



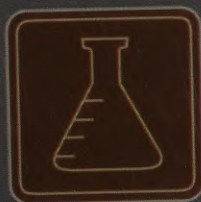
LATVIJAS  
LAUKSAIMNIECĪBAS  
UNIVERSITĀTE



KĪMIJAS  
KATEDRA

Baiba Ozola

# PĀRTIKAS TOKSIKOLOĢIJA



Mācību  
līdzeklis



Jelgava 2007

351209

30ks

2008-6  
L 24

L  
66

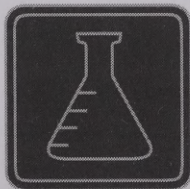


LATVIJAS  
LAUKSAIMNIECĪBAS  
UNIVERSITĀTE

KĪMIJAS  
KATEDRA


Baiba Ozola

# PĀRTIKAS TOKSIKOLOĢIJA



Mācību  
līdzeklis

Jelgava 2007

 DRUKĀTAVA

0308022 814

Baiba Ozola. PĀRTIKAS TOKSIKOLOĢIJA. Mācību līdzeklis.-Jelgava: LLU,  
2007.-78 lpp.  
17 tab., 4 att., bibliogrāf.: 24

Mācību līdzeklis paredzēts Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas  
tehnoloģijas un Veterinārmedicīnas fakultāšu pilna un nepilna laika maģistrantūras  
studentiem.

Recenzente: Dr.sc.ing., LLU Ķīmijas katedras docente Velga Miķelsone

Izskatīts un apstiprināts Ķīmijas katedras 2007.gada 6.februāra sēdē (protokols Nr.2)

Metodiskie norādījumi un laboratorijas darbu apraksti Ķīmijā izstrādāti Eiropas  
Sociālā fonda (ESF) projekta „Ķīmijas moduļu modernizācija LLU inženierzinātņu  
studiju programmās” ietvaros.

Projekta Nr. 2006/0244/VPD1/ESF/PIAA//06/APK/3.2.3.2./0033/0067.

## Saturs

1. Ievads.....	3
1.1. No toksikoloģijas vēstures .....	4
1.2. Toksikoloģijas pamatjēdzieni.....	4
2. Toksisko vielu iedarbība uz pārtikas produktu galvenajām sastāvdaļām.....	7
3. Toksisko vielu uzbūves un iedarbības kopsakarības.....	9
4. Toksisko vielu pārvērtības bioloģiskos organismos.....	10
5. Toksisko vielu iedarbība uz dažādiem orgāniem .....	13
6. Toksiskās vielas pārtikas produktos .....	13
6.1. Dabīgās toksiskās vielas pārtikas produktu izejvielās .....	14
6.2. Kancerogēnās un ļoti toksiskās vielas .....	18
6.2.1. Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži .....	18
6.2.2. N-nitrozosavienojumi.....	22
6.2.3. Akrilamīds .....	23
6.3. Pesticīdi.....	29
6.3.1. Pesticīdu izplatība vidē .....	30
6.3.2. Pesticīdu atlikumi pārtikā.....	31
6.3.3. Hlora organiskie pesticīdi.....	32
6.3.4. Fosfora organiskie pesticīdi.....	36
6.3.5. Dzīvsudraba organiskie pesticīdi .....	38
6.3.6. Pesticīdi - karbamātu atvasinājumi .....	38
6.3.7. Simetriskie triazīni .....	39
6.3.8. Heterocikliskie savienojumi .....	39
6.4. Ārstnieciskie līdzekļi .....	41
6.4.1. Antibiotikas .....	41
6.4.2. Hormoni .....	42
6.4.3. Sulfonamīdi .....	43
6.4.4. Nitrofurāni .....	43
6.4.5. Tireostatiskie preparāti un nomierinošie līdzekļi .....	43
6.5. Neorganiskais piesārņojums. Smagie metāli.....	44
6.5.1. Svins (Pb) .....	45
6.5.2. Kadmījs (Cd) .....	49
6.5.3. Dzīvsudrabs (Hg).....	50
6.5.4. Hroms (Cr).....	56
6.5.5. Cinks (Zn).....	56
6.5.6. Varš (Cu).....	57
6.5.7. Alva (Sn) .....	58
6.5.8. Alumīnijs (Al).....	59
6.6. Neorganiskais piesārņojums. Nemetāli.....	59
6.6.1. Arsēns (As).....	59
6.6.2. Slāpekļis (nitrāti un nitrīti) .....	61
7. Pārtikas piedevas un to toksiskā iedarbība .....	66
7.1. Konservējošas vielas.....	66
7.1.1. Neorganiskie konservanti .....	66
7.1.2. Organiskie konservanti.....	67
7.1.3. Ārstniecības vielas (biokonservanti).....	68
7.2. Krāsvielas .....	69
7.3. Antioksidanti .....	70
7.4. Citas pārtikas produktos atrodamās vielas .....	71

8. Biežāk lietotajās pārtikas produktu piesārņojuma noteikšanas metodes .....	71
9. Pārtikas produktu iepakojums .....	73
9.1. Pārtikas produktu iepakojuma toksikoloģiskās problēmas .....	74
9.2. Prasības pārtikas produktu iesaiņojumam .....	76
Izmantotā literatūra .....	78

## 1. Ievads

Arvien vairāk ķīmisku savienojumu tiek ražoti un nokļūst apkārtējā vidē. Pašlaik ir zināmas ap 7 miljoni dažādas ķīmiskas vielas. Lielākā daļa no tām tiek sintezētas mākslīgi. Dabā ir ap 5000 dažādu dzīvnieku un 10 000 augu, kuru sastāvā ir un kuri izdala toksiskas vielas. Šīs dabīgās vai mākslīgi sintezētās vielas var nonākt gaisā, ūdenī vai pārtikā un no tiem – cilvēku un dzīvnieku organismos.

Latvijas zinātnieki – vides pētnieki apgalvo, ka Latvijas vide ir piesārņota un iedzīvotāji ļoti daudzas toksiskas vielas uzņem gan ar gaisu, gan dzeramo ūdeni un pārtiku. Apstākļos, kad ražoto ķīmisko vielu daudzums ik gadu pieaug, ir nepieciešams zināt šo vielu iedarbību, noteikšanas metodes un iespējas mazināt šo dzīvajiem organismiem nelabvēlīgo vai kaitīgo vielu iedarbību, kā arī ārstēt šīs iedarbības sekas.

Eiroparlamenta Vides komiteja ir apzinājusi piecas slimību grupas, kas kļūst arvien izplatītākas – elpošanas ceļu saslimšanas, astma un alerģija bērniem, neiroloģiski attīstības traucējumi, ļaundabīgi audzēji bērniem un traucējumi endokrīnās sistēmas darbībā. Šai sakarā īpaša uzmanība tiek pievērsta vielām, ar kurām saistītas šīs saslimšanas – smagiem metāliem, dioksīniem, polihlorbifeniliem un vielām, kas traucē normālu endokrīnās sistēmas darbību – ftalātiem plastmasās un polivinilhlorīdos, hlora organiskiem pesticīdiem un citām vielām. Ir pierādīts, ka trīs ceturtdaļas ļaundabīgo mutāciju organismā izraisa dažādi vides faktori, galvenokārt ķīmiskais piesārņojums. Ar ķīmisko savienojumu ietekmi saista arī neauglības palielināšanos, īpaši vīriešiem. Piektajai daļai eiropiešu ir alerģiskas izpausmes, kuru rašanos provocējis gaisa piesārņojums. Trešo daļu slimību bērniem un jauniešiem Eiropas valstīs izraisa piesārņotā vide – ķīmiskais piesārņojums spēj iekļūt bērna organismā agrīnā attīstības stadijā - jau caur placentu.

**Toksikoloģija ir zinātne par kaitīgo vielu iedarbību uz dzīvajiem organismiem.** Šai zinātnei saplūstot ar ekoloģiju, kuras pētījumu objekti ir atsevišķu organismu kopienas un procesi dabas vidē, 1967. gadā radās zinātnes nozare **ekotoksikoloģija**.

Toksikoloģija ir cieši saistīta ar daudzām bioloģijas un ķīmijas zinātņu jomām. Toksikoloģijā izmanto analītiskās ķīmijas metodes, bioķīmija dod iespēju izskaidrot toksisko vielu darbības veidus un metabolismu. Toksikoloģija ir cieši saistīta arī ar bioloģiju, jo dzīvo organismu adaptācija ar toksiskām vielām piesārņotā vidē ir organiski saistīta ar ekoloģiju un evolūciju. Toksikoloģija dod svarīgu ieguldījumu medicīnā, it īpaši tiesu medicīnā, farmācijā un veselības aizsardzībā, veterinārmedicīnā, kā arī lauksaimniecībā (drošu ķīmikāliju izmantošana).

Šī grāmata ir domāta topošajiem pārtikas speciālistiem – pārtikas tehnologiem, ēdināšanas un uztura speciālistiem, kā arī veterinārmedicīnas studentiem un visiem interesentiem, kuriem rūp nekaitīga, veselīga pārtika. Šī mācību līdzekļa uzdevums ir iepazīstināt lasītājus ar tām toksiskajām vielām, kuras atrodamas pārtikas produktu izejvielās vai rodas to pārstrādes un uzglabāšanas procesos.

## 1.1. No toksikoloģijas vēstures

Vārds toksikoloģija ir cēlies no vārda *toxicon* – inde un *logos* – mācība (grieķu val.). Toksikoloģija ir zinātne par indēm. Inde ir jebkura viela, kas kaitīgi iedarbojas uz dzīvajiem organismiem. Ir liecības, ka indīgo vielu pētīšana ir sākusies jau 1500. gadā p.m.ē., kad tā laika zinātnieks Ebers Papirus bija savācis daudzas inžu pagatavošanas receptes. Jau senie ēģiptieši mācēja no persiku kauliņiem izdalīt zilskābi. Ap 900. gadu p.m.ē. indiešu medicīnā jau izmantoja arsēnu un opiju. 400. gadā p.m.ē. Hipokrāts rakstīja, ka arī senajiem grieķiem bija zināšanas par indēm un galvenajiem toksikoloģijas principiem. Tā laika ārsts Nikanders veica pretinžu pētījumus un aprakstīja 22 specifiskas indes, tai skaitā balto svīnu, svīna oksīdu, akonitu (vilka lāsts), opiju, velna rutku un citas indīgas dabas vielas. Kā pretindi viņš ieteica linsēklu tēju, kas izsauc vemšanu. Karalis Mitridāts izmantoja kriminālnoziedzniekus, lai izdarītu pētījumus pretinžu radīšanai pret čūsku indi un citām indīgām vielām. Lai sevi aizsargātu pret noindēšanu, viņš regulāri lietoja 50 pretindes saturošu maisījumu. Leģenda vēsta, ka brīdī, kad viņš mēģināja izdarīt pašnāvību noindējoties, indes uz viņu neiedarbojās. No viņa vārda ir radies termins „mitridātisms” – imunitāte pret indēm. 50. mūsu ēras gadā grieķu ārsts Dioskorīds veica lielu ieguldījumu toksikoloģijas attīstībā, klasificējot indes pēc to izcelsmes: dzīvnieku, augu un minerālās indes. Viņa traktāts *Materia Medica* ir 15.gs. nozīmīgākais darbs par indēm. Ievērojamus pētījumus šai jomā 16.gs. veica tā laika zinātnieks Paracelsus. Pētījumu rezultātā viņš secināja, ka indes iedarbību organismā var ārstēt ar līdzīgu indi, bet ļoti nozīmīgi ir šo vielu daudzumi. Slavēna ir Paracelza izteiktā doma: „Visas vielas ir indes, tikai pareizie daudzumi atšķir indes no zālēm.” 18. un 19.gs. mijā nozīmīgi bija spāņu ārsta Orfila pētījumi - viņš izdalīja toksikoloģiju kā atsevišķu zinātnes nozari. 19.gs. Klods Bernārs, lai labāk izpētītu bioloģiskās sistēmas, pētīja dažādu vielu iedarbību uz šīm sistēmām. Viņš izpētīja arī populārās indes *curare* iedarbības mehānismu. Mūsdienās ir izkristalizējusies tēze: nav drošu ķīmisku vielu, ir tikai droši to pielietošanas veidi.

## 1.2. Toksikoloģijas pamatjēdzieni

Jāizšķir jēdzieni piesārņojoša un indīga jeb toksiska viela. Šo vielu definīcijas ir dažādas un bieži pat pretrunīgas. Šeit dotas visbiežāk sastopamās.

**Piesārņojoša viela** ir jebkura viela, kura nonāk apkārtējā vidē cilvēka darbības rezultātā un kurai ir kaitīga iedarbība uz dzīvajiem organismiem.

Pārtikas piesārņojuma definīcija vispilnīgāk dota Pārtikas aprites uzraudzības likumā:

**Pārtikas piesārņojums** ir jebkura ķīmiska vai bioloģiska viela, fiziski piemaisījumi, kuri nokļuvuši pārtikā ražošanas gaitā vai citos pārtikas aprites posmos veikto darbību un vides piesārņojuma rezultātā un kuru klātbūtne pārtikā var nodarīt kaitējumu cilvēka veselībai, padarīt pārtiku nederīgu cilvēka patēriņam vai citādi izmainīt pārtikas dabu un sastāvu.

Par **indīgām vielām** sauc vielas, kuru minimāli daudzumi spēj izraisīt spēcīgas izmaiņas organisma dzīvības funkcijās vai pat organisma bojāeju. Viena no jaunākajām toksisko vielu jeb *toksikantu* definīcijām ir:

**Toksiskā viela** ir tāda viela, kurai piemīt tāda fizikāli-ķīmiska aktivitāte, kas mijiedarbības rezultātā ar dzīvā organisma receptoriem, rada bioķīmiskas, fizioloģiskas vai strukturālas izmaiņas organismā.

**Toksīni** ir toksiskas vielas, ko producē bioloģiski organismi.

**Toksicitāte** ir toksiskās vielas daudzums, kas rada dzīvā organisma bojājumus.

Kā jau vēsturiskajā apskatā minēts, vielas toksiskums ir saistīts galvenokārt ar šīs vielas daudzumu, kas nonācis dzīvajā organismā. Devu (daudzumu) uzrāda ar organismā ievadītās kaitīgās vielas masu ( $\mu\text{g}$ ,  $\text{mg}$  vai  $\text{g}$ ) attiecībā pret šī organisma masu ( $\text{kg}$ ) vai pret tilpumu ( $\text{m}^3$  vai  $\text{l}$ ), ja ir runa par gaisu vai ūdens piesārņojumu.

**Minimālā iedarbojošās jeb sliedīgās deva** ( $\text{Lim}_{\text{ac}}$  un  $\text{Lim}_{\text{ch}}$ ) ir vismazākais indīgās vielas daudzums, kurš, iedarbojoties vienreiz (akūti) vai daudzkārt (hroniski), izraisa izteiktas, bet atgriezeniskas izmaiņas dzīvā organisma funkcionēšanas spējās.

**Minimālā toksiskā deva** (TD) ir indīgās vielas daudzums, kurš izraisa izteiktu saindēšanos ar raksturīgu patoloģisku izmaiņu kompleksu organismā, bet bez smagām sekām. Šī deva ir daudzkārt lielāka par Lim. Jo toksiskāka ir kāda viela, jo šie divi lielumi Lim un TD ir tuvāki.

**Vidējā letālā deva** ( $\text{LD}_{50}$ ) ir tā deva, kuras ievadīšana izraisa puses (50%) izmēģinājumā izmantoto dzīvnieku nāvi. Dažu ķīmisku vielu letālās devas pelēm ir dotas 1.tabulā.

1.tabula

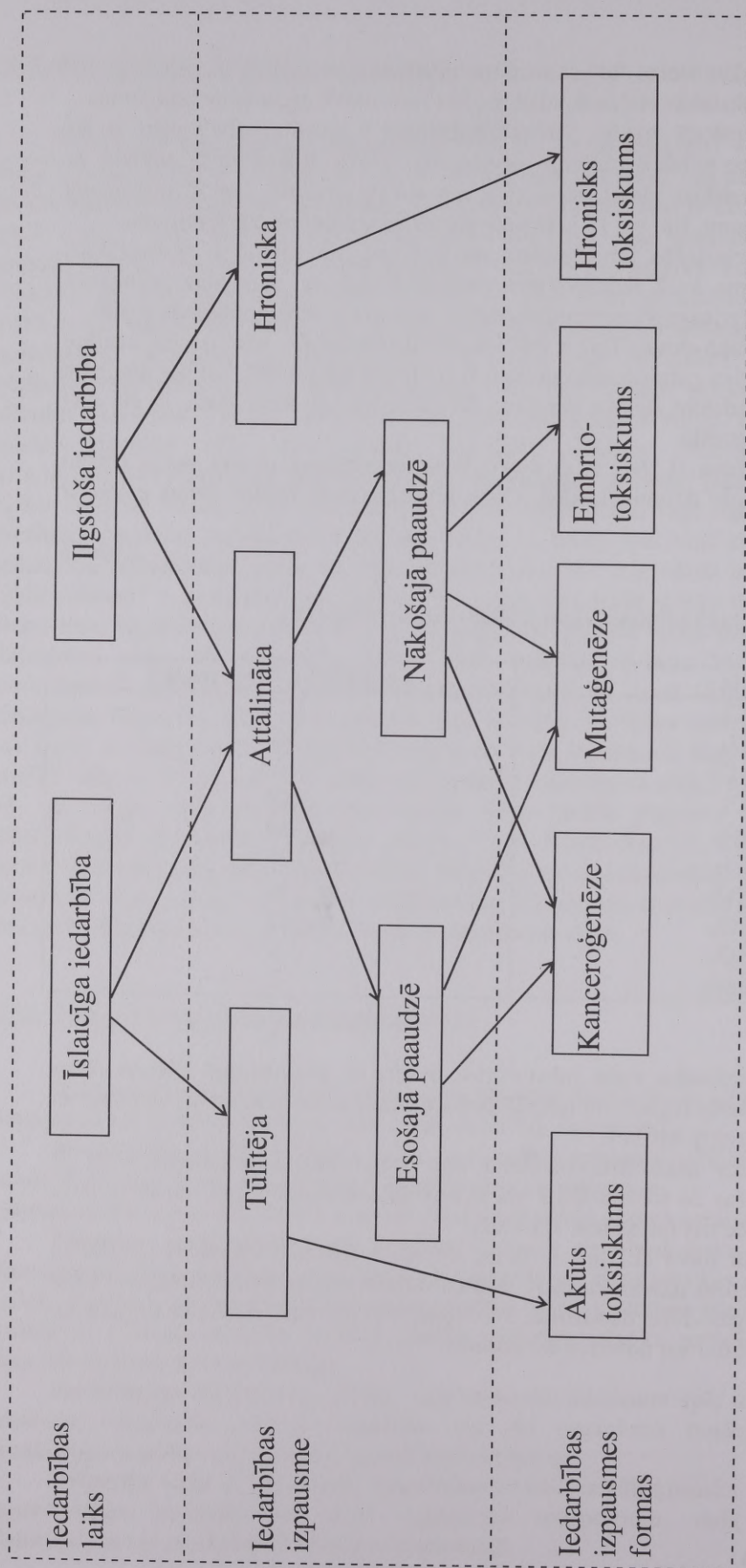
Dažu ķīmisku vielu letālās dozas pelēm [16]

Viela	Letālā doza $\text{LD}_{50}$ , $\text{mg/kg}$
NaCl	1024
SrCl <sub>2</sub>	503
NH <sub>4</sub> Cl	163
LiCl	99
FeSO <sub>4</sub>	39
BaCl <sub>2</sub>	36
AgNO <sub>3</sub>	14
ZnSO <sub>4</sub>	12
CuSO <sub>4</sub>	3
Nikotīns	7

Vēl nozīmīgi toksisko vielu raksturojoši lielumi ir **pieļaujamā dienas deva** (ADI – Acceptable Daily Intake) un **nedēļā pieļaujama toksiskās vielas daudzums** (TWI – Tolerable Weekly Intake).

Toksiskās vielas iedarbības rezultātā var notikt **akūta toksikoze** – tā ir iedarbība, kas izpaužas 24 stundu laikā vai **hroniska toksikoze** – tad toksisko vielu iedarbība izpaužas pēc trīs mēnešiem vai vēlāk.

**Absolūti letālā deva** ( $\text{LD}_{100}$ ) ir deva, kuras ievadīšana izraisa visu (100%) izmēģinājumā izmantoto dzīvnieku nāvi. **Maksimālais pieļaujama indīgās vielas saturs** (MPS) ir indīgās vielas daudzums, kura iedarbība diennakts laikā uz organismu nevar izsaukt saslimšanu vai novirzes no normas.



1.1 att. Toksisko vielu klasifikācija pēc to iedarbības laika uz bioloģiskiem objektiem un pēc to iedarbības izpausmes formas.

Toksisko vielu iedarbības sekas ir atkarīgas no šo vielu daudzuma un iedarbības ilguma. Toksiskās vielas atkarībā no to iedarbības rezultāta iedala: kancerogēnās, mutagēnās un teratogēnās toksiskās vielās. **Kancerogēnās vielas** ir ķīmiskas vielas, kuru iedarbības rezultātā veidojas un pastiprināti vairojas patoloģiskās vēža šūnas. **Mutagēnās vielas** ir ķīmiskas vielas, kuru iedarbības rezultātā rodas mutagēni efekti t.i.izmaiņas hromosomu attīstībā. No ķīmiskā viedokļa mutagēno vielu vai faktoru ietekmē izmainās gēnu struktūras DNS molekulā, kas pārnes raksturīgās pazīmes no vienas paaudzes uz otru. Mutagēni var būt arī fizikālas dabas faktori – temperatūra un jonizējošas dabas starojums. **Teratogēnās vielas** ir ķīmiskas vielas, kuru iedarbības rezultātā veidojas augļa (embrija) iedzimti defekti (1.1. attēls).

Jāatzīmē, ka dažas vidi piesārņojošas vielas tieši neiedarbojas uz dzīvajiem organismiem, bet transformē vidi un līdz ar to spēj ietekmēt ekosistēmu izdzīvošanu. Vistipiskākais šādas vielas piemērs ir ogļskābā gāze, kura dabiski atrodas atmosfērā (0,03%) un kuras klātbūtne ir nepieciešama augu fotosintēzes procesā. Tomēr cilvēka darbības izraisītais straujais CO<sub>2</sub> daudzuma pieaugums var izmainīt visas Zemes klimatu un tādējādi apdraudēt ekosistēmu eksistenci. Tādu ir arī biogēno elementu slāpekļa un fosfora savienojumi, kuri ir nekaitīgi un dzīvajiem organismiem vajadzīgi, taču, palielinātos daudzumos nokļūstot dabas ūdeņos, izraisa tādas izmaiņas, kuru rezultātā pilnībā izmainās konkrētās ūdenstilpnes biocenoze un tās funkcionēšanas apstākļi.

Vairākumā valstu pirms ieviešanas praksē tiek pārbaudīts to ķīmisko vielu, kuras paredzēts izmantot kā humānās vai veterinārmedicīnas zāles, kā pārtikas piedevas, pesticīdus, kosmētikas līdzekļus u.t.t., varbūtējais toksiskums. To dara epidemioloģiski (novērojot cilvēkus, dzīvniekus vai augus, kas pakļauti šo vielu iedarbībai), *in vivo* (lietojot šīs vielas dzīvniekiem vai augiem noteiktos apstākļos un novērojot tos), kā arī *in vitro* (pakļaujot šo vielu iedarbībai vienšūnu organismus vai atsevišķas šūnas).

Tekstā ir dotas tabulas, kurās uzrādīts maksimāli pieļaujama smago metālu, nitrātu, dioksīnu un mikotoksīnu saturs pārtikas produktos, kurus nosaka Eiropas Savienības attiecīgās Regulas.

## 2. Toksisko vielu iedarbība uz pārtikas produktu galvenajām sastāvdaļām

Vispirms barības vielas, kas satur lielmolekulāras sastāvdaļas, nonāk kuņģa-zarnu traktā, kur tiek sagremotas. Tā rezultātā rodas vielas, kuras tiek transportētas caur zarnu sienīņām un nonāk asinīs. Ar asinīm šīs vielas tālāk nonāk audos, kur tiek iesaistītas dažādās fizioloģiskās un metaboliskās reakcijās.

**Ūdens** ir galvenais savienojums, ar kuras palīdzību tiek nodrošināti mehānismi uzturvielu nonākšanai audos un orgānos un atkritumvielu izvadīšanai no organisma. 60 – 70% cilvēka ķermeņa sastāda ūdens. Ūdens galvenā funkcija ir termoregulācija. No toksikoloģijas viedokļa ūdens ir svarīga organisma sastāvdaļa hidrofilo toksisko vielu izvadīšanā. Galvenās vielu grupas, kuras piedalās bioķīmiskos procesos ir olbaltumvielas (proteīni), ogļhidrāti, tauki (lipīdi) un nukleīnskābes, bet reakcijas katalizē enzīmi (fermenti).

**Olbaltumvielas** galvenokārt ir „būvmateriāls” dzīvnieku organismiem, taču tās atrodas arī augos. Tās sastāv no 20 aminoskābēm. Olbaltumvielas ir arī enerģijas piegādātājs organismiem. Olbaltumvielām piemīt pirmējā (primārā), otrējā (sekundārā), trešējā un ceturtnējā struktūras. Tām ir telpiska uzbūve. Olbaltumvielu pirmējā struktūra ir to veidojošo aminoskābju secība. Visas olbaltumvielu struktūras organizācijas pakāpes nosaka olbaltumvielu īpašības. Skābju un sārmu iedarbībā var notikt olbaltumvielu denaturācija –

telpiskā struktūra tiek izjaukta. Šāda tipa denaturācija bieži ir atgriezeniska. Neatgriezenisku denaturāciju var izraisīt noteiktu organisku šķīdinātāju (etilspirts), urīnvielas un guanidīna šķīdumu iedarbība, kā arī mazgāšanas līdzekļos ietilpstošās virsmas aktīvās vielas, piemēram, dodecilsulfāts. Spēcīgs denaturējošs faktors ir karsēšana virs 70°C. Denaturācija var izsaukt olbaltumvielu bioloģisko īpašību maiņu, jo zūd enzīmu un hormonu aktivitāte. Olbaltumvielas var tikt noārdītas arī baktēriju iedarbības rezultātā, tad rodas biogēnie amīni. Tos sastop bojātā gaļā un zivīs, kā arī mikrobiāli sagatavotos pārtikas produktos (skābēti kāposti, sieri, u.c.). Bez tam mikroorganismi izdala baktēriju toksīnus, kuriem bieži ir olbaltumvielu uzbūve.

Cita nozīmīga vielu grupa, kas atrodama pārtikas produktos ir ogļhidrāti. **Ogļhidrāti** galvenokārt ir augu valsts rezerves vielas, bet glikogēns ir uzskatāms par dzīvnieku rezerves ogļhidrātu. Augļos pārsvarā ir glikoze, fruktoze vai saharoze, graudaugos pārsvarā ir ciete, kura atrodama arī daudzos citos augos. Šie ogļhidrāti ir galvenie cilvēka enerģijas avoti. No toksikoloģijas viedokļa interese par ogļhidrātiem ir neliela.

