenol A je toxický, se objevilo již v 30. letech minulého století, kdy byly započaty první studie. Naprostá většina těchto prací však byla prováděna na laboratorních zvířatech. Např. toxicita bisfenolu A pro laboratorního potkana při p.o. podání je nízká, 3250 mg/kg. Podezření na toxicitu u člověka nebylo nikdy podloženo důvěryhodnými údaji. V poslední době se stalo studium biologických účinků bisfenolu A předmětem zájmu řady vědeckých prací a bylo identifikováno, že hlavní nebezpečí bisfenolu A spočívá v tom, že látka vykazuje estrogení aktivitu [1]. Zároveň bylo publikováno, že rozšířené používání bisfenolu A patrně souvisí se vznikem snížené reaktivity na insulin a s nárůstem výskytu diabetu II. typu. Při pokusech bylo zjištěno, že bisfenol A indukuje v buňkách slinivky nadbytečnou tvorbu inzulinu, působením na estrogenové receptory, které na svém povrchu mají buňky pankreatu. Bisfenol A tedy může vést nejen ke vzniku rakoviny prsu či prostaty, ale zdá se, že by mohl být i jedním z důvodů nárůstu počtu diabetiků a rovněž lidí

postížených obezitou. Bisfenol A může také přispívat k těhotenskému diabetu, čímž vést i k dalším metabolickým chorobám.[1]

Navzdory všem podezřením, Světová zdravotnická organizace (WHO) vydala nedávno prohlášení, že bisfenol A v potravinách nepředstavuje pro člověka žádné nebezpečí.[1]

Cílem této práce je vypracovat přehled o vlastnostech, výrobě, použití, toxicitě a degradaci bisfenolu A. Práce je doplněna o přehled jeho obsahu v potravinách a o limitech maximálního množství jeho migrace do potravin. V práci se rovněž stručně uvádí metody jeho stanovení.

1 BISFENOL A A JEHO VLASTNOSTI



Obr. 1. Chemická struktura 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propanu – bisfenol A [1]

Obecné informace

- systematický název: 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan
- sumární vzorec: $C_{15}H_{16}O_2$
- číslo CAS (Chemical Abstract Service): 80-05-7
- číslo ES: 201-245-8
- indexové číslo: 604-030-00-0
- další označení (synonyma): BPA, dian, bis-(4-hydroxyfenyl)dimethylmethan, 4,4'-isopropylidendifenol, 4,4'-dihydroxy-2,2-difenylpropan [3,4]

Fyzikálně chemické vlastnosti

- barva: bílá až světle hnědá
- skupenství: pevné (ve formě granulí, vloček nebo prachu)
- hygroskopicita: slabá
- molární hmotnost: 228,29g/mol
- hustota: 1,195g/cm³
- teplota varu: 220°C
- teplota tání: 154-155°C
- minimální teplota vznícení: 532°C
- Rozpustnost: Rozpustný ve vodných alkalických roztocích, v ethanolu a v acetonu, málo rozpustný v tetrachloru, prakticky nerozpustný ve vodě. [3]

Bezpečnostní informace

R-věty:

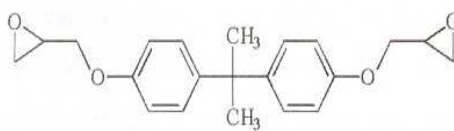
- 37- dráždí dýchací orgány
- 41- nebezpečí vážného poškození očí
- 43- může vyvolat senzibilizaci při styku s kůží
- 52- škodlivý pro vodní organismy
- 62- možné poškození reprodukční schopnosti [4]

S-věty:

- 26- při zasažení očí důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékaře
- 36/37- používejte vhodný ochranný oděv a rukavice
- 39- používejte osobní ochranné prostředky pro oči a obličej
- 46- při požití okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení
- 61- zabraňte uvolnění do životního prostředí [4]

Deriváty

V průmyslu se kromě samotného bisfenolu A využívají i jeho jiné formy a deriváty. Pravděpodobně nejpoužívanějším je bisfenol-A-diglycid ether (BADGE – viz. obr. 2), bisfenol-F-diglycid ether (BFDGE) a jejich chlorové nebo hydro- deriváty. Jako retardant hoření se používá tetrabrombisfenol A.



Obr. 2. Chemická struktura bisfenol-A-diglycid etheru [14]

Toxicita

Ve zdravotnických novinách ze dne 15.2.2010 byl uveřejněn článek diskutující vliv Bisfenolu A na lidské zdraví pod názvem „Spory o působení bisfenolu A pokračují“ [5]. V práci je uvedeno následující: „Studie publikovaná nedávno v časopise PLoS ONE potvrdila souvislost mezi působením bisfenolu A v lidském těle a vznikem kardiovaskulárních chorob. Výrobci plastů její závěry celkem pochopitelně zpochybnili. V první studii Meltzer vyšetřil moč asi 1500 dobrovolníků a zároveň prověřil jejich zdravotní stav. Zjistil při tom, že 60letý člověk čelí 7,2% riziku kardiovaskulární choroby již při minimálních koncentracích bisfenolu A. Nová studie ale přinesla poněkud jiná data. U šedesátníka s třikrát vyšší koncentrací bisfenolu A v moči určila riziko vzniku kardiovaskulárního onemocnění na 10,2 %. Podle Hengtese tak Meltzer nepotvrdil výsledky své první studie a jeho závěry jsou zpochybněny. Mezitím jsou ale odhalovány mechanismy, jimiž bisfenol A dokáže na molekulární úrovni ovlivnit práci srdeční svaloviny. Jako endokrinní disruptor působí na funkce estrogenních receptorů a má vliv na akci vápníkových iontů regulujících stahy srdeční svaloviny. Bylo rovněž zjištěno, že u laboratorních potkanů podávání bisfenolu A vyvolává srdeční arytmií.“ [5]

Je tedy zřejmé, že výsledky přinášejí pouze neucelené a rozporuplné informace. Ale i přesto lze s určitostí říci, že BPA má negativní účinky na lidský organismus. BPA dokáže ovlivňovat estrogenové receptory už při velmi nízkých (stopových) dávkách. Jeho potenciální karcinogenita a genotoxicita byla předmětem mnoha studií na zvířatech, zejména na myších a krysách.

V souvislosti s nežádoucími účinky bisfenolu A na lidský organismus byly však prokázány následující skutečnosti:

A) jedná se o látku vykazující estrogenní aktivitu

Již ve 30.letech minulého století bylo zjištěno, že se jedná se o látku vykazující estrogenní aktivitu, která není přirozenou součástí endokrinního systému. BPA se řadí tedy mezi látky nazývané xenoestrogeny. Tento typ látek většinou imituje hormony, vážou se místo nich na estrogenní receptory a vyvolávají nežádoucí odezvu. Estrogenový účinek BPA se neomezu-

jí pouze na tlumení, zvyšování nebo napodobování endogenního estrogenu nebo narušení estrogenních receptorů. BPA má také řadu dalších účinků na endokrinní systém, který reguluje růst, vývoj a fungování mužského reprodukčního systému. Dále také na fungování štítné žlázy, různé vlivy na vývoj, diferenciaci a fungování centrálního nervového systému. Působením BPA navíc může být omezena či změněna biologická dostupnost endogenního steroidního hormonu. [6,7]

Zdravotní dopady bisfenolu A jsou popisovány ve stále rostoucím počtu studií prováděných na zvířatech. Nepříznivé důsledky působení této látky zahrnují změny na samčím pohlavním ústrojí, agresivní chování, ale i předčasné pohlavní zrání samic a sníženou schopnost kojení. Vznik předčasného pohlavního zrání je důsledkem už velmi malých dávek. [8]

Maffini V. a kol. (2006) použili BPA jako modelový vzor ke sledování xenoestrogenové aktivity. Testované myši byly vystaveny expozici BPA v rozmezí od 25 do 250 ng/kg po několik dní. Tato expozice způsobila změny jako např. zvětšení vaječnicků nebo snížená schopnost kojení [7]. Prenatální expozicí bylo ovlivněno několik orgánů. Tyto účinky mohou vést k následujícím změnám orgánů [7]:

mozek

- změněná pohlavní diferenciaci
- změněná homeostáze vaječnicků a hormonů hypofýzy
- předčasná puberta

prsní žlázy

- změněná citlivost na estradiol
- zvýšený počet progesteronových receptorů

rozmnožovací systém

- snížená produkce a kvalita spermatu
- deformace močovodů a močové trubice
- zvětšení velikosti prostaty
- zvýšená proliferace děložní sliznice

B) potenciální karcinogen

Podle vědecké práce Keriho a kol. z roku 2007, zaměřené na rakovinotvorný potenciál BPA, je BPA na základě pokusů na zvířatech spojován se zvýšeným výskytem rakoviny hematopietického systému (tj. kostní dřeň, slezina, mandle a lymfatické uzliny) a s výrazným nárůstem intersticiálních (vsunutých) buněčných nádorů prostaty. Studiemi na zvířatech bylo také zjištěno, že vystavení bisfenolu A v ranných stádiích života zvyšuje riziko rakoviny prsu a prostaty. [8]

Akutní toxicita je poměrně nízká a riziko pro lidi se proto zdá být poměrně nepatrné. Největší nebezpečí proto přináší pracovní expozice, které jsou vystaveni lidé kteří s BPA pracují, popř. kteří jej vyrábějí. Prach a výpary mohou dráždit horní dýchací trakt, a způsobovat kýchání. Úroveň odpařování dostatečné k podráždění se však tvoří pouze když je surový BPA v tekutém stavu. Úroveň odparu je však při pokojové teplotě minimální. Prach také může způsobit podráždění, nebo dokonce i poranění oční rohovky. Dlouhá a opakovaná expozice může způsobit podráždění pokožky, ale i také alergickou reakci u osob citlivých na sluneční záření [3]. Předpokládaná bezpečná dávka BPA porovnaná s toxicitou nízkých dávek podávaných hlodavcům je uvedena v tabulce 1. [9]

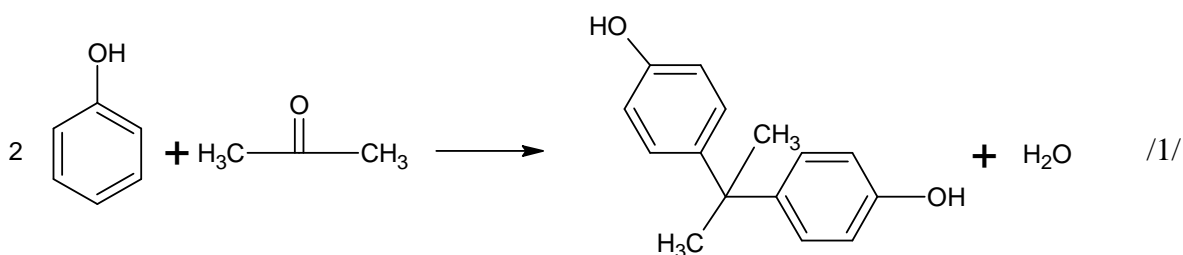
Tab. 1. Předpokládaná bezpečná dávka BPA porovnaná s toxicitou nízkých dávek podávaných hlodavcům [9]

Účinky	Dávka (mg/kg/den)
Uvažovaná bezpečná dávka pro zvířata	5
Uvažovaná bezpečná dávka pro člověka	0,05
Účinky na vagínu	0,1
Zvětšení prostaty	0,05
Dlouhodobé změny chování u adolescentů a dospělých	0,04
Abnormální vývin prostaty	0,025
Abnormální vývin prsních žláz	0,025
Snížená produkce spermií	0,2
Předčasná puberta dívek	0,0024
Změny v mužských pohlavních žlázách	0,002
zvýšená hmotnost prostaty u dospělých	0,002
Snížená hmotnost varlat	0,002

2 VÝROBA BPA

Bisfenol A (2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan) je organická látka připravená v roce 1891 ruským chemikem Alexandrem P. Dianinem kondenzací fenolu s acetonem. [1]

Samotná kondenzace bisfenolu se obvykle uskutečňuje v přebytku fenolu za přítomnosti kondenzačního činidla a katalyzátoru. Molární poměr fenolu s acetonu bývá nejčastěji v rozmezí 2-6: 1. Reakce probíhá podle rovnice /1/: [10,11,12,13]



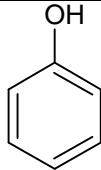
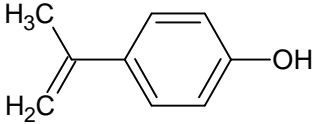
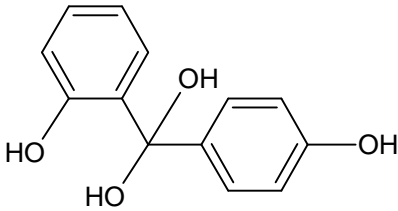
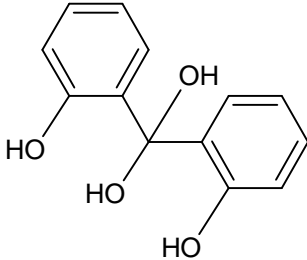
Při kondenzaci vypadává bisfenol z reakční směsi ve formě krystalického aduktu s fenolem. Kondenzačním činidlem je kyselina sírová, chlorovodíková nebo fosforečná [10]. Z katalyzátorů se používá kyselina boritá, směs kyseliny thioglykolové a bromovodíkové, chloridy železa, sloučeniny dvojmocné síry v množství 0,006 až 0,5 molů na 1 mol acetonu. Reakční rychlost se za přítomnosti katalyzátorů zvyšuje pětikrát až šestkrát a kondenzace trvá 30 minut až 20 hodin, podle typu použitého katalyzátoru. [11,12]

Reakční teplota (40 až 60 °C), molární poměr základních složek a typ katalyzátoru mají vliv na výtěžek a kvalitu připravovaného bisfenolu. Vhodnou volbou těchto reakčních podmínek lze na minimum potlačit vznik vedlejších produktů jako jsou 2,2'-dihydroxyizomery, trisfenoly vznikající kondenzací dvou molekul acetonu se třemi molekulami fenolu a monohydroxysloučeniny vzniklé intermolekulární kondenzací. Surový bisfenol bývá tak kromě nezreagovaného fenolu a meziprojektu *p*-hydroxy- α -methylstyrenu znečištěn kondenzačními produkty vzniklými vedlejšími reakcemi- polymery, pryskyřičnými sloučeninami a barevnými nečistotami. Základní přehled nečistot obsažených v bisfenolu je uveden v tab.2. [11]

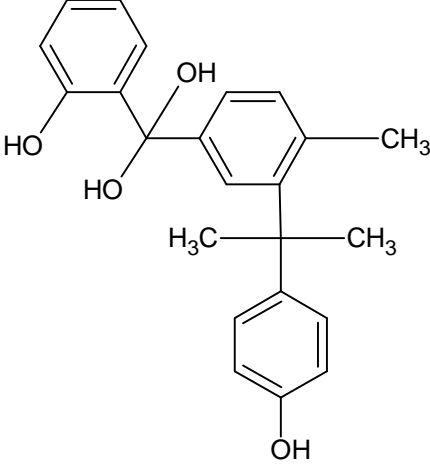
Protože vedlejší reakční sloučeniny a ostatní nečistoty jsou v bisfenolu obsaženy v malém množství a rozpustností a i ostatními vlastnostmi se mu podobají, je problém do-

konalého vyčištění velmi obtížný. Jako čištění se používá zejména krystalizace z organických rozpouštědel nebo jejich směsí. Bisfenol se čistí např. několikerým překrytím z chlorbenzenu, ze směsi metylalkoholu a vody, z 50% vodného roztoku kyseliny octové nebo srážením alkalického roztoku kyselinami. Čištění destilací nemá praktický význam, protože se v destilátu objevuje vždy produkt tepelné destrukce- fenol a *p*-hydroxy- α -methylstyren. Destilovat se však mohou diétery nebo diestery bisfenolu a z nich se pak bisfenol získává zpět hydrolyzou. Čistota BPA se hodnotí hlavně podle jeho teploty tání. Například pro výrobu epoxidové pryskyřice, kde není potřeba požívat BPA tak vysoké čistoty se teplota tání pohybuje v rozmezí od 140 do 150 °C. Pro výrobu polykarbonátů je potřebný BPA s teplotou tání 155 až 157 °C, což je asi 99,8 % ní čistota. [11]

Tab. 2. Přehled základních nečistot obsažených v surovém bisfenolu [11]

NÁZEV	STRUKTURNÍ VZOREC
fenol	
izopropenylfenol (<i>p</i> -hydroxy- α -methylstyren)	
2,2-(2,4'-dihydroxydifenyl)propan	
2,2-(2,2'-dihydroxydifenyl)propan	

Tab. 2. pokračování- Přehled základních nečistot obsažených v surovém bisfenolu [11]

2,4-bis-(α,α -dimetyl-4-hydroxyfenyl)fenol	 <p>The chemical structure shows a central carbon atom bonded to two methyl groups (H₃C and CH₃) and two phenyl rings. One phenyl ring is substituted with a hydroxyl group (OH) at the 4-position. The other phenyl ring is substituted with two hydroxyl groups (HO and OH) at the 2 and 4 positions, respectively.</p>
---	---

3 POUŽITÍ BISFENOLU A

Podle údajů z roku 2003 byly ročně vyrobeny přibližně 3 miliony tun BPA. Toto množství řadí bisfenol mezi chemikálie vyráběné v největším obsahu na světě, přičemž výroba se dále zvyšuje o 6-7 % za rok. Očekává se, že v roce 2015 bude objem vyrobeného BPA přesahovat 7 milionů tun. Asi třetina světové produkce najde upotřebení v zemích EU. [8]

Většina vyrobeného bisfenolu je použita při výrobě **polykarbonátových plastů**, vyráběných polykondenzací bisfenolu a fosgenu. Polykarbonáty patří mezi syntetické termoplastické polymery čili termoplasty. Díky BPA mají dobrou tepelnou odolnost, pevnost a odolnost proti otřesům. Jsou také odolné proti působení řady anorganických kyselin. Polykarbonáty se používají například jako materiál pro výrobu plastových láhví, kuchyňského nádobí, potravinových a nápojových obalů, stínidel pouličních lamp. Jsou součástí domácích spotřebičů, automobilových součástek, elektrických nebo elektronických výrobků. Jsou také základním materiálem pro výrobu kompaktních disků. [8]

BPA je také základní surovinou pro výrobu **epoxidových pryskyřic**. Hlavními výchozími surovinami pro výrobu těchto pryskyřic je kromě BPA také dichlorhydrin a epichlorhydrin. Epoxidové pryskyřice vynikají zejména vlastnostmi jako je adheze ke kovům, ke keramice apod. Tepelná odolnost je velmi dobrá, snášejí při dlouhodobém zatížení teplotu 160°C. Rozklad nastává při zahřátí na teplotu 240 až 245°C. Dalšími důležitými vlastnostmi jsou pevnost, odolnost proti vlhku a hydrofobnost. Z elektrických vlastností je důležitá zejména vysoká hodnota izolačního odporu a elektrické pevnosti. Z chemického hlediska jsou epoxidové pryskyřice velmi odolné. Snášejí působení zředěných kyselin a hydroxidů, například kyseliny chlorovodíkové, dusičné, 30% kyseliny sírové, octové a vodných roztoků hydroxidu sodného. Také jsou velmi odolné účinku některých organických rozpouštědel, například benzínu, alkoholů, aromatických uhlovodíků apod.. Neodolávají však acetonu a chlorovaným uhlovodíkům. Epoxidové pryskyřice se uplatňují především jako lepidla, licí pryskyřice a nátěrové hmoty. [13]

Další využití BPA [3,8]:

- Tetrabrombisfenol A, který se vyrábí z bromu a BPA, se používá jako retardant hoření
- BPA se používá při zhotovování těsnících dentálních hmot na bázi pryskyřice, lepidel a obnovovacích hmot
- BPA mohou obsahovat některé barvy a tonery do tiskáren, kam se přidává ve formě polyesterové pryskyřice
- Používá se jako stabilizační činidlo v brzdících kapalinách
- Využívá se jako stabilizátor gumy a PVC
- Antioxidanty obsažené v plastech
- Fungicidní prostředek

4 DEGRADACE BPA

Fyzikálně chemické odstraňování BPA

Bisfenol A lze rozkládat elektrochemicky s využitím titanové elektrody pokryté platinou. Látky o počáteční koncentraci 1,0 mM byly rozloženy za 100 a. 200 min. Bisfenol A byl fotokatalyticky za pomoci TiO_2 pod UV zářením při počáteční koncentraci 175 μM ve vodě zcela degradován na oxid uhličitý během 20 h. Uváděná je i degradace bisfenolu A působením UV v kombinaci s H_2O_2 , při níž došlo k odstranění estrogenní aktivity bez vzniku meziproductů s akutní toxicitou. Publikována byla také možnost degradace bisfenolu A, 17 α -ethynylestradiolu a estradiolu pomocí UV v kombinaci s H_2O_2 . [21]

Degradace a sorpce pomocí směsné mikrobiální kultury v podobě aktivovaného kalu z čistírny odpadních vod

Junming Zhao a kol. (2008) provedli experimenty popisující sorpci a degradaci BPA v $\mu\text{g/l}$ pomocí aktivovaného kalu. Podle zjištěných sorpčních izoterm se ukazuje že se jedná především o fyzikální proces. Hodnoty sorpčního koeficientu K_{OC} byli mezi 621 a 736 l / kg v teplotním rozmezí 10-30°C. Autoři se tedy domnívají, že na sorpci BPA má vliv zejména teplota a koncentrace celkové sušiny aktivovaného kalu. Snižování počáteční koncentrace vzorku a zvyšování koncentrace celkové sušiny aktivovaného kalu urychluje proces rozkladu BPA. Odstraňování BPA v systému aktivace lze charakterizovat jako rychlá sorpce na vločkách usazenin a jeho následná biodegradace. [20]

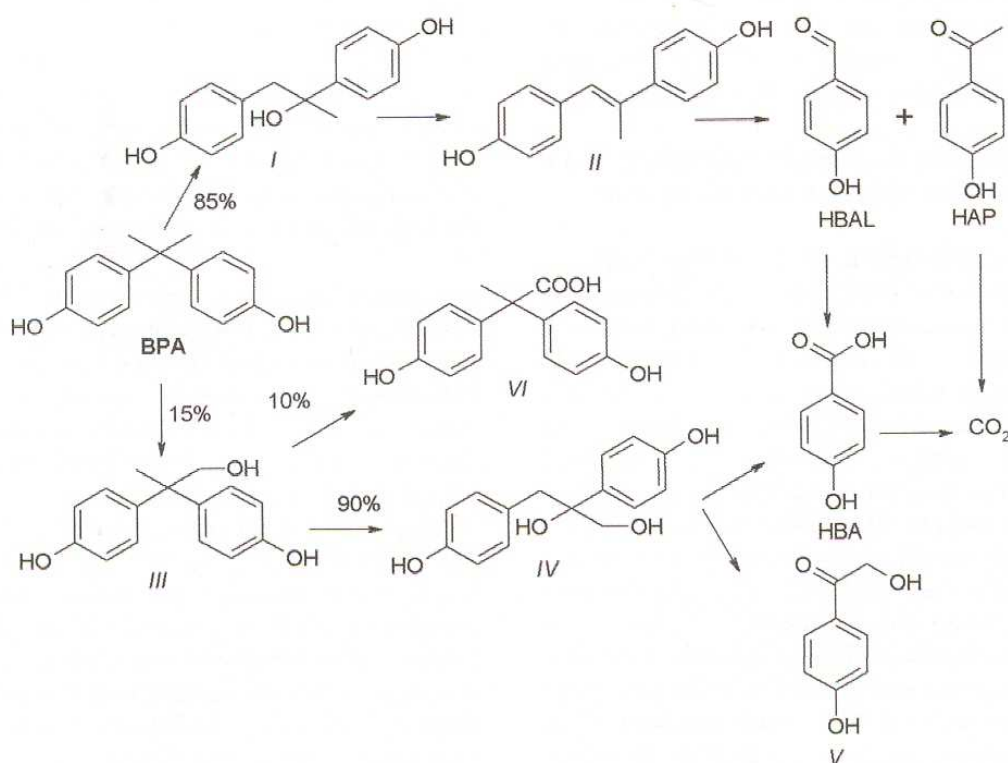
Podrobnější studie degradace bisfenolu A je popsána v práci Křesinové a kol. [21]. V této práci je uvedeno, že řada bakterií schopných biodegradace bisfenolu A byla nalezena v půdě, říční vodě nebo aktivovaném kalu ČOV. Patří sem *Sphingomonas* sp. AO1, *Pseudomonas paucimobilis* FJ-4, druhy rodu *Pseudomonas* sp. a *Streptomyces* sp. a několik neidentifikovaných gramnegativních bakterií zahrnujících izoláty z aktivovaného kalu a říčních sedimentů. Obecně je popsána metabolická cesta degradace bisfenolu A některými

druhy bakterií za aerobních podmínek na 4-hydroxybenzoovou kyselinu a 4-hydroxyacetofenon (obr. 3). Gramnegativní aerobní bakterie, kmen MV1 (NRRL-B-18737), byly schopny oxidace alifatické methylové skupiny bisfenolu A (BPA) za vzniku a 1,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan-2-olu (*I*; obr.4) a 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan-1-olu (*III*). Oba meziprodukty jsou dále degradovány pomocí oxidace, dehydratace a štěpení a. na výsledné produkty 4-hydroxybenzoovou kyselinu (HBA), 2-hydroxy-1-(4-hydroxyfenyl)ethanol (*V*) a 2,2-bis(hydroxyfenyl)propanovou kyselinu (*VI*). [21]

Bakterie izolované z aktivovaného kalu a říčního ekosystému (*Arthrobacter*, *Pseudomonas*, a zástupci *Enterobacteriaceae*) byly schopny metabolizovat bisfenol A cestou podobnou jako výše zmíněný izolát MV178. Studována byla také degradaci bisfenolu A bakterií *Achromobacter xylosoxidans* izolovanou z městského odpadu zpracovávaného kompostováním. Degradční produkty byly identifikovány jako *p*-hydroxybenzaldehyd, *p*-hydroxybenzoová kyselina a *p*-hydrochinon. V případě *Sphingomonas* sp. AO1 byla potvrzena účast cytochromu P450 při tomto degradačním procesu. Ike a spol.84 se ve své práci zabýval změnou estrogenní aktivity degradačních produktů bisfenolu A, z nich. pouze 4-hydroxyacetofenon vykazoval slabou estrogenní aktivitu ve srovnání s bisfenolem A. V anaerobních podmínkách probíhá degradace bisfenolu A velmi obtížně. [21]

Prokázáno bylo také, že bisfenol A je degradován kulturou houby *P. ostreatus* a její mangan peroxidasou na fenol, 4-isopropenylfenol, 4-isopropylfenol a hexestrol. [21]

Studována byla i degradace bisfenolu A lakasou kultury *T. villosa* probíhá oxidativní reakcí na dva produkty, u nichž hlavním je vysokomolekulární dimer bisfenolu A (5,5.-bis-[1-(4-hydroxyfenyl)-1-methyl-ethyl]-bifenyl-2,2.-diol). Během oxidace bisfenolu A pomocí lakasy mohou být také formovány oligomery obsahující a. 3–6 jednotek bisfenolu a 0–3 jednotky fenolu. Polymerizace bisfenolu A pokračuje buď připojením fenylových zbytků nebo transformací oligomeru za uvolnění 4-isopropenylfenolu. [21]



Obr. 3.

Metabolická dráha degradace bisfenolu A gramnegativní aerobní bakterie: kmen M1V1 (NRRL-B-18737); BPA bisfenol A; *I* 1,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan-2-ol; *II* 4-4' dihydroxy- α -metylstilben; *III* 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan-1-ol; *IV* 2,3-bis(4-hydroxyfenyl)propan-1,2-diol; *V* 2-hydroxy-1-(4'-hydroxyfenyl)ethanol; *VI* 2,2-bis(4-hydroxyfenyl) propanová kyselina; HBAL 4-hydroxybenzaldehyd; HAP 4- hydroxyaceton fenon; HBA 4-hydroxybenzoová kyselina [21]

5 STANOVENÍ BPA

Vzhledem k široké škále fyzikálně chemických vlastností BPA, BADGE, BFDGE, a jejich mnoha derivátů, není překvapující, že ke stanovování celých řad migrujících látek v mnoha druzích konzervovaných jídel musí být kombinováno několik analytických metod. [14]

Pro stanovení BPA, BADGE, BFDGE a jejich derivátů v potravinách bylo publikováno několik chromatografických metod. Nejvíce se však používá vysokoúčinná kapalinová chromatografie s tzv. obrácenými fázemi (RP-HPLC). V tomto případě se jako stacionární fáze používá silikagel s chemicky vázanou uhlíkovou skupinou C18 nebo C8 a acetonitril jako mobilní fáze. V mnoha studiích byla použita fluorescenční detekce (FLD). Velmi využívanou metodou je také hmotnostní spektrometrie spolu s RP-HPLC nebo plynová chromatografie (GC). [14]

Např. Lintschinger and Rauter (2000) použili RP-HPLC s binární mobilní fází obsahující methanol ve vodě a acetonitril ve vodě k separaci BADGE, BFDGE, a jejich derivátů. Nicméně tato metoda neumožnila dostatečný rozklad $\text{BADGE}\cdot\text{H}_2\text{O}$ a $\text{BADGE}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{HCl}$, proto bylo nutné použít izokratický způsob methanol/voda k dokončení separace. Lepší rozlišení všech obsažených sloučenin bylo demostrováno použitím RP-HPLC. [14]

Ke stanovení BPA v konzervovaných potravinách použil Poustka a kolektiv (2007) následující postup: Veškerý obsah balení byl homogenizován v laboratorním mixéru. 1,25 g vzorku bylo smícháno s 10 g bezvodého síranu sodného. Tato směs byla extrahována s 30 ml dichlormethanu v ultrazvukové lázni po dobu 5 minut. Získaný surový extrakt byl pod vakuem zfiltrován a zbývající vzorek byl smíchán s přibližně 30 ml dichlormethanu. Smíchané extrakty byly odpařeny na rotující vakuové odparce do sucha. Získaná směs byla převedena do 25 ml odměrné baňky a smíchána se směsí dichlormethan:cyklohexan (1:1). 2 ml alikvotního podílu bylo vyčištěno pomocí gelové permeační chromatografie (GPC). Po následném vysušení byl vzorek smíchán s 0,5 ml acetonitrilu a analyzován pomocí HPLC-FLD. [14]

6 VÝSKYT BPA V POTRAVINÁCH

Přestože existuje mnoho možných zdrojů kontaminace BPA a jeho deriváty, hlavním zdrojem pro člověka zůstávají kontaminované potraviny. Podle mnohých studií souvisí množství BPA unikajícího z potravinových obalů do potraviny s druhem potraviny či nápoje, teplotou a dobou ohřevu. Míra úniku je za normálních okolností užívání měřena u nádob na uchování a lahví, v potahovaných plechovkách, kojeneckých láhví, obalů na hotová jídla. [8]

V české republice je přítomnost bisfenolu A a bisfenol-A.diglycid etheru (BADGE) a jeho derivátů sledována již několik let a to v plechových obalech zejména u masných a rybích výrobků. BPA, BADGE a jeho deriváty se uvolňují do potravin z laků používaných k potahování vnitřních stěn povrchu konzervy. Analýzy zadává a pravidelně zveřejňuje Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI).

Směrnice komise 2002/16/ES o použití některých epoxyderivátů v materiálech předmětech určených pro styk s potravinami

Limity maximálního množství BPA, BADGE a jejich derivátů v potravinách v Evropské unii určují směrnice Evropské komise. V České republice je stanoven specifický migrační limit Ministerstvem zemědělství.

Specifický migrační limit pro BADGE a jeho určité deriváty.

Jedná se o součet hodnot migrace látek: BADGE (2,2-bis[4-(2,3-hydroxyepoxy)fenyl]propan), BADGE.H₂O, BADGE.HCl, BADGE.2HCl, BADGE.H₂O.HCl. Nesmí překročit hodnotu 1 mg/kg v potravinách nebo v simulantech potravin (s vyloučením analytické tolerance).

Specifický migrační limit pro BFDGE a jeho určité deriváty.

Jedná se o součet hodnot migrace níže uvedených látek: BFDGE (2,2-bis[4-(2,3-hydroxyepoxy)fenyl]propan), BFDGE.H₂O, BFDGE.HCl, BFDGE.2HCl,

BFDGE.H₂O.HCl. Nesmí po připočtení k součtu limitů výše uvedených látek (BADGE atd.) překročit hodnotu 1 mg/kg v potravinách nebo v simulantech potravin (s vyloučením analytické tolerance). [19]

Specifické migrační limity (SML) pro povrch obalu pro BPA a BADGE jsou stanoveny v příloze č. 11, bod 7 vyhlášky MZd č. 38/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmami. Specifický migrační limit pro BPA činí 0,6 mg/kg. [15]

V roce 2001, tedy v době kdy SZPI s monitoringem cizorodých látek v potravinách začala, bylo odebráno 28 vzorků zejména živočišného původu na stanovení přítomnosti látek migrujících do potravin z laků používaných k potahování vnitřních stěn kovových obalů.. Téměř ve všech případech byla zjištěna přítomnost BPA, BADGE nebo některého z jeho derivátů (viz. tab.3). Nicméně u žádného vzorku nebylo zjištěno překročení normy 1 mg/kg, který stanovuje směrnice EU č. 2002/16/ES. Při analýzách prováděných SZPI byla jako analytická metoda použita HPLC/FLD- vysokoúčinná kapalinová chromatografie s fluorescenční detekcí. [15]

Tab. 3. Zjištěný obsah bisfenolu A a bisfenol-A.diglycid etheru v potravinách rostlinného a živočišného původu (hodnoty v $\mu\text{g.kg}^{-1}$) v roce 2001 [15]

POTRAVINA	BPA	BADGE
Sleď v oleji po Gdaňsku	7,3	31,5
Tresčí játra ve vlastním oleji	< 5	5,0
Baltické sardinky v tomatové omáčce	ns	5,4
Šproty v oleji se zeleninou	ns	12
Uzené šproty v oleji	ns	51
Sleď filé v ostré čínské omáčce	10,3	7,8
Baltické sardinky v rostlinném oleji	< 5	32,2
Tresčí játra ve vlastní šťávě	ns	ns
Tuňák ve vlastní šťávě	10,9	ns
Eva - baltické sardinky	23,6	ns
SARDINKY v rajčatové omáčce	32	ns
JOHN WEST - tuňák	9,2	ns
Makrela s pepřem	37,4	7,8
Játrová paštika	< 5	< 2
Játrová pochoutka	37,4	< 5
Pork Luncheonmeat	11,4	17,8
Játrovka	7,3	12,1
Játrová paštika	70,7	< 5
Tulip pork luncheonmeat	8	9,2
Tulip pork luncheonmeat	5,7	10,5
Kuřecí maso ve vlastní šťávě	ns	10,4
Křen s majonézou	21,7	81,1
sardelová pasta	22,9	ns
rajčatový protlak	< 5	< 2
rajčatový protlak sterilovaný	6,5	< 2
Paprikový krém pálivý	17,9	ns
Zeleninová směs ZATATOVILLE	ns	5

pozn.: ns- nestanoveno

SZPI pokračuje od roku 2002 každým rokem ve sledování BADGE a jeho derivátů, vyjádřených jako suma BADGE. Dále jsou uvedeny zveřejněné výsledky sledování z let 2002 a 2005.

Tab. 4. Zjištěný obsah sumy BADGE v roce 2002 (hodnoty v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
[16]

POTRAVINA	BADGE
Řezy z makrel v oleji	359,3
Rybí pomazánka delikates	556,5
Makrela v tomatě	726,7
Baltické sardinky v tomatové omáčce	421,3
Tresčí játra ve vlastním oleji	359,5
Baltické sardinky v rostlinném oleji	328,2
Tresčí játra ve vlastním oleji s citronem	204,0
Tuňák ve vlastní šťávě	36,6
Sleď v oleji po gdaňsku	124,8
Filety ze sardinek v oleji	< LOD*
Májka	172,7
Junák	87,0
Hovězí maso ve vlastní šťávě light	651,1
Vepřové maso ve vlastní šťávě light	727,9
Makrela filé v mexické omáčce	62,4
Uzená makrela v nálevu	<LOD
Tuňák v rostlinném oleji	69,7
Tuňák řezy v rostlinném oleji	36,9

*LOD = mez detekce: $2\mu\text{g}/\text{kg}$

V tomto roce byl rovněž analyzován vzorek pasty z uzeného lososa, který obsahoval 1178 $\mu\text{g}/\text{kg}$. V tomto případě tedy došlo k překročení hranice $1\text{mg}/\text{kg}$, který určuje evropská směrnice 2002/16/ES. [16]

Přestože se bisfenol A objevuje jako přísada do plastových obalů na potraviny, dle dostupných dat dosud státní instituce neprovádějí kontrolu jeho migrace do potravin. V roce 2008 proto zadalo sdružení Arnika analýzu více než dvou desítek obalů na potraviny vyrobených z PVC. Z 21 testovaných obalů ve 3 případech analýzy prokázaly migraci bisfenolu A do potravin v rozmezí 0,09 – 0,32 mg/kg. V žádném z případů tedy nebyl překročen Specifický migrační limit 0,6 mg/kg (viz. tab. 7). [18]

Tab. 7. Souhrnná tabulka výsledků rozborů obalů na uvolňování bisfenolu A do potravin [18]

Potraviny	Výrobce	Plast	Migrace BPA do potravin v mg/kg
Babické trubičky	Šetra, s.r.o.	PVC	< 0,06
Brokolice	Ahold	PVC	< 0,06
Celer B.V.	Ahold	PVC	0,09-0,17
Čabajská klobása	Ahold	PVC	0,32
Kuře vykuchané bez drobů	Kostelecké uzeniny, a.s.	PVC	< 0,06
Kuřecí horní stehno	Drůbež. závody, Klatovy	PVC	< 0,06
Kuřecí prsní řízek	Vzdora, s.r.o.	PVC	< 0,06
Kuřecí prsní řízky	Akropol Food, a.s.	PVC	< 0,06
Kuřecí prsní řízky	Kostelecké uzeniny, a.s.	PVC	< 0,06
Kuřecí spodní stehno	Drůbež. závody, Klatovy	PVC	< 0,06
Kuřecí stehenní řízek	Akropol Food, a.s.	PET	< 0,06
Kuřecí stehenní řízky Vodňanské kuře	Akropol Food, a.s.	PVC	< 0,06
Kuřecí špíz se špekem	Jihoč. drůbež Vodňany, a.s.	PVC	< 0,06
Kynutý knedlík- borůvka	POL, s.r.o.	PVC	< 0,06
Meruňkové kynuté knedlíky	Pekosa Chodov, s.r.o.	PVC	< 0,06

Tab. 7. pokračování- Souhrnná tabulka výsledků rozborů obalů na uvolňování bisfenolu A do potravin [18]

Potraviny	Výrobce	Plast	Migrace BPA do potravin v mg/kg
Pažitková pomazánka	Lahůdky u Cábů	PVC	< 0,06
Rolinky	Olga Myslivečková	PVC	< 0,06
Směs polívkové zeleniny	Čerozfrucht, s.r.o.	PVC	< 0,06
Sýr Zlatá Niva	Ahold	PVC	0,18
Vídeňské párky se sýrem	Ahold	PVC	< 0,06
zámecké lahůdkové brambory	Bramko CZ, Semice	PVC	< 0,06

V letech 2001-2006 Jan Poustka a kol. [14] provedli průzkum dokumentující výskyt a migraci BPA, BADGE, BFDGE včetně jejich derivátů, z obalu do potravin. Výsledky ukazují, že v české maloobchodní síti lze získat potraviny s různým obsahem bisfenolu A, a to v rozmezí od pouhých stop až po stovky $\mu\text{g}/\text{kg}$. Zjištěné obsahy bisfenolu A jsou uvedeny v tab. 8. [14]

Tab. 8. Bisfenol A ve vybraných produktech z české maloobchodní sítě v letech 2001-2006 (hodnoty v $\mu\text{g}/\text{kg}$) [14]

Analyzovaný vzorek	Sardinky	Makrela	Tuňák	Tresčí játra	Luncheon meat	Paštika (vepřová)
rok						
2001	<10	34,7	9,2	<3	<3	24,4
2002	16,6	<3	8,2	69,5	18,5	<3
2003	31,9	<3	87,6	<3	30,9	<3
2004	100,8	102,3	39	28,8	10,8	X
2005	77,4	40,3	63,5	X	x	<10
2006	124,5	100,8	35,5	93,3	x	20,4

Z výsledků je tedy patrné, že u žádného z výrobků nebyla překročena evropská norma 1 mg/kg .

Obsah BPA byl stanovován také např. v tukové tkáni. Španělská studie z roku 2007 zkoumala hladinu BPA a jeho chlorových derivátů v tukové tkáni žen. Otestováno bylo celkem 20 vzorků ženské tukové tkáně. Věk testovaných žen se pohyboval v rozmezí od 24 do 81 let, průměrný věk byl 59 let. Hladina BPA byla nad detekčním limitem v 11 z 20 sledovaných vzorků (tj. v 55% případů), a to s průměrným množstvím v rozmezí $3,16 \pm 4,11 \text{ ng/g}$ v tukové tkáni. Alespoň některý z chlorových derivátů byl nalezen v 16 vzorcích. [2]

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala zejména tematikou výskytu bisfenolu A v potravinách a jeho vlivem na zdraví člověka. Popsán je i přehled o jeho vlastnostech, výrobě, použití, degradaci a o způsobech jeho stanovení.

Jelikož je používání plastových hmot v dnešní době samozřejmostí, setkáváme se proto s bisfenolem A takřka každý den. Bisfenol A je jednou ze základních složek používaných při výrobě plastů. Je obsažen v plastových láhvích, v kuchyňském nádobí, ale i v konzervách na potraviny a plechovkách na nápoje.

Migrace bisfenolu A z obalu do potraviny je prokázaným faktem. Jeho přítomnost v potravinách je pravidelně sledována a monitorována. V České republice je toto sledování prováděno Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí. Maximální množství bisfenolu A v potravinách a míru jeho migrace stanovuje směrnice Evropské unie. České ministerstvo zemědělství také stanovilo jeho specifický migrační limit.

Dosud provedené analýzy však, až na výjimečné případy, neprokázaly překročení stanovených limitů.

O problematice toxicity bisfenolu A a jeho vlivu na zdraví člověka bylo vypracováno mnoho studií a provedeno mnoho výzkumů. Většina z nich však pouze na laboratorních zvířatech. Bisfenol A je v posledních letech řazen jako jedna z možných příčin poměrně velkému množství nemocí a zdravotních poruch jako jsou neplodnost, obezita, rakovina prsu a prostaty, cukrovka. Důležitou skutečností je i jeho estrogenní aktivita, z toho důvodu je také zařazen mezi látky nazývané endokrinní disruptory. Podle Světové zdravotnické organizace však bisfenol A nepředstavuje pro člověka žádné nebezpečí.

Navzdory všem provedeným studiím podezření na toxicitu u člověka nebylo nikdy podloženo důvěryhodnými údaji a otázka jeho vlivu na zdraví člověka je tak stále nejasná.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Toxicology.emtrading.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-25]. NEBEZPEČÍ PLASTOVÝCH LAHVÍ. Může za to bisfenol A?. Dostupné z WWW: <<http://toxicology.emtrading.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=189>>.
- [2] FERNANDEZ, M., et al. Bisphenol-A and chlorinated derivates in adipose tissue of woman.. *Reproductive toxicology*, 2007, vol. 24, p. 259–264.
- [3] *Bisphenol A* [online]. 2010 [cit. 2010-05-25]. Bisphenol A Safety and Handling Guide . Dostupné z WWW: <<http://www.bisphenol-a.org/human/handguide.html>>.
- [4] *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2010 [cit. 2010-05-25]. Výpis. Dostupné z WWW: <<http://www.mpo.cz/cz/prumysl-a-stavebnictvi/dance2009/vypis1351.html>>.
- [5] *Zdravotnické noviny* [online]. 2010 [cit. 2010-05-25]. Spory o působení bisfenolu A pokračují. Dostupné z WWW: <<http://www.zdn.cz/clanek/zdravotnickenoviny/spory-o-pusobeni-bisfenolu-a-pokracuji-449757>>.
- [6] KUJALOVÁ, H., SÝKORA, V., PITTER, P., et al. Látky s estrogením účinkem ve vodách. *Chemické listy*, 2007, vol. 101, p. 706–712.
- [7] MAFFINI, V., et al. Endocrine disruptors and reproductive health: The case of bisphenol A. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 2006, vol. 254, p. 179–186.
- [8] SENJEN, Rye; AZOULAY, David. *Slastná nevědomost o bisfenolu A*. Praha : Arnika-program Toxické látky a odpady, 2008. 50 s.
- [9] ALLSOPP, Michelle, et al. *Látky narušující hormonální systém* [online]. 2006 [cit. 2010-05-25]. Vliv chemikálií na naši zdravou reprodukci. Dostupné z WWW: <<http://www.hazardshormony.cz/studie.pdf>>.
- [10] FIŠERA, R., KRÁLÍK, M. Katalyzátory na báze organických polymérov, ich výhody a nevýhody, příprava a priemyselné aplikácie. *Chemické listy*, 1997, vol. 91, p. 421–426.
- [11] KINCL, J., et al. *Polykarbonáty*. 1st ed. 1966. ISBN 04-624-66.
- [12] LIDARŤÍK, M., et al. *Epoxidové pryskyřice*. 3rd ed. 1983. ISBN 04-622-83.

- [13] DOLEŽAL, V., et al. *Plastické hmoty*. 3rd ed. 1977. ISBN 04-605-77.
- [14] POUSTKA, J., et al. Determination and occurrence of Bisphenol A, Bisphenol A Diglycidyl Ether, and Bisphenol F Diglycidyl Ether, Including their derivatives, in canned foodstuffs, from the Czech retail market. *Czech J. Food Sci.*, 2007, vol. 25, no. 4, p. 221–229.
- [15] *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. 2001 [cit. 2010-05-25]. Výsledky kontrol cizorodých látek v roce 2001. Dostupné z WWW: <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1002646&docType=ART&nid=1386>>.
- [16] *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. 2002 [cit. 2010-05-25]. Výsledky plánované kontroly cizorodých látek v roce 2002. Dostupné z WWW: <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1003456&docType=ART&nid=1386&chnum=14>>.
- [17] *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. 2005 [cit. 2010-05-25]. Zpráva o výsledcích plánované kontroly cizorodých látek v potravinách v roce 2005. Dostupné z WWW: <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1003004&docType=ART&nid=1386>>.
- [18] *Nehrajme si s PVC* [online]. 2008 [cit. 2010-05-25]. Bisfenol A - nebezpečí skryté v obalech na potraviny. Dostupné z WWW: <<http://www.pvc.arnika.org/tiskove-zpravy/bisfenol-a-nebezpeci-skryte-v-obalech>>.
- [19] *Informační systém pro aproximaci práva* [online]. 2002 [cit. 2010-05-25]. Směrnice komise 2002/16/ES o použití některých epoxyderivátů v materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami. Dostupné z WWW: [http://isap.vlada.cz/Kopie/revize.nsf/6b371c4a6eb71f87c1256dc7002e1b60/cac4f60afb28ebf1c125727600331737/\\$FILE/32002L0016.pdf](http://isap.vlada.cz/Kopie/revize.nsf/6b371c4a6eb71f87c1256dc7002e1b60/cac4f60afb28ebf1c125727600331737/$FILE/32002L0016.pdf)
- [20] ZHAO, J., Sorption and degradation of bisphenol A by aerobic activated sludge. *Journal of Hazardous Materials*, 2008, vol. 155, p. 305–301.
- [21] KŘESINOVÁ, Z. Mikrobiální degradace endokrinně disruptivních látek. *Chem. Listy*, 2009, vol. 103, p. 200–207.

Seznam použitých symbolů a zkratek

BPA	Bisfenol A
BADGE	Bisfenol-A-diglycid ether
BFDGE	bisfenol-F-diglycid ether
SZPI	Státní zemědělská a potravinářská inspekce
HPLC	Vysokoučinná kapalinová chromatografie
RP-HPLC	Vysokoučinná kapalinová chromatografie s tzv. obrácenými fázemi
GC	Plynová chromatografie
GPC	Gelová permeační chromatografie
FLD	Fluorescenční detekce
HPLC-FLD	Vysokoučinná kapalinová chromatografie s fluorescenční detekcí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Chemická struktura 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propanu – bisfenol A [1]	10
Obr. 2. Chemická struktura bisfenol-A-diglycid etheru.....	11
Obr. 3. Metabolická dráha degradace bisfenolu A gramnegativní aerobní bakterie: kmen M1V1 (NRRL-B-18737); BPA bisfenol A; <i>I</i> 1,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan-2-ol; <i>II</i> 4-4'-dihydroxy- α -methylstilben; <i>III</i> 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan-1-ol; <i>IV</i> 2,3-bis(4-hydroxyfenyl)propan-1,2-diol; <i>V</i> 2-hydroxy-1-(4'-hydroxyfenyl)ethanol; <i>VI</i> 2,2-bis(4-hydroxyfenyl) propanová kyselina; HBAL 4-hydroxybenzaldehyd; HAP 4- hydroxyaceton fenon; HBA 4-hydroxybenzoová kyselina.....	22

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Předpokládaná bezpečná dávka BPA porovnaná s toxicitou nízkých dávek podávaných hlodavcům	14
Tab. 2. Přehled základních nečistot obsažených v surovém bisfenolu	16
Tab. 3. Zjištěný obsah bisfenolu A a bisfenol-A.diglycid etheru v potravinách rostlinného a živočišného původu (hodnoty v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) v roce 2001	26
Tab. 4. Zjištěný obsah sumy BADGE v roce 2002 (hodnoty v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	27
Tab. 5. Zjištěný obsah sumy BADGE v roce 2005 (hodnoty v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	28
Tab. 6. Výsledky sledování BADGE a jeho derivátů (uváděných v přehledu SZPI jako bisfenol A) v masných a rybích konzervách v období 2002 až 2007	28
Tab. 7. Souhrnná tabulka výsledků rozborů obalů na uvolňování bisfenolu A do potravin	29
Tab. 8. Bisfenol A ve vybraných produktech z české maloobchodní sítě v letech 2001-2006 (hodnoty v $\mu\text{g}/\text{kg}$)	31