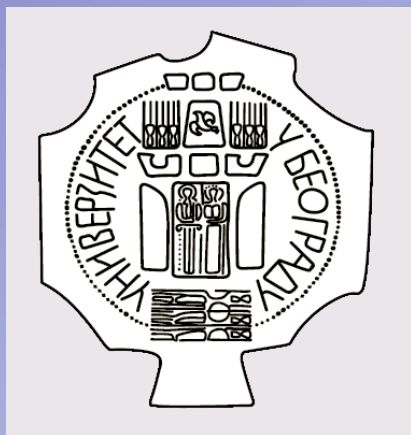




KONGRES METROLOGA 2024
Palić, 09.-11. oktobar

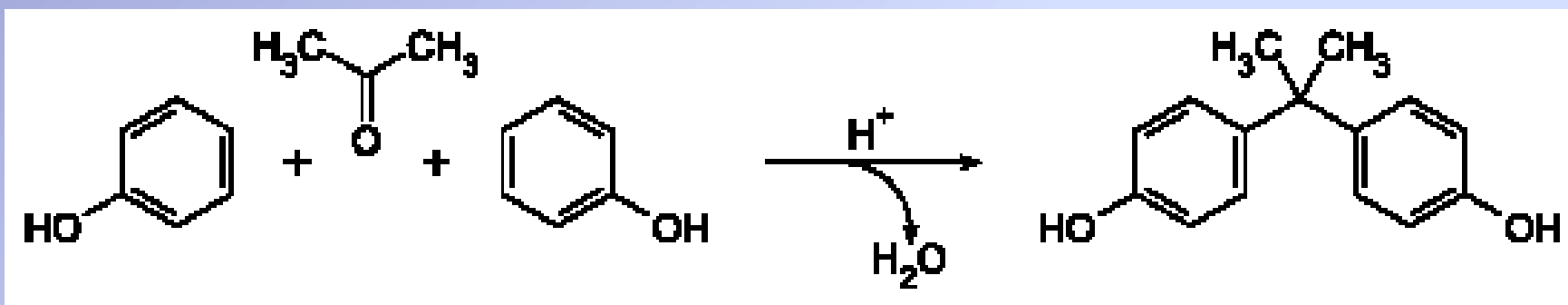
**KVANTITATIVNO ODREĐIVANJE
BISFENOLA A (BPA)
U HRANI I ŽIVOTNOJ SREDINI**

Prof. dr Vesna V. Antić
Univerzitet u Beogradu-Poljoprivredni fakultet

U kontekstu merenja hemijskih supstanci, **metrologija**, nauka koja se fokusira na razvoj, održavanje i primenu mernih standarda i tehnika, **ima ključnu ulogu u uspostavljanju pouzdanih metoda za detekciju i kvantifikaciju ovih supstanci**, kako u hrani, tako i predmetima za svakodnevnu upotrebu i životnoj sredini.

Proizvodnja: 10 miliona tona godišnje.

BPA



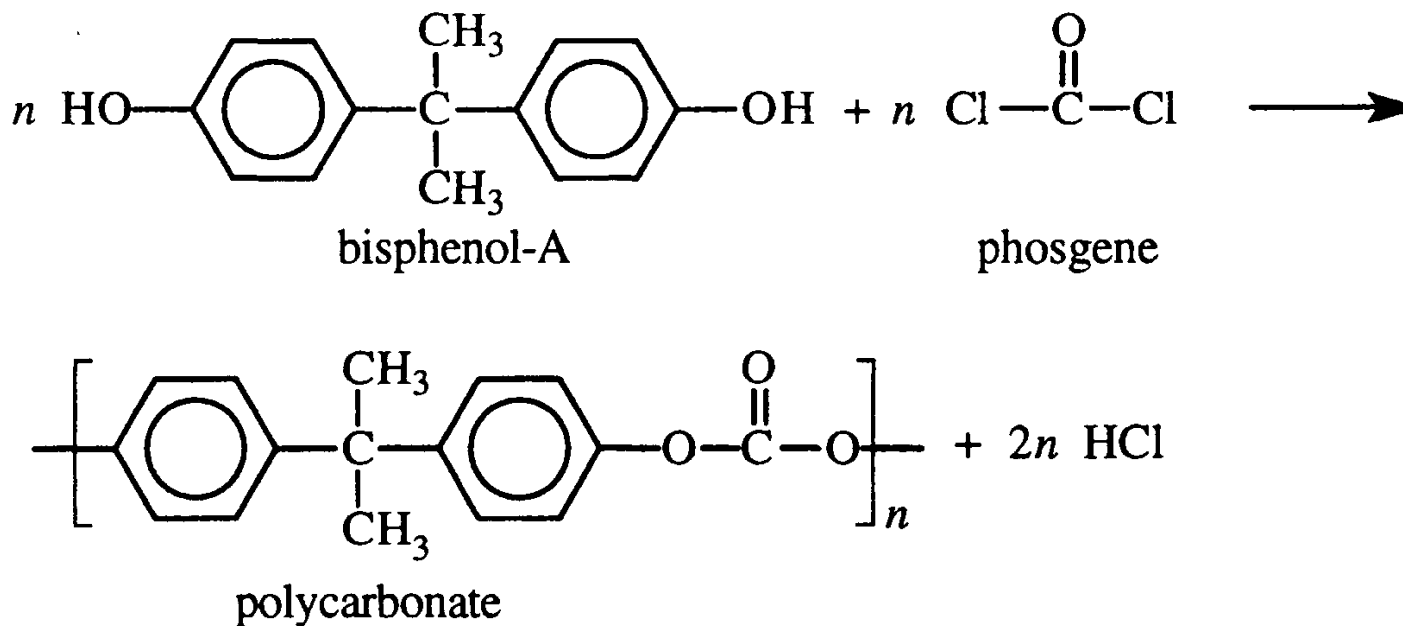
Bisfenol A (BPA) - hemijsko jedinjenje koji se koristi u proizvodnji polikarbonatne plastike i epoksidnih smola.

BPA se može “osloboditi”, tj. “otpustiti” iz ovih materijala i kontaminirati hranu i vodu, **što može predstavljati zdravstveni rizik, naročito po endokrini sistem.**

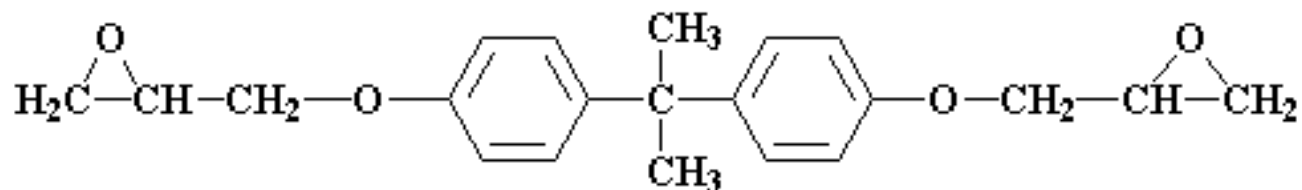
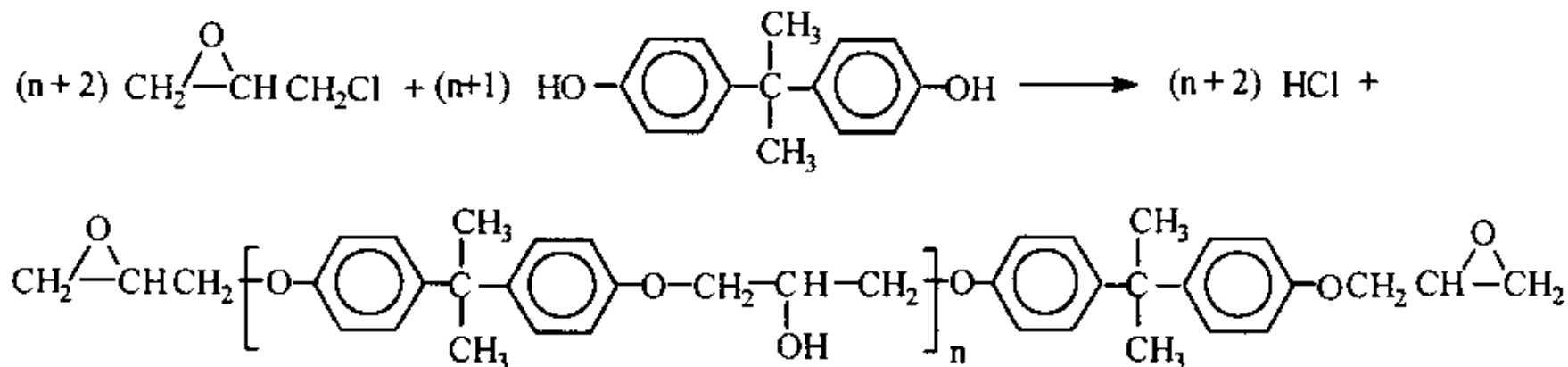
Zbog toga je praćenje prisustva BPA u hrani i životnoj sredini od suštinskog značaja.

Polikarbonati

1957, General Electric - BPA formira tvrdi polikarbonatnu plastiku u reakciji sa fosgenom.

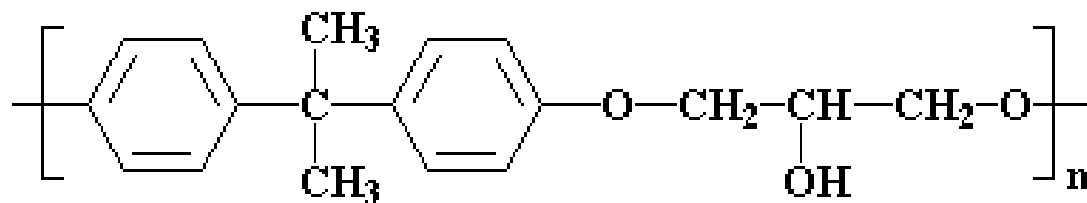


Epoksi pretpolimeri



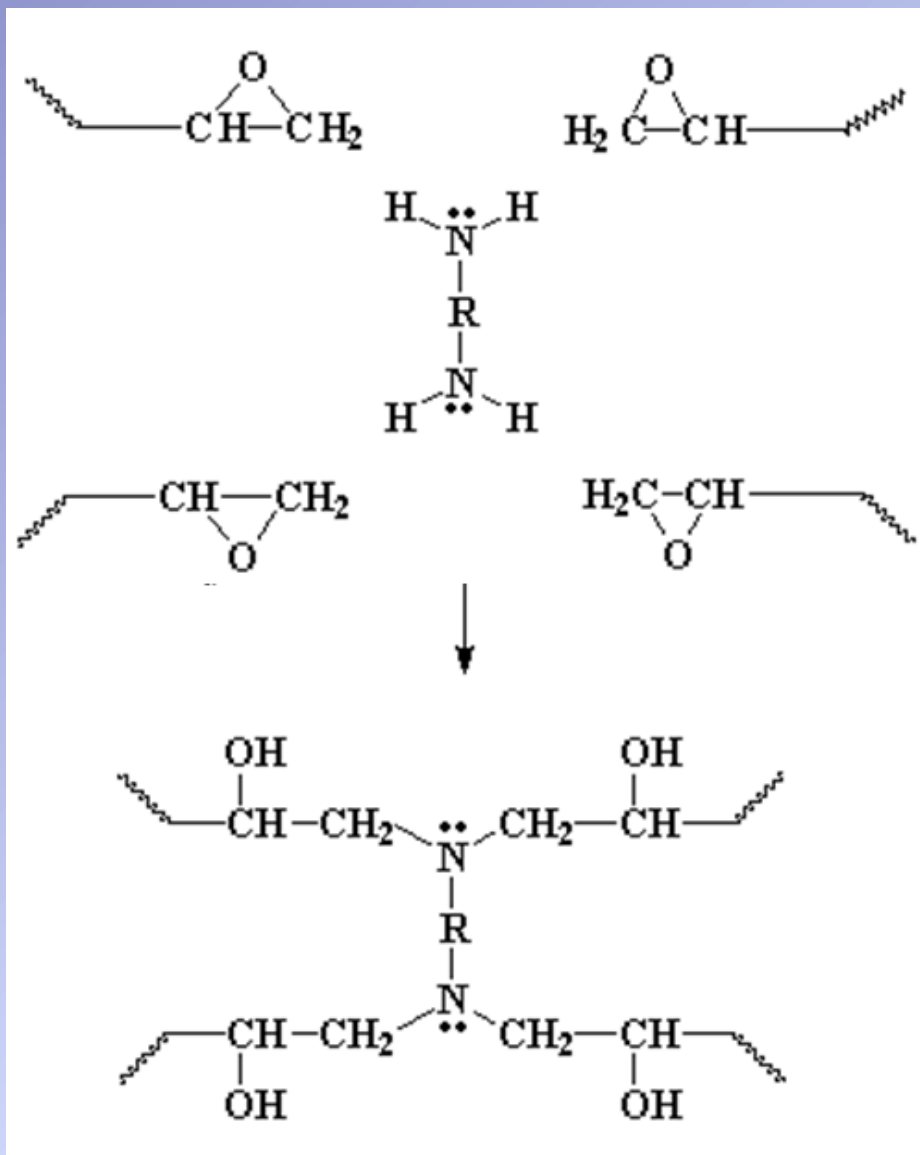
**Bisfenol-A diglicidil etar
(BADGE)**

Tečni- trimeri (1 bisfenol + 2 epoksi ostatka); $n=2$



Čvrsti: $n=3-30$

Epoksidne smole



- Odlična mehanička svojstva (zatezna čvrstoća, otpornost na pritisak i savijanje)
- Laka obrada
- Beznačajno skupljanje tokom očvršćavanja
- Odlična adhezija na metalne podloge
- Visoka otpornost na koroziju
- Otpornost na hemikalije, vlagu i toplotu

Epoksidne smole - primena



BPA može da migrira u hranu iz posuda od polikarbonata i kroz kontakt sa epoksidnim smolama koje su premazi u limenkama za pakovanje hrane.



Temperatura, sadržaj masti i kiselost hrane utiču na stepen migracije. Odnos pakovanja i proizvoda – hrana u manjim pakovanjima može biti mnogo više kontaminirana.

Potrošači konzervisane hrane stalno unose BPA u tragovima.

Kontakt sa fiskalnim računima može izložiti ljude BPA.

BPA je najčešće korišćeni razvijač boje u termalnom papiru.



BPA je otkriven u svim delovima sveta, što sugerije da se može transportovati kroz atmosferu ili vodu (okeane) na velike udaljenosti.

Najpoznatiji izvori BPA



Canned foods



Toiletries



Feminine hygiene products



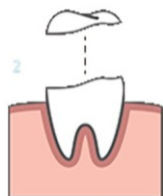
Items packaged in plastic containers



Household electronics



Thermal printer receipts



Dental filling sealants



Sports equipment

U studiji koju je sprovedla Međunarodna mreža za eliminaciju zagađivača (IPEN) u osam zemalja, otkriveno je da je BPA prisutan u 78% analiziranih posuda za hranu.

Takođe je utvrđeno da dve trećine uzorkovanih posuda i boca sa oznakom bez BPA sadrže tu hemikaliju.

BPA je prisutan u gotovo svim Evropljanima, što predstavlja potencijalni rizik po zdravlje, saopštila je Evropska agencija za životnu sredinu.

BPA je otkriven u urinu 92% odraslih učesnika iz 11 evropskih zemalja. Ljudi sa višim nivoima BPA u urinu imaju 3 puta veću verovatnoću da razviju kardiovaskularne bolesti i 2,5 puta veću šansu za razvoj dijabetesa.

BPA je hemikalija koja remeti endokrini sistem

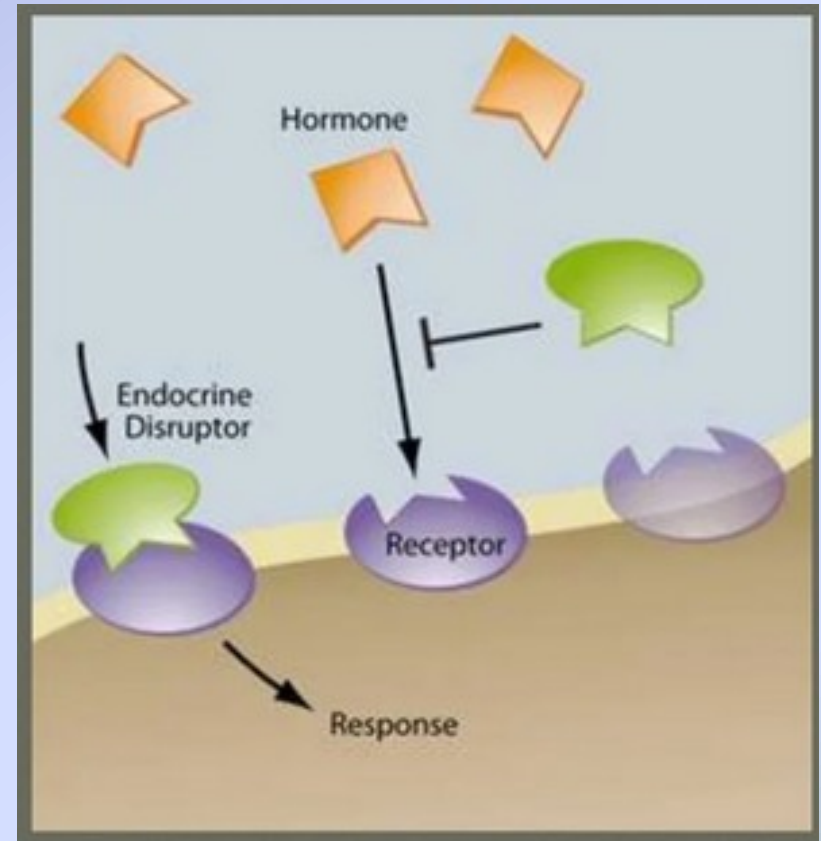
Endocrine-Disrupting Chemical: EDC

Hemikalije koje negativno utiču na rad endokrinog sistema oponašaju, blokiraju ili ometaju hormone u ljudskom telu.

Endokrini sistem je složena mreža žlezda i hormona koji regulišu mnoge funkcije tela, uključujući rast, razvoj i sazrevanje, kao i način rada različitih organa.

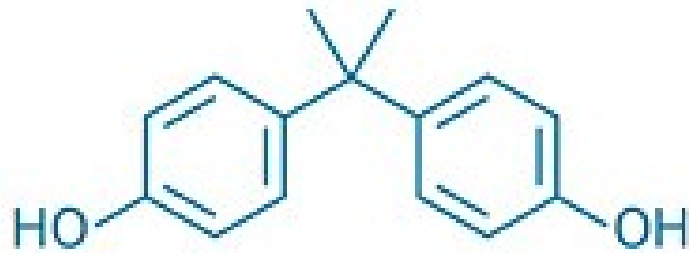
Endokrini ometač, ili prekidač, je egzogena supstanca koja menja funkciju endokrinog sistema i posledično izaziva štetne zdravstvene efekte na organizam.

Endokrini prekidači su povezani sa razvojnim, reproduktivnim, moždanim, imunološkim i drugim problemima.

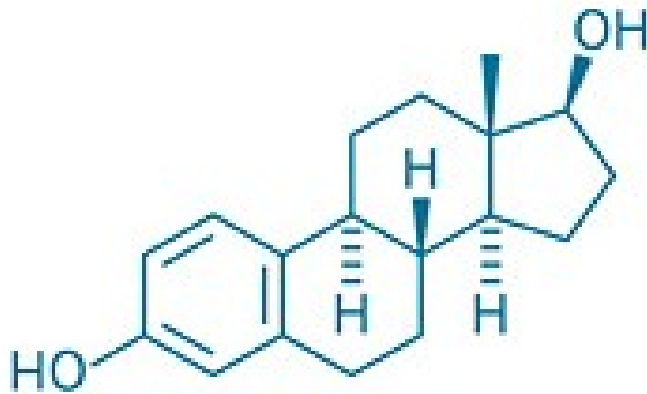


**Sumnja da je BPA opasan po ljude
datira od 30-ih godina prošlog veka**

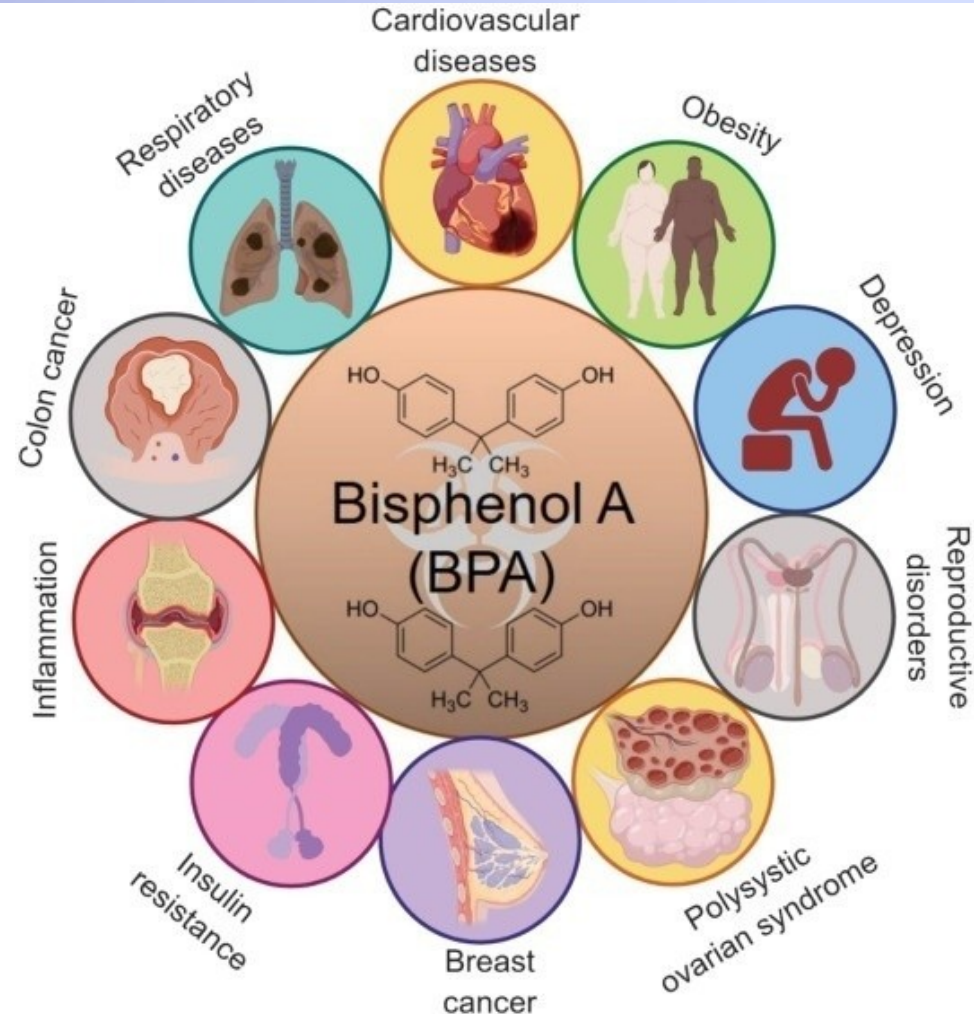
**Izloženost BPA je povezana sa velikim
brojem štetnih efekata na zdravlje**



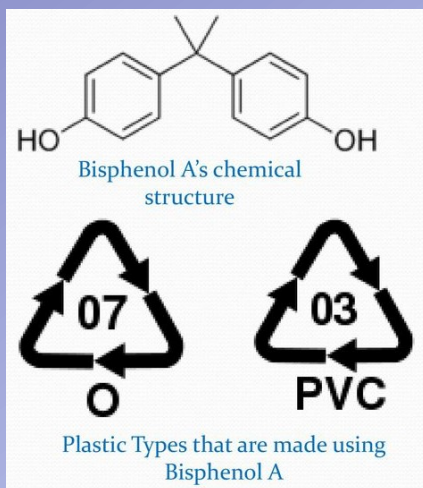
Bisphenol A



Estradiol



**BPA se može vezati za receptore estrogena i
delovati kao endokrini ometač.**



Plastični predmeti imaju svoju šifru koja nam pomaže da identifikujemo vrstu plastike.

BPA se upotrebljava kao antioksidans za ftalate koji se intenzivno koriste kao plastifikatori za PVC.

 PET Polyethylene Terephthalate Drink bottles, produce clamshells, cooking oil, vinegar	 HDPE High-Density Polyethylene Milk bottles, shampoo bottles, detergents	 PVC Polyvinyl Chloride Chemical containers, packaging, piping, electrical tape	 LDPE Low-Density Polyethylene Plastic bags, squeeze bottles, bread bags, bin liners	 PP Polypropylene Plastic bottle tops, buckets, yogurt pottles, straws, potato chip packets	 PS Polystyrene Disposable cups, take-out containers, foam packaging, packing 'peanuts'	 OTHER Other Other plastics includes acrylics, polycarbonates, nylon, fiberglass
--	--	--	--	--	--	---

Rizik po životnu sredinu

BPA u životnu sredinu mogu ispustiti direktno proizvođači hemikalija, plastike, premaza i boja, kao i kompanije za reciklažu.

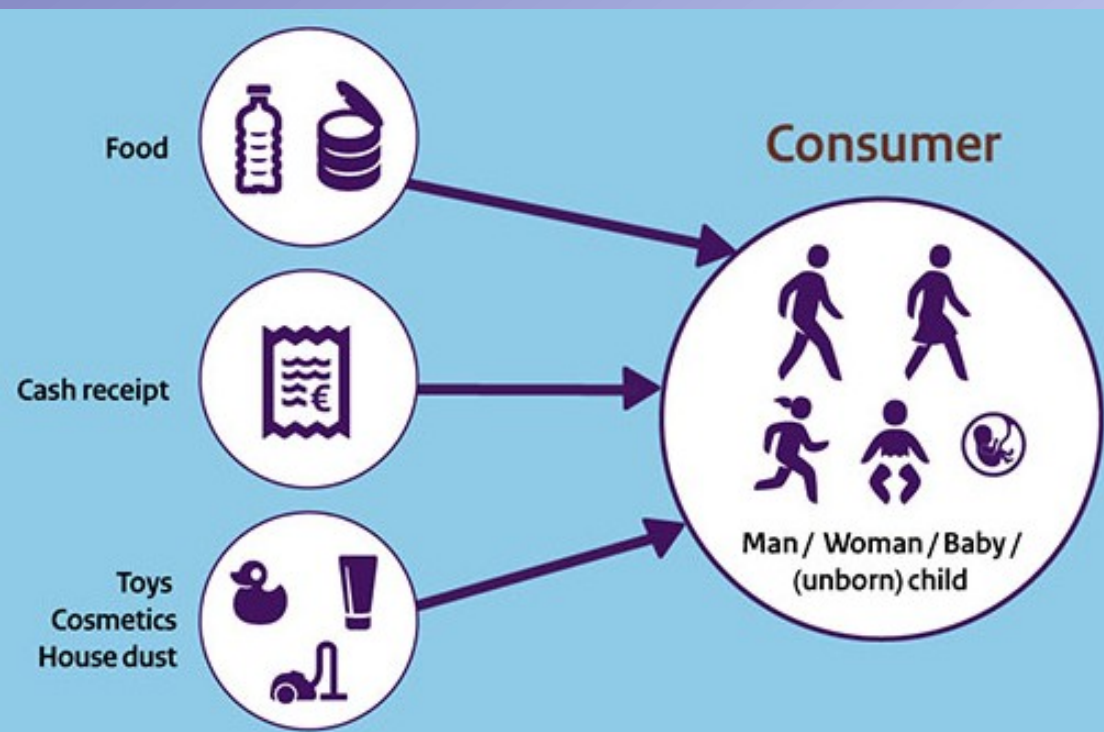
Uprkos poluživotu u zemljištu od 10 dana, BPA je značajan zagađivač koji ometa fiksaciju azota u korenu biljaka.

BPA se može emitovati u životnu sredinu putem kućnog otpada, kanalizacije i industrijskih otpadnih voda, kao i otpadnih voda iz poljoprivrede.

BPA može završiti u životnoj sredini sporim oslobađanjem iz materijala koji ga sadrže, na primer, nameštaja na otvorenom.

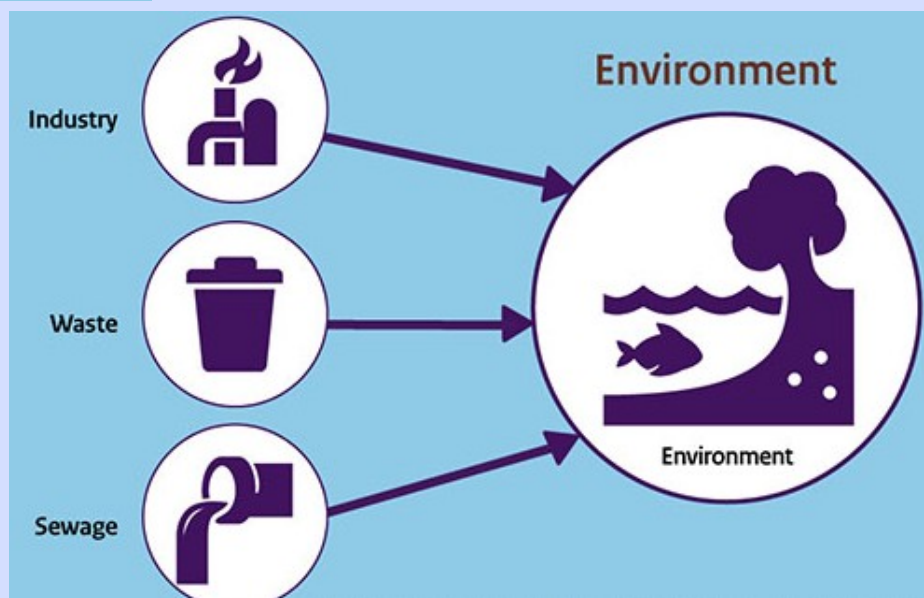
BPA utiče na rast, reprodukciju i razvoj vodenih organizama. Riba je najosetljivija vrsta.

Prisustvo BPA u životnoj sredini malo doprinosi ukupnoj izloženosti ljudi .



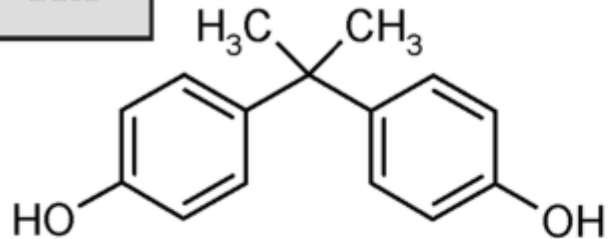
BPA je Evropska komisija klasifikovala kao **toksičan za reprodukciju**. Zbog toga, i zbog što ometa rad endokrinog sistema, **BPA je identifikovan kao supstanca koja izaziva veliku zabrinutost** (Substance of Very High Concern - SVHC) **prema evropskom zakonodavstvu o hemikalijama**.

Cilj je sprečiti izloženost!

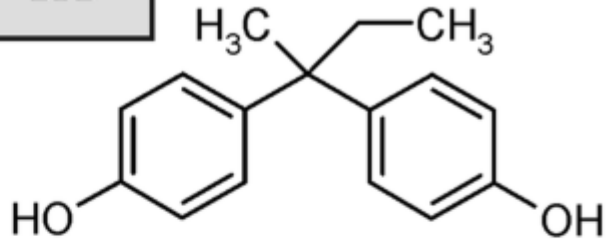


U potrazi za bezbednijim alternativama BPA analozi

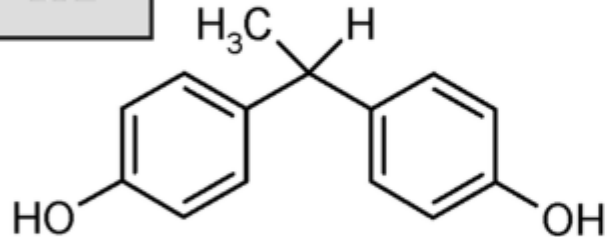
BPA



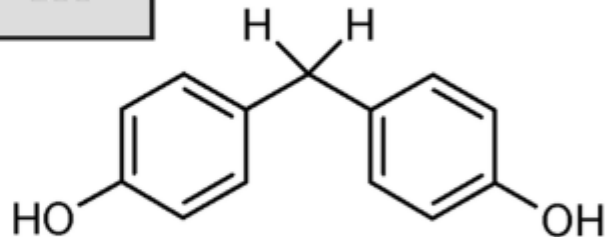
BPB



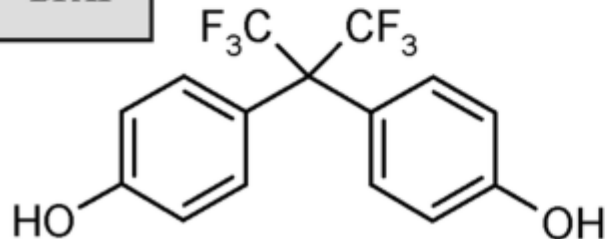
BPE



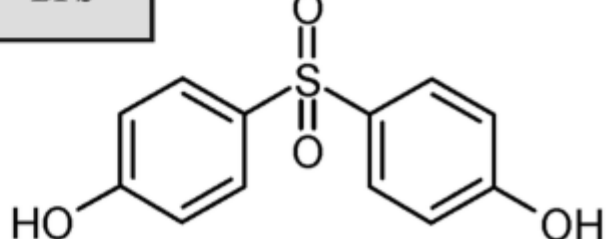
BPF



BPAF



BPS



BPA analozi nisu nužno slabiji estrogini.

BPF i BPB pokazuju jači estrogini efekat od BPA.

Neki proizvođači su jednostavno prešli sa BPA na BPF ili BPS, stavili oznaku „bez BPA“ na svoje proizvode i prodaju svetu nove, jednako opasne proizvode.
Učtivo rečeno, ovo bi se moglo nazvati 'žalosnom zamenom'.

Regulativa

Kanada je bila prva zemlja koja je strože razmotrila propise o BPA i zabranila njegovo prisustvo u bočicama za hranjenje beba **2010.** godine.

Evropska unija je **2011.** zabranila upotrebu BPA u flašicama i čašama za bebe (Direktiva 2011/8/EU).

U Francuskoj su od 1. januara 2013. zabranjene konzerve obložene epoksidnim smolama za prehrambene proizvode namenjene odojčadi, a od 1. januara 2015. za sve ostale proizvode.

U januaru **2015.**, Evropska agencija za bezbednost hrane (EFSA) smanjila je podnošljivi (tolerabilni) dnevni unos (TDI) za BPA sa **50 µg/kg TM/dan** na **4 µg/kg TM/dan** i postavila ga kao privremenu vrednost (**t-TDI**), očekujući ishod daljih naučnih studija.

Nakon toga, **granica specifične migracije (SML)**, koja predstavlja količinu BPA koja može da migrira iz plastičnog materijala koji je u kontaktu sa hranom u hranu, **smanjena je sa 600 µg/kg na 50 µg/kg** u februaru 2018, na osnovu nove vrednosti t-TDI .

EFSA je 2023. utvrdila novi TDI od 0,2 ng/kg TM/dan, što je 20000 puta niža vrednost od prethodne (4 µg/kg TM/dan).

Upoređujući novi TDI sa procenama izloženosti potrošača BPA putem ishrane, EFSA zaključuje da potrošači u svim starosnim grupama premašuju novi TDI, što ukazuje na zdravstvene probleme.

Propisi u Republici Srbiji za materijale i predmete u kontaktu sa hranom (posuđe, pribor, ambalaža i sl.) ne regulišu posebno migraciju bisfenola A.

U Republici Srbiji je regulisan sadržaj BPA u termalnom papiru tako da je od 30. juna 2020. godine zabranjeno stavljanje u promet termo-papira koji sadrži 0,02% (m/m) ili više BPA. Ovaj propis je usklađen sa regulativom EU.

Pravilnikom o bezbednosti igraćaka („Službeni glasnik RS“, br. 78/2019), koji je podzakonski akt Zakona o predmetima opšte upotrebe („Službeni glasnik RS“, br. 25/2019), ograničena je migracija BPA u igračkama za mlađu decu (do 36 meseci) na 0,04 mg/L (granica migracije). Ispitivanje mora biti sprovedeno prema standardnim metodama EN 71-10:2005 i EN 71-11:2005.

Stručni komitet EU je 12. juna 2024. odobrio predlog Evropske Komisije da BPA zabrani u materijalima koji dolaze u kontakt sa hranom. Ova odluka sledi procenu Evropske agencije za bezbednost hrane (EFSA) koja je utvrdila da BPA ima potencijalno štetne efekte na imuni sistem.

Zabrana se odnosi na BPA u ambalaži kao što su limenke sa premazima na bazi BPA, kao i plastične posude za višekratnu upotrebu i kuhinjsko posuđe.

Bisfenol-A diglicidil etar (BADGE) je i dalje dozvoljen u aplikacijama u kontaktu sa hranom, ali ne sme da sadrži zaostali BPA iz procesa proizvodnje.

Ostali bisfenoli klasifikovani kao kancerogeni, mutageni ili reprotoksični, ili koji izazivaju endokrine poremećaje su takođe uključeni u zabranu, osim u posebnim primenama. Ovo uključuje bisfenol S (BPS) i bisfenol AF (BPAF).

Zabrana će biti uvedena do kraja 2024. Proizvođači imaju prelazno razdoblje do 36 meseci za razvoj i prodaju alternativa bez BPA. Prodavci hrane imaju 12 meseci da potroše svoje zalihe nakon završetka prelaznog perioda.

Metode za Analizu BPA

1. Tečna hromatografija visokih performansi (HPLC)

- **Princip:** HPLC koristi tečnu fazu (rastvarač ili smešu rastvarača) za separaciju analita na osnovu njihove interakcije sa stacionarnom fazom u koloni. Detektor (npr. UV, fluorescentni, maseni spektrometar-MS) meri koncentraciju analita. MS meri masu molekula (tj. molekulskog jona), i masu fragmenata molekula, pružajući informacije o identitetu i koncentraciji analita.
- **Upotreba:** Idealna za analizu BPA u prehrambenim proizvodima, zemljištu i drugim složenim uzorcima.

2. Gasna Hromatografija (GC)

- **Princip:** GC koristi gasnu fazu za separaciju isparljivih analita. BPA se obično derivatizuje kako bi postao isparljiviji i pogodan za GC analizu. U kombinaciji sa masenom spektrometrijom (GC-MS) metoda je vrlo precizna za analize niskih koncentracija i dobar je izbor za analizu BPA u tragovima.
- **Upotreba:** Preporučuje se za analizu BPA u uzorcima koji se mogu derivatizovati i gde su prisutne kompleksne hemijske matrice ili okruženja sa niskim nivoima BPA, kao npr. uzorci zagađenih voda.

3. ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay)

- **Princip:** ELISA koristi antitela specifična za BPA za njegovu detekciju i kvantifikaciju. Rezultat se meri putem promene u boji. Manje osetljiva od HPLC-MS ili GC-MS. Brza je i jednostavna metoda, često koristi komercijalno dostupne testove.
- **Upotreba:** Pogodna za rutinske analize i brzu procenu prisustva BPA u različitim uzorcima kao što su biološke tečnosti ili hrana.

Validacija je proces u kojem se procenjuje tačnost, pouzdanost i primenljivost specifične analize.

Osnovni koraci koji se preduzimaju tokom validacije metode:

1. Kalibracija instrumenata (HPLC-MS ili GC-MS) i kontrola kvaliteta: Redovno kalibrisati instrument koristeći standardne rastvore sa poznatim koncentracijama BPA, kako bi se obezbedilo da instrument ispravno meri. Koristiti interne standarde za povećanje tačnosti.

2. Specifičnost: Sposobnost metode da precizno identifikuje BPA u prisustvu drugih supstanci.

• **Protokol:** Analizirati uzorke koji sadrže moguće interferente, kao što su druge hemikalije ili matrice, i potvrditi da metoda specifično meri BPA. To može uključivati testiranje uzoraka sa poznatim kontaminantima i proveru da li BPA može biti jasno odvojen i identifikovan na osnovu njegovih karakterističnih ionskih signala u MS.

3. Tačnost (Accuracy): Koliko su mereni rezultati blizu poznatim stvarnim vrednostima.

• **Protokol:** Analizirati uzorke sa dodatim poznatim količinama BPA (standardni dodaci) i uporediti rezultate sa poznatim vrednostima. Proceniti da li su rezultati u prihvatljivom opsegu.

4. Preciznost (Precision): Varijabilnost rezultata pri ponovljenim merenjima istog uzorka.

• **Protokol:** Izvršiti višestruka merenja istog uzorka u kratkom vremenskom periodu (intra-dnevna preciznost) i tokom dužeg vremenskog perioda (inter-dnevna preciznost). Analizirati rezultate standardne devijacije i relativne standardne devijacije.

5. Osetljivost (Sensitivity): Odrediti najmanju koncentracija BPA koja može biti pouzdano detektovana i kvantifikovana.

• **Protokol:** Odrediti limit detekcije (LOD) i kvantifikacije (LOQ) analizom uzoraka sa sve manjim koncentracijama BPA dok se ne dostigne granica gde je signal jasan i kvantitativno merljiv.

6. Linearnost: Odnos između koncentracije BPA i odgovora detektora.

•**Protokol:** Pripremiti seriju standardnih rastvora sa različitim koncentracijama BPA i analizirati ih. Proveriti da li postoji linearna veza između koncentracije i odgovora detektora.

7. Oporavak (Recovery): Efikasnost metode u određivanju poznate količine BPA dodate uzorku.

•**Protokol:** Dodati poznate količine BPA u uzorke bez BPA i uporediti dobijene rezultate sa dodatim količinama. Izračunati procenat “oporavka” i proceniti da li je u prihvatljivom opsegu.

8. Stabilnost: BPA u uzorcima tokom vremena i pod različitim uslovima.

•**Protokol:** Analizirati uzorke koji su čuvani pod različitim uslovima (npr. različite temperature, svetlost) tokom različitih vremenskih intervala i proceniti da li je koncentracija BPA ostala stabilna.

9. Kros-reaktivnost: Mogućnost da tokom izvođenja metode dođe do reakcije sa supstancama sličnim BPA i dobijanja lažne rezultate.

•**Protokol:** Testirati uzorke sa sličnim hemijskim supstancama i proceniti da li izazivaju lažne pozitivne rezultate.

10. Legislativa i standardi: U mnogim zemljama postoji legislativa za maksimalne dozvoljene koncentracije BPA u hrani i vodi i standardi za merenje koncentracija. Merenja treba da zadovoljavaju ove standarde, omogućavajući usklađenost sa zakonodavstvom.

Svaki od ovih koraka je ključan za osiguranje da metoda za određivanje BPA bude pouzdana i tačna. Validacija pomaže u potvrđivanju da metoda može dosledno proizvoditi rezultate koji su prihvatljivi za specifične potrebe analize.

Naša istraživanja – konzervisani proizvodi za Vojsku Srbije

Kvantifikacija je izvršena na osnovu kalibracione krive usklađene sa matricom, konstruisane dodavanjem BPA uzorku domaćeg nekonzervisanog goveđeg gulaša (BG), proizvedenog po recepturi proizvođača.

Kalibraciona kriva je sadržala pet tačaka, gde su koncentracije BPA bile 5, 10, 20, 50 i 100 ppb ($\mu\text{g/L}$).

BPA je ekstrahovan QuEChers metodom. Finalni rastvor ($20\ \mu\text{L}$) u smeši acetonitril-voda (1:1) je injektovan u HPLC–MS (svaka tačka je analizirana u tri ponavljanja).

Koeficijent korelacije r^2 iznosio je 0,9927.

Utvrđeno je da je sadržaj BPA u domaćem BG ispod LOD.

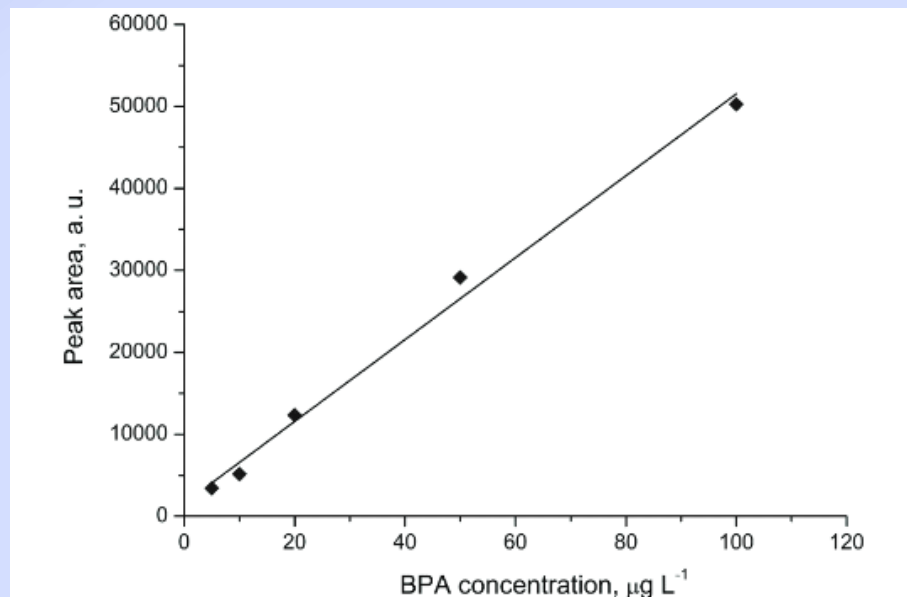
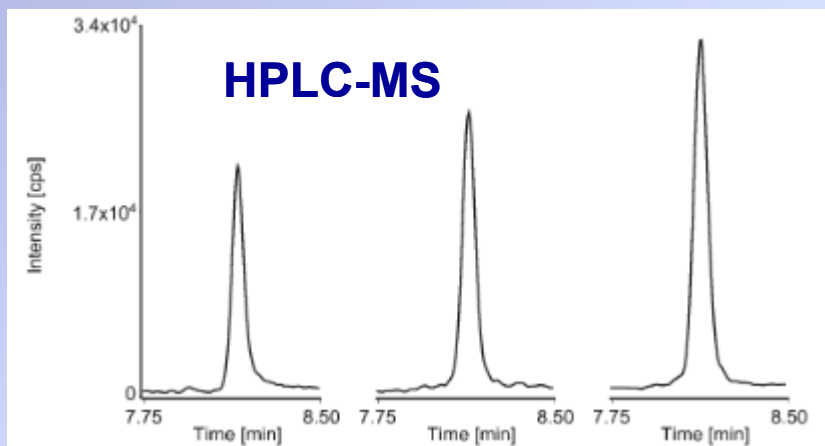


Fig. S-1. Calibration curve for LC-MS: peak area depending on BPA concentration.



Koncentracije koje daju visinu pikova tri i deset puta veću od standardne devijacije osnovnog signala definisane su kao granica detekcije (LOD) i granica kvantifikacije (LOQ).

LOD = 2 ppb ($\mu\text{g/L}$)

LOQ = 5 ppb ($\mu\text{g/L}$)

TABLE S-I. The results of repeatability, standard deviation (*SD*), relative standard deviations (*RSD*) and recovery, for the samples of beef goulash and meatballs in tomato sauce

Food product	BPA, $\mu\text{g kg}^{-1}$			x	SD $\mu\text{g kg}^{-1}$	RSD %	BPA expected $\bar{x} = 20, \mu\text{g kg}^{-1}$	BPA obtained $\mu\text{g kg}^{-1}$	Recovery %
	Probe								
	1	2	3						
Beef goulash	32.0	35.0	29.0	32.0	2.4	7.5	62.0	50.9	82.1
Meatballs in tomato sauce	24.0	20.5	19.5	21.3	1.9	8.9	41.3	32.5	78.7

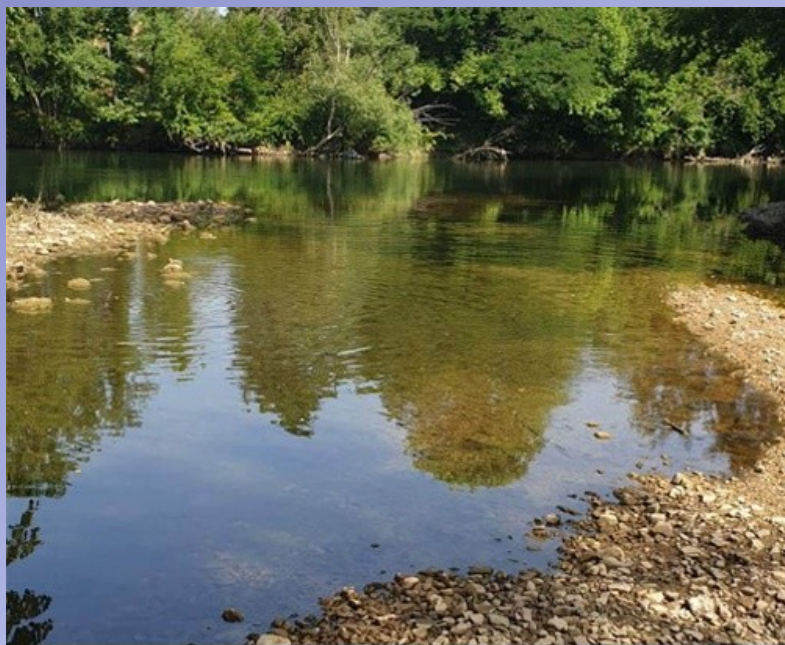


Storage period, y/m/d*	BPA, $\mu\text{g kg}^{-1}$
Beef goulash (BG)	
6/6/00	22.4
5/5/23	6.2
4/4/20	3.2
3/11/02	24.6
2/10/27	64.8
2/2/16	44.0
0/11/10	18.0
Meatballs in tomato sauce (MB)	
3/0/03	24.2
2/7/18	25.5
0/10/05	21.3
0/4/02	31.2

TDI = 4 $\mu\text{g/kg TM/dan}$

SML = 50 $\mu\text{g/kg}$

Naša istraživanja – uзорci rečnih voda iz BiH



BPA je meren i u uzorcima rečnih voda uzetih u okolini Banja Luke.

Koncentracija BPA u reci Vrbas i njenim pritokama ispitivana je GC-MS metodom.

U tu svrhu uzeti su uзорci iz 5 pritoka reke Vrbas. BPA je detektovan u svim analiziranim uzorcima.

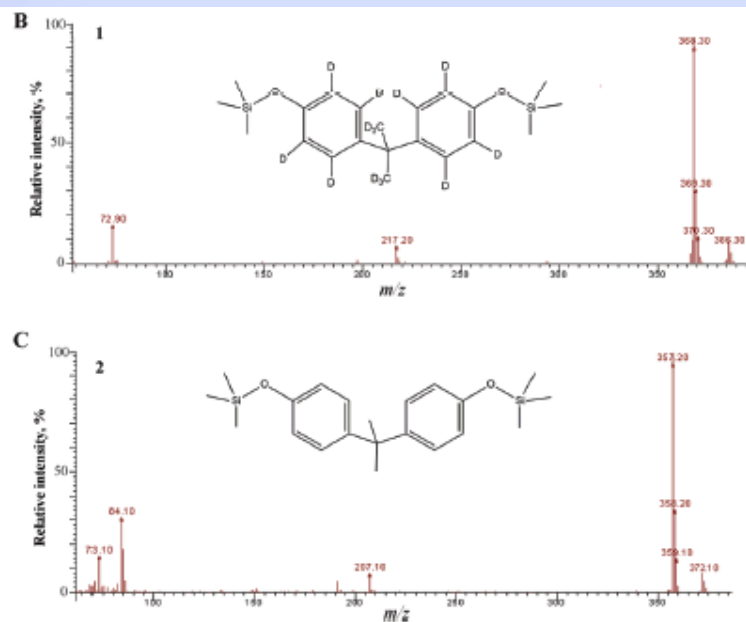
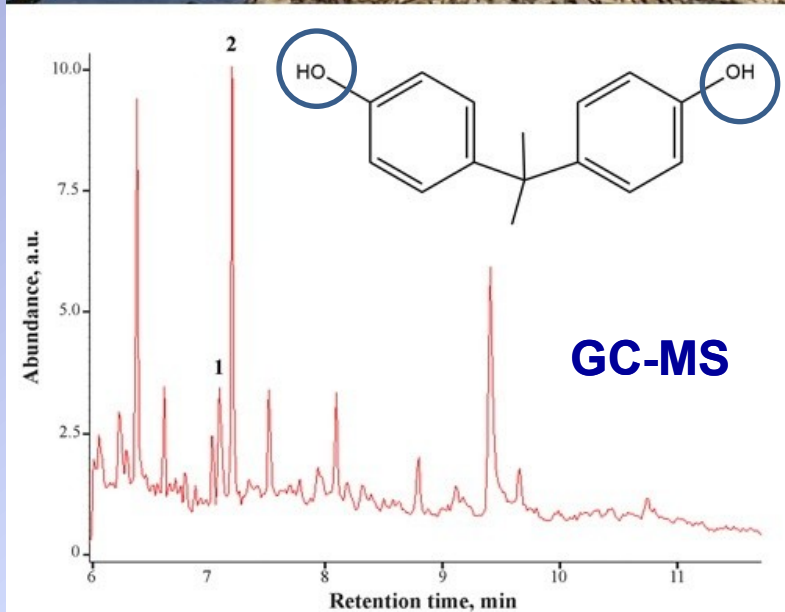


Fig. 1. The total ion chromatogram (A) and mass spectra of identified silylated BPA-d₁₆ (B) and silylated BPA (C) for the sample T4.

Validacija je izvršena određivanjem nekoliko važnih parametara, kao što linearnost, preciznost i tačnost, granica detekcije (LOD) i kvantifikacija (LOQ).

Dejonizovana voda bez dodatog BPA analizirana je kao slepa proba pre svake analize da bi se pratili tragovi BPA.

Iz radnog rastvora razblaživanjem su napravljeni različiti rastvori da bi se dobila kalibraciona kriva sa šest vrednosti koncentracije: 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,2 i 1,6 ng/ μ L. Svaka tačka je analizirana u duplikatu. Kalibraciona kriva je formirana na osnovu odnosa površina pikova BPA i BPA-d16. Interni standard (BPA-d16) je uvek dodavan u istoj koncentraciji: 0,2 ng/ μ L heksana. Linearnost kalibracione krive je određena pomoću koeficijenta korelacije, koji je iznosio 0,9982.

Dobijena kalibraciona kriva je korišćena za kvantitativno određivanje BPA u uzorcima vode. Pored toga, analizirane su i niže koncentracije (0,02 i 0,05 ng/ μ L), kako bi se odredili LOD i LOQ.

Uzorak sa minimalnom koncentracijom od 0,02 ng u 1 μ L heksana je analiziran u šest ponavljanja i izračunata je standardna devijacija (SD).

TABLE I. The validation parameters of the microextraction – GC–MS method for the analysis of BPA in water samples

<i>m/z</i>	<i>R</i> ²	Method trueness – recovery ± <i>RSD</i> , wt. %	<i>LOQ</i> / ng L ⁻¹	<i>LOD</i> / ng L ⁻¹
357/372	0.9982	77.50±5.42	10	4

Tačnost je dokazana metodom spiking/recovery.

Uzorak dejonizovane vode (500 mL) je spajkovan sa BPA, da bi se dobile sledeće koncentracije: 80, 120 i 160 ng/L. Svaki spajk je rađen u duplikatu.

Preciznost je izračunata je kao relativna standardna devijacija (RSD, %) koncentracija nađenih ponavljanjem šest spajkova dnevno.

Količina “oporavljenog” BPA kretala se između 72,5 i 82,5 mas.%, sa srednjom vrednošću od 77,5 mas.%.

LOD = 4 ng/L = 0,004 ppb (µg/L)

LOQ = 10 ng/L = 0,010 ppb (µg/L)

Najveća koncentracija BPA (354 ng/L) zabeležena je na ušću reke Crkvene u reku Vrbas.

Najniža količina BPA (33 ng/L) pronađena je u uzorku uzetom na ušću Švrakave u Vrbas, uzvodno od grada Banja Luka.

Ovo istraživanje je pokazalo da naseljenost i ljudska aktivnost mogu uticati na koncentraciju BPA u životnoj sredini. Rezultati su pokazali da je koncentracija BPA veća u poređenju sa sličnom studijom sprovedenom u Nemačkoj.

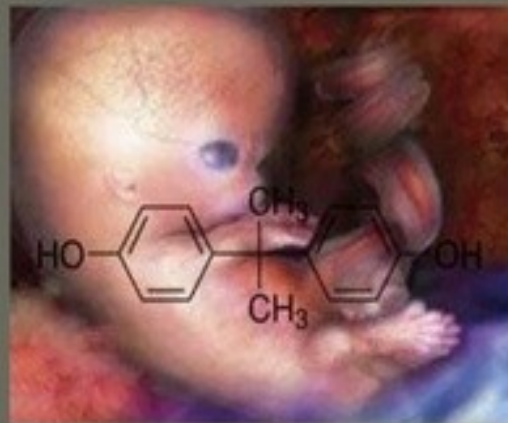
Ispitivanja uzoraka otpadnih, površinskih i voda za piće prikupljenih u Nemačkoj pokazala su da se koncentracija BPA u uzorcima vode za piće kretala od 0,5 do 2 ng/L, dok je srednja koncentracija BPA u uzorcima rečnih i otpadnih voda bila 4,7 i 16 ng/L, respektivno.

Možemo zaključiti da se BPA nalazi svuda, u različitim vrstama plastike i takođe u mikroplastici. BPA je sveprisutan: otkriven je u 75% uzoraka majčinog mleka i u urinu 93% njihovih beba.

The critical period of development for most organisms is between the transition from a fertilized egg, into a fully formed infant.

As the cells begin to grow and differentiate, there are critical balances of hormones and protein changes that must occur.

Therefore, a dose of disrupting chemicals can do substantial damage to a developing fetus (baby). Whereas, the same dose may not significantly affect adult mothers.



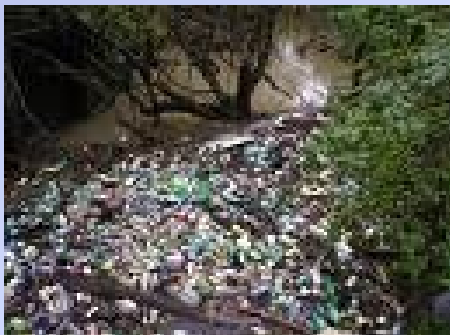
Mišljenje endokrinologa: Jednostavno ne postoji 'bezbedna' doza bilo koje hemikalije za koju se zna da remeti hormone. Endokrini sistem je evoluirao tako da je izuzetno osetljiv na prirodne hormone, i kao rezultat toga, takođe je podložan malim količinama hemikalija koje ometaju hormone. Stoga, donosioci regulativa ne bi trebalo da pokušavaju da pronađu prihvatljive minimume za ove hemikalije, već da ih u potpunosti zabrane.

Najbolji način da se eliminiše BPA je prelazak na pakovanja napravljena od inertnih, materijala, koji ne sadrže toksične supstance, ali za sada nema mnogo dobrih opcija, posebno u pogledu epoksidnih smola.



Zabrana upotrebe BPA u materijalima koji dolaze u kontakt sa hranom trebalo bi da se što pre donese i zaživi u svim zemljama sveta.





Na žalost, “zahvaljujući” slikama koje upravo gledamo, BPA će biti značajan zagađivač životne sredine u dužem vremenskom periodu



Hvala na pažnji!

Stojanović, B., Radović, Lj., Natić, D., Dodevska, M., Vraştanović-Pavičević, G., Balaban, M., Lević, S., Petrović, T., Antić, V. (2019). Influence of a storage conditions on migration of bisphenol A from epoxy-phenolic coating to canned meat products. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 84(4), 377-389.

<https://doi.org/10.2298/JSC181015100S>

Stojanović, B., Radović, Lj., Natić, D., Dodevska, M., Vraştanović-Pavičević, G., Balaban, M., Stojanović, Z., Antić, V. (2020). Migration of bisphenol A into food simulants and meat rations during initial time of storage. *Packaging Technology and Science*, 33, 75-82. <https://doi.org/10.1002/pts.2485>

Savić, D., Balaban, M., Pantelić, N., Savić, D.N., Antić, M., Dekić, R., Antić, V. (2022). Determination of bisphenol A traces in water samples from the Vrbas River and its tributaries, Bosnia and Herzegovina, *J. Serb. Chem. Soc.* 87 (1), 109–119. (*Chemistry, Multidisciplinary* 153/180 IF (2021) 1.100)

<https://doi.org/10.2298/JSC211001098S>