**Lipīdi** ir savienojumu grupa, kuru vairākums šķīst organiskos šķīdinātājos (benzolā, hloroformā, ēterī). Tie sastopami gan augu, gan dzīvnieku valsts pārstāvju organismos. Lipīdi ir svarīgs dzīvo organismu enerģijas avots. Dzīvos organismos ir sastopami dažādi lipīdi - tauki un eļļas, vaski un steroīdi, piemēram, holesterols. Daudzu toksisku organisku vielu bīstamību nosaka galvenā lipīdu īpašība - hidrofobums. Tāpēc lipīdi un tos saturošie orgāni spēj uzkrāt līdzīgas hidrofobas molekulas un šajos orgānos var notikt lipīdos šķīstošo vielu koncentrēšanās. No toksikoloģijas viedokļa īpaša uzmanība tiek pievērsta taukskābēm - erukskābei un trans-nepiesātinātajām taukskābēm. Rapšu un sinepju eļļās erukskābes saturs var sasniegt pat 50% no kopējā taukskābju satura. Bet trans-nepiesātinātās taukskābes izraisa holesterola līmeņa pieaugumu, kā arī var izraisīt šūnu membrānu bojājumus.

**Nukleīnskābes** ir lielmolekulāri savienojumi, kas sastāv no organiskas heterocikliskas bāzes, fosforskābes atlikuma un ogļhidrāta ribozes un/vai dezoksiribozes. Heterociklisko bāzu atlikumu secība DNS struktūrā satur ģenētisko informāciju par dzīvā organisma uzbūvi. Šo secību „nolasot” (to veic īpaši enzīmi), tiek sintezētas organismam specifiskas olbaltumvielas. Organisko bāzu secības izmaiņas izsauc kroplības jaunajā organismā, vai rada struktūras, kuras nespēj funkcionēt. Vielas, kuras izraisa šādu efektu sauc par *mutagēniem*.

Enerģiju, kas nepieciešama organismā norītošo procesu nodrošināšanai, piegādā adenoziņa trifosfāts (ATF). ATF biosintēzes procesā (oksidatīvā fosforilēšanā) piedalās skābeklis, kura pārnēsātājs asinīs ir hemoglobīns, bet muskuļos mioglobīns. Tieši skābekļa piesaistīšanas traucējumi ir daudzu toksisku vielu darbības pamatā (CO, nitrīti).

**Enzīmi** ir bioloģiskie katalizatori, pēc uzbūves tie ir olbaltumvielas. Tie katalizē organismā notiekošās ķīmiskās reakcijas. Visi ķīmiskie procesi notiek enzīma aktīvajā centrā. Arī toksisko vielu iedarbība parasti notiek tieši šeit.

**Inhibitori** ir vielas, kas bremzē enzīmu darbību. Tādas toksiskas vielas ir, piemēram, smago metālu joni  $Hg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ . Šie joni saistās ar SH- (tiolu) grupām enzīmu molekulās un tās inhibē. Daudzu enzīmu aktīvo centru struktūrā ietilpst metāla jons. Šī metāla jona aizstāšana ar citu arī inhibē enzīma darbību. Piemēram,  $Cd^{2+}$  inhibē  $Zn^{2+}$  saturošus enzīmus: adenoziņtrifosfatāzi, amilāzi, alkoholdehidrogenāzi.  $As^{3+}$  un  $As^{5+}$  inhibē pirofosfātdehidrogenāzi,  $Pb^{2+}$  inhibē acetilholīnesterāzi. Cianīdi inhibē enzīmus, kas katalizē molekulārās elpošanas procesu, pirmām kārtām, dzelzs jonu saturošu enzīmu citohromoksidāzi.

Tāpat toksiskās vielas var iedarboties uz olbaltumvielām, mainot tajās aminoskābju secību, var kavēt enerģijas pārnēsi procesu (saistot skābekli), bet visbiežāk toksiskās vielas inhibē enzīmu darbību.

### 3. Toksisko vielu uzbūves un iedarbības kopsakarības

Jo lielākas ir vielu molekulas, jo lielāka ir šo vielu bioloģiskā aktivitāte. Piemēram, alkaloīdu rindā: efedrīns < akrihīns < atropīns vai glikozīdu rindā: amigdalīns < strofantīns < periplocīns, palielinoties molekulmasai, palielinās šo vielu bioloģiskā iedarbība. Tas sakrīt ar 1869. gadā Ričardsona atklāto likumu, ka ogļūdeņražu narkotiskās īpašības un toksiskums pieaug, pieaugot to molekulmasai. Salīdzinot etilspirtu ar amilspirtu, molekulmasa pieaug divas reizes, toksiskums pieaug 20 reizes, etilspirtam ar oktilspirtu molekulmasa pieaug trīs reizes, toksiskums 1000 reizes. Šajos gadījumos molekulmasas palielināšanās notiek, pagarinoties ogļūdeņražu virknei. Ja spirta molekulmasu palielina palielinot OH- grupu skaitu, tas tieši pretēji - samazina šo spirtu toksisko (narkotisko) iedarbību. Daudzvārtīgiem spirtiem, piemēram, glicerīnam, narkotiskās īpašības vispār nepiemīt, lai gan etilēnglikola metabolīti ir toksiski. Pētījumi rāda, ka vienvārtīgiem spirtiem, pieaugot oglekļa atomu skaitam molekulā, pieaug to hemolītiskā iedarbība (sarkano asinsķermenīšu sabrukšana), bet, pagarinot ketonu, aldehīdu un organisko skābju oglekļa atomu virkni, pieaug to kairinošā iedarbība uz gļotādām un spēja izraisīt audu tūsku.

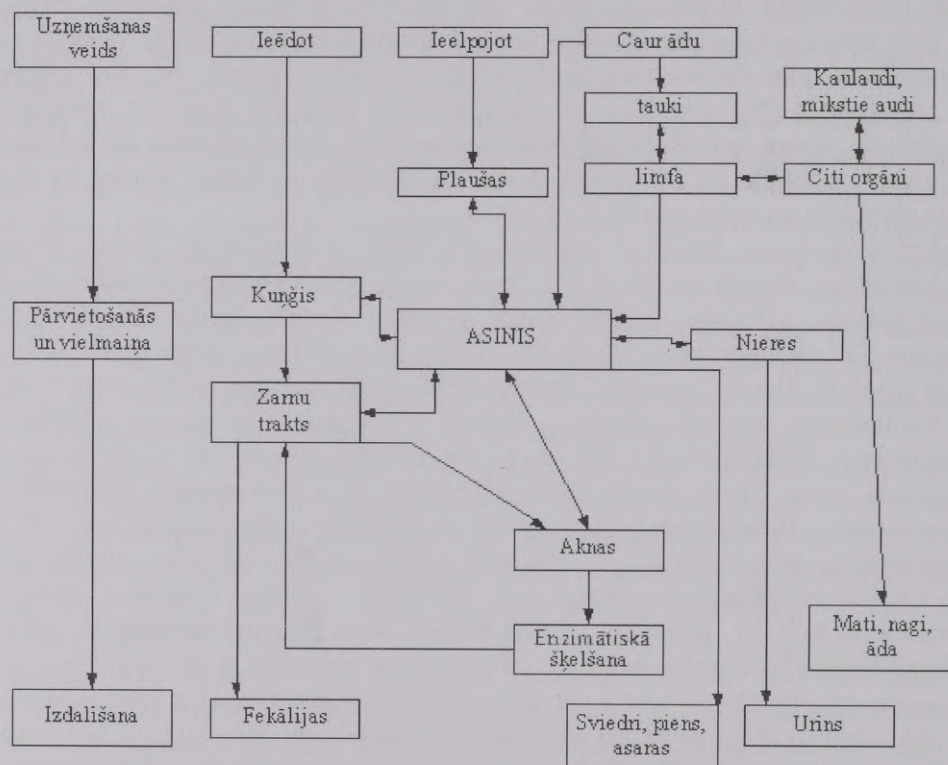
Būtiskas toksiskuma izmaiņas vairākos ķīmiskos savienojumos notiek, ievadot to molekulās halogēnus. Piemēram, hlora vai fluora atomi ogļūdeņražu molekulās palielina šo savienojumu ķīmisko aktivitāti, šķīdību ūdenī, to spēju oksidēt daudzas biomolekulas tās dehidrogenējot. Tad vienmēr palielinās šīs vielas toksiskums. Fluora atoma nomaiņa ar citiem atomiem ir pamatā fluora saturošu savienojumu detoksikācijai. Dažu farmakoloģisko preparātu ārstnieciskās īpašības palielina, ievadot to molekulās vienu vai vairākus fluora atomus. Piemēram, hidrokortizona pretiekaisuma darbība pieaug 20 – 40 reizes, ja tā molekulā ievada vienu fluora atomu (deksametazons). Ja hidrokortizona molekulā ievada divus fluora atomus (flumetazons), šī preparāta pretiekaisuma aktivitāte pieaug 150 – 300 reizes. Toksiskuma palielināšanās ir apgriezti proporcionāla halogēna atoma masai – vismazāko toksiskuma pieaugumu izraisa jods, vislielāko – fluors. Cikliskos savienojumos halogēni molekulā ir it kā „iemūrēti”, tāpēc ķīmiski inerti. Savienojumiem ar vaļēju ķēdi vienmēr piemīt lielāka bioloģiskā aktivitāte. Nozīme ir arī halogēnu atomu skaitam – jo vairāk halogēnu atomu, jo aktīvāks savienojums:  $\text{CH}_4$  (bioloģiski mazaktīvs) <  $\text{CHCl}_3$  (toksisks) <  $\text{CCl}_4$  (vēl toksiskāks). Nozīme ir arī halogēnu novietojumam molekulā: 1,1-dihloretānam  $\text{CH}_3\text{-CH-Cl}_2$  ir daudz mazāka narkotiska iedarbība nekā tā izomēram 1,2-dihloretānam  $\text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Cl}$ .

Ķīmisko savienojumu toksiskumu pastiprina arī nitrogrupu, īpaši tad, ja tās ir kopā ar fenolgrupām un smago metālu (Hg, Zn, Cu, Sn) esamība to molekulās. Šīs grupas literatūrā bieži sauc par *toksoforām grupām*. Ļoti svarīgi ir pārzināt ķīmisko savienojumu izomērus. Vienas vielas dažādiem izomēriem var būt dažāda toksiska iedarbība.

## 4. Toksisko vielu pārvērtības bioloģiskos organismos

Pēdējā laikā toksikoloģijā ir attīstījies jauns virziens – **toksikokinētika**. Tā ir mācība par toksiskās vielas pārvērtībām dzīvajā organismā: sākotnēji notiek uzņemtās toksiskās vielas adsorbcija, kam seko šīs vielas metabolisms, pēc kura daļa toksiskās vielas tiek izvadīta no organisma.

4.1.attēlā parādīts kā organismā notiek toksiskās vielas uzņemšana, izplatīšanās tajā un izdalīšanās no organisma.



4.1.att. Toksisko vielu maiņa cilvēka organismā.

Lai kāda viela izraisītu toksisku efektu, tai jānonāk organisma asinsritē. Ar asinīm šī viela nonāk tajos audos un orgānos, kuri ir jutīgi pret šo toksikantu. Ir divi galvenie toksisko vielu adsorbcijas ceļi – *perorālais* (uzņemšana caur muti) un *pulmonārais* (uzņemšana ieelpojot). Perorālais ceļš sastāv no kuņģa-zarnu trakta, vārtu vēnas, aknām un nierēm. Pārtikas toksikoloģijā tieši perorālais ir svarīgākais toksisko vielu uzņemšanas ceļš organismā. Pulmonārā ceļa sastāvdaļas ir plaušas un plaušu alveolas, no kurām toksiskās vielas nonāk asinīs. Daļa toksisko vielu tiek izdalītas. Atkarībā no šo vielu fizikāliskajām īpašībām izvadfunkciju nodrošina nieres un aknas. Hidrofilās vielas tiek izvadītas caur nierēm, lipofīlās vielas metabolizējas aknās un tiek izvadītas ar žulti. Šai sakarā nozīmīgs lielums ir toksiskās vielas **pusizdalīšanās periods**. Tas ir laika periods, kurā puse no toksiskās vielas sadalās organismā vai izdalās no tā.

Toksiskās vielas bioloģiskajās sistēmās sadalās četrās fāzēs:

- 1) toksiskās vielas adsorbcija;
- 2) toksiskās vielas izplatīšanās pa bioloģisko sistēmu;
- 3) toksiskās vielas metabolisms;
- 4) toksiskās vielas izvadīšana no organisma.

Vielas savu toksisko iedarbību veic, tām nonākot kontaktā ar bioloģisko sistēmu. Vielu adsorbcija vienmēr notiek caur šūnu membrānām, kas galvenokārt veidotas no fosfolipīdiem un kam piemīt selektīva caurlaidība. Lai viela varētu difundēt caur membrānām, tai jāpiemīt noteiktām fizikāli-ķīmiskām īpašībām: svarīgs ir molekulas izmērs, šķīdība taukos, polaritāte, līdzība organisma iekšējā vidē esošajām molekulām. Svešo molekulu adsorbcija notiek caur ādu, plaušām un kuņģa-zarnu traktu.

Ādai ir ļoti liela virsma un tās struktūra kavē toksisko vielu adsorbciju. Caur ādu galvenokārt adsorbējas taukos šķīstošie savienojumi, piemēram, dažādi šķīdinātāji. Parasti adsorbcija caur ādu ir lēna.

Arī plaušu virsmas laukums ir liels ( $\sim 50-100 \text{ m}^2$ ), tās ir labi apgādātas ar asinīm un barjera starp gaisu alveolās un asins plūsmu ir tikai aptuveni divu šūnu membrānu biezā. Gāzes, šķīdinātāju tvaiki vai aerosoli caur plaušām adsorbējas ātri un efektīvi. To, vai toksiskās vielas daļiņas šādā ceļā tiks adsorbētas, nosaka šo daļiņu izmēri, piemēram, svina daļiņas, kuru diametrs ir  $0,25 \mu\text{m}$ , tiek adsorbētas, bet urāna dioksīda daļiņas ar diametru lielāku par  $3 \mu\text{m}$  netiek adsorbētas.

Kuņģa-zarnu trakts ir ļoti nozīmīgs toksisko vielu adsorbcijas procesā, jo caur muti mēs uzņemam gan pārtiku kopā ar to piesārņojošām vielām, gan arī medikamentus. Caur muti uzņemtās vielas vispirms nonāk mutes dobumā, kurā pH cilvēkiem ir vidēji ap 7 (citām dzīvām būtnēm šis pH ir atšķirīgs, piemēram, žurkām tas ir lielāks par 7). Tālāk šīs vielas nonāk kuņģī, kurā pH (cilvēkiem un zīdītājiem dzīvniekiem) ir tuvu 2. Pēc kāda laika barība nonāk tievajā zarnā, kurā pH ir ap 6. Tievās zarnas ir labi apasiņotas un tām ir liels virsmas laukums. Tātad uzņemtās vielas kuņģa-zarnu traktā nonāk vidēs ar atšķirīgu pH: vispirms  $\text{pH}=7$ , tad  $\text{pH}=2$  un pēc tam  $\text{pH}=6$ . Tādēļ uzņemtās vielas atkarībā no to fizikāli-ķīmiskām īpašībām tiek adsorbētas dažādās šī trakta daļās. Ir izpētīts, ka vājas skābes, piemēram, benzoskābe, adsorbējas kuņģī, bet vājas bāzes, piemēram, anilīns, adsorbējas tievajā zarnā. Taukos šķīstošie, nejonizētie savienojumi var tikt adsorbēti visā trakta garumā. Adsorbcijas vietai ir nozīme iespējamam vielas toksiskumam. Toksiskās vielas var tikt pat inaktivētas. Piemēram, kuņģa skābe var hidrolizēt tur nonākušo toksisko vielu, vai kuņģa-zarnu trakta baktēriju vai zarnu sienīnās esošo enzīmu ietekmē toksiskā viela var kļūt nekaitīga. Arī tas, vai kuņģī iepriekš jau ir nonākusi pārtika un šīs pārtikas tips, var mainīt toksiskās vielas adsorbciju. Ar proteīniem un taukiem bagāta pārtika kavē adsorbciju, bet karbonizēti dzērieni pastiprina šo adsorbciju zarnās, jo, rodoties  $\text{CO}_2$ , pieaug kuņģa iztukšošanās laiks.

Pēc toksiskās vielas adsorbcijas, tā nonāk asiņu plūsmā un ar asiņu vai limfas palīdzību nonāk audos – tieši kuros, tas atkarīgs no toksiskās vielas fizikāli-ķīmiskām īpašībām. Visos audos nonāk taukos šķīstošās toksiskās vielas. Asins plazmā un audos toksiskās vielas var saistīties ar plazmas proteīniem vai audos esošiem lielmolekulāriem proteīniem.

Atrodoties dzīvajā organismā, notiek toksiskās vielas metabolizēšanās. Ja pārveidojumu rezultātā ir palielinājusies šīs vielas polaritāte un šķīdība ūdenī, toksiskā viela var kļūt mazāk toksiska un vieglāk tiek izvadīta no organisma. Diemžēl, ir arī pretēji piemēri, kad toksiskā viela pārveidojumu rezultātā kļūst vēl toksiskāka. Šo organismam svešo vielu metabolismu vienkāršoti var sadalīt divās fāzēs. Pirmajā fāzē oksidēšanas, reducēšanas vai hidrolīzes reakciju rezultātā toksiskās vielas molekulā tiek ievadītas jaunas funkcionālas grupas. Otrajā fāzē konjugēšanas reakciju rezultātā molekulai papildus tiek pievienotas polāras grupas. No šīs fāzes reakcijām vissvarīgākā ir glikuronskābes pievienošana. Glikuronskābe ir polāra, ūdenī šķīstoša ogļūdeņražu molekula, kura var reaģēt ar hidroksil-, karboksil-, aminogrupām un tioliem. Var notikt arī glutaciona pievienošana, kā arī toksiskās vielas sulfurēšana, acetilēšana vai metilēšana. Svešo vielu metabolismu ietekmē daudzi ķīmiski un bioloģiski faktori. Piemēram, cilvēka un dzīvnieku organismos notiekošie metaboliskie procesi ir atšķirīgi. Tas jāņem vērā pārbaudot zāļu un citu vielu iedarbību uz dzīvniekiem un rezultātus attiecinot uz cilvēkiem. Metabolisma atšķirības ir novērotas arī dažādu dzīvnieku mātītēm un

tēviņiem. Ir novērots, ka dažu dzīvnieku sugu tēviņiem metabolisms, kā arī dažu toksisku vielu izvadīšana notiek ātrāk nekā šo sugu mātītēm.

Toksiskās vielas izvadīšana no organisma ir ļoti svarīgs vielas toksiskuma rādītājs. Jo ātrāk un vieglāk šī viela izdalās no organisma, jo mazāku kaitējumu tā nodara organismam. Ir četri toksisko vielu izvadīšanas ceļi: caur nierēm nonākot urīnā, izdalīšana ar žulti, izdalīšana caur kuņģa-zarnu traktu ar fekālijām, izdalīšana ar izelpojamo gaisu, sviedriem, pienu.

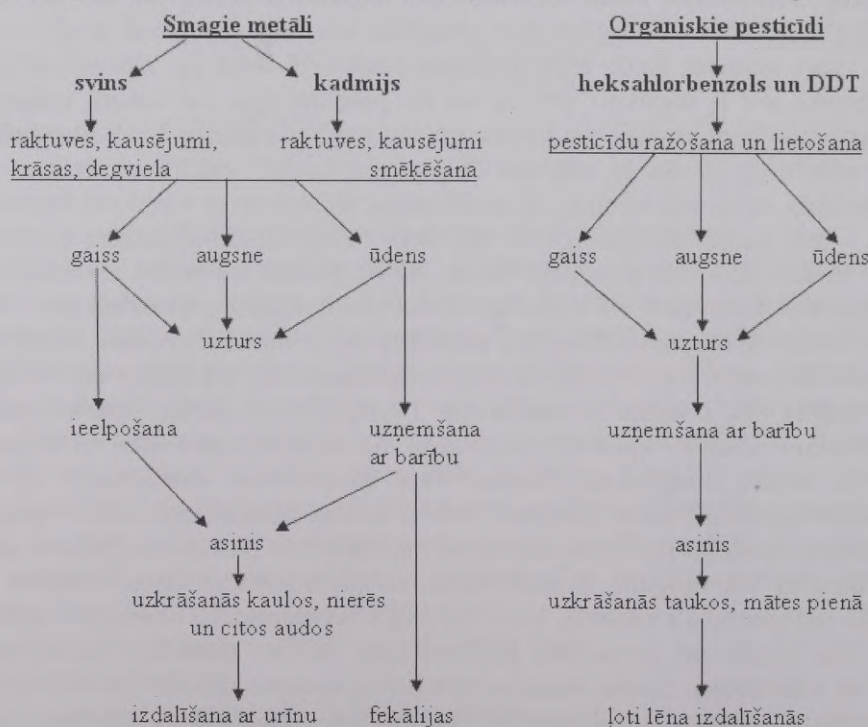
**Nieres** ir primārais izvadorgāns - tās izdala visu hidrofilo toksikantu metabolītus. Nieres filtrē lielu daļu toksisko vielu, bet no asins plūsmas urīnā var nonākt tikai relatīvi nelielas, ūdenī šķīstošas molekulas. Lielākas molekulas, piemēram, proteīni, nevar iziet caur nieru atverītēm - glomerām un taukos šķīstošās molekulas tiek readsorbētas nieru kanāliņos.

**Aknu-žults** ceļš ir otrais svarīgākais toksisko vielu izvadceļš. Lielām, polārām molekulām ļoti svarīgs ceļš ir izdalīšanās ar žulti. Tad šīs vielas tiek izvadītas ar fekālijām. Aknās nonāk toksiskās vielas ar vārtu vēnas asinīm, kuras, savukārt, tur nonāk no kuņģa-zarnu trakta. Tikai pēc tam tās nonāk galvenajā asinsrites sistēmā. Aknās norit galvenie lipofilo toksisko vielu pārvērtību procesi. Toksiskās vielas aknās tiek metabolizētas un konjugētas.

**Plaušas** ir nozīmīgs orgāns gaistošo savienojumu un toksisko vielu gāzveida metabolītu izvadīšanai. Piemēram, 50-60% no uzņemtā benzola izdalās ar izelpoto gaisu. Caur plaušām izdalās arī etanols, anestezējošās gāzes, pesticīdi - fumiganti, gaistošie organiskie šķīdinātāji.

Visvairāk svešo vielu toksiskai iedarbībai ir pakļautas aknas. To nosaka aknu vieta asinsrites sistēmā (aknas no sirds saņem 25% asiņu), to struktūra un funkcijas. Līdzīgi tas attiecas arī uz nierēm, kurām piemīt relatīvi liela metaboliskā aktivitāte, caur tām iziet liela daļa asins plūsmas, kā arī tās ir svarīgs izvadorgāns. Arī plaušām piemīt relatīvi liela metaboliskā aktivitāte un caur tām iziet samērā liela asins plūsma. Tātad tieši šie orgāni parasti visvairāk cieš no toksisko vielu iedarbības uz organismu.

Toksisko vielu (smago metālu un pesticīdu) izplatīšanās veidi apkārtējā vidē, nonākšana bioloģiskajos organismos un izdalīšanās no tiem parādīta 4.2.attēlā redzamajā shēmā.



4.2. att. Ķīmisko vielu nokļūšana cilvēka organismā (pēc UNEP/WHO, 1992. g. datiem).

## 5. Toksisko vielu iedarbība uz dažādiem orgāniem

1. Toksisko vielu iedarbība uz centrālo nervu sistēmu. Smadzeņu apvalki ir mazāk caurlaidīgi nekā citas organisma šūnas, tomēr tie pilnīgi nepasargā centrālo nervu sistēmu no toksisko vielu iedarbības. Galvenie neirotoksikanti ir vielas, kas izraisa skābekļa trūkumu: barbiturāti, tvana gāze, cianīdi, azīdi, svins, tallijs, telūrs, trietilalva, botulīna toksīns, heksahlorofēns, akrilamīds, sērogleklis, fosfora organiskie savienojumi, hlora organiskie pesticīdi.

2. Toksisko vielu iedarbība uz plaušām. Plaušas adsorbē un izdala gaistošas toksiskas vielas. Šis toksicitātes veids nav saistīts ar pārtikas toksikoloģiju.

3. Toksisko vielu iedarbība uz aknām. Toksiskās vielas, kuras ir nonākušas kuņģa-zarnu traktā, caur aknu vārtu vēnu nonāk aknās. Tieši aknas ir visvairāk pakļautas toksisko vielu iedarbībai. To nosaka aknu struktūra un funkcijas. Aknās ir liels metabolizējošo enzīmu saturs.

4. Toksisko vielu iedarbība uz nierēm. Nieres ir orgāns, uz kuru toksiskās vielas iedarbojas visvairāk, jo caur tām iet liela asiņu plūsma (400 ml/min.) un tās spēj koncentrēt vielas. Nierēm piemīt relatīvi liela metaboliskā aktivitāte. Tādi toksikanti kā tetrahlorogleklis un sēņu indes bojā gan nieres, gan aknas.

5. Toksisko vielu iedarbība uz asinsrades orgāniem. Šis toksicitātes veids izpaužas kā anēmija, methemoglobīnēmija, leikēmija, u.c.

6. Toksisko vielu iedarbība uz kaulaudiem. Daudzi metāli var koncentrēties kaulos, no kuriem vairāki var aizvietot kaulos kalciju, piemēram, Sr, Ba, Ra, Pb, V, Co.

7. Toksisko vielu iedarbība uz reproduktīvo sistēmu. Šī sistēma ir jutīga pret daudziem toksikantiem, piemēram, As, Pb, Li, Hg, Ni, Se, hlora organiskiem, fosfora organiskiem un karbamātu insekticīdiem, pret herbicīdiem – *diquat*, *paraquat*, pret fungicīdiem – *captan*, ditiokarbamāts, kā arī pret aflatoksinēm un pārtikas piedevām – *ciklamātu* un *mononātrija glutamātu*.

8. Toksisko vielu iedarbība uz imūnsistēmu. Šo sistēmu visvairāk apdraud pārtikas produktos atrodamie smagie metāli un antibiotikas.

## 6. Toksiskās vielas pārtikas produktos

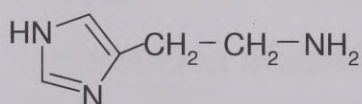
Pārtikas produktos bez pamatkomponentiem – olbaltumvielām, taukiem, ogļhidrātiem, minerālvielām un vitamīniem var atrasties liels daudzums vielu, kurām nav labvēlīga fizioloģiska iedarbība, vai arī tās organismam ir kaitīgas. Tās ir toksiskās vielas un piesārņojumi, kas nokļuvuši pārtikā no apkārtējās vides, no lopbarības, kā arī veidojušies, pārkāpjot pārtikas izejvielu audzēšanas, pārstrādes tehnoloģijas un uzglabāšanas noteikumus. Šīs grupas vielām var būt kancerogēnas, mutagēnas, teratogēnas, alergēnas u.c. toksiskas īpašības. Bez pamatsastāvdaļām pārtikas produktos arvien biežāk var būt arī pārtikas piedevas, ko speciāli pievieno pārtikas produktiem, lai uzlabotu to īpašības, kā arī pārstrādes un uzglabāšanas apstākļus. Šīs piedevas, kā likums, ir relatīvi nekaitīgas vielas un to daudzums produktos tiek stingri reglamentēts. Potenciāla bīstamība pārtikas produktos ir šādām vielu grupām:

1. Dabīgie piesārņojumi – biogēnie amīni, alkaloīdi, kumarīni, furanokumarīni.
2. Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži, tai skaitā dioksīni.
3. N-nitrozosavienojumi.
4. Mikotoksīni un aflatoksinīni.
5. Veterinārmedicīnā izmantojamie ārstnieciskie līdzekļi.
6. Pesticīdi.
7. Neorganiskie piesārņojumi - smagie metāli, nitrāti un nitrīti.

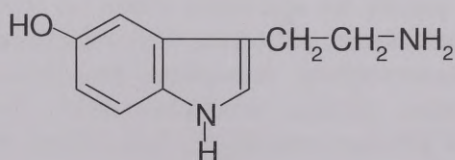
## 6.1. Dabīgās toksiskās vielas pārtikas produktu izejvielās

Parasti dabīgo toksisko vielu saturs pārtikas produktos ir neliels un tos nevar uzskatīt par kaitīgiem. Taču nelabvēlīgos audzēšanas, ražas novākšanas, uzglabāšanas un tehnoloģiskās pārstrādes apstākļos to saturs var ievērojami palielināties un jūtami nevēlami ietekmēt cilvēka organismu.

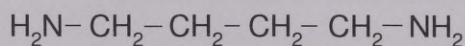
**Biogēnie amīni.** Biogēnie amīni ir dabiskas izcelsmes bioloģiski aktīvi amīni. Dzīvniekos, augos un mikroorganismos tie var veidoties metabolisma rezultātā – baktērijām iedarbojoties uz proteīniem (olbaltumvielām). Aminokābēm dekarboksilējoties, rodas atbilstošie amīni, kuri savas fizioloģiskās iedarbības dēļ sauc par biogēnajiem amīniem. Visbiežāk tos sastop bojātās zivīs (visvairāk skumbrijās un tunčos) un gaļā. Parasti tos noārda zarnu florā sastopamās monoamino oksidāzes. Ja daļa šo amīnu netiek noārdīta, tie izraisa ļoti negatīvu fizioloģisku iedarbību, piemēram, histamīns izraisa kapilāru caurlaidības palielināšanos, kas izpaužas kā „nātru drudzis” un asinsspiediena pazemināšanās. Noteiktos apstākļos *histamīns*, *tiramīns*, *serotonīns*, kā arī daži poliamīni var uzkrāties pārtikas produktos diezgan lielās koncentrācijās. Sevišķi augsta bioloģiska aktivitāte ir **serotonīnam**. Tas iedarbojas uz centrālo nervu sistēmu, sašaurina asinsvadus u.c. Noteikts serotonīna saturs pozitīvi iedarbojas uz centrālo nervu sistēmu – tiek paaugstināta cilvēka pašapziņa, uzlabojas garastāvoklis. Serotonīns ir neiromediators. Tas var darboties kā antidepresants. Serotonīns tiek saukts arī par „laimes hormonu”. Serotonīns atrodams pākšaugos, riekstos, putnu gaļā un olās, bet īpaši daudz tā ir banānos. Arī šokolāde satur serotonīnu vai, precīzāk sakot, tā priekšteci triptofānu. **Histamīns** normāli atrodas gan gaļā, gan zivīs, bet, šiem produktiem bojājoties, tā daudzums ievērojami pieaug. Attiecība starp histamīna un di- un poliamīnu saturu ļauj spriest par gaļas un zivju produktu svaigumu. Mazāk nozīmīga iedarbība ir poliamīniem: diamīnam - **putrescīnam**, triamīnam – *spermidīnam*, tetramīnam - *spermīnam*, bet arī to uzkrāšanās pārtikas produktos nav vēlama. Biogēnie amīni ir sastopami arī mikrobiāli sagatavotos pārtikas produktos, piemēram, skābos kāpostos, Čedaras, Rokfora un Brie tipa sieros, kā arī sarkanvīnā.



histamīns

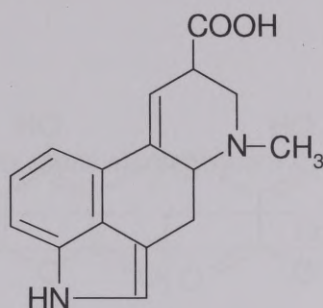


serotonīns



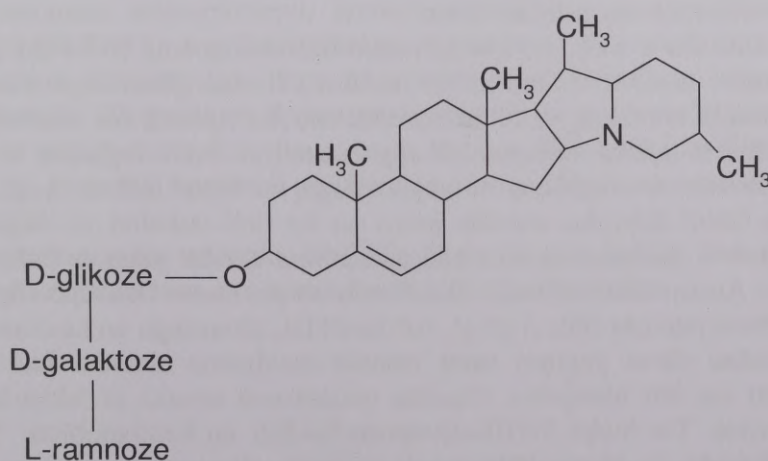
putrescīns

**Alkaloīdi.** Augu valsts produktos, galvenokārt graudos un miltos, kas iegūti no šiem graudiem, dažreiz tiek konstatētas sēnītes. Piemēram, tā sauktie *melnie graudi* jeb *vilka zobi* rodas, ja uz labību, visbiežāk rudziem, iedarbojušās *Claviceps* ģints sēnītes, kas producē virkni alkaloīdu – **lizergīnskābes** atvasinājumus. Šie savienojumi ir ļoti toksiski un tos var pieskaitīt arī pie mikotoksīniem. Lizergīnskābes dietilamīds ir pazīstams kā halucinogēnās apreibināšanās līdzeklis LSD. Senos laikos melnos graudus, pateicoties to spējai izraisīt dzemdības, izmantoja tautas medicīnā. Melnos graudus saturošas labības izmantošana maizes cepšanā diezgan bieži izsaukusi masveida saslimšanas un pat nāves gadījumus.



D-lizergīnskābe

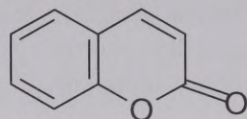
Daži kultūraugi satur glikozīdiski saistītus alkaloīdus. Viens no svarīgākajiem šīs grupas pārstāvjiem ir **solanīns**, kurš atrodams kartupeļu bumbuļos un asnos. Solanīnu pirmo reizi atklāja 1826. gadā. Tas ir stereoīdu alkaloīds, kurš glikozīdiski saistīts ar trisaharīdu. Parasti šī savienojuma saturs kartupeļos nav liels – 0,002 – 0,01%. Tāds solanīna daudzums ir nekaitīgs, bet, neievērojot kartupeļu audzēšanas un uzglabāšanas noteikumus, tā saturs ievērojami pieaug. Zaļajos kartupeļu augļos vai gaismā apzaļojušos kartupeļu bumbuļos, kā arī kartupeļu asnos solanīna saturs var sasniegt 0,05% un pat 0,6%. Šādu kartupeļu lietošana var izsaukt kuņģa darbības traucējumus, dedzināšanu kaklā, vemšanu un hemolīzi (eritrocītu sairšanu). Vārot, solanīns pāriet ūdenī, bet nenoārdās. Tomēr saindēšanās ar solanīnu ir samērā reta, jo solanīns vāji absorbējas kuņģa-zarnu traktā. Zarnās tas hidrolizējas par mazāk toksisko solanidīnu un viegli tiek izvadīts ar urīnu un fēcēm. Letālā doza ir 400mg solanīna. Līdzīga uzbūve ir tomatidīnam, kas glikozīdiski saistītā veidā ir sastopams tomātos.



solanīns

### Kumarīni un furanokumarīni.

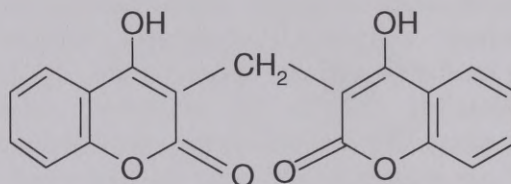
Daudzos augu valsts produktos, sevišķi augļos un saknēs, kā arī eļļās, vīnos un augļu sulās ir dažādi kumarīni un furanokumarīni, no kuriem daudzi ir toksiski, piemēram, kumarīnu hidroksilatvasinājumi (*dikumarols*, *umbeliferons*, u.c.).



kumarīns

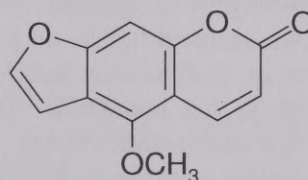


furāns



dikumarols

Vēl toksiskāki ir furanokumarīni – *bergaptēns*, *ksantotoksīns*, u.c. Furanokumarīnus satur selerijas, pētersīļi un pastinaki. Ražas novācējiem un šo dārzeņu tirgotājiem šie savienojumi var izsaukt gaismas inducētus dermatītus, ko sauc arī par „seleriju kašķi”. Arī lieli latvāņi satur furanokumarīnus. Saule gaismas iedarbībā uz ādas no tiem rodas dziļas, ilgstoši nedzīstošas čūlas. Sevišķi bīstami ir tas, ka furanokumarīniem piemīt mutagēna iedarbība.

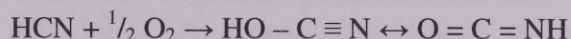


bergaptēns

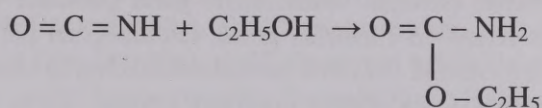
Augos var būt arī citas toksiskas vielas:

1. **HCN** – zilskābe ir viena no spēcīgākajām indēm. Jau 1mg HCN/1kg ķermeņa masas cilvēkam var izraisīt nāvi. Ir zināmi vairāk nekā 1000 cianogēnu augu, kuri metabolisma procesā veido zilskābi un uzkrāj to kā glikozīdiski saistītu ciānhidrīnu. Vislielākais dabiskais cianīdu koncentrāts ir Āfrikā sastopamais augs *Cassava*. Šajos reģionos to plaši izmanto pārtikā. Lai atbrīvotos no cianīdiem, šo augu mazgā un mērcē ūdenī. Augā esošie enzīmi pārvērš cianīdus ūdenī šķīstošos cianīda jonos un tie tiek izskaloti no auga. Sevišķi liels zilskābes daudzums ir atrodams nenobriedušu bambusa atvašu galotnēs (līdz 8 g/kg), kurus pārtikā plaši lieto Austrumāzijā. Daudz zilskābes ir arī pie mums lietotajās rūgtajās mandelēs (2,5 g/kg) un mēness pupiņās (līdz 3 g/kg). Arī linsēklas, citrusaugu un kauliņaugu kauliņi un kodoli, kā arī mūsu dārza pupiņas satur zināmu daudzumu cianīdu. Jau 5 – 10 rūgtās mandeles bērnam var būt nāvējošas. Cianīdu toksiskumu nosaka tā iekļaušanās elpošanas ķēdes mitohondrijos. Tie bloķē Fe(III)-citolhromoksidāzi un hemoglobīnu. Tiek pārtraukta bioloģiskā oksidēšanās, un tā rezultātā strauji iet bojā galvas smadzeņu šūnas. Kauliņaugu

degvīnos pēc kauliņu samalšanas amigdalīna šķelšanās reakcijā radusies zilskābe oksidējas par ciānskābi:



Radusies ciānskābe, reaģējot ar etanolu, veido etilkarbamātu, kas ir kancerogēna viela.



6.1.tabula

Etilkarbamāta saturs alkoholiskajos dzērienos [ 16 ]

Dzēriens	Etilkarbamāta saturs (mg/l)
ķiršu degvīns	0.2 – 5.5
plūmju degvīns	0.1 – 7.0
mirabeļu degvīns	0.2 – 2.3
liķieris	līdz 0.16
sarkanvīns	līdz 0.05

2. **Lektīnus** (fitohemaglutonātus) atrod dārza pupiņās. Šie savienojumi piesaistās polisaharīdiem zarnu šūnu membrānās un asinīs var izraisīt eritrocītu salipšanu cilvēku un dzīvnieku asinīs. Pupas karsējot, šo kaitīgo vielu iedarbība zūd.

3. **Agaritīnus** – savienojumus ar hidrazīna atvasinājuma struktūru atrod šampinjonos. Šie savienojumi var izraisīt kuņģa-zarnu trakta darbības traucējumus, kā arī plaušu un nieru bojājumus. Agaritīns ir kancerogēns, karsējot tas sadalās.

4. **Oksalātus** ievērojamos daudzumos satur spināti, selerijas, sarkanās bietes un rabarberi. Ērkšķogās sastopama **glioksālskābe**, kas organismā metabolizējas par skābeņskābi. Šo dārzeņu un ogu lietošana var būt kaitīga cilvēkiem, kuru organismos veidojas kalcija oksalāta nierakmeņi.

5. **Grajanotoksīns** ir toksiska viela, kas atrodas rododendru un acāliju ziedos. Šo toksisko vielu bites savāc kopā ar nektāru un tas nonāk medū. Grajatoksīns darbojas līdzīgi atopīnam – pazemina asinsspiedienu, izraisa sirds darbības pastiprināšanos, var izraisīt paralīzi. Viduseiropā, kur šie augi brīvā dabā nav izplatīti un bites medu no tiem nevāc, šādas saindēšanās nedraud. Turpretī Turcijā jau ir reģistrētas saindēšanās ar „Pontijas medu”. No vēstures ir zināms, ka 67. gadā p.m.ē. romiešu konsula Pompeja karavīri pēc Pontijas medus lietošanas nebija spējīgi cīnīties un tika sakauti. Bet jau 401. gadā p.m.ē. grieķu Ksenofona armija pie Melnās jūras bija apreibusī pēc Pontijas medus ēšanas un ne tikai nespēja cīnīties, bet pat maršēt tālāk.

6. **Izotiocinātus** satur mārrutki. Nelielās devās tie nav kaitīgi, bet, piemēram, cūkai apēdot pus kilogramu mārrutki, trīs stundu laikā cūka tiks nogalināta.

## 6.2. Kancerogēnās un ļoti toksiskās vielas

### 6.2.1. Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži

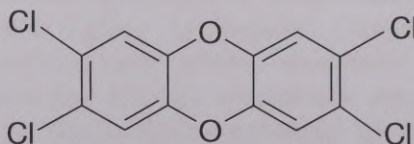
Ir zināms, ka **benzols** ir indīgs. Lielāka benzola daudzuma ieelpošana var izraisīt nāvi, bet ilgstoša neliela benzola daudzuma iedarbība var izraisīt kaulu smadzeņu bojājumus. Tam ir arī kancerogēna iedarbība. Latvijas vides 2001. gada pārskatā minēts, ka visaugstākais benzola saturs ir novērots Rīgas un Jūrmalas gaisā. Diemžēl, arī pārtika mēdz būt piesārņota ar benzolu. 1998. gadā Lielbritānijā veikalos no tirdzniecības tika izņemtas vairāk nekā 2 milj. atspirdzinošo dzērienu (Coca Cola, Pepsi un 7up) kārbas, kurās bija konstatēts nedaudz palielināts pieļaujamais benzola saturs. Šī kancerogēnā toksiskā viela dzērienos bija nokļuvusi CO<sub>2</sub> gāzes sastāvā, ar ko pildītas dzirkstošo dzērienu kārbas.



benzpirēns

No policikliskajiem aromātiskajiem ogļūdeņražiem vispazīstamākais ir **benzpirēns**. Šie ogļūdeņraži rodas pārtikas produktu izejvielu pārstrādes laikā, īpaši produktus kūpinot, žāvējot vai cepot. Arī dārzeņos var atrast šīs toksiskās vielas. Dārzeņos tās nokļūst no gaisa, ja šie dārzeņi aug tuvu rūpnieciskiem rajoniem vai autoceļu tuvumā, kā arī no augsnes un ūdens. Ir dati, ka Eiropas iedzīvotāji dienā vidēji uzņem aptuveni 3 mg benzpirēna. Vislielākais benzpirēna saturs konstatēts žāvētos produktos. Žāvējot zivis, benzpirēns rodas zivju ādā, bet šīs zivis uzglabājot, taukos šķīstošais benzpirēns pamazām difundē dziļākajos zivju audos. 2006. gada nogalē īpaši aktuāls bija jautājums par benzpirēna pārlietu lielo saturu Latvijā ražotajās šprotēs. Tiek uzskatīts, ka, žāvējot pārtikas produktus, nav iespējams iztikt bez to klātbūtnes – jebkurā žāvētā zivī vai gaļā ar labu garšu un smaržu būs vismaz 1 µg benzpirēna. Daudziem eļļā gatavotiem produktiem benzpirēna saturs arī ir 1 µg. Latvijā ražotajās šprotēs ar tām raksturīgo izskatu, smaržu un garšu, ir apmēram 10 µg benzpirēna uz 1 kg zivju. Pēc Krievijā esošajām normām benzpirēna saturs nedrīkst pārsniegt 1 µg/kg. Jāatzīmē, ka ES pieļaujamā norma šim savienojumam ir 5 µg/kg.

Šajā savienojumu grupā ietilpst arī **dioksīni**. Dioksīni ir polihlorēti polikondensēti aromātiski savienojumi, no kuriem vistoksiskākais ir 2,3,7,8 – tetrahlordibenzo-p-dioksīns jeb saīsināti TCDD. Pavisam ir pazīstami 75 polihlorēti dibenzodioksīni, kuri satur vienu līdz astoņus hlora atomus. Ķīmiskā ziņā šai vielu klasei radniecīgi ir polihlorētie dibenzofurāni, kuriem ir zināmi 135 izomēri. Šo abu klašu pārstāvju ķīmiskās līdzības dēļ parasti TCDD apkārtējā vidē nav viens, bet ir kopā ar citiem šīs grupas pārstāvjiem. Hlora vietā var būt arī broma atomi, bet var būt arī gan hlors, gan broms. Tomēr par "inžu karali" šai grupā tiek dēvēts tieši TCDD.



dioksīns

Pirmās publikācijas par dioksīnu parādījās 1957. gadā, jo dioksīni radās kā blakusprodukti herbicīdu ražošanā. Nopietnāk par dioksīniem sāka runāt 1960.-ajos gados, kad ASV Vjetnamas kara laikā, lai atvieglotu karaspēka pārvietošanos necaurejamos džungļos, kā defoliantu izmantoja lielas herbicīdu 2,4-T un 2,4,5-T devas, kas bija piesārņotas ar 2,4,7,8- TCDD. 1976. gadā plašu rezonansi sabiedrībā izraisīja dioksīna noplūdes izraisītās sekas kādā ķīmiskā rūpnīcā Seveso (Itālijas ziemeļos). Kopš tā laika 2,4,7,8 –TCDD sauc par „Seveso indi”. 1999. gadā tika konstatēts, ka dzīvnieku taukos, ko ražoja Beļģijas kompānija „Verkest” ir konstatēts dioksīns. Jau 2001. gadā zinātnieki brīdināja sabiedrību, ka vislielākais dioksīna saturs konstatēts zivīs, kuras zvejotas Ziemeļjūrā un Baltijas jūrā pie Skandināvijas krastiem. Un visbeidzot, 2005. gadā Baltijas jūras Latvijas ūdeņos zvejotajos lašos tika konstatētas pārsniegtas pieļaujamās dioksīna normas.

Dioksīns pārtikā var nonākt no apkārtējās vides, var rasties pārtikas produktu ražošanas procesā, to uzglabāšanas un transportēšanas laikā, kā arī no šo produktu iesaiņojamiem materiāliem. Visvairāk dioksīna (95%) apkārtējā vidē nonāk, dedzinot hloru saturošus atkritumus, arī sadzīves atkritumus, piemēram, plastmasas pudeles vai dažādas plastmasas detaļas. Dioksīns rodas arī ķīmikāliju un pesticīdu ražošanā, kā arī balināšanas procesā papīrrūpniecībā un polivinilhlorīda plastmasas ražošanā. Visvairāk dioksīnu mēs uzņemam ar uzturu. Dioksīns ir taukos šķīstošs savienojums. Ar rūpniecības izmešiem tas nonāk gaisā, tad jūrā, kur tas piesaistās planktoniem, ko, savukārt, apēd zivis. Tās nokļūst gan cilvēku uzturā, gan zivju miltu veidā kļūst arī par lopbarību. 97,5% gadījumu dioksīns cilvēka organismā nonāk ar gaļu, pienu, piena produktiem, zivīm un olām. Vislielākais dioksīna saturs ir zivju eļļā un no zivīm ražotā lopbarībā, jo zivīs dioksīns akumulējas. Zivīs var būt 100 reizu vairāk dioksīna nekā apkārtējā vidē. Dioksīns var veidoties arī, ja hlorē ūdeni, kas piesārņots ar fenoliem. 1997. gadā Starptautiskā vēža pētniecības asociācija pasludināja dioksīnus par 1. grupas kancerogēno vielu. Dioksīnam piemīt arī teratogēnas īpašības. Dioksīns ir 500 reizu toksiskāks par strihnīnu, 10 000 reizu toksiskāks par nātrija cianīdu. Pētījumi parāda, ka par dioksīniem toksiskāki ir tikai dažu mikroorganismu veidotie toksīni. Šo pētījumu rezultāti parādīti 6.2.tabulā.

6.2.tabula

Dioksīnu letalitātes salīdzinājums ar citām indēm [ 22 ].

Toksiskā viela	Dzīvnieks	minimālā letālā deva, mola miljardās daļas uz svara kg
Botulīna toksīns A	peles	0.000 000 33
Tetanuss toksīns	peles	0.00 000 1
Difterijas toksīns	peles	0.0042
Dioksīns	jūras cūciņas	3.1
Kurāre	peles	720
Strihnīns	peles	1.500
Muskarīns	kaķi	5.200
NaCN	peles	200.000

Dioksīnu bīstamību palielina to lielā stabilitāte. Apkārtējā vidē tie sadalās ļoti lēni (10 – 12 gados). Dioksīni, pateicoties to ķīmiskajai struktūrai, ir rezistenti pret bioloģisko sadalīšanos. Dioksīni uzkrājas taukajos – aknās, liesā, smadzenēs. Dioksīni šūnās saistās ar proteīniem, ko sauc par Ah receptoriem. Šie dioksīnus piesaistījušie receptori var izraisīt DNS mutācijas. Dioksīni var ietekmēt reproduktīvās funkcijas, izraisīt vīriešu neauglību, bojāt imūnsistēmu

un iedarboties uz hormonālo sistēmu. Angļi konstatējuši, ka vīriešu organismā dioksīni uzkrājas vairāk nekā sievietes organismā.

Dioksīnu saturu asinīs ar hromatogrāfijas metodi nosaka aptuveni 10 gadus. Diemžēl, Latvijā šāda iespēja pagaidām vēl nepastāv, jo nav aparātūras dioksīnu noteikšanai ne asinīs, ne pārtikas produktos. Latvijā pieļaujamo dioksīna saturu pārtikas produktos reglamentē ES Regula, kuras dati doti 6.3.tabulā.

6.3.tabula

Maksimāli pieļaujamais dioksīnu (polihlorēto dibenzo-para-dioksīnu (PHDDs) un dibenzofurānu (PHDFs) summa) saturs pārtikas produktos

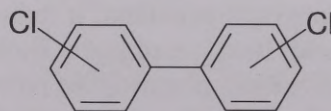
Nr. p.k.	Produkts	Dioksīnu maksimālais saturs (pg Tekv/g tauku vai produkta)
<b>Regula 2375/2001/EC</b>		
1.	Gaļa un gaļas produkti, izņemot pārtikas blakusproduktus, no -atgremotājdzīvniekiem (liellopiem, aitām) -mājputniem un medījumiem -cūkām	3/g tauku 2/g tauku 1/g tauku
2.	Aknas un to pārstrādes produkti	6/g tauku
3	Zvejas produkti	4/g produkta
4.	Piens, termiski apstrādāts piens un piena produkti	3/g tauku
5.	Vistu olas un olu produkti	3/g tauku
6.	Eļļas un tauki:	
	- dzīvnieku tauki:	
	- - atgremotājdzīvnieku tauki	3/g tauku
	- - mājputnu un medījumu tauki	2/g tauku
	- - cūku tauki	1/g tauku
	- - dažādu dzīvnieku tauku maisījumi	2/g tauku
	- augu eļļa	0,75/g tauku
	- zivju eļļa, kas paredzēta lietošanai uzturā	2/g tauku

Piezīmes.

Rezultātu novērtēšanai izmanto toksisko ekvivalentu, kas nozīmē, ka PHDD un PHDF toksiskumu izsaka attiecībā pret 2,3,7,8-tetrahlordibenzo-p- dioksīna toksiskumu, kuru pieņem par 1. Šo attiecību sauc par toksisko ekvivalentu (Tekv).

1 pg = 10<sup>-9</sup> g

Ar dioksīnu grupu gan pēc to uzbūves, gan stabilitātes un toksiskuma cieši saistīti ir citi noturīgie organiskie piesārņotāji – **polihlorbifenili** (PHB). Tie ir aromātisko hlorēto ogļūdeņražu maisījums.



polihlorbifenils

Ir zināmi apmēram 210 PHB izomēri. Līdz ar hlorēšanas pakāpes palielināšanos pieaug šo savienojumu ķīmiskā stabilitāte un adsorbcijas spējas. Paaugstinātā temperatūrā skābekļa klātbūtnē, piemēram, sadedzinot, PHB var veidot dibenzofurānus un dibenzodioksīnus. Polihlorētos bifenilus sintezēja jau 1881. gadā, bet to plaša pielietošana sākās kopš 1930. gada, jo tiem piemīt izteikta stabilitāte un ugunsdrošība. Tos izmanto kā dielektriskās vielas transformatoros un kondensatoros, eļļas hidrauliskajās iekārtās, siltumapmaiņas šķidrumos, kā fungicīdus papīra un krāsu ražošanā, plastmasu un celtniecības materiālu komponentos kā plastifikatorus. Ir aprēķināts, ka šo gandrīz 80 gadu laikā pasaulē ir saražots apmēram 1 miljons tonnu šo savienojumu un no šī daudzuma apmēram puse nonākusi apkārtējā vidē. Ilgu laiku polihlorētie bifenili to lielās stabilitātes dēļ tika uzskatīti par maztoksiskiem, bet jau 20.gs. sešdesmitajos gados Japānā atklāja saslimšanu bērniem, kuru mātes pārtikā bija lietojušas ar PHB piesārņotu rīsu eļļu. Šo saindēšanos nosauca par Yusho slimību. Tikai pēc tam PHB tika pievērsta īpaša toksikologu un mediķu uzmanība un tika pētītas visas PHB nonākšanas iespējas pārtikā. Par galveno tiek uzskatīta ar PHB piesārņotu zivju lietošana uzturā, PHB iespējamā migrēšana pārtikas produktos no iepakojuma, kā arī PHB nonākšana gaļā un pienā no liellopiem, kuri baroti ar PHB saturošām plēvēm izklātās skābbarības bedrēs ražotu skābbarību.

Šo savienojumu toksiskuma dēļ tos aizliegts ražot ASV, Japānā un Eiropas Savienības valstīs (arī Latvijā). Tomēr dažreiz atklātībā parādās dati par PHB atļauto normu pārsniegšanu arī ES valstīs. Tā 1999. gadā presē parādījās ziņas, ka Beļģijas olās atklātais PHB daudzums vairākos paraugos pārsniedzis pieļaujamo normu pat 65 reizes. Pieļaujamo 0,2 mg/kg vietā šīs vielas daudzums bijis 40 mg/kg. Savukārt, 2002. gadā Beļģijā PHB tika atrasti cūku barībā, kur tā pārsniedza pieļaujamo normu astoņas reizes. Vēlāk PHB tika atrasts arī vistām paredzētajā barībā.

Zinātnieku noteiktais PHB saturs gaisā, ūdenī, bioloģiskās vidēs un pārtikā ir dots 6.4.tabulā.

6.4.tabula

Polihlorēto bifenilu saturs apkārtējā vidē, bioloģiskās vidēs un pārtikas produktos Eiropas valstīs [14]

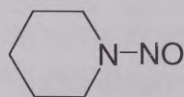
Nr.p.k.	Vide	Saturs
1.	Apkārtējā vide atmosfēras gaiss rūpniecisko zonu gaiss virszemes ūdeņi dzeramais ūdens	0,003-3,9 ng/m <sup>3</sup> 3,3 ng/m <sup>3</sup> -7μg/m <sup>3</sup> 0,1-500 ng/l 0,18-1 ng/l
2.	Bioloģiskās vides mātes piens cilvēka taukaudi cilvēka asinis	0,001-10,7 mg/kg tauku 0,2-8,3 mg/kg 3,1-17,1 mg/kg
3.	Pārtikas produkti dzīvnieku tauki govs piens sviests zivis dārzeņi, augļi	20-240 μg/kg 5-200 μg/kg 30-80 μg/kg 10-500 μg/kg <10 μg/kg

Arī Latvijā PHB vēl aizvien tiek izmantoti elektroenerģijas un transportēšanas nozarēs, tie atrodami dažās agrāk ražotajās, bet vēl arvien lietotajās plastmasās un celtniecības materiālos. PHB izdalās dedzinot rūpniecības un sadzīves atkritumus. Apkārtējā vidē PHB var atrasties gaisā, augsnē, ūdenī, kā arī pārtikā – galvenokārt zivīs un dzīvnieku izcelsmes pārtikas produktos – gaļā, pienā, olās. Latvijā veiktie pētījumi rāda, ka zivīs (asaros) no mazpiesārņotiem Latvijas ezeriem, kopējais PHB saturs ir 150-400 ng/g (lipīdu masa), bet, piemēram, Ķīšezerā noķertajās zivīs kopējais PHB saturs ir 2400 ng/g (lipīdu masa) [20]. Šīs organiskās toksiskās vielas vidē ir ļoti noturīgas un ar gaisu un ūdeni nokļūst līdz vietām, kas atrodas tālu no to rašanās avotiem.

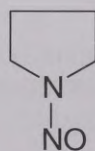
Polihlorēto bifenilu iedarbības mehānisms uz cilvēka organismu ir līdzīgs dioksīnu iedarbībai. PHB nešķīst ūdenī, tādēļ organisms tos nespēj izvadīt. Tie labi šķīst taukos, tādēļ tie uzkrājas taukaudos, šūnu membrānās, traucējot šūnas normālu vielu maiņu. Galvenās problēmas, ko izraisa šie toksiskie savienojumi, ir reproduktīvās funkcijas traucējumi, neiroloģiskas problēmas jaundzimušiem un skolas vecuma bērniem, sistēmiskas slimības, piemēram, aknu un vairogdziedzera slimības, cukura diabēts, kā arī palielināts risks saslimt ar vēzi. Zinātnieku pētījumi rāda, ka PHB uzkrājas mātes pienā, bet šīs toksiskās vielas saturs samazinās, pieaugot bērnu skaitam un zīdīšanas ilgumam. Tas pierāda, ka zīdīšana ir nozīmīgs veids, kā sievietes organisms atbrīvojas no kaitīgām vielām.

### 6.2.2. N-nitrozosavienojumi

Tās ir gandrīz 100 dažādas slāpekli saturošas toksiskas vielas, galvenokārt, **nitrozoamīni**. Šai savienojumu grupai piemīt izteiktas kancerogēnas, bet dažām šīs klases vielām arī mutagēnas un teratogēnas īpašības. Nitrozoamīni visbiežāk rodas no otrējiem amīniem un slāpekļpaskābes vai tās anhidrīda, bet tie var veidoties arī no trešējiem amīniem. Tāpat reakcijās ar amīniem stājas nitrozējošie aģenti – slāpekļpaskābe, slāpekļa oksīdi, nitrāti un nitrīti. Jāatceras, ka dažu pārtikas produktu apstrādes tehnoloģijā izmanto nitrātus un nitrītus (skat. 7. nodaļu). Nitrozoamīnu rašanos atvieglo pārtikas produktu izejvielās esošie biogēnie amīni un skāba vide. Nitrozoamīnu veidošanos kavē askorbīnskābe, fenoli, tannīni, amonija hlorīds un vēl citas vielas. Visvairāk nitrozoamīnu ir ar nitrātiem vai nitrītiem sālītā speķī un šķiņķī. Gatavojot zivis un gaļu, karstumā rodas nitrozoamīni, taču 50-80% no tiem ir karstumā gaistoši, tāpēc gatavā produktā to paliek samērā maz. Pārtikas produktos visbiežāk ir sastopami N-nitrozodimetilamīns ( $(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{N}=\text{O}$ ), N-nitrozodietilamīns ( $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}-\text{N}=\text{O}$ ), N-nitrozopiperidīns un N-nitrozopirolidīns.



N-nitrozopiperidīns

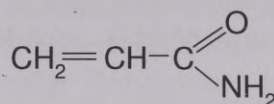


N-nitrozopirolidīns

Pēc jaunas iesala žāvēšanas tehnoloģijas ieviešanas N-nitrozodimetilamīns tika atrasts alū, bet N-nitrozodietilamīns ir atrasts viskiņā. N-nitrozopirolidīns rodas, cepot sāļtu gaļu, ja tā iepriekš ir apstrādāta ar nitrītu vai nitrātu. N-nitrozopiperidīns ir atrasts piparatā šķiņķī. Uzskata, ka vēzi izraisošā nitrozoamīnu darbība pamatojas uz DNS alkilēšanas reakciju. Nitrozoamīnus cilvēki visvairāk uzņem ar pārtiku. Tomēr jāatzīmē, ka smēķētāji ar cigaretēm uzņem ievērojami vairāk nitrozoamīnu nekā tos iespējams uzņemt ar pārtiku.

### 6.2.3. Akrilamīds

Pēdējā laikā parādās informācija par toksiskās vielas akrilamīda esamību ar cieti bagātos pārtikas produktos, tos karsējot augstā temperatūrā. Īpašu uzmanību šai vielai 2002. gadā pievērsa Stokholmas universitātes zinātnieki Zviedrijā.



akrilamīds

Akrilamīds un poliakrilamīds tiek izmantoti plastmasu un sintētisko materiālu ražošanā. Akrilamīds ir ūdenī šķīstošs savienojums. Tas gremošanas traktā viegli adsorbējas. Dažu stundu laikā puse no akrilamīda tiek izvadīta no organisma ar urīnu, tātad tas organismā neuzkrājas. ES direktīvās ir noteikts maksimāli pieļaujama akrilamīda daudzums dzeramajā ūdenī - 0,1 µg/l. Akrilamīds rada bojājumus DNS, tā metabolīti saistās ar DNS un var radīt ģenētiskus defektus – mutācijas. Lielās devās akrilamīds iedarbojas uz nervu un reproduktīvo sistēmu. Ilgstoša akrilamīda iedarbība ir izraisījusi audzējus žurkām, bet pagaidām nav pārliecinošu pierādījumu, ka tas var izraisīt vēzi arī cilvēkiem.

Stokholmas universitātes zinātnieku 2002. gadā iegūtie rezultāti par akrilamīda saturu dažādos pārtikas produktos ir doti 6.5.tabulā.

6.5.tabula

Akrilamīda saturs pārtikas produktos

Pārtikas produktu grupa	Akrilamīda saturs, µg/kg		Paraugu skaits
	vidēji	min - max	
kartupeļu čipsi	1200	330 - 2300	14
frī kartupeļi	450	300 - 1100	9
biskvīti un krekeri	410	< 30 - 650	14
sausmaizītes	140	< 30 - 1900	21
graudaugu pārslas	160	< 30 - 1400	15
kukurūzas pārslas	150	120 - 180	3
mīksta maize	50	< 30 - 160	20

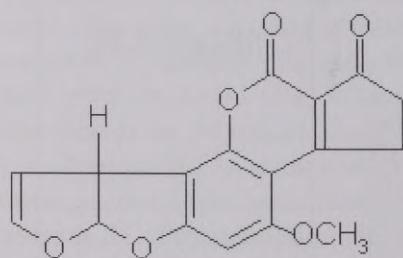
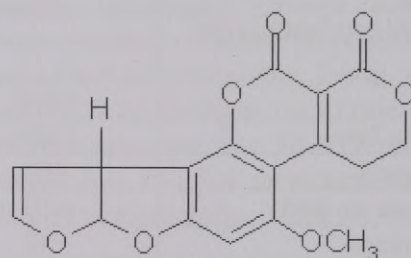
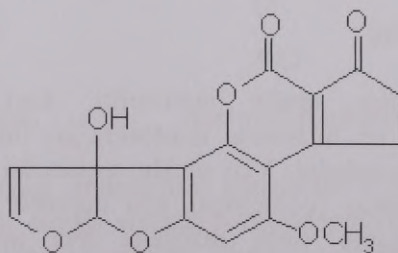
### 6.2.4. Mikotoksīni un aflatoksīni

**Mikotoksīni** ir pelējumu sēnīšu metabolīti, kuri cilvēkiem un daudziem mājdzīvniekiem izraisa akūtas un hroniskas intoksikācijas un kuri ir ļoti kancerogēni. Ir pazīstami vairāk nekā 100 mikotoksīni. Visi sēnīšu metabolīti nav mikotoksīni. Piemēram, dažas sēnītes producē antibiotikas (penicilīns), kas nepieder pie mikotoksīniem. Arī tās pelējuma sēnītes, kuras izmanto sieru ražošanā nav mikotoksīnu producētājas un eksperimentos ar dzīvniekiem nav novērotas nekādas toksiskuma pazīmes. Visvairāk mikotoksīnu rodas augos, kas auguši tropos un subtropos – siltos un mitros apstākļos. Tomēr ir sēnītes, piemēram, *Fusarium*, kuras var attīstīties un producēt mikotoksīnus salīdzinoši zemās temperatūrās. Jāatzīmē, ka nobrieduši augļi un dārzeņi ir jutīgāki pret toksisko sēnīšu iedarbību, jo tie satur daudz mitruma un ogļhidrātu. No līdz šim pazīstamajām 10 tūkstošiem

pelējuma sēnīšu sugām tikai 240 ražo mikotoksīnus. Acīm redzami sapelējuši produkti rada relatīvi nelielas saindēšanās briesmas, jo parasti tādus produktus uzturā nelieto. Šādu produktu organoleptiskās īpašības ir izmainītas, piemēram, bojāti citroni, apelsīni un mandarīni kļūst rūgti. Atkarībā no pelējuma apjoma šādi produkti pilnīgi vai daļēji jāiznīcina, jo parasti mikotoksīni produktā iespiežas ļoti dziļi, sevišķi produktos ar augstu mitruma saturu. Daudz sarežģītāka ir tādu pārtikas produktu novērtēšana, kuri gatavoti no sapelējušām izejvielām. Arī dzīvniekiem nedrīkst izbarot sapelējušus produktus, jo tie ir kaitīgi gan pašiem dzīvniekiem, gan caur dzīvnieku valsts pārtikas produktiem mikotoksīni var nonākt arī cilvēku pārtikā.

Kaut gan mikotoksīniem ir mikrobioloģiska izcelsme, jo tie rodas no sēnītēm, tomēr tas ir ķīmiskā piesārņojuma veids. Par ļoti toksiskiem uzskatāmi sekojoši mikotoksīni: *aflatoksīni*, *patulīns*, *ohratoksīns* u.c. Saslimšanas, kuras izraisa mikotoksīni sauc par mikotoksikozēm. Ir pazīstamas mikotoksikozes, kuras dēvē par fuzariotoksikozēm. Piemēram, septisko angīnu izraisa toksīni, kuras rada mikroskopiskas sēnītes *Fusarium sporotrichiella*, kuras rodas ilgi glabātos graudos. Šis mikotoksīns selektīvi bojā asinsrades orgānus, tā iedarbība uz organismu izpaužas kā anēmija, nekrotiski procesi mandelēs, asinsizplūdumi. Pie fuzariotoksikozēm pieskaita arī saindēšanos, kas rodas lietojot izstrādājumus no graudiem, kurus bojājusi sēnīte *Fusarium graminearum*. Šī sēnīte producē toksīnu, kuram piemīt neirotropa iedarbība, līdzīga alkohola reibumam ar sekojošu depresiju.

No visiem mikotoksīniem visvairāk izpētītie ir **aflatoksīni**. Tos atklāja 1960. gadā Anglijā pēc kādas mājputnu sērgas, kad daudziem tūkstošiem pīļu un tītaru novēroja aknu darbības traucējumus pēc to nobarošanas ar inficētu zemesriekstu barību. Izdevās pierādīt, ka zemesrieksti bija inficēti ar pelējuma sēnīti *Aspergillus flavus*. No izdalītā toksīna izolēja un aprakstīja pirmos sešus aflatoksīnus. Šobrīd jau ir izdalīti 12 aflatoksīni. Pēc ķīmiskās uzbūves tie tiek pieskaitīti furanokumarīnu grupai.

aflatoksīns B<sub>1</sub>aflatoksīns G<sub>1</sub>aflatoksīns M<sub>1</sub>

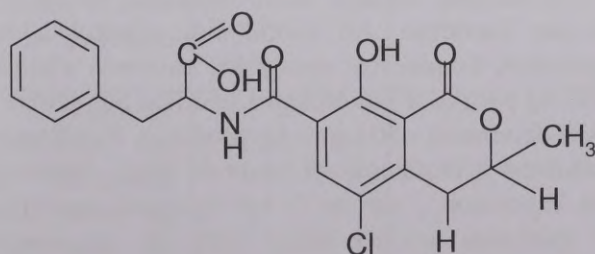
Apzīmējumi B un G doti norādot uz to zilo vai zaļo fluorescenci ultravioletajā gaismā. Vēlāk izdalīja arī aflatoksīnu M<sub>1</sub>, kuru pierādīja pienā, pēc govju un aitu barošanas ar aflatoksīnus saturošu barību.

Galvenie aflatoksīnu producenti ir *Aspergillus flavus* un *Aspergillus parasitiens*. Parasti šīs sēnītes atrodas augsnē un inficē tajā augošās kultūras. Aflatoksikozi izraisošās sēnītes ir konstatētas pelējušā lopbarībā, pelējušos labības miltos, zemesriekstos, putraimos, kakao, kafijas un sojas pupiņās, arī pienā, olās un gaļā. Visvairāk aflatoksīnu B<sub>1</sub> satur zemesrieksti. Pārbaudēs ir atklāts, ka gandrīz 10% zemesriekstu saturēja aflatoksīnu B<sub>1</sub>. To daudzums bija no 5 – 1000 µg/kg, vidēji ap 40 µg/kg. Zemesriekstu kodolos pelējums parasti rodas starp dīglīpām, līdz ar to pirms riekstu apstrādes tas ir grūti pamanāms. Pēc grauzdēšanas šādi kodoli nokrāsojas melni. Epidemioloģiskie pētījumi apstiprina, ka rajonos, kuri izceļas ar mitru un karstu klimatu, neapmierinošiem produktu glabāšanas apstākļiem, ikdienas pārtika bieži ir piesārņota ar aflatoksīniem. Piemēram, Ugandā 40% pārtikas produktu ir piesārņoti ar aflatoksīniem. Liels pārtikas piesārņojums ar aflatoksīniem novērojams arī citās Dienvidāfrikas, Dienvidāzijas, Indijas, Dienvidamerikas un Indonēzijas valstīs ar subtropisko un ekvatoriālo klimatu.

Aflatoksīni ir spēcīgas aknu indes un tie ir ļoti kancerogēni. Tie darbojas nevis savā sākotnējā formā, bet gan pēc enzimatiskas metabolizācijas, kad tie izmaina dezoksiribonukleīnskābju un ribonukleīnskābju struktūras. Tātad aflatoksīni darbojas kā teratogēnas toksiskas vielas, spēj izraisīt aknu vēzi, bojā šūnu membrānas (īpaši lizosomālās šūnas), kā arī izmaina genomu. Ir pierādīts, ka, jo mazāk uzturā ir olbaltumvielu, jo vairāk izpaužas aflatoksīnu toksiskais un kancerogēnais efekts. Tas ir tāpēc, ka olbaltumvielu trūkuma gadījumā pavājinās to enzīmu sintēze, kuri organismā aflatoksīnus pārvērš mazāk kaitīgās vielās. Pārtikas produktos atrodošās sēnītes producē aflatoksīnus gan uzglabājot šos produktus saldētavās, gan arī temperatūrās augstākās par 70°C. Aktīvāka aflatoksīnu producēšana notiek 20-30°C temperatūrā, kad relatīvais mitrums ir 85-90%. Aflatoksīni karstumā (vārot, cepot) nesadalās [6]. Aflatoksīni var būt toksiski gan akūti, gan hroniski. Attīstītajās valstīs akūto aflatoksīnu toksikozi novēro reti, bet, tā sauktajās, trešās pasaules valstīs Dienvidaustrumāzijā un Āfrikā šīs saslimšanas novēro bieži. Tās izpaužas kā dzeltenā kaite, aknu ciroze, aknu vēzis, ievērojami samazināta imunitāte. Palielināts A vitamīna un pietiekošs selēna daudzums uzņemtajā pārtikā samazina aflatoksīnu radītos bojājumus, jo tie stiprina organisma imūnsistēmu, stabilizē šūnu membrānas. Tomēr jāievēro, ka pārdozēt selēna daudzumu pārtikā ir bīstami.

Pie ļoti toksiskiem mikotoksīniem minami arī ohratoksīni un patulīns.

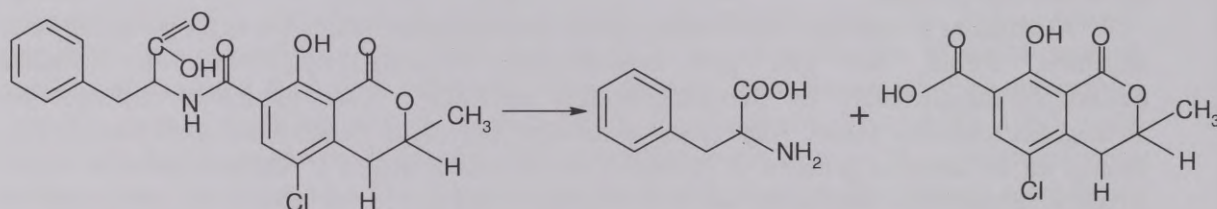
**Ohratoksīni** ir mikotoksīnu grupa, dihidroizokumarīna atvasinājumi. To nosaukums cēlies no ohratoksīnus producējošās sēnītes *Aspergillus ochraceus*, kas veidojas augsnē, uz augu atmirušajām daļām, kā arī uz mitras labības un citām pārtikas produktu izejvielām, piemēram, kafijas pupiņām un vīnogām.



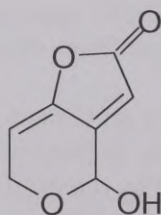
ohratoksīns A

No šīs sēnītes producētajiem toksīniem ir izdalīti trīs ķīmiski radnieciski toksiski metabolīti – ohratoksīni A, B un C. Īpaši toksisks ir ohratoksīns A. Ir atklāts, ka tas izraisa nieru, plaušu un aknu saslimšanas. Ohratoksīni var nokļūt organismā caur ādu un elpošanas ceļiem. Ohratoksīns A ir izraisījis endēmiskas nieru saslimšanas Balkānu valstīs, kā arī plaušu saslimšanas elevatoru strādniekiem. Kā jau minēts, ohratoksīnus pārsvarā producē sēnīte *Aspergillus ochraceus* un tā tas notiek parasti valstīs ar siltu klimatu, bet ziemeļvalstīs, kā piemēram, Dānijā, ir konstatēts, ka ohratoksīnus producē *Penicillium* dzimtas sēnītes. Agrāk uzskatīja, ka ohratoksīns A ir galvenokārt graudaugu piesārņotājs, taču šis mikotoksīns ir konstatēts arī kafijā, alū, vīnā, žāvētos augļos, kakao un riekstos. Pret saindēšanos ar ohratoksīnu īpaši jutīgi ir cūkas, mājputni un suņi. Tā kā pastāv risks, ka arī cilvēki, lietojot ar ohratoksīnu A piesārņotu gaļu, var saindēties, aktīvi tika meklēti mikroorganismi, kas spētu padarīt nekaitīgu ohratoksīnu, kurš nonācis dzīvnieka zarnu traktā.

Pēdējos gados ir izdevies no govs spurekļa izolēt divas baktēriju sugas, kas spēj sašķelt ohratoksīnus netoksiskos savienojumos – ohratoksīnā  $\alpha$  un aminoskābē fenilalanīnā. Ohratoksīna A sašķelšanās notiek pēc sekojošas shēmas:



**Patulīns** veidojas no *Penicillium patulum* sēnītēm uz augļiem un dārzeņiem, pelējušā maizē, skābarībā u.c. To atklāja 1941. gadā, meklējot jaunas antibiotikas. Patulīnam piemīt plaša spektra antimikrobiāla iedarbība, tomēr to nevar izmantot šim mērķim, jo tas bojā kuņģa gļotādu. Vēlāk izrādījās, ka tas ir ļoti toksisks - tam piemīt kancerogēnas un mutagēnas īpašības.



patulīns

Pirmo reizi šo mikotoksīnu atklāja ābolu sulā kā sēnīšu *Penicillium claviforme* metabolītu un nosauca par klavīcīnu. Arī šobrīd šim mikotoksīnam ir vairāki sinonīmi. Patulīns ir atrasts arī persikos, bumbieros, aprikozēs, banānos, vīnogās un ananāsos, kā arī maizē. Beļģijā ir noteikts, ka pārtikā šī mikotoksīna nedrīkst būt nemaz. Norvēģijā, Zviedrijā, Šveicē ir atļauts niecīgs tā daudzums - 50  $\mu\text{g}$  uz kg produkta. Patulīnu galvenokārt atrod ābolu sulā, īpaši tad, ja tās ražošanā ir izmantoti arī iepuvuši āboli. Ābolu iepuvušās vietas, ja tās inficētas ar *Penicillium expansum*, var uz 1 kg sapuvušā materiāla saturēt līdz vienam gramam patulīna, kas spiešanas procesā pāriet sulā. Tā kā patulīns ir kaitīgs ne tikai cilvēkiem, bet arī dzīvniekiem, tad nav ieteicams dzīvniekiem izbarot stipri sapuvušus vai sapelējušus augļus. Mēģinājumos ar dzīvniekiem ir pierādīts, ka patulīns izsauc aknu cirozes un sarkomu.

Ir atklāti vairāki fizikāli un ķīmiski paņēmieni, cīņai ar mikotoksīniem. Taču tikai daži no tiem ir izrādījušies efektīvi un praktiski realizējami. Viena no vispopulārākajām metodēm kādu laiku bija ar mikotoksīniem saindētas barības apstrāde ar amonjaku. Mikotoksīnu pieļaujamais saturs pārtikas produktos dots 6.6.tabulā.

6.6.tabula

## Maksimāli pieļaujamais mikotoksīnu saturs pārtikas produktos

Nr.p.k.	Produkts	Maksimālais saturs (µg/kg)		
		AFLATOKSĪNI		
		B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +G <sub>1</sub> +G <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>
<b>Regula 2174/2003/EC</b>				
1. <sup>1</sup>	Zemesrieksti, rieksti un kaltēti augļi:			
1.1.	Zemesrieksti, rieksti, kaltēti augļi un to apstrādes produkti, kas paredzēti tiešai lietošanai uzturā vai kā pārtikas produktu sastāvdaļas	2	4	-
1.2.	Zemesrieksti, kas pakļaujami šķirošanai vai apstrādei, pirms tos lieto uzturā vai izmanto kā pārtikas produktu sastāvdaļas	8	15	-
1.3.	Rieksti un kaltēti augļi, kas pakļaujami šķirošanai vai apstrādei, pirms tos lieto uzturā vai kā pārtikas produktu sastāvdaļas	5	10	-
2.	Graudaugu kultūras:			
2.1.	Graudaugu kultūras un to produkti, kas paredzēti tiešai lietošanai uzturā vai kā pārtikas produktu sastāvdaļa	2	4	-
2.2.	Graudaugu kultūras, izņemot kukurūzu, kas pakļaujamas šķirošanai vai apstrādei, pirms tās lieto uzturā vai kā pārtikas produktu sastāvdaļu	2	4	-

Nr.p.k.	Produkts	Maksimālais saturs (µg/kg) AFLATOKSĪNI		
		B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> +G <sub>1</sub> +G <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>
2.3.	Kukurūza, kas pakļaujama šķirošanai vai apstrādei, pirms to lieto uzturā vai kā pārtikas produktu sastāvdaļu	5,0	10,0	-
3.	Neapstrādāts un apstrādāts piens	-	-	0,5
4.	Garšvielas	5	10	-
		<b>OHRATOKSĪNS A (µg/kg)</b>		
<b>Regula 472/2002/EC</b>				
5.	Graudaugu kultūras un to produkti:			
5.1.	Neapstrādāti graudi	5		
5.2.	Visi graudaugu produkti (ieskaitot apstrādātus graudaugu produktus un graudus, kas paredzēti tiešai lietošanai uzturā)	3		
6.	Kaltēti augļi	10		
<b>Regula 683/2004/EC</b>				
7.	Graudaugu pārtika, kas paredzēta bērnu un zīdaiņu uzturam Diētiskā pārtika, kas paredzēta jaundzimušo ar veselības traucējumiem uzturam	0.5		

Piezīmes.

1. Produktiem, kas minēti šī pielikuma 1.1., 1.2. un 1.3. punktā maksimālais saturs piemērojams zemesriekstu, riekstu un kaltētu augļu ēdamajai daļai. Ja analizē riekstus čaumalās, aprēķinot aflatoksīnu saturu, pieņem, ka viss piesārņojums ir ēdamajā daļā.

### 6.3. Pesticīdi

Par **pesticīdiem** sauc ķīmiskas vielas, kurām piemīt spēja toksiski iedarboties uz kādu noteiktu dzīvo organismu grupu. Nosaukums cēlies no latīņu vārdiem *pestis* – sērga un *caedere* – nogalināt. Vielas ar šāda tipa iedarbību ir pazīstamas jau sen. Homērs rakstīja par izkvēpināšanu ar degošu sēru, Plīnijs – par arsēna lietošanu pret kaitēkļiem. Senie ķīnieši kā pesticīdus lietoja arsēnu un tabakas ekstraktu. Ķīmisko insekticīdu lietošana sākās 19.gs. Franču vīnogu audzētāji kā insekticīdu sāka lietot Parīzes zaļo (Cu arsenītu). To vēlāk izmantoja arī ASV Kolorādo vaboļu apkarošanai. Francijā kā līdzekli patogēno sēnīšu iznīcināšanai vēlāk atklāja Bordo maisījumu (CuSO<sub>4</sub> + kaļķi + ūdens). 20.gs. trīsdesmitos gadus var uzskatīt par sintētisko organisko pesticīdu ēru. 1939. gadā Šveices ķīmiķis Pauls Millers atklāja dihlordifeniltrihiormetilmētāna (DDT) pesticīdās īpašības. Šis savienojums īsā laikā kļuva par visplašāk pielietoto insekticīdu pasaulē. Īpaši plaša pesticīdu lietošana izvērsusies tikai pēdējo 20-50 gadu laikā. Tomēr jāatzīmē, ka kopš 1990.gada visā pasaulē vērojams lēns pesticīdu tirdzniecības apjoma kritums. Pesticīdu pielietošanas objekti ir visas dzīvo organismu grupas - baktērijas, vienšūņi, sēnes, augi un siltasiņu dzīvnieki. Pašreiz ir pazīstami apmēram 30 000 pesticīdu. Pēc ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas datiem, katru gadu pasaules lauksaimniecība zaudē 34.9% ražas (13.8% - kaitēkļu, 11.6% - slimību, 9.5% - nezāļu dēļ). Ja neveiktu īpašus aizsardzības pasākumus, tad kartupeļu ražība pasaulē samazinātos par 37%, kāpostu – par 22%, ābolu – par 10%. Taču nedrīkst aizmirst, ka pesticīdiem piemīt visas Stabilo organisko piesārņojošo vielu (SOP) īpašības:

- liela izturība pret fotolītisku, bioloģisku un ķīmisku noārdīšanos;
- spēja pirms nogulsnešanās ilgi pārvietoties atmosfērā tvaiku fāzes (absorbētā veidā) vai cieta daļiņu sastāvā (adsorbētā veidā);
- zema šķīdība ūdenī;
- augsta šķīdība lipīdos.

Pesticīdiem piemīt ne tikai liela stabilitāte, bet arī *kumulatīvās* īpašības (spēja uzkrāties). Tādējādi pat nākošas paaudzēs var izpausties novirzes imunoloģiskajās sistēmās. Pesticīdi var iedarboties gan mutagēni, gan arī teratogēni un kancerogēni. Ir konstatēts, ka aptuveni 90% herbicīdu un visi fungicīdi un insekticīdi ir mutagēnas vielas. Mutācijas vērojamas gan ģeneratīvajās jeb dzimumšūnās, gan somatiskajās šūnās. Ģeneratīvo šūnu izmaiņas apdraud nākamo paaudžu veselību, bet somatisko šūnu izmaiņas rada dažādas organisma novirzes, piemēram, šūnu nekontrolētu vairošanos – ļaundabīgo audzēju veidošanos. Pesticīdu toksiskuma mērs ir deva. Pesticīda efektivitāti nosaka pēc vairākām izpausmēm:

- pēc organisma bojāejas,
- pēc ietekmes uz organisma vairošanās spējām,
- pēc ietekmes uz organisma augšanu un masas izmaiņām.

Parasti šo efektivitāti izsaka procentos pret kontroli un apzīmē ar burtiem LD, t.i., letālā (nāvējošā) deva. Visbiežāk vērtē LD<sub>50</sub> rādītāju, kas norāda pesticīda devu, pie kuras iet bojā 50% kaitīgo organismu vai eksperimenta dzīvnieku.

Bez pesticīdiem eksistē arī citi augu aizsardzības līdzekļi. Aizvien lielāku nozīmi pēdējā laikā iegūst *entomofāgu* lietošana. Tie ir dabīgo kaitēkļu iznīcinātāju (bioloģiskās metodes), baktēriju, sēnīšu un vīrusu izmantošana (mikrobioloģiskās metodes), dažādu enerģijas avotu – augstfrekvences strāvas un radioaktīvo starojumu izmantošana (biofizikālās metodes). Pesticīdi samazina pārtikas produktu uzturvērtību, pat, ja tie cilvēkam nav toksiski. Piemēram, daži karbamāti par 50% samazina aminoskābju daudzumu tomātos un pupās, bet fosfora organiskie pesticīdi gandrīz uz pusi samazina askorbīnskābes saturu augļos un dārzeņos.

Pesticīdus iedala:

- 1) pēc to ķīmiskās uzbūves:
  - neorganiskie savienojumi;
  - organiska savienojumi;
- 2) pēc to pielietojuma – pēc organismiem, uz kuriem tie iedarbojas;
- 3) pēc iedarbības un nokļūšanas veida organismā:
  - a) pieskares vai kontakta iedarbība;
  - b) iedarbība uz kuņģa-zarnu traktu;
  - c) elpošanas indes (fumiganti);
- 4) pēc iedarbības rakstura:
  - a) kontaktiedarbības herbicīdi – nonāk tikai uz lapām vai stublājiem, bet nenokļūst pārējās auga daļās. Lietus šos preparātus ieskalo augsnē. Mazāka iespēja, ka tie uzkrāsies ražā;
  - b) sistēmu iedarbības herbicīdi – nonāk augu kapilāros, izplatās pa visu augu;
  - c) herbicīdi, kas iedarbojas uz augu sakņu sistēmu;
- 5) pēc pesticīdu toksiskuma tos iedala:
  - a) sevišķi toksiskas vielas ( $LD_{50} < 50$  mg/kg);
  - b) toksiskas vielas ( $LD_{50} = 50 - 200$  mg/kg);
  - c) vidēji toksiskas vielas ( $LD_{50} = 200 - 1000$  mg/kg);
  - c) mazitoksiskas vielas ( $LD_{50} > 1000$  mg/kg);
- 6) pēc stabilitātes vidē pesticīdus iedala:
  - a) ļoti stabili (sabrukšanas laiks lielāks par 2 gadiem);
  - b) stabili (sabrukšanas laiks 0,5 – 2 gadi);
  - c) mēreni stabili (sabrukšanas laiks 1 – 6 mēneši);
  - d) nestabili (sabrukšanas laiks līdz 1 mēnesim).

Atkarībā no organismiem, uz kuriem tie iedarbojas, pesticīdus iedala:

- insekticīdi – līdzekļi kaitīgo kukaiņu (insektu) apkarošanai;
- herbicīdi – līdzekļi pret nezālēm un nevēlamiem augiem;
- fungicīdi – līdzekļi pret sēnīšu un baktēriju ierosinātām saskrimšanām;
- zoocīdi – vielas, ko izmanto kaitīgo putnu un dzīvnieku iznīcināšanai;
- akaricīdi – līdzekļi ērcu apkarošanai;
- nematocīdi – līdzekļi pret apaļtārpiem nematodēm;
- rodenticīdi – līdzekļi pret grauzējiem;
- moluskocīdi – vielas molusku iznīcināšanai;
- aficīdi – vielas laputu apkarošanai;
- repelenti – vielas, kas atbaida insektus ar smaku;
- hemosterilizatori – līdzekļi, kas nenonāvē, bet neļauj kaitēkļiem vairoties;
- defolianti – vielas, kas izraisa lapu nobiršanu [5].

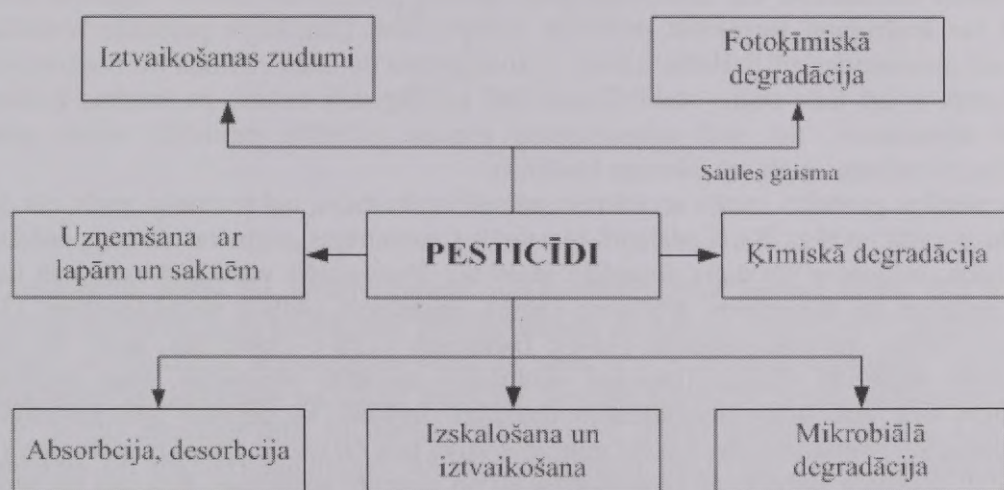
Jāatzīmē, ka katram pesticīdu preparātam ir trīs nosaukumi: ķīmiskais pēc Starptautiskās teorētiskās un praktiskās ķīmijas savienības IUPAC (International Union of Pure Applied Chemistry) nomenklatūras; triviālais un tirdzniecības nosaukums.

### 6.3.1. Pesticīdu izplatība vidē

Lai izsekotu pesticīdu apritei vidē, tiek veikti gan ķīmiska un bioķīmiska, gan bioloģiska rakstura pētījumi. Ļoti liela vērība tiek pievērsta ūdens, augsnes un pārtikas piesārņojuma pētījumiem. Eksperimentos konstatēts, ka no visa augu apsmidzināšanā lietotā pesticīdu daudzuma augsnes virskārtā akumulējas 1-10%, atmosfērā nonāk 30-50%, virszemes ūdeņos 1-5%, augsnē migrē un nonāk gruntsūdeņos līdz 5% toksisko vielu. Tātad

uz augiem nonāk ne vairāk kā 20-60% no izsmidzinātā pesticīdu daudzuma. Pesticīdu pārveidošanās gaisā, augsnē, augos un ūdenī notiek fotoķīmiski, ķīmiski un bioloģiski. Fotoķīmiskās reakcijās tiek izmantota saules enerģija - pesticīdi šādi sadalītās atmosfērā un uz atklātām virsmām, piemēram, uz augsnes un augiem. Ķīmiskās pesticīdu sadalīšanās reakcijas pārsvarā notiek ūdenskrātuvēs. Augsnes un ūdens mikroorganismi pesticīdus sadala bioķīmiskā ceļā. Bioloģiski pesticīdi sadalās augos, augsnē un ūdenī dzīvniekos. Pesticīdu kustība vidē ir atkarīga no to specifiskās molekulu struktūras un fizikālajām īpašībām. Piemēram, ūdenī labi šķīstošie pesticīdi tiek viegli transportēti ar ūdeni, mazāk šķīstošie – saistās augsnē vai augos, bet ūdenī nešķīstošie uzkrājas dzīvnieku taukaudos vai augu eļļainajos produktos.

Kādā balneoloģiskā kūrortā herbicīdu iedarbības rezultātā sēravotos strauji sāka samazināties sēra saturs. Izrādījās, ka šajā rajonā izmantotie herbicīdi nonāvē arī sēra baktērijas. Pēc šo herbicīdu izmantošanas aizlieguma šajā rajonā sēra saturs avotos atjaunojās.



6.3.att. Pesticīdu kustība apkārtējā vidē

### 6.3.2. Pesticīdu atlikumi pārtikā

Pesticīdu atliekas var konstatēt gan augu valsts, gan dzīvnieku valsts produktos. Pesticīdi pārtikā un cilvēka organismā nonāk pa barības ķēdēm. Tās var būt sekojošas:

*gaiss – augs – augsne – augs – augēdāji dzīvnieki – cilvēks;*

*augšne – ūdens – zoofitoplanktons – zivis – cilvēks;*

*ūdens – fitoplanktons – zooplanktons – abinieki – zivis – zīdītāji, arī cilvēki.*

Cilvēks pesticīdus var uzņemt tieši vai netieši. Piemēram, ja salāti tikuši apsmidzināti ar fungicīdiem vai insekticīdiem neilgi pirms to novākšanas, daļa pesticīdu var nonākt cilvēka uzturā. Tad tā ir tieša uzņemšana. Bet, ja augļu koki tiek apsmidzināti pirms augļu parādīšanās vai augsne – pirms augu uzdīgšanas, tad pesticīdi pārtikas produktā var nonākt no auga veģetatīvajām daļām vai no augsnes. Tad tā ir netieša pesticīdu uzņemšana. Tātad pārtikā var konstatēt gan konkrētā laukā izsmidzinātas pesticīdu atliekas, gan arī tās pesticīdu atliekas, kuras augi uzsūkuši no piesārņotās augsnes vai saņēmuši uz lapu virsmas ar lietus ūdeni.

Līdzīgi notiek arī pesticīdu uzņemšana ar dzīvnieku valsts produktiem. Ja nobarojamam dzīvniekam tieši ir doti kādi insekticīdi vai baktericīdi, pesticīdi cilvēka pārtikā var nonākt tieši. Ja pesticīdi nonākuši dzīvniekā ar lopbarību, ar pārtiku notiek netieša pesticīdu uzņemšana. Kopumā jāsaprot, ka **pesticīdi pārtikā var nonākt, pārkāpjot augu vai**

**dzīvnieku audzēšanas noteikumus, paviršas saimnieciskas vai tehnoloģiskas darbības rezultātā.** ASV Toksikoloģijas centra pētījumi ir parādījuši, ka intensīvi ražota cūkgaļa un putnu gaļa satur 14 reižu vairāk pesticīdu atlieku nekā intensīvi ražotie augļi un ka tieši šie pārtikas produkti ir galvenais cēlonis lielajam vēža slimnieku skaitam attīstītajās valstīs. Bez tam ir konstatēti gadījumi, kad cilvēki ir tieši ieēduši pesticīdus. Tā, piemēram, 2005. gada martā tika ziņots, ka Filipīnām piederošajā Boholas salā bojā gājuši 27 pamatskolnieki un vairāk nekā 100 skolnieku saslimuši, kuri, domājams, saindējušies ar pesticīdiem, kas pārskatīšanās dēļ bija lietoti pārtikas sagatavošanā miltu vietā.

Vairums reģistrēto pesticīdu nav stabili. Cirkulējot pa barības ķēdēm tie samērā ātri sadalās. Daļa pesticīdu var noārdīties līdz ražas novākšanai, daļa – ražas uzglabāšanas laikā vai arī augam augot, t.i. palielinoties auga masai, pesticīdi var „atšķaidīties”, to saturs var samazināties līdz pieļaujamam. Piemēram, ja tikko iekultos rudzos ir noteikts pesticīdu saturs 10,0 mg/kg, tad pēc divu nedēļu to uzglabāšanas pesticīdu saturs samazinājās līdz 5,3 mg/kg, bet pēc sešiem mēnešiem tas jau bija 2,6 mg/kg. Arī pārtikas vielu pārstrādes procesos var notikt dažādi enzimatiski vai mikrobioloģiski procesi, piemēram, dažādi rūgšanas procesi, kuri arī var ievērojami samazināt pesticīdu saturu. Šiem ķīmiskiem pesticīdu noārdīšanās ceļiem var pievienoties arī fizikālie faktori – iztvaikošana no auga virsmas vai noskalošana ar lietu. Tomēr ir arī liels skaits stabilo pesticīdu, kas ilgstoši cirkulē pa barības ķēdēm un uzkrājas organismos. Arī daži tehnoloģiskie procesi palielina pesticīdu saturu pārtikas produktos, piemēram, augļu un dārzeņu žāvēšana.

Ja pārtikas produkts sastāv no ēdamās un neēdamās daļas, tad ir svarīgi zināt, cik daudz pesticīdu ir katrā no tām. Bieži pesticīdi visvairāk koncentrējas augļa vai dārzeņa neēdamajā daļā. Tādos gadījumos šīs daļas jāanalizē atsevišķi. Procentuāli vislielākā neēdamā daļa ir šādiem augļiem un dārzeņiem: arbūziem (56%), ananāsiem (44%), puķukāpostiem (38%), citroniem (36%), galviņu salātiem (33%), banāniem (32%). Pesticīdus satur visi ziemā iegādājami augļi un dārzeņi, izņemot ekoloģiski audzētos produktus. Īpaši bagātīgi ar pesticīdiem tiek apstrādāti dienvidzemju produkti. Izrādās, ka paprika tiek apstrādāta ar astoņu pesticīdu maisījumu, bet banāni augšanas laikā tiek 60 reizes apsmidzināti ar pesticīdu šķīdumu. Citrusaugu audzēšanai un uzglabāšanai arī izmanto pesticīdus. Bez tam tie, tāpat kā āboli, tiek arī ievaskoti, lai pasargātu tos no sažūšanas un lai tie ilgi izskatītos svaigi. Tādēļ pirms citrusaugu un ābolu lietošanas ieteicams tos mazgāt arī ar ziepēm un labi noskalot, jo vaska kārtiņa neļauj nomazgāt pesticīdus no šiem augļiem. Ar lopbarību vai ūdeni pesticīdi var nokļūt arī govīs pienā. Daļa uzņemto pesticīdu sadalās dzīvnieka organismā, bet daļa uzkrājas govīs organisma taukaudos un pēc tam lēnām izdalās ar pienu. Vairāk pesticīdu pienā parādās pavasarī, jo pasliktinoties barībai un dzīvnieka organismam pēc ziemas nogurstot, govīs izmanto taukos uzkrātās rezerves.

Apkopojot 1999.-2001. gada pesticīdu darbīgo vielu monitoringa rezultātus, kura laikā tika veikti laboratoriskie izmeklējumi Latvijā audzēto augu izcelsmes produktiem, tai skaitā graudaugu produktiem, tika konstatēts, ka 32% visu izmeklēto paraugu tika atrasti pesticīdu darbīgo vielu atlikumi pieļaujamā daudzumā, bet 3% paraugu šo vielu daudzumi pārsniedza pieļaujamo daudzumu. Pārtikas graudu paraugos tika atrasti sekojošu pesticīdu atliekas: *deltrametrīns*, *cipermetrīns*, *glifosāts* u.c. [5].

### 6.3.3. Hlora organiskie pesticīdi

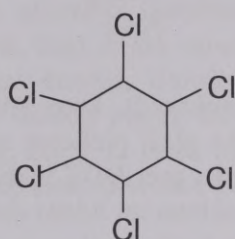
Katrai pesticīdu grupai ir savs atšķirīgs iedarbības spektrs un toksiskums. Hlora organiskie pesticīdi ir ļoti kaitīgi, jo tiem piemīt plašs iedarbības spektrs un tie ir stabili gan apkārtējā vidē, gan arī dzīvajos organismos. Hlora organiskie pesticīdi ir uzskatāmi par vēsturiski vienu no pirmajiem plašos apjomos izmantotajiem augu kaitēkļu un arī slimību

izraisītāju apkaršanas līdzekļiem. To iedarbības mehānisms līdz galam vēl nav izpētīts. Ir zināms, ka tie izšķīst un deponējas taukaudos, pēc tam šīs grupas pesticīdi ietekmē metabolisko procesu norisi orgānā, kurā tie uzkrājas, vai arī izmaina šī orgāna šūnu membrānu caurlaidību. Šie pēdējie procesi, savukārt, ir cieši saistīti ar nervu impulsu pārneši. Ir pierādīts, ka hlora organisko pesticīdu toksiskās iedarbības pamatā ir tas, ka tie izjauc neiroendokrīnālo līdzsvaru.

### Alicikliskie hlora organiskie pesticīdi

Tie ir cikliskie nearomātiskie halogenaizvietotie ogļūdeņraži.

**Heksahlorcikloheksāns.** Tā  $\gamma$  izomēru sauc par **lindānu**.

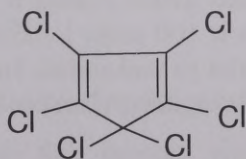


lindāns

Lindāns ir viens no efektīvākajiem insekticīdiem kādi jebkad iegūti. To lieto kā insekticīdu pret graudaugu kaitēkļiem, pret kaitēkļiem dārzos un mežos, kā arī pret dzīvnieku parazītiem un kā koksni aizsargājošu vielu. Šī viela ir 5 – 20 reižu toksiskāka nekā DDT. Lindāns uzkrājas taukaudos un pāriet barojošu sieviešu pienā. Šī preparāta pussabrukšanas laiks ir no 20 stundām līdz 10 dienām atkarībā no vielas kontakta ilguma. Lindāns ir kancerogēns un toksiski iedarbojas uz aknām. Parasti apkārtējās vides piesārņojums ar lindānu ir niecīgs. Galvenokārt apdraudēti ir cilvēki, kas strādā ar šo preparātu. Ierobežoti to atļauts pielietot Dānijā, Nīderlandē, Norvēģijā, Zviedrijā, Šveicē, Spānijā u.c. Bez ierobežojumiem to drīkst lietot Grieķijā, Lielbritānijā, Francijā, Izraēlā. Kā insekticīds darbojas tikai  $\gamma$ -izomērs, tāpēc lauksaimniecībā ir atļauts lietot vienīgi šo formu. Tomēr pārtikas pārbaudēs, īpaši gaļas izstrādājumos, joprojām atrod paraugus, kuri satur  $\alpha$ - vai  $\delta$ -izomēru atlikumus.

### Polihlorciklodieni

Šo pesticīdu uzbūves pamatā ir heksahlorciklopentadiēns.



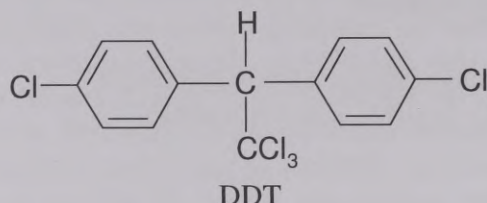
heksahlorciklopentadiēns

Pie šīs grupas pieder pesticīds **aldrīns**, kā arī *heptahlor*, *hlordāns* u.c. Aldrīns ir augsnes insekticīds. Šo vielu toksiskums arī ir daudz lielāks kā DDT. Tiem ir kancerogēna un mutagēna iedarbība, tāpēc šo pesticīdu izmantošana lielākajā daļā Eiropas valstu, kā arī ASV

un Kanādā ir aizliegta. 6.8. tabulā dots dažu šīs grupas pesticīdu saturs dažādu dzīvnieku organismu audos, kā arī Ziemeļu Ledus okeāna ledū.

### Aromātiskie halogenaizvietotie pesticīdi

Pie šīs grupas pieder plaši pazīstamais insekticīds DDT. Tā ķīmiskais nosaukums ir 4,4'-dihlordifeniltri-hlormetilmetāns.



DDT bija pirmais sintētiskais insekticīds, kuru sākotnēji izmantoja slimību pārnesošo insektu iznīcināšanai, bet vēlāk to sāka plaši pielietot arī augu kaitēkļu, malārijas odu u.c. insektu apkarošanai. Jāatzīmē, ka cilvēks pret DDT ir daudz jutīgāks nekā dzīvnieki, bet no dzīvnieku valsts visjutīgākie ir fitoplanktons un ūdens dzīvnieki. Tā Floridā (ASV) Apopkas ezerā sāka izzust aligatori. Izrādījās, ka ievērojami samazinājušās šo dzīvnieku reproduktīvās spējas. Aligatoru tēviņiem novēroja zemu hormona testosterona saturu un pat anatomiskas izmaiņas, bet mātītēm, tieši pretēji, novēroja ļoti augstu estrogēnu saturu, bet izmainītu olnīcu morfoloģiju. Šī ezera ūdenī konstatēja lielu DDT sabrukšanas produkta 4,4'-dihlordifenildihlormetilmetāna saturu, kurš apkārtējā vidē ir vēl stabilāks nekā DDT [18]. 1945. gadā DDT ar labiem panākumiem sāka lietot pret malārijas odiem - tas ievērojami samazināja saslimstību ar malāriju. II. Pasaules kara laikā to ar panākumiem izmantoja arī izsitumu tīfa ārstēšanā. Pašreiz pasaulē saražotā DDT apjoms sasniedz vairāk nekā 3 milj. tonnu. Šīs vielas plašās izmantošanas un lielās izplatības rezultātā mūsdienās nav tāda pasaules reģiona, kas kaut kādā mērā nebūtu piesārņots ar DDT. Latvijā DDT lietošana ir aizliegta kopš 1970. gada. To joprojām plaši lieto Indijā, Meksikā, lielākajā daļā Āfrikas valstu, sevišķi pret „ce-ce” mušu un lauksaimniecības kaitēkļiem, jo DDT ir ļoti efektīvs un daudz lētāks par citiem insekticīdiem.

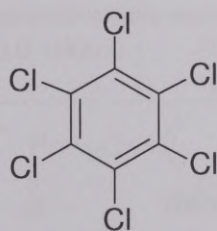
DDT ir kontaktinde, iedarbojas uz insektu nervu sistēmu, bet relatīvi nekaitīga cilvēkiem. Lai DDT toksiski iedarbotos uz cilvēku, tā saturam jābūt vismaz 10 mg/kg cilvēka masas. DDT ir ķīmiski stabils savienojums, tas tikpat kā nešķīst ūdenī, bet šķīst taukos. Tā kā DDT ir ļoti noturīgs bioloģiskajās sistēmās un apkārtējā vidē, (piemēram, baloža organismā tā pussabrukšanas laiks ir 28 dienas, bet augsnē tas ir 2,5 – 5 gadi), tā saturs apkārtējā vidē kopš 1945.gada nepārtraukti aug. DDT saturs katrā nākošā pārtikas ķēdes posmā pieaug, jo toksiskās vielas, kuras organismā nesadalās, uzkrājas organismā. Nesadalīto toksisko vielu uzkrāšanās koeficients uz katru pārtikas ķēdes pakāpi ir apmēram 10. Piemēram, tik mazos organismos kā planktons, DDT saturs ir 100 reizi lielāks nekā apkārtējos ūdeņos. Insektiem vai zivīm apēd šo planktonu, DDT pāriet to taukaudos, kur uzkrājas. Tā DDT saturs, virzoties pa barības ķēdi, pieaug. DDT satura pieaugums, virzoties barības ķēdē, parādīts 6.7. tabulā.

DDT saturs Mičiganas ezerā (ASV) [2]

Paraugs	DDT saturs, mg/kg
ūdensaugi	0.014
vēzīši	0.41
zivis	3 - 6
zivis-plēsoņas	50 - 80
kaiju taukaudi	> 2400

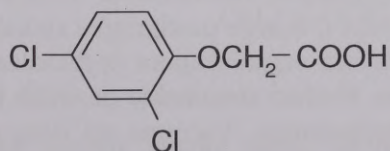
Ja DDT saturu ezera dūņās pieņem par 1, ūdensaugos tas ir pieaudzis 10 reizes, vēzīšos – jau 100 reizes, zivīs jau 1000 reizes, bet zivīs-plēsoņās jau 10 000 reizes. Zivis - plēsoņas no toksikoloģiskā viedokļa parasti tiek atsevišķi izdalītas tādēļ, ka tās savai barībai izmanto vieglāk noķeramos kukaiņus un zivis, kuri ir jau saindēti ar toksiskām vielām, kā rezultātā samazinās to kustīgums un reakcijas ātrums. Barojošas mātes piens arī koncentrē DDT. Piemēram, ja barojoša māte uzņem 0,0005 mg/kg DDT dienā, tad piens satur 0,08 mg/kg DDT un bērns saņēma 0,0112 mg/kg, kas ir 22 reižu vairāk, nekā uzņēmušas mātes. Pasaules Veselības Organizācija (PVO) ir noteikusi cilvēkam DDT maksimāli pieļaujamo devu gadā 255 mg.

Pie šīs toksisko vielu grupas pieder arī fungicīds **heksahlorbenzols**, ko agrāk plaši lietoja graudaugu sēklu kodināšanai. Pēc masveida saindēšanās gadījumiem Turcijā šis pesticīds vairumā Eiropas valstu ir aizliegts. Saskaņā ar šo pesticīdu cilvēka organismā cieš aknas un āda. Heksahlorbenzols ir stabils savienojums, tādēļ to vēl arvien atrod dažu dzīvnieku izcelsmes produktu tauku frakcijā.



heksahlorbenzols

Šai pesticīdu grupai pieder arī selektīvas iedarbības herbicīdi 2,4-dihlor- un 2,4,5-trihlorfenoksietīkskābes.



2,4-dihlorfenoksietīkskābe

Šīs vielas ir augšanas hormoni un tiek lietotas viendīgļlapju augu galvenokārt labību, aizsardzībai pret divdīgļlapjiem, piemēram, pērkonēm, tūteņiem. Siltasiņu dzīvniekiem šie savienojumi ir maztoksiski. Vjetnamas kara laikā lielas šo herbicīdu devas neaurejamos džungļu rajonos lietoja kā defoliantus.

20. gs. vidū plaši lietotais DDT vēl mūsdienās ir atrodams uz mūsu planētas visās dzīvības formās, bet heptahlor, kurš ir hlordana metabolīts, pašreiz ir atrodams vairāk kā

90% populācijas. Hlora organisko pesticīdu lietošana samazinās to lielās stabilitātes un ilgtermiņa iedarbības dēļ.

6.8.tabula

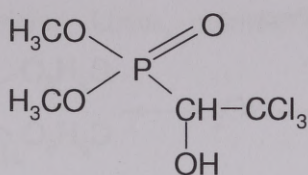
Dažu pesticīdu saturs dažādu organismu audos [13]

organisms/avots	aldrīns	DDT	heksahlorbenzols	heptahlor	PHB
zivju aknas (Ziemeļu Kanādas ezeri), ng/g lipīdu	-	50 - 1490	22 - 66	-	301 - 1941
zivju audi (Ziemeļu Ontario upes), ng/g dzīvnieciskās masas	-	1 - 10	1 - 8	1	10 - 430
Arktikas jūras zivis, ng/g dzīvnieciskās masas	-	0.6-6830	-	-	1 - 12850
Arktikas jūras zīdītāji, ng/g dzīvnieciskās masas	-	2-39000	-	-	1-12900
Arktikas jūras putni, ng/g dzīvnieciskās masas	-	3-22000	-	-	10 - 59
jūras ūdens (ledus), ng/l	-	0.0003-0.250	0.0001-0.05	-	0.0005-2.5

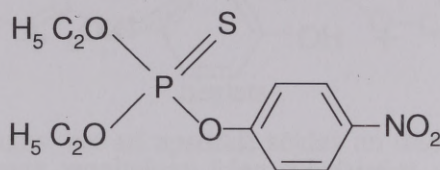
#### 6.3.4. Fosfora organiskie pesticīdi

Fosfora organisko pesticīdu ražošana tika uzsākta 20.g. piecdesmitajos – sešdesmitajos gados. To lielā mērā noteica apkarojamo kaitēkļu pierašana pie hlora organiskajiem pesticīdiem. Fosfora organiskie pesticīdi ir ļoti toksiski, jo tie spēj inhibēt enzīmu acetilholīnesterāzi. Šis enzīms piedalās nervu impulsu pārnēsē un tā darbības bloķēšana apstādina refleksīvās darbības (elpošanu, sirdsdarbību, u.c.). Pēc fosfora organisko pesticīdu iedarbības var parādīties galvassāpes, murgi, pastiprināta siekalu un asaru izdalīšanās, caureja un elpas trūkums. Daudziem fosfora organiskajiem pesticīdiem piemīt augsta insekticīda un akaricīda (pret ērcēm) iedarbība. Fosfora organiskie pesticīdi ir relatīvi nestabili ūdens vidē, kā arī cilvēku un dzīvnieku organismos. Vairums no tiem relatīvi ātri sadalās, tāpēc tie organismā neuzkrājas un neizraisa hronisku saindēšanos. Augos un augsnē lielākā daļa fosfora organisko pesticīdu sadalās dažu nedēļu laikā.

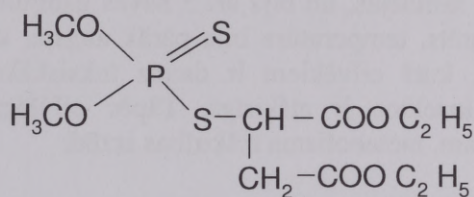
Pazīstamākie šīs grupas pesticīdi ir insekticīdi *hlorofoss*, *tiofoss* un *karbofoss*. **Hlorofoss** pirmoreiz sintezēts 1952. gadā. Tas pieder pie vidēji toksiskām ķīmikālēm. Intoksikācijas simptomi var parādīties jau pēc 10 – 15 minūtēm, jo hlorofoss ļoti strauji uzkrājas asinīs. Pie saindēšanās ar hlorofosu novēro acu asarošanu, bronhu spazmas, kustību koordinācijas traucējumus, drudzi un asinsspiediena izmaiņas. Tā 0,1 – 0,3% šķīdumu lieto cīņā ar mušām, kā arī ar cilvēku un dzīvnieku parazītiem.



hlorofoss

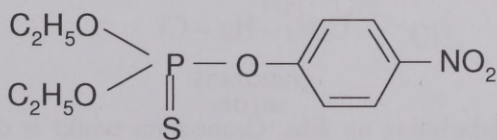


tiofoss

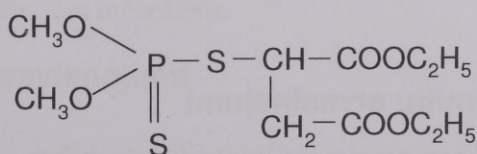


karbofoss

Vēl pie šīs grupas pesticīdiem pieder **parations** un **malations**, kurus lieto augļkopībā un dārzenkopībā insektu apkarošanai.



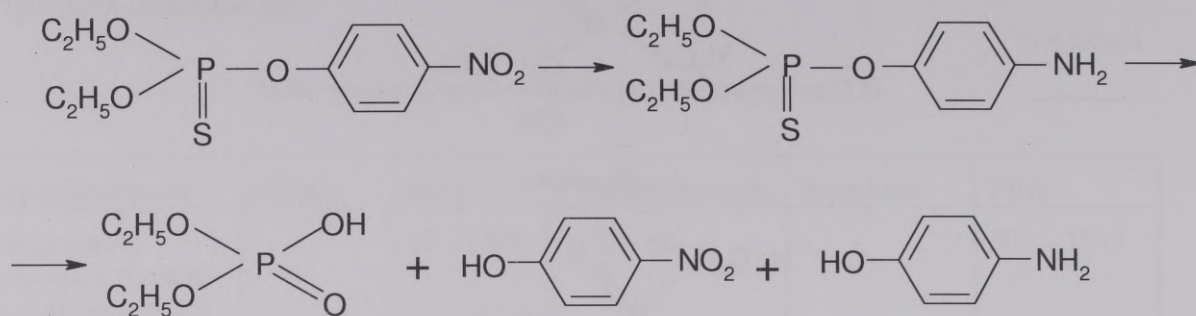
parations



malations

Visus šos savienojumus insekti uzņem, apēdot lapas, un tie iedarbojas kā holīnesterāzes inhibitori. Rezultātā uzkrājas acetilholīns, kas izraisa smagus nervu sistēmas traucējumus, un īsā laikā iestājas insekta nāve. Šos savienojumus plaši lieto augļkopībā un dārzenkopībā, jo tie ātri noārdās līdz netoksiskiem produktiem.

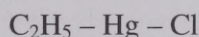
Paratons noārdās pēc sekojošas shēmas:



Zīdītājiem paratons ir toksiskāks nekā malatons, tomēr noteiktos apstākļos arī malatons var izraisīt spēcīgu saindēšanos. Tā piemēram, 1976. gadā Pakistānā malārijas likvidācijas programmas ietvaros ievērojams strādnieku skaits lietoja malationu. Rezultātā 2800 no 7500 tā lietotājiem saindējās, un bija arī 5 nāves gadījumi. Izrādījās, ka noliktavās, kur tika uzglabāts šis preparāts, temperatūra bija pārāk augsta, kā rezultātā daļa malationa pārvērtās par izomalationu, kurš cilvēkiem ir daudz toksiskāks. Jāatzīmē, ka malationa metabolisms zīdītājos un insektos ir atšķirīgs. Tāpēc cilvēkam tas ir mazāk kaitīgs. Palielinoties malationa saturam, metabolisma atšķirības izzūd.

### 6.3.5. Dzīvsudraba organiskie pesticīdi

Šāda tipa pesticīdu piemērs ir **granozāns**. Tas ir fungicīds un baktericīds un to lieto sēklu kodināšanai, kā arī pupu pirmssējas apstrādei.

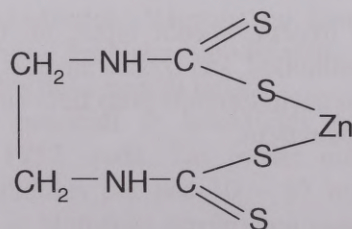


granozāns.

Granozāns toksiski iedarbojas uz ādu. Granozāna tvaiki ir divas reizes toksiskāki par dzīvsudraba tvaikiem. Saindējoties ar granozānu, samazinās eritrocītu skaits asinīs, novēro aknu olbaltumu un tauku distrofiju. Pārtikas produktos nedrīkst būt pat granozāna atliekas.

### 6.3.6. Pesticīdi - karbamātu atvasinājumi

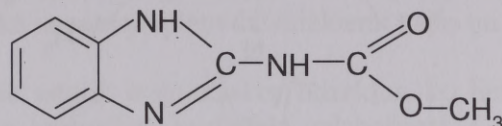
Šīs grupas pesticīdi var būt gan fungicīdi (ditiokarbamīnskābes atvasinājumi), gan herbicīdi (N-arilkarbamīnskābes esteri). Piemēram, **cinebs** ir fungicīds.



cinebs

Ar to apsmidzina ābeles, bumbieres, ķiršus, plūmes, jāņogas u.c. Tas ir maztoksisks savienojums.

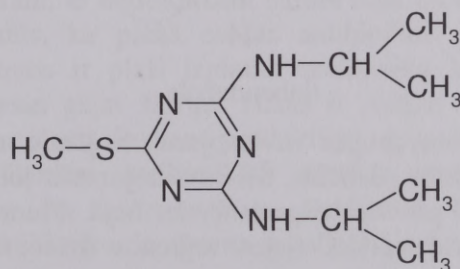
**Benlats** arī ir fungicīds un akaricīds.



benlats

Ar to ne tikai apsmidzina augus, bet arī apstrādā sēklas un stādāmo materiālu, kā arī ievada augsnē. Benlatu izmanto cukurbiešu, gurķu, tomātu, kā arī ābeļu un bumbieru apstrādei. Tas ir maztoksisks savienojums. Benlatu izmanto arī lopu apsmidzināšanai pret ērcēm. Šādi apstrādātus lopus drīkst kaut ne ātrāk kā septiņas dienas pēc apsmidzināšanas.

### 6.3.7. Simetriskie triazīni

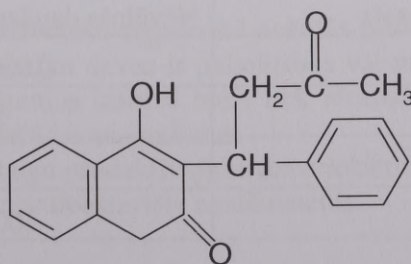


sitrīns

**Sitrīns** ir herbicīds, ko izmanto augsnes apstrādei kartupeļu un burkānu stādījumos. Pēc šādas augsnes apstrādes kartupeļus drīkst novākt realizācijai ne ātrāk kā pēc trīs mēnešiem, bet burkānus – ne ātrāk kā pēc četriem mēnešiem.

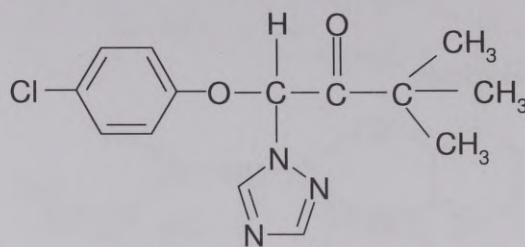
### 6.3.8. Heterocikliskie savienojumi

Pie šīs grupas pesticīdiem pieder rodenticīds **zookumarīns**, ko izmanto cīņai ar pelēm un žurkām.



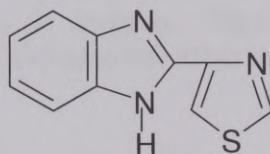
zookumarīns

**Bailetons** ir fungicīds, ar ko apsmidzina kviešus pret miltrasu, kā arī ābeles, gurķus, tomātus, cukurbietes, vīnogas un upenes.



bailetons

Šis pesticīds nav bīstams bitēm un citiem derīgiem kukaiņiem. Pēc apsmidzināšanas ar šo fungicīdu siltumnīcas gurķus realizācijai drīkst novākt ne ātrāk kā pēc piecām, bet tomātus – ne ātrāk kā pēc desmit dienām. **Tiabendazols** ir fungicīds, ko izmanto citrusaugu un banānu apsmidzināšanai pēc to novākšanas, jo tas šo augļu mizu padara izturīgu pret puves un pelējumu izraisošiem mikroorganismiem. Tas ir toksisks savienojums, tādēļ nebūtu vēlams dažādās receptēs izmantot citrusaugu miziņas.



tiabendazols

Visbeidzot, pie pesticīdu grupas savienojumiem jāmin **monofluoracetātu**. Tas ir interesants ar to, ka tas ir dabīgs pesticīds. Šis savienojums ir ļoti toksisks, jo bloķē Krebsa ciklu, kā rezultātā šūnas un pat viss organisms iet bojā. Fluoracetātu atrod dažos augos Austrālijā, Āfrikā un Dienvidamerikā. Šajos reģionos dzīvojošiem dzīvniekiem pret šo toksisko vielu ir izstrādājusies imunitāte un tie var šos augus ēst, toties ievestiem dzīvniekiem šie augi ir indīgi. Tādā veidā šie augi sevi aizsargā. Toties Jaunzēlandē fluoracetātu lieto kā pesticīdu cīņā ar oposumiem [16].

Lai gan pesticīdi tiek plaši lietoti, pesticīdu atliekas daudzumos, kas pārsniedz atļautās robežas, pārtikas paraugos netiek atrastas bieži. Interesanti ir 6.9. tabulā dotie dati par dažādu ķīmisku savienojumu nāvējošām devām pelēm. Šie rezultāti uzskatāmi parāda, ka toksīni ir ievērojami toksiskāki par pesticīdiem.

6.9.tabula

Dažu ķīmisko savienojumu nāvējošo devu salīdzinājums pelēm [16]

Ķīmisko vielu piederība klasei	Nāvējošs daudzums pelei µg/kg ķerm.masas
baktēriju toksīni	0.00003 – 1
jūras aļģu toksīni	10 – 1000
sēņu toksīni	1000
mikotoksīni	1000 – 10000
kālija cianīds	10000
pesticīdi	10000

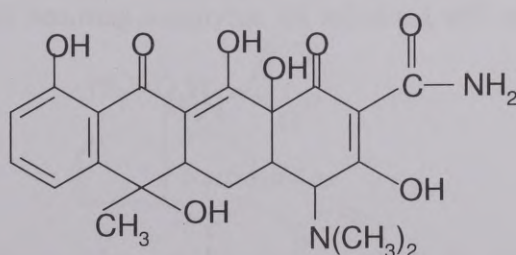
## 6.4. Ārstnieciskie līdzekļi

Medikamentu lietošanu kā dzīvnieku pārtikas piedevu sāka 20.gs vidū, bet jau astoņdesmitajos gados attīstījās valstīs veterināros medikamentus, kā arī augšanas stimulatorus sāka lietot ievērojamos daudzumos. Veterinārmedikamenti ir vielas, kuras lieto profilaktiskiem, terapeitiskiem, diagnostiskiem mērķiem vai fizioloģisko funkciju izmaiņai cilvēku pārtikā izmantojamiem dzīvniekiem: gaļas un piena lopiem, mājputniem, zivīm un bitēm.

Pārtikas produkti var saturēt ārstnieciskos līdzekļus, ko lieto dzīvnieku ārstēšanai, to augšanas paātrināšanai un lopbarības kvalitātes uzlabošanai. Galvenās pārtikas produktos atrodamās ārstniecības līdzekļu grupas ir antibiotikas, hormoni, sulfonamīdi un 2-nitrofurāni.

### 6.4.1. Antibiotikas

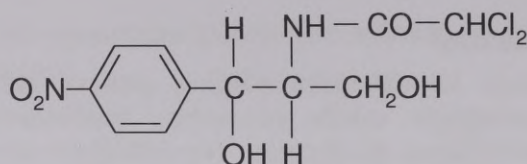
Mūsdienu lopu nobarošanas uzņēmumos ir daudzkārt vairāk dzīvnieku nekā tas bija agrāk. Tas izraisa paaugstinātu infekciju bīstamību lopu vidū. Antibiotikas ir viens no līdzekļiem cīņā ar šīm infekcijām. Tā kā ar tām tiek kavēta zarnu baktēriju darbība, dzīvniekiem ir lielāks masas pieaugums un tiek ietaupīta lopbarība. Jau apmēram 35 gadus lopu nobarošanā tiek izmantotas antibiotikas. Sākumā tās bija galvenokārt *penicilīns*, *tetraciklīns* un *bacitracīns*, bet gadu gaitā tām pievienojās arvien jauni antibiotiku preparāti. Antibiotikas lieto ne tikai dzīvnieku ārstēšanai, bet arī to augšanas stimulēšanai, tās izmanto arī kā konservantus. Piemēram, ar antibiotikām barota lopa gaļa uzglabājas ilgāk, jo tā satur mazāk baktēriju. Ir pierādīts, ka pienā esošās antibiotikas kaitē siera nogatavināšanai. Cūkgaļas ieguves uzņēmumos ir plaši izplatīta antibiotiku kā stresu mazinošu līdzekļu lietošana, jo pieprasītās liesas gaļas šķirnes cūkas ir jutīgas pret stresu. Antibiotikas var nonākt cilvēka organismā ar pienu un piena produktiem, gaļu un gaļas produktiem, kā arī ar olām. Visbiežāk no nevēlamām antibiotikām pārtikā atrod penicilīnus, tetraciklīnus, *streptomicīnus*, *neomicīnus* un *eritromicīnus*. Publicētie dati rāda, ka Lielbritānijā veterinārārstu izrakstītais antibiotiku daudzums ir palielinājies no 23 tonnām 1995. gadā līdz 55 tonnām 2001. gadā [2].



tetraciklīns

Parasti šīs antibiotikas dzīvnieku organismā noārdās piecu dienu laikā. Pārtikā tās atrod, ja dzīvniekiem dodamo antibiotiku devas ir palielinātas vai nav ievēroti noteiktie lietošanas termiņi. Olās un olu izstrādājumos samērā bieži tiek atrasts *hloramfenikols*, kuru pievieno vistu barībai, lai novērstu to dažādas saslimšanas.

Latvijā ir aizliegts visu sugu produktīvajiem dzīvniekiem lietot zāles, kuru sastāvā ir hloramfenikols – plaša spektra antibakteriāls medikaments.



hloramfenikols

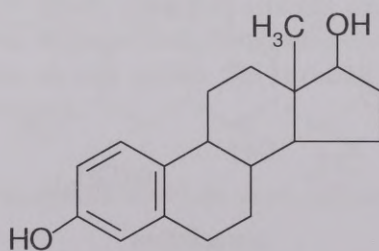
Antibiotikas diemžēl var atrast pat delikatesēs: Austrijas veikalos pārdotajās jūras veltēs tika konstatētas antibiotiku paliekas. Izrādījās, ka antibiotikas izmanto mazo jūras vēzīšu audzēšanā. PVO jau deviņdesmito gadu sākumā brīdināja, ka šādas dzīvnieku audzēšanas metodes samazina dažādu slimību ārstēšanas iespējas cilvēkiem. Japāna aizliedza importēt garneles no Taizemes, kas saturēja īpaši daudz antibiotiku. Antibiotikas var izraisīt cilvēkā dažādas alerģiskas reakcijas, samazināt enzīmu aktivitāti, izmainīt organisma mikrofloru. Tās var veicināt pret antibiotikām izturīgu baktēriju attīstību cilvēka organismā. Penicilīnam ir izteikti alerģiska iedarbība gan veterinārijā, gan humānajā medicīnā. ES valstīs veterinārmedicīnā ir aizliegtas antibiotikas, kas līdzīgas tām, ko lieto cilvēku ārstēšanā.

### 6.4.2. Hormoni

Dažiem hormoniem piemīt anaboliskā aktivitāte – tie sekmē organisma audu augšanu un olbaltumvielu sintēzi. Tādēļ dažās valstīs hormonu preparātus pievieno dzīvnieku, īpaši putnu, barībai. Izšķir šādas anabolisko preparātu grupas:

- 1) dabiskie dzimumhormoni: *estrogens, progesterons, testosterons*;
- 2) sintētiskie steroīdu atvasinājumi: *trenbolons, metiltestosterons*;
- 3) sintētiskie anaboliskie preparāti, kuriem nav steroīdu struktūras: *dietilstilbestrols, stilbestrols, heksestrols, ceranols*.

Visiedarbīgākie ir estrogēni – sievišķie dzimumhormoni. Bieži tiek rekomendēts tos kombinēt ar gestagēnas un androgēnas iedarbības vielām. Tā iegūst tā saucamos „hormonālos kokteiļus”. Lai tie dzīvnieku organismā vienmērīgi uzsūktos, bieži lieto ampulas, kuras implantē teļiem aiz ausīm. Pēc kaušanas šīs dzīvnieka ķermeņa daļas ar implantiem izmet atkritumos.

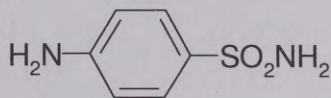


17-β-estradiols (estrogens)

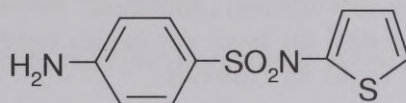
Samērā bieži tiek pielietots *Bovine Growth Hormone (BGH)* – govju augšanas hormons. Tā iedarbībā piena izdalīšanās govīm palielinās par 20%. Ir ļoti bīstami, ja šis hormons ar pienu vai gaļu nonāk cilvēku pārtikā, jo tas var izraisīt vēzi. Pat nelieli hormonu daudzumi pārtikā var izraisīt nevēlamas parādības cilvēka organismā. Turklāt dažiem anaboliskiem piemīt kancerogēnas īpašības. Latvijā hormonus un augšanas stimulatorus putnu un citu dzīvnieku nobarošanā ir aizliegts lietot kopš 1997. gada marta. Latvijā ir iegādāta aparatūra hormonu noteikšanai un dzīvnieku izcelsmes produktiem tiek veikta sarežģīta un dārga hormonu noteikšana.

### 6.4.3. Sulfonamīdi

Sulfonamīdi ir lopotnībā visplašāk izmantotie antimikrobiālie preparāti. Šīs grupas savienojumi ir efektīvas ārstniecības vielas, kuras plaši lieto dzīvnieku ārstēšanā kā infekciju terapijas līdzekļus, kā arī kā piedevas dzīvnieku barībai. Visbiežāk izmanto *sulfametazīnu*, *sulfadimetoksīnu*, *sulfatiazolu*. No gaļas un piena produktiem tie var nonākt cilvēka organismā un to nelabvēlīgi ietekmēt. Ir pierādīts, ka sulfonamīdiem nonākot pienā, tie var radīt ievērojamus zaudējumus siera ražotnēs. Tādēļ siera ražošanai paredzētajā pienā rūpīgi pārbauda sulfonamīda saturu.



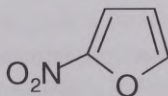
sulfanilamīds (baltais streptocīds)



sulfatiazols

### 6.4.4. Nitrofurāni

Šīs grupas preparātiem piemīt antimikrobas īpašības, jo tie nomāc mikroorganismu enzīmsistēmas, kā arī kavē citus bioķīmiskos procesus mikroorganismu šūnās. Tie darbojas pret gremošanas trakta infekcijām, tādēļ tos samērā plaši izmanto dzīvnieku ārstēšanai.

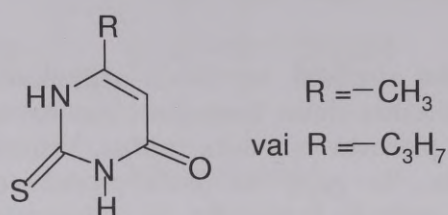


2-nitrofurāns

Visbiežāk izmanto *furazolidonu* un *nitrofurazonu*. Arī šīs ārstniecības līdzekļu grupas preparātiem nonākot pārtikā, tie var nelabvēlīgi ietekmēt cilvēka organismu.

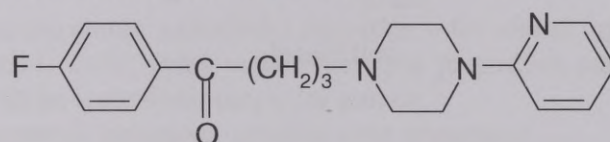
### 6.4.5. Tireostatiskie preparāti un nomierinošie līdzekļi

Mūsdienu lielajos dzīvnieku nobarošanas kompleksos, dzīvniekiem atrodies lielās grupās, tiem rodas papildus stresa situācijas. Īpaši jutīgas pret stresu ir liesu gaļas šķirņu cūkas. Stresi ievērojami pasliktina gaļas kvalitāti - tā var būt bāla, ūdeņaina. Lai stresus novērstu, dzīvnieku barībai pievieno **tireostatiskos preparātus**, kuri samazina šo dzīvnieku vairogdziedzera funkciju, bremzējot joda iesaistīšanos vairogdziedzera hormonos. Šo preparātu lietošanas rezultātā ūdens tiek aizturēts organismā un dzīvnieka masa pieaug. Pazīstamākie šīs grupas preparāti ir *metil-* un *propiluracils*.



metil- un propiluracils

ES valstīs šos preparātus lieto arvien mazāk, to vietā kā antistresa līdzekļus lietojot  $\beta$ -receptoru bloķētājus un trankvilizatorus. Šīs grupas pazīstamākie pārstāvji ir *stresnils*, *rompuns*, *promazīns*. Šos preparātus visbiežāk lieto cūku nobarošanā, jo liela skaita cūku atrašanās vienkopus, rada tām sirds - asinsvadu sistēmas pārslodzi.  $\beta$ -blokatori paaugstina organismu izturību pret psihiskām un fiziskām saslimšanām. Arī šiem preparātiem līdz dzīvnieka kaušanai jābūt izvadītiem no dzīvnieka organisma. Tomēr nav pārlicības, ka vienmēr tiek ievēroti likumā noteiktie laika periodi starp preparāta lietošanu un dzīvnieka kaušanu. Problēma ir apstākļi, ka dzīvniekiem „antistresa” preparātus vajadzētu dot arī pirms to transportēšanas uz kautuvi, jo tieši tās laikā var rasties lielākais stress. Piemēram, cūkas tikai transportēšanas laikā zaudē vairāk kā 1% svara.



stresnils

### 6.5. Neorganiskais piesārņojums. Smagie metāli.

Metāli ir vieni no vecākajām cilvēcei pazīstamajām toksiskajām vielām, taču daudzu metālu toksiskās īpašības ir noskaidrotas tikai mūsdienās. Par viskaitīgākajiem metāliem tiek uzskatīti svins, kadmijs, dzīvsudrabs, kā arī alva, bet arī vairāku citu metālu klātbūtne pārtikā nav vēlama. Diemžēl to daudzums apkārtējā vidē pieaug.

Dabā notiekošo procesu un cilvēka saimnieciskās darbības dēļ augsnē, ūdeņos, augos un dzīvnieku valsts produktos nonāk smagie metāli. Galveno piesārņojumu dod transporta līdzekļu un rūpniecības uzņēmumu izplūdes gāzes. Ar tām smagie metāli nonāk gaisā, bet pēc tam ar atmosfēras nokrišņiem nonāk uz augsnes un augiem. Šī tipa piesārņojumu rada arī minerālmēsli, pesticīdi un rūpnieciskie atkritumi. Pētījumi rāda, ka smagie metāli, nonākot augsnē, „atšķaidās” un bieži vien nepārsniedz pieļaujamās koncentrācijas, bet tai pat laikā augos tie koncentrējas un pieļaujamās koncentrācijas tiek pārsniegtas. No lauksaimniecības kultūrām visvairāk smagos metālus saista dārzeni, bet vismazāk – graudaugi. Pieaugot augu vecumam, uzkrāto metālu daudzums augu fitomasā palielinās. Smagie metāli visvairāk uzkrājas sakņu sistēmā, mazāk stublājos, vēl mazāk lapās un augļos.

No uztura smagie metāli uzsūcas maz: Pb – 5 – 10%, Cd – 0,5 – 7%, Hg – mazāk kā 7%. Daļa smago metālu organismā nonāk caur plaušām ar gāzēm, putekļiem, kā arī smēķējot.

### 6.5.1. Svins (Pb)

Svina saturs magmātiskas izcelsmes iežos ir  $1,5 \times 10^{-3}\%$ , līdz ar to svinu var pieskaitīt pie dabā mazizplatītiem elementiem. Katru gadu iegūst ~ 4 miljonus tonnu svina. Svins tiek plaši izmantots tehnikā – akumulatoru un bateriju ražošanai, tetraetilsvina ražošanai, celtniecībā, elektrotehnikā, krāsu un emalju ražošanā, kabeļu apvalku ražošanā, poligrāfiskā rūpniecībā un arī citur. Ja dabisko procesu rezultātā apkārtējā vidē gadā nonāk ap 11 000 tonnas svina, tad cilvēka darbības rezultātā vidē ik gadus nokļūst līdz 430 000 tonnas svina.

Svinu izmantoja jau senatnē un jau tad tika novērots, ka ar to var saindēties. To savos darbos aprakstījis Hipokrāts (460. – 377. g. p.m.ē.). Senajā Romā ūdensvada caurules bija no svina, bet uztura saldināšanai ne reti izmantoja svina acetātu („svina cukurs”). Saindēšanās ar svinu var būt viens no iemesliem Romas impērijas sabrukumam. Tā laika romiešu skeletos atrasts augsts svina saturs. Ludviga van Bēthovena nāves (1827.gadā) apstākļu pētnieki konstatējuši, ka komponista nāves cēlonis ir saindēšanās ar svinu. Nāvējošais svina saturs viņa organismā varēja rasties no svina ūdensvada caurulēm, no svinu saturoša materiāla vīna kausa izmantošanas, kā arī no svina sāļus saturošām ziedēm, ar kurām Bēthovena mūža nogalē viņa ārsts apstrādāja brūces, kas radās no adatām, ar kurām no vēdera dobuma tika atsūknēts liekais šķidrums.

Galvenie avoti, kas mūsdienās rada piesārņojumu ar svinu ir:

- rūpniecība,
- iekšdedzes dzinēju transports,
- mājas, kurās ūdensapgādes sistēmas satur svinu,
- vecā apbūve, kurā lietotas svinu saturošas krāsas,

Sākot ar 1923. gadu svinu, tetraetilsvina  $Pb(C_2H_5)_4$  veidā pievienojot benzīnam, plaši lietoja iekšdedzes dzinēju jaudas palielināšanai, paaugstinot degvielas detonācijas stabilitāti. Liela daļa degvielā ietilpstošā svina tās sadegšanas rezultātā nokļūst atmosfērā, no kuras svins nonāk augsnē un augos autoceļu tiešā tuvumā. Tur svins atrodams sīku putekļveida daļiņu (diametrs 2-4  $\mu m$ ) veidā, kuras vēlāk ar augsni veidojošām vielām (augšnes humuss, karbonāti, silikāti) stabili iekļaujas augsnes sastāvā.

Pētījumi, tajā skaitā arī Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta zinātnieku darbi rāda, ka svins tiešām visvairāk uzkrājas stādījumos un kokos, kas aug tiešā autoceļu tuvumā. Piemēram, ASV Aiovas štatā 1960.-ajos gados dažās fermās par teļu nobeigšanās cēloni tika atzīta to saindēšanās ar svinu, jo tos baroja ar automaģistrāles malās augošu zāli barotu govju pienu. Šveicē to iedzīvotāju vidū, kuri dzīvoja tiešā automaģistrāles tuvumā, saslimstība ar vēzi tika konstatēta deviņas reizes biežāk nekā cilvēkiem, kas dzīvoja 400 m attālumā no ceļa. Te gan jāņem vērā, ka automaģistrāles izplūdes gāzes satur arī policikliskos aromātiskos oglekļa hidrokarbonātus, piemēram, benzpirēnu, kuriem arī piemīt izteiktas kancerogēnas īpašības. Tādējādi autotransportu var uzskatīt par vienu no būtiskākajiem vides piesārņotājiem ar svinu. Ņemot vērā, ka gaisa masas pārvietojas lielos attālumos, nav pārsteidzoši, ka pat no industriāliem reģioniem vistālākajos apgabalos arī ir konstatēts neliels piesārņojums ar svinu (Grenlandes ledū līdz 2  $\mu g/kg$ , Barguzinas biosfēras rezervātā 1,2  $\mu g/kg$ , Abramova ledājā 0,2  $\mu g/kg$ ) [2].

Šobrīd jāatzīmē pozitīvs fakts, ka Latvijā, Eiropā un visā pasaulē arvien mazāk tiek tirgots un izmantots svinu saturošais, tā sauktais etilētais benzīns. Kopš 1999. gada Latvijā nav atļauta tādas degvielas tirdzniecība, kurā svina saturs lielāks par 0,15 g/l. Rezultātā, salīdzinot ar 1970.-ajiem gadiem, gan Latvijā, gan Ziemeļ- un Centrāleiropas valstīs, svina saturs dārzenos un graudaugos ir ievērojami samazinājies.

Svins apkārtējā vidē var nonākt arī ar minerālmēsliem, no svinu saturošām krāsām, ar insekticīdu svina arsenātu. Pārtikā svins var nokļūt no konservu kārbām, ja to šuvju metināšanai izmantota svinu saturoša lodalva. Vēl 1979. gadā ASV 90% konservu kārbas un

10% dzērienu kārbas lodēja ar lodalvu, bet 1986. gadā – vairs tikai 24% kārbu. Pamazām no šīs metodes atsakās un arvien vairāk izmanto alumīnija bezšuvju viengabala konservu kārbas. Ir pierādīts, ka britu polārpētnieks admirālis sers Džons Franklins un viņa komanda ekspedīcijā 1847. gadā aizgāja bojā no saindēšanās ar svinu, jo lietoja pārtiku no metāla konservu kārbām, kuras tolaik bija tehnikas jaunums [22]. Kristāla karafēs nedrīkst uzglabāt vīnu, brendiju, etiķi, jo augstas kvalitātes kristāls satur līdz 32% PbO. Brendijs, kurš kristāla karafē uzglabāts piecus gadus, saturēja 21,53 μg Pb/l, bet 99 μg Pb/l atrada vīnā, kas kristāla karafē tika turēts četras stundas. Jo skābāks uzglabājama šķidrums, jo vairāk tajā šķīst kristālā esošais svins. Svins ir arī krāsās un pigmentos. Piemēram, PbCO<sub>3</sub> ir baltās krāsas pigments. Bez tam svins stabilizē koksne atrodos tannīnus, kas samazina krāsas izbalēšanu no koka izstrādājumiem. Aizsardzībai pret koroziju Kanādā PbO un PbCrO<sub>4</sub> izmanto satiksmes līdzekļu, ceļa zīmju un marķējumu krāsošanai uz tiltiem. Jābūt uzmanīgiem ar veco svinu saturošo krāsu noņemšanu, remontējot mājas. Ar svinu saturošām krāsām krāsotus dēļus nevajadzētu dedzināt krāsnīs vai ugunsuros. Jāatzīmē, ka tipogrāfijas tintes (krāsas) arī satur svinu. Tādēļ nevajadzētu pārtikas produktus iesaiņot avīzēs, kā arī avīzes dedzināt krāsnīs. Gadsimtiem ilgi keramikas glazūrās izmantoja svina savienojumus, jo tie viegli šķīdina pārējās glazūras komponentes (alumīnija un silīcija oksīdus). Svina glazūras ir viegli krāsot un tās, savu fizikālo īpašību dēļ, ļauj nosegt sīkos māla pamatnes defektus. Vēl kāds interesants fakts par svinu. To izmanto zvejas tīklu atsvariņu izgatavošanā. ASV ik gadus šiem atsvariņiem izlieto 2 miljonus mārciņas jeb 900 000 kg svina [16]. Literatūrā [2] ir aprakstīts gadījums, ka Anglijā notika gulbju un savvaļas pīļu masveida saindēšanās ar svinu. Izrādās, šie putni, kuņģa darbības uzlabošanai, ēd no ezera grunts granti. Ja putnu organismā no makšķernieku atsvariņiem vai mednieku lodēm nonācis svins, šī grants kuņģī saberž mīksto svinu un tas labi uzsūcas dzīvnieku organismā.

Svins kopā ar varu atrodams līdz 1988. gadam celto māju ūdensvadu ūdenī. Paaugstināts svina saturs ir novērojams, lietojot ūdeni pēc pārtraukuma, piemēram, pēc nakts vai pēc ilgākas prombūtnes. Tad ieteicams ūdeni no krāna kādu laiku patecināt. Lielāks svina un vara saturs ir mīkstā ūdenī, jo tas ir skābāks un veicina koroziju. Bez tam cietā ūdenī svins no caurulēm nokļūst mazāk, jo caurules klāj nešķīstošu nogulšņu kārtiņa (PbCO<sub>3</sub> un PbSO<sub>4</sub>). Par cilvēkam nekaitīgu dzeramo ūdeni tiek uzskatīts tāds ūdens, kurā šo metālu koncentrācija nepārsniedz 0,015 mg Pb un 1,3 mg Cu litrā ūdens. Arī cigaretes satur 2,5-12,2 μg svina, no kuriem 2-6% ieelpo pats smēķētājs, bet 5-10% šī daudzuma ieelpo pasīvais smēķētājs.

Svins organismā nonāk:

- caur elpošanas ceļiem, ieelpojot svina putekļus;
- caur gremošanas traktu, ar pārtikas produktiem (65%) vai dzeramo ūdeni (20%);
- nelielos daudzumos svins var uzsūkties arī caur ādu, parasti organisku savienojumu veidā.

No dažādiem avotiem cilvēka organismā nonākušais svins sadalās sekojoši: 5 -10% uzsūcas no kuņģa-zarnu trakta, līdz 15% deponējas kaulos, no ieelpotā svina 40% uzsūcas plaušās, bet svina atlikums tiek izvadīts. Kaulos deponētā svina bioloģiskās saglabāšanās laiks pārsniedz 20 gadus, bet asinīs ~ 35 dienas. Mīkstajos audos svins visvairāk uzkrājas aknās, nierēs, tad aortā un muskuļos, bet vismazāk smadzenēs. Cietajos audos uzkrātais svins ir ciešāk saistīts, tāpēc tieši asinīs un mīkstajos audos esošais svins ir tas, kas izraisa saindēšanās simptomus. Tomēr eksistē līdzsvars starp kaulos, asinīs un mīkstajos audos esošo svinu. Svina saturs kaulos, zobos un matos, pieaugot cilvēka vecumam, pieaug.

Svins ir enzīmu inde un vairāk bojā audus, kas strauji attīstās, nevis audus ar stabilu vielu maiņu. Svins rada neatgriezeniskas izmaiņas augoša bērna nervu sistēmā, kas izpaužas kā garīgās attīstības aizkavēšanās. Svins spēj iziet cauri placentai, tādējādi nonākot embrijā, izraisot smagus augļa attīstības traucējumus. Asinīs svins saistās ar hemoglobīnu un plazmas proteīniem. Akūta saindēšanās ar svinu novērojama reti, biežāk – hroniska. Svins ir

kumulatīva inde. Svina savienojumi iedarbojas uz sirds-asinsvadu, endokrīno un reproduktīvo sistēmu. Tie ir arī neirotoksiski. Svins var izraisīt krampjus. Svina toksicitāti izskaidro ar divējādu iedarbības mehānismu:

1. Enzimātisko procesu inhibēšana (galvenokārt dažādos enzīmos saistot -SH grupas).
2. Mijiedarbība ar citiem organisma katjoniem, galvenokārt ar kalciju, cinku un dzelzi.

Svins viegli adsorbējas zarnās un adsorbcijas ātrums pieaug dzelzs, cinka vai kalcija trūkuma gadījumos. Bērniem adsorbējas ~ 50% svina, pieaugušiem - ~10% svina. Ja svins nonācis asinsritē, tas nonāk mīkstajos audos un īpaši ātri - kaulaudos. Ne velti svina satura noteikšanu pilsētu baložu kaulos iesaka kā vides piesārņojuma indikatoru attiecīgajā pilsētā. Kaulos svins iesaistās hidroksiapatītu sastāvā. Tā kā svins uzkrājas kaulos un zobos, ar rentgenanalīzes palīdzību arī pēc ilga laika tajos var noteikt svina saturu. Svins veido sulfīdus un izgulsnējas smaganās. Svina toksisko iedarbību var noteikt pēc tā satura asinīs. Svins ietekmē hēma, mioglobīna, porfirīnu un citohroma sintēzi, kā rezultātā samazinās hemoglobīna līmenis asinīs. 90% svina no organisma tiek izvadīts ar urīnu un fēcēm. Nedaudz svina izdalās arī caur ādu un matiem.

Pieaugušam cilvēkam minimālā toksiskā deva ir apmēram 0,4 µg Pb litrā asiņu. Cilvēkiem, kuriem darbā nav saskares ar svinu un kuri dzīvo ar svinu nepiesārņotā vidē, svina saturs asinīs ir mazāks par 0,1 µg/l. Svina saturs asinīs 0,25-0,60 µg/l pieaugušam cilvēkam var izraisīt galvassāpes, palielināt uzbudināmību, koncentrēšanās traucējumus un perifērās nervu sistēmas bojājumus. Ja svina saturs ir 0,60-0,80 µg/l, parādās gastrointestināli simptomi (vēdera sāpes, tā sauktās „svina kolikas”, slikta dūša, vemšana, aizcietējumi vai caureja). Ja svina saturs asinīs pārsniedz 0,80 µg/l, novēro nopietnas saindēšanās simptomātiku - vēdera sāpes un nefropātiju (progresējošs nieru kamoliņu bojājums). Encefalopātija (patoloģijas, kas rodas organisku galvas smadzeņu bojājumu rezultātā) un neiropātija (perifērās nervu sistēmas saslimšanas) parasti ir, ja svina saturs asinīs pārsniedz 1 µg/l [10].

1993. gadā Pasaules Veselības organizācijas un Pārtikas lauksaimniecības organizācijas ekspertu apvienotā komiteja (*Joint Expert committee for Food Additives and Contaminants - JECFA*) ir noteikusi svina pieļaujamo nedēļas normu 25 µg Pb uz kg ķermeņa masas.

Visvairāk svina atklāts dārzeņos, augļos, dzeramajā ūdenī, dzērienos, graudaugos un zvejas produktos (zivis, vēžveidīgie un divvāku moluski). 2/3 no cilvēku uzņemtā svina tiek uzņemts ar augu valsts produktiem. 50% no ar pārtiku uzņemtā svina cilvēks uzņem ar graudu produktiem un maizi, pie kam, kā parāda somu zinātnieku pētījumi, svina saturs rupjmaizē ir augstāks nekā baltmaizē. Vislielākais svina saturs tika atrasts tradicionāli gatavotajā rudzu maizē: vairāk nekā 80 µg/kg maizes. Vēl svina uzņemšanas avoti var būt piena produkti un atspirdzinoši dzērieni. Lietojot uzturā augļus un dārzeņus, kas var būt piesārņoti ar svinu saturošiem putekļiem, svina uzņemšanas risku var samazināt vai pat novērst, tos rūpīgi nomazgājot. Ir konstatēts, ka vienādos apstākļos augušos dārzeņos un augļos svina saturs vienmēr ir lielāks dārzeņos. To izskaidro ar to, ka svins no piesārņotās augsnes tieši nonāk dārzeņu ēdamajā daļā, bet, lai svins nonāktu augļos, tam jāveic garāks ceļš, jo augļi aug krūmos vai kokos, un daļa svina var zūst. Dārzeņos ar lielāku virsmas laukuma attiecību pret to masu, piemēram, salātos, spinātos, skābenēs, svina saturs ir lielāks. Salīdzinot dzīvnieku valsts produktus, konstatēts, ka visvairāk svina ir dzīvnieku aknās un nierēs, bet muskuļu audos tā saturs ir mazāks [2].

Eiropas Savienības Pārtikas zinātniskā komiteja 1992. gada 19. jūnija atzinumā secināja, ka vidējais svina saturs pārtikas produktos neesot iemesls uztraukumam. Tomēr vēl arvien jāveic pasākumi, lai turpinātu samazināt svina vidējo saturu pārtikas produktos. Eiropas Savienības Zinātniskās sadarbības programmas dati par svina piesārņojumu pārtikā doti 6.10. tabulā.

6.10.tabula

Eiropas Savienības Zinātniskās sadarbības programmas (SCOOP,1996) dati par svina piesārņojumu pārtikā [19]

Pārtikas produkts	Maksimāli pieļaujamais līmenis, mg/kg (ES regula 466/2001)	Pārtikas patēriņš (g) (raksturīgs)	Pb diapozons (mg/kg) (raksturīgs)	Pb uzņemšana (µg/dienā) (raksturīga)	Maksimālā Pb uzņemšanas deva (µg/dienā)
Augļi	0.1	100-500 (200)	0.01-0.1 (0.02)	4	20
Dārzeni, izņemot Brassicas ģints un lapu dārzeņus un kartupeļus	0.1	50-500 (200)	0.01-0,05 (0.02)	4	20
Brassicas ģints un lapu dārzeni	0.3	10-100 (50)	0.05-0.5 (0.1)	5	15
Graudaugu kultūras un pākšaugi	0.1	50-500 (200)	0.02-0.1 (0.03)	6	20
Liellopu, aitas, cūku, mājputnu gaļa	0.05	50-500 (150)	0-0.05 (0.02)	3	7.5
Dzīvnieku un augu izcelsmes tauki	0.05	10-100 (50)	0-0.03 (0.01)	0.5	2.5
Liellopu, cūku, mājputnu subprodukti	0.5	0-10 (5)	0.1-0.5 (0.2)	1	2.5
Piens	0.02	200-500 (400)	0-0.01 (0.001)	0.4	8
Zivis	0.03	10-50 (30)	0.03-0.5 (0.1)	3	6
Vēžveidīgie	1	0-5 (2)	0.05-3 (0.5)	1	2
Divvāku moluski	2	0-5 (2)	0.05-3 (0.5)	1	4
Augļu sulas	0.05	50-500 (100)	0-0.02 (0.01)	1	5
Vīni	0.5	0-500 (100)	0.05-0.1 (0.1)	10	20
Kopā				48	146

Pēc Starptautiskās vēža pētniecības asociācijas datiem – International Agency for Research on Cancer (IARC) svins tiek klasificēts kā otrās bīstamības grupas kancerogēna viela. Pēc Vispārējās apkārtējās vides reaģēšanas, kompensācijas un atbildības likumdošanas aktu – Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (CERCLA) datiem svins 2005. gadā bija otrajā vietā pēc tā bīstamības cilvēku veselībai.

### 6.5.2. Kadmijs (Cd)

Kadmijs ir uzskatāms par vienu no ekoloģiski visbīstamākajiem smagajiem metāliem. To var uzskatīt par tipisku mūsu laikmeta tehnokrātiskās darbības pavadoni, jo tikai pēdējo 20-30 gadu laikā ir palielinājies tā saturs apkārtējā vidē. Tam, ka pārtikā nokļuvusi kadmijs ir ļoti indīgs, pirmoreiz pievērsa uzmanību 1955. gadā, kad Japānā notika masveida saindēšanās ar to. Cietušie bija ēduši rīsus no laukiem, kuru apūdeņošanai tika izmantots ūdens no Jintsu upes. Šīs upes krastā atradās cinka pārstrādes uzņēmums, kurš piesārņoja upi ar kadmiju (kadmijs ir cinka pavadītājelements). Rezultātā saindējās liels skaits iedzīvotāju un daudzi arī nomira. Šīs saindēšanās simptomus nosauca par Itai-Itai slimību. Slimniekiem tika konstatēta osteomalācija (kaulu minerālvielu zudums), kaulu deformācijas un hroniskas nieru saslimšanas [2].

Dabas vidē kadmijs parasti ir atrodams tikai ļoti niecīgos daudzumos. Kadmijs ir atrodams mazāk attīrītajās eļļās un dīzeļdegvielā, kā arī oglēs, kuras sadedzinot, kadmijs nonāk gaisā (1 tonna ogļu satur vidēji 2 g Cd). Kadmiju plaši lieto kā piedevu metalurģijā un galvanotehnikā (pārklājumi ar kadmiju). To izmanto pigmentu iegūšanai laku, emaljas un keramikas ražošanā. Kadmiju kā stabilizatoru pievieno polimēriem. To izmanto akumulatoros un baterijās. Augu valsts produktos kadmijs var nonākt ar minerālmēsliem. Fosfāti vienmēr satur mikrodaudzumos kadmiju. Vairākās valstīs kadmija saturs fosfora minerālmēslos tiek reglamentēts. Augu valsts piesārņojuma avots ir arī degvielas sadedzināšana un termoelektrocenrālu izmeši. Visu iepriekšminēto procesu rezultātā kadmijs nokļūst gaisā un ūdenī, kā arī piesārņo augsni. Pēc orientējošiem aprēķiniem katru gadu Baltijas jūrā nokļūst ap 200 tonnu šī metāla, 45% no šī daudzuma nāk no gaisa. Visā pasaulē ik gadus apkārtējā vidē tiek izmestas 5000 - 8000 tonnas kadmija.

Pēc Pasaules veselības organizācijas datiem, kadmiju cilvēki galvenokārt uzņem ar pārtiku, kurā kadmijs ir nonācis no apkārtējās vides. Dzīvnieki un augi akumulē no gaisa nākošo metālu daļiņas un tajos notiek šo metālu koncentrēšanās. Tā, piemēram, gliemežos kadmija saturs var pat miljons reižu pārsniegt tā daudzumu ūdenī. Latvijas Bioloģijas institūta zinātnieku pētījumi (2001. gads) rāda, ka Rīgas jūras līča planktonā kadmija saturs ir 250 - 830 µg/kg, bet dažos moluskos – pat 1240 - 11 470 µg/kg. Liels ir arī kadmija saturs zivīs: salakās – 80 - 200 µg/kg, reņģēs – 170 µg/kg, līdakās – 210 µg/kg, nēģos - 230 µg/kg. Tomēr lielāko daļu kadmija cilvēks uzņem ar augu valsts pārtiku. Šajā ziņā īpašu vietu ieņem sēnes, jo tās sevišķi lielā mērā koncentrē sevī šo metālu. Brīvā dabā augušos šampinjonus atrada tuvu 6000 µg kadmija/kg sēņu. Jāatzīmē, ka sēnes koncentrē arī citus smagos metālus (Pb, Hg), kā arī radioaktīvos elementus.

60% no uzņemtā kadmija daudzuma cilvēks uzņem ar maizi un tāpēc tiek uzskatīts, ka nevis svins vai dzīvsudrabs, bet tieši kadmijs ir visbīstamākais smagais metāls. Pēc somu zinātnieku datiem kadmija saturs rudzu maizē ir 14 µg/kg, bet pilngraudu kviešu maizē – 30 µg/kg. Jāatzīmē, ka pilngraudu maize vienmēr satur vairāk kadmija kā citi maizes veidi, jo labībā kadmijs visvairāk ir atrodams graudu ārējā daļā, kura daļēji vai pilnīgi tiek aizvākta maļot. Tādēļ arī kadmija saturs miltos un maizē vienmēr ir zemāks nekā graudos. Apmēram

20% kadmija cilvēks uzņem ar kartupeļiem, citiem dārzeņiem un ogām. Daži autori norāda, ka, lietojot daudz saulespuķu sēklu, cilvēks var uzņemt dienā līdz 100  $\mu\text{g}$  Cd/kg. Arī dzīvnieku valsts produktos var būt kadmija. Visvairāk kadmija satur zirgu gaļa, kā arī liellopu un cūku blakus produkti – nierēs un aknās. Tās var saturēt līdz 0,2 mg kadmija/kg, pie tam vecāku dzīvnieku blakus produktos kadmija saturs ir vēl lielāks. Ievērojams kadmija avots ir cigaretes. Viena cigarete var saturēt 1 - 2  $\mu\text{g}$  kadmija un no 20 izsmēķētām cigaretēm cilvēka organismā deponējas 0,1 - 4  $\mu\text{g}$  kadmija.

Diennaktī ar pārtiku cilvēks var uzņemt līdz 60  $\mu\text{g}$  kadmija. Pēc PVO pētījumiem par nekaitīgu nedēļas devu uzskata 7  $\mu\text{g}$  kadmija uz ķermeņa masas kg. Kadmija adsorbēcija cilvēka organismā ir atkarīga no ģenētiskiem faktoriem, vecuma un uztura. Ja kadmija nonāk cilvēka organismā, tad tas no tā tiek izvadīts ļoti lēni. Ir konstatēts, ka jaundzimuša bērna organismā kadmija praktiski nav, bet 50-gadīga cilvēka organisms satur 20 - 30 mg kadmija. Kadmija izvadīšanas pusperiods ir 16-33 gadi. Tāpēc jau nelieli šī metāla daudzumi akumulējas un var radīt hronisku saindēšanos. Kadmija uzkrājas kaulos un matos, tāpēc matu analīze ir ērts līdzeklis šīs saindēšanās noteikšanai. Kadmija uzkrāšanās organismā ir tieši atkarīga no dzelzs daudzuma tajā. Jau neliels dzelzs deficīts var veicināt kadmija piesaisti un deponēšanu organismā. Sievietēm ir lielāks risks uzkrāt organismā kadmiju, jo menstruāciju laikā ar asinīm tiek izvadīts daudz dzelzs. Kadmija adsorbēciju organismā atvieglo arī cinka, kalcija un D vitamīna deficīts. Toksicitātes ziņā kadmija ieelpošana ir apmēram 60 reizes bīstamāka par kadmija nokļūšanu gremošanas sistēmā. Cilvēka organismā kadmija vispirms uzkrājas nierēs un, sasniedzot robežvērtību 0,2 mg kadmija uz 1 g nieru masas, sāk izpausties akūtas saindēšanās simptomi. Vācijas iedzīvotāju apsekošana parādījusi, ka apmēram 100 000 cilvēku kadmija līmenis organismā ir tuvu vai pat pārsniedz šo kritisko līmeni. Latvijā šādi pētījumi nav veikti. Asinīs kadmiju saista specifiski proteīni – metalotioneīni. Kadmija, uzkrājoties cilvēka organismā, var izraisīt nieru disfunkciju, reproduktīvo funkciju traucējumus un veicināt osteoporozes attīstību. Kadmija organismā bloķē vairāku enzīmu darbību. Kadmijam ir arī spēcīga mutagēna iedarbība.

Pēc PVO ekspertu vērtējuma, no smago metālu daudzuma, ko industriālā valstī dzīvojošie cilvēki uzņem ar pārtiku, svina un dzīvsudraba daudzums vēl ir diezgan tālu no maksimālās pieļaujamās robežas, bet kadmija daudzums jau ir ļoti tuvu tai.

Pēc IARC datiem kadmija tiek klasificēts kā pirmās bīstamības grupas kancerogēna viela. Pēc CERCLA datiem 2005. gadā kadmija bija astotajā vietā pēc tā bīstamības cilvēku veselībai.

### 6.5.3. Dzīvsudrabs (Hg)

Dzīvsudrabs ir vislabāk izpētītā bioloģiski aktīvā viela. Tā pielietošanai ir sena vēsture. Jau pirmatnējie cilvēki izmantoja sarkano akmeni no dzīvsudraba rūdas (cinobru jeb dzīvsudraba sulfīdu  $\text{HgS}$ ), lai zīmētu uz alu sienām. Metālisko dzīvsudrabu pazina senajā Ēģiptē. Viduslaikos alķīmiķi no dzīvsudraba centās iegūt zeltu vai sudrabu, kā arī izmantoja to reliģiozās ceremonijās. Šajā laikā dzīvsudrabu lietoja kā zāles pret sifilisu. Diemžēl arī pirmās ziņas par saindēšanos ar dzīvsudrabu ir senas. 1557. gadā Ž. Fernels pirmoreiz aprakstīja saindēšanos ar dzīvsudrabu, kuru izraisīja dzīvsudraba hlorīda jeb kalomela  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  izmantošana par diurētiku. Dzīvsudraba duālo dabu raksturo kādā 1639. gadā izdotā grāmatā raksturotais: „Dzīvsudrabs ir viskarstākais, visaukstākais, īsts dziedinātājs, ļauns slepkava, vērtīgas zāles, nāvējoša inde, draugs, kurš var iepriecināt un melot.” [16].

Dabā viens no galvenajiem dzīvsudraba avotiem ir vulkāniskie izvirdumi. Būtisks piesārņojuma avots ar dzīvsudrabu ir akmeņogļu un naftas sadedzināšana termoelektrocentrālēs. Akmeņogles var saturēt līdz 1 mg Hg/kg. Tādējādi akmeņogļu sadedzināšanas rezultātā pasaulē atbrīvojas 3000 t dzīvsudraba gadā. Dzīvsudrabu un tā

neorganiskos savienojumus plaši izmanto elektrotehnikā, medicīnisko instrumentu un mēraparatūras ražošanā, stomatoloģiskās amalgamas, kalcinētās sodas, elektrisko bateriju, kā arī dažu krāsu un krāsu pigmentu ražošanā. Samērā daudz dzīvsudraba izmanto hloru un nātrija hidroksīda ražošanā. Organiskos dzīvsudraba savienojumus izmanto kā pesticīdus un fungicīdus. Ar metālisko un neorganisko dzīvsudrabu visbiežāk saindējas rūpniecībā strādājošie, ar organisko dzīvsudrabu – ar pārtiku un sadzīvē. Puse no ar pārtiku uzņemtā dzīvsudraba nāk no dzīvnieku valsts produktiem, trešdaļa – no augu valsts produktiem.

Dzīvsudrabam ir raksturīga paaugstināta spēja reaģēt ar enzīmu tiolu grupām (-SH). Tā rezultātā dzīvsudrabs nomāc daudzu enzīmu aktivitāti un olbaltumvielu sintēzi. Dzīvsudrabs veido stabilus savienojumus arī ar aminogrupām, fosfātu- un karboksilgrupām, un ietekmē šūnu membrānas. Dzīvsudrabam piesaistoties šūnu membrānām, tas inhibē ogļhidrātu transportu caur tām, bet palielina kālija transportu. Šie procesi rada enerģijas deficītu šūnās, īpaši nervu šūnās. Tādējādi tiek kavēta nervu impulsu pārnese. Šūnu līmenī dzīvsudraba mutagēnā iedarbība ir pierādīta gan *in vitro*, gan *in vivo* pētījumos. Ir novērots, ka metildzīvsudrabs ietekmē šūnu dalīšanās procesus, bloķē tos, izsauc mitozes traucējumus un hromosomu fragmentēšanos. Neorganiskajos savienojumos esošie dzīvsudraba  $Hg^+$  un  $Hg^{2+}$  joni netiek adsorbēti no sāļiem, bet, nonākot organismā, tie izraisa nieru bojājumus. Nieres ir galvenais mērķa orgāns gan neorganiskajos, gan organiskajos savienojumos esošajam dzīvsudrabam. Metāliskais dzīvsudrabs ir plaušu kairinātājs. Metāliskais dzīvsudrabs un metildzīvsudrabs visvairāk iedarbojas uz centrālo nervu sistēmu (tiek bojāti sensorie neironi). Metildzīvsudrabs viegli iziet cauri placentai, izraisot augļa smadzeņu bojājumus. Galvenokārt tas koncentrējas asinīs un smadzenēs, ar ko izskaidro šīs toksiskās vielas teratogēno darbību. Metildzīvsudraba saturs augļa asinīs ir divkārt augstāks nekā mātes asinīs. Ir pierādīts, ka dzīvsudrabs nelabvēlīgi ietekmē arī reproduktīvās funkcijas. Starptautiskā vēža pētniecības asociācija ir klasificējusi dzīvsudrabu par otrās bīstamības grupas kancerogēno vielu. Raksturīgie simptomi saindējoties ar metildzīvsudrabu ir kustību koordinācijas un līdzsvara traucējumi, redzes lauka sašaurināšanās, var rasties muskuļu spazmas, dzirdes traucējumi, nespēja koncentrēties. Metildzīvsudrabs izraisa encefalopātiju. Ir pierādīts, ka selēns samazina metildzīvsudraba toksicitāti. Metāliskais dzīvsudrabs līdz 80% adsorbējas inhalāciju veidā. Tas labi šķīst taukos un asinīs, oksidējoties par divvērtīgā dzīvsudraba jonu. 90% no uzņemtajiem dzīvsudraba organiskajiem savienojumiem uzsūcas kuņģa-zarnu traktā.

Dzīvsudraba pusizvades laiks no organisma ir 60 dienas, bet no smadzeņu audiem – vairāki gadi. Dzīvsudrabs izdalās ar urīnu (no dzīvsudraba neorganiskiem savienojumiem) un izkārnījumiem (no dzīvsudraba organiskiem savienojumiem).

Ir konstatēts, ka cilvēka matos var izmantot par ērtu indikatoru saindēšanās briesmu noteikšanai. Regulāri uzturā lietojot zivis ar nelielu metildzīvsudraba saturu, piemēram, 0,8 mg Hg/kg asariem vai 1,6 mg Hg/kg līdakām, cilvēka matos nogulsņējas līdz 50 mg Hg/kg. Ja cilvēka matos ir šāds dzīvsudraba saturs, jau parādās saindēšanās pazīmes.

To, kādas sekas var būt piesārņojumam ar dzīvsudrabu, rāda masveida saindēšanās Japānā. Laikā no 1932. līdz 1968. gadam viena no Japānas lielākajām ķīmiskās rūpniecības kompānijām piesārņoja Minimatas upes un līča ūdeņus ar dzīvsudraba savienojumiem, kurus izmantoja kā katalizatorus polivinilhlorīda ražošanā. Pēc tehnoloģiskā cikla pabeigšanas viss dzīvsudrabs ar notekūdeņiem tika novadīts upē. Ar upes ūdeni tas nonāca Minimatas līcī, kurā ar dzīvsudrabu saindējās tur esošās zivis. Ūdenī bija nonākušas aptuveni 27 t dzīvsudraba. Ūdenī esošās augstās dzīvsudraba koncentrācijas dēļ, zivis saturēja 5 – 20 mg dzīvsudraba uz 1 kg zivju. Kā zināms, zivis ir viens no galvenajiem japāņu uztura komponentiem, tāpēc tas izraisīja liela skaita cilvēku saindēšanos. Apmēram 200 cilvēki nomira, bet vairāki tūkstoši saslima. Tikai pēc tam šo kombinātu slēdza, Minimatas līci nosusināja un tā dūņas izvāca [22].

1969. gadā ASV New Mexico štatā kādā fermeru ģimenē cūkām izbaroja ar fungicīdu alkildzīvsudrabu apstrādātus graudus. Pēc šo cūku gaļas lietošanas pārtikā trīs no desmit šīs ģimenes bērniem saslima ar dažādām nervu slimībām, bet šai laikā mātes vēderā esošais bērns piedzima ar smadzeņu bojājumiem un viņa urīnā atrastā dzīvsudraba koncentrācija bija 15 reizes lielāka nekā mātei.

Septiņdesmitajos gados Irākā vairāki simti cilvēku nomira no saindēšanās ar dzīvsudrabu, lietojot uzturā maizi, kuras cepšanā izmantotie graudi bija apstrādāti ar dzīvsudrabu saturošiem fungicīdiem, jo tie bija domāti sēšanai. Iedzīvotāji šīs sēklas izbaroja arī teļiem un vistām. Tūlītējas saindēšanās izpausmes šiem dzīvniekiem nenovēroja. Vistu gaļā dzīvsudrabu nekonstatēja, toties to atrada olās, jo tādējādi vistas atbrīvojās no dzīvsudraba. Lielais upuru skaits izskaidrojams ar to, ka tobrīd vēl nebija zināmi medikamenti dzīvsudraba izvadīšanai no cilvēka organisma. Vēlāk eksperimentāli atrada, ka šim mērķim var lietot -SH grupas saturošus tiola sveķus [2].

Katru gadu pasaulē ražo 25 000 t dzīvsudraba savienojumu, no kurām ~ 5000 t nonāk dažādu ūdenskrātuvju un okeānu ūdeņos. No ūdens vides dzīvsudrabu akumulē ūdens augi, caur pārtikas ķēdi tie nonāk vēžveidīgo, zivju, putnu un jūras zīdītāju organismos. Vašingtonas ezerā (ASV) 100 gadu laikā dzīvsudraba saturs tā dūņās pieauga 100 reizes. Visvairāk dzīvsudraba ir zivīs, īpaši zivīs – plēsoņās, kā arī liela izmēra un vecuma zivīs. Ūdenī dzīvsudrabu saturošās vielas mikroorganismu ietekmē pārvēršas par sevišķi toksisko metildzīvsudrabu. Tā pusizvades laiks no cilvēka organisma ir 80 - 120 dienas, pelēm tas ir 8 dienas, roņiem 6 mēneši, bet līdakām un moluskiem 3 gadi [22]. Metildzīvsudrabam piemīt hidrofobas īpašības, tādēļ tas galvenokārt uzkrājas lipīdiem bagātos audos. Metildzīvsudrabs tiek uzskatīts par vienu no sešiem bīstamākajiem vidē esošajiem ķīmiskajiem savienojumiem. Tas ātri no pārtikas uzsūcas gremošanas traktā un viegli nonāk asins plūsmā, kur saistās ar asins proteīniem. Metildzīvsudrabam ir arī neirotoksiska iedarbība - tas uzkrājas cilvēka smadzenēs.

Ir atzīts, ka zivis un citi zvejas produkti ir galvenais dzīvsudraba avots cilvēka uzturā. Apkopojot dažādu valstu pētījumu rezultātus, var secināt, ka ar zivīm uzņem 60 - 90% dzīvsudraba no kopējā ar pārtiku uzņemtā dzīvsudraba daudzuma. Pēc PVO datiem cilvēks nedēļā uzņem 0,3 - 1,5 µg Hg uz vienu kilogramu masas. Dabiskais jeb fona dzīvsudraba saturs zivīs ir 5 - 200 µg/kg. PVO par maksimālo pieļaujamo dzīvsudraba saturu zivīs uzskata 1 mg Hg/kg zivju. Tomēr šāda satura noteikšana pasargā tikai no akūtas saindēšanās, tāpēc, piemēram, Somijā tiek ieteikts Baltijas jūrā zvejojās zivis ēst ne biežāk kā 1 - 2 reizes nedēļā, bet grūtniecēm vispār atteikties no zivīm. Baltijas jūras līdakas Stokholmas tuvumā saturēja 5,7 mg Hg/kg zivju. Kaķus barojot ar šīm līdakām, tie pēc 2 - 3 mēnešiem nomira no saindēšanās ar dzīvsudrabu. Asari un zuši saturēja nelielu daudzumu mazāk dzīvsudraba. Zviedrijas pārtikas higiēnas speciālisti pieprasīja samazināt Baltijas jūras zivīm pieļaujamo dzīvsudraba saturu līdz 0,5 vai pat 0,2 mg Hg/kg zivju, lai cilvēkus pasargātu ne tikai no akūtas saindēšanās iespējām, bet arī no smagām saindēšanās sekām, piemēram, smadzeņu šūnu bojājumiem un no gēnu mutācijām [22].

6.11.tabula

Metildzīvsudraba saturs Baltijas un Ziemeļjūras zivīs

zivju suga	valsts	Hg saturs
līdakas	Somija	3 mg/kg
	Zviedrija	5 - 6 mg/kg
	Nīderlande	10 mg/kg
zuši	Nīderlande	2 mg/kg
asari	Somija	2 mg/kg

Konstatēts, ka Vācijā medījumos, īpaši mežacūkās un zaķos, ir daudz dzīvsudraba. Tas koncentrējas šo dzīvnieku aknās un nierēs. Četras reizes lietojot šos produktus uzturā, var uzņemt pieļaujamo dzīvsudraba gada normu.

Pēc 2001.gada Vides pārskata datiem, Latvijas ūdeņos dzīvsudraba saturs ir 0,1 - 1,0 µg/l. Rīgas jūras līcī dzīvsudraba saturs vidēji ir 130 – 560 µg/kg. Iekšējos saldūdeņos mītošās zivīs dzīvsudraba saturs nav analizēts regulāri. LU Hidroekoloģijas institūta pētījumi rāda, ka dzīvsudraba saturs asaru muskuļos Rīgas apkārtnes ezeros ir vidēji piecas reizes augstāks nekā asariem, kas zvejoti Rīgas jūras līča piekrastes joslā: vidēji ezeros – 321 µg/kg, līcī – 66 µg/kg. Asaros atrastais dzīvsudraba saturs ir lielāks nekā citās zivīs (līdakās, butēs, karpās, siļķēs) [20].

6.12.tabula

## Maksimāli pieļaujamais smago metālu saturs pārtikas produktos

Nr.p.k.	Produkts	Maksimālais saturs (mg/kg produkta)
		<b>SVINS (Pb)</b>
<b>Regula 466/2001/EC</b>		
1.	Govs piens (svaigs piens <sup>1</sup> , piens, kas paredzēts piena produktu ražošanai <sup>2</sup> , un termiski apstrādāts piens <sup>3</sup> )	0,02
2.	Mātes piena aizstājēji <sup>4</sup>	0,02
3.	Liellopu, aitas, cūkas, mājputnu gaļa, fermā audzēto savvaļas un medījamo dzīvnieku gaļa, izņemot blakusproduktus	0,1
4.	Liellopu, aitas, cūkas, trušu, mājputnu, fermā audzēto savvaļas un medījamo dzīvnieku blakusprodukti	0,5
<b>Regula 221/2002/EC</b>		
5.	Zivju gaļa <sup>5,6</sup> , izņemot 6. punktā minēto zivju gaļu	0,2
6.	Pelamīdas ( <i>Sarda sarda</i> ), jūras karūsas ( <i>Diplodus vulgaris</i> ), zuša ( <i>Anguilla anguilla</i> ), pelēkās kefales ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ), pomadasīdas ( <i>Pomadasys benneti</i> ), stavridas ( <i>Trachurus trachurus</i> ), sardīnes ( <i>Sardina pilchardus</i> , <i>Sardinops species</i> ), plankumainā jūras asara ( <i>Dicentrarchus punctatus</i> ), tunzivs ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> ), īsspuru jūras mēles ( <i>Dicologlossa cuneata</i> ) gaļa <sup>6</sup>	0,4
<b>Regula 466/2001/EC</b>		
7	Vēžveidīgie, izņemot krabju brūno gaļu	0,5
<b>Regula 221/2002/EC</b>		
8.	Divvāku moluski	1,5
<b>Regula 466/2001/EC</b>		
9.	Galvkāji (bez iekšējiem orgāniem)	1,0
10.	Graudaugu kultūras un pākšaugu dārzeņi	0,2
11.	Dārzeņi, izņemot Brassicas ģints dārzeņus <sup>7</sup> , lapu dārzeņus <sup>8</sup> , svaigus garšaugus <sup>9</sup> un sēnes <sup>10</sup> Kartupeļiem maksimālo normu piemēro mizotiem kartupeļiem	0,1

Nr.p.k.	Produkts	Maksimālais saturs (mg/kg produkta)
12.	Brassicas ģints dārzeņi, lapu dārzeņi un sēnes	0,3
13.	Augļi <sup>11</sup> , izņemot ogas un sīkus augļus	0,1
14.	Ogas un sīki augļi <sup>12</sup>	0,2
15.	Tauki un eļļas, tajā skaitā piena tauki	0,1
16.	Augļu sulas, koncentrētas augļu sulas (tiešai lietošanai uzturā) un augļu nektāri	0,05
17.	Vīni	0,2
		<b>KADMIJS (Cd)</b>
<b>Regula 466/2001/EC</b>		
18.	Liellopu, aitas, cūkas, mājputnu gaļa, fermā audzēto savvaļas un medījamo dzīvnieku gaļa, izņemot blakusproduktus	0,05
19.	Liellopu, aitas, cūkas, mājputnu, fermā audzēto savvaļas un medījamo dzīvnieku aknas	0,5
20.	Liellopu, aitas, cūkas, mājputnu, fermā audzēto savvaļas un medījamo dzīvnieku nieres	1,0
21.	Zirga gaļa	0,2
<b>Regula 221/2002/EC</b>		
22.	Zivju gaļa <sup>5,6</sup> , izņemot 23. punktā minēto zivju gaļu	0,05
23.	Pelamīdas ( <i>Sarda sarda</i> ), jūras karūsas ( <i>Diplodus vulgaris</i> ), zuša ( <i>Anguilla anguilla</i> ), Eiropas anšova ( <i>Engraulis encrasicolus</i> ), pelēkās kefales ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ), stavridas ( <i>Trachurus trachurus</i> ), luvarus ( <i>Luvarus imperialis</i> ), sardīnes ( <i>Sardina pilchardus</i> ), sardinopses ( <i>Sardinops species</i> ), tunzivs ( <i>Thunnus species and Euthynnys species</i> ), īsspuru jūras mēles ( <i>Dicologlossa cuneata</i> ) gaļa <sup>6</sup>	0,1
24.	Vēžveidīgie, izņemot krabju brūno gaļu un omāru un līdzīgu lielo vēžveidīgo ( <i>Nephropidae</i> and <i>Palinuridae</i> ) galvas un krūšu daļas gaļu	0,5
<b>Regula 466/2001/EC</b>		
25.	Gliemenes (divvāku gliemji)	1,0
26.	Galvkāji (bez iekšējiem orgāniem)	1,0
27.	Graudaugu kultūras, izņemot klijas, dīgļus, kviešu graudus un rīsu	0,1
28.	Klijas, dīgli, kviešu graudi un rīsi	0,2
29.	Sojas pupas	0,2
30.	Dārzeņi un augļi, izņemot lapu dārzeņus <sup>8</sup> , svaigus garšaugus <sup>9</sup> , sēnes <sup>10</sup> , stublāju dārzeņus <sup>13</sup> , sakņu dārzeņus <sup>14</sup> un kartupeļus	0,05
31.	Lapu dārzeņi <sup>8</sup> , svaigi garšaugi <sup>9</sup> , selerijas saknes un sēnes	0,2
32.	Stublāju dārzeņi <sup>13</sup> , sakņu dārzeņi <sup>14</sup> un kartupeļi, izņemot selerijas saknes. Kartupeļiem maksimālo normu piemēro mizotiem kartupeļiem.	0,1

Nr.p.k.	Produkts	Maksimālais saturs (mg/kg produkta)
		<b>DZĪVSUDRABS (Hg)</b>
33.	Zvejas produkti, izņemot 34.punktā minētos	0,5
<b>Regula 221/2002/EC</b>		
34.	Jūrasvelns ( <i>Lophius</i> spp.), zobzivs (vilczivs) ( <i>Anarhichas lupus</i> ), labraks ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ), jūras līdaka (zilmenca) ( <i>Molva dipterygia</i> ), pelamīda ( <i>Sarda sarda</i> ), zutis ( <i>Anguilla</i> spp.), Atlantijas lielgalvis ( <i>Hoplostethus atlanticus</i> ), strupdeguna garaste ( <i>Coryphaenoides rupestris</i> ) paltuss ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ), marlīna ( <i>Makaira</i> spp.), līdaka ( <i>Esox lucius</i> ), vienkrāsainā pelamīda ( <i>Orcynopsis unicolor</i> ), Portugāles haizivs ( <i>Centroscymnes coelolepis</i> ), raja ( <i>Raja</i> spp.), jūras asaris (sarkanais) ( <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i> ), buru zivs ( <i>Istiophorus platypterus</i> ), mataste (lepidops) ( <i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i> ), haizivs (visas sugas), čūskveidīgā makrele vai Atlantijas sviestzivs ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ), store ( <i>Acipenser</i> spp.), šķēpzivs ( <i>Xiphias gladius</i> ), tunzivs ( <i>Thunnus species and Euthynnus species</i> )	1,0

Piezīmes:

<sup>1</sup> Svaigs piens – piens, kas iegūts no govju piena dziedzeriem un kas nav karsēts virs 40°C vai nav bijis pakļauts jebkādi apstrādei ar analogu iedarbību.

<sup>2</sup> Piens, kas paredzēts piena produktu ražošanai – gan svaigs piens, kas paredzēts apstrādei, gan šķidrums vai sasaldēts piens, kas iegūts no svaiga piena, neatkarīgi no tā, vai tas ir bijis pakļauts kādai atļautai fizikālai apstrādei, tādai kā karsēšana vai termizēšana (piena karsēšanai vismaz 15 sekundes temperatūrā no 57°C līdz 68°C tā, lai pēc karsēšanas piens uzrāda pozitīvu fosfatāzes testa reakciju), vai ir mainīts tā sastāvs, nemainot piena dabiskās sastāvdaļas.

<sup>3</sup> Termiski apstrādāts piens – piens, kas pakļauts jebkādi apstrādei, ieskaitot karsēšanu, kas izraisa tūlītēju fosfatāzes testa negatīvu reakciju.

<sup>4</sup> Maksimālā norma attiecas uz produktu, ko piedāvā kā gatavu lietošanai vai kas sagatavots saskaņā ar ražotāja norādījumiem.

<sup>5</sup> Zivju gaļa, kas iegūta no dzīvām zivīm, svaigām vai atdzesētām zivīm, saldētām zivīm, kā arī zivju filejas, sagatavotas vai konservētas zivis.

<sup>6</sup> Ja zivis ir paredzētas ēšanai veselā veidā, tad normu piemēro veselām zivīm.

<sup>7</sup> Brassicas ģints dārzeņi – brokoļi, ziedkāposti, Briseles kāposti, galviņkāposti, ķīniešu kāposti, virziņkāposti, kolrabji un citi.

<sup>8</sup> Lapu dārzeni – kressalāti, salātu baldriņš, salāti, platlapu endīvijas, biešu lapas, ūdenskrese, vitlufi.

<sup>9</sup> Svaigi garšaugi – kārveles, maurloki, pētersīļi un citi svaigi garšaugi.

<sup>10</sup> Sēnes – kultivētas sēnes un savvaļas sēnes.

<sup>11</sup> Augļi – greipfrūti, citroni, laimi, mandarīni (tai skaitā, klementīni un citi hibrīdi), apelsīni, greipfrūti, āboli, bumbieri, cidonijas, aprikozes, ķirši, persiki (tai skaitā, nektarīni un citi hibrīdi), plūmes, avokado, banāni, dateles, vīģes, kivi, kumkuāti, līčijas, mango, olīves, *passion fruit* – pasifloras augļi, ananāsi, granātāboli.

<sup>12</sup> Ogas un sīki augļi – vīnogas, zemenes, mellenes, kazenes, avenes, zilenes, dzērvenes, jānogas, upenes, ērkšķogas un to hibrīdi.

<sup>13</sup> Stublāju dārzeni – asparagi, *cardoons*, lapu (kātu) selerijas, fenhelis, artišoki, puravi, rabarberi, u.c.

<sup>14</sup> Sakņu dārzeni – bietes, burkāni, sakņu selerijas, mārrutki, Jeruzalemes artišoki, pastinaki, pētersīļu saknes, redīsi, plostbārži, saldī kartupeļi (batātes), kāļi, jamsi, rāceņi u.c.

Pēc IARC datiem dzīvsudrabs tiek klasificēts kā otrās bīstamības grupas kancerogēna viela. Pēc CERCLA datiem 2005. gada cilvēka veselībai bīstamo vielu sarakstā dzīvsudrabs atradās trešajā vietā.

Sekojošie trīs metāli-hroms, cinks un varš ir mikroelementi. To klātbūtne cilvēka organismā ir nepieciešama, jo tie veic tajā konkrētus uzdevumus. Tādēļ, atšķirībā no svina, kadmijs un dzīvsudraba, kuru atrašanās organismā ir kaitīga, šiem metāliem tiek uzdots ne tikai maksimālā pieļaujamā deva, bet arī nepieciešamais minimālais saturs.

#### 6.5.4. Hroms (Cr)

Hroms ir mikroelements, kas stabilizē nukleīnskābes un olbaltumvielas un aktivē dažus enzīmus. Hroms stimulē insulīna darbību un piedalās glikozes un tauku apmaiņā. Tā trūkums var būt viens no aterosklerozes cēloņiem. Ikdienas nepieciešamā deva cilvēkam ir apmēram 200 µg.

Galvenie šī elementa toksicitātes kritēriji ir savienojuma šķīdība un hroma oksidācijas pakāpe. Metāliskais hroms ir relatīvi netoksisks. Maztoksiski ir arī trīsvērtīgā hroma sāļi. Sešvērtīgā hroma sāļiem piemīt izteiktas oksidēšanas spējas, tādēļ tie var izraisīt šūnu olbaltumvielu denaturāciju un hemoglobīna oksidēšanos, veidojot methemaglobīnu. Uzņemot orāli, sešvērtīgie hroma savienojumi ir 10 – 100 reizes toksiskāki par trīsvērtīgā hroma savienojumiem. Sešvērtīgā hroma šķīstošie savienojumi var izraisīt ādas bojājumus un alerģijas, bet ilgstoši ieelpojot sešvērtīgā hroma mazšķīstošos un nešķīstošos savienojumus, tie var izraisīt vēzi. Tas var notikt tikai rūpnieciskajā ražošanā, bet ne ar pārtiku. Hromāti visvairāk uzkrājas aknās, liesā un kaulu smadzenēs, pārvarot placentāro barjeru, tie uzkrājas auglī. Hromātu pusizvades laiks ir 2 – 3 dienas. Apmēram 60% hromātu tiek izvadīti ar urīnu 8 stundu laikā. Pārtikas produktos biežāk ir sastopami trīsvērtīgā hroma savienojumi. Pārtikā hroma savienojumi var nonākt no apkārtējās vides, jo hromu izmanto fotoķīmikalijās, kā miecējošu vielu ķīmiskajā rūpniecībā, kā arī metālu un plastmasu virsmu pārklāšanai. Lietojot hromētus traukus, hroma saturs pārtikas produktos var pieaugt divas reizes.

#### 6.5.5. Cinks (Zn)

Cinks ir organismam nepieciešams mikroelements, kas ietilpst vairāku enzīmu sastāvā un ir dažu enzīmu aktivators. Tiek uzskatīts, ka cinks ir nepieciešams arī acs tīklenē noritošiem fotoķīmiskiem procesiem. Cinkam ir nozīme insulīna biosintēzē un šūnu

membrānu stabilizēšanā. Cinks ir nepieciešams imūnsistēmai, garšas un ožas saglabāšanai, kā arī matiem. Nepietiekošs cinka daudzums izraisa matu augšanas palēnināšanos, kā arī to izkrišanu. Ieteicamais cinka daudzums dienā ir 12 mg sievietēm un 15 mg vīriešiem. Visvairāk cinka ir austerēs, kur tā saturs var pārsniegt 1000 mg/kg, sierā, gaļā, aknās, auzu pārslās, rupjmaizē, zirņos, pupās, saulespuķu sēklās. Lielais cinka daudzums austerēs tiek izskaidrots ar to audos esošo lielo kalcija saturu, kas varētu kavēt cinka reakcijas ar enzīmiem. Jāuzsver, ka veģetāriešiem jāuzņem pār 50% vairāk cinka, jo no augu valsts produktiem samazinās cinka absorbcija. Cinka uzsūkšanos organismā kavē nepietiekamais ar veģetāro pārtiku uzņemto olbaltumvielu saturs, augu šķiedrvielu lielais saturs, kā arī palielinātais fitīnskābes un skābeņskābes sāļu saturs [17].

Cinks ietilpst bronzas un misiņa sastāvā, no kuriem izgatavo arī traukus. Ar cinku, aizsargājot pret koroziju, pārklāj dzelzs izstrādājumus.  $ZnCl_2$  izmanto pergamentpapīra ražošanā, bet  $Zn_3P_2$  lieto cīņā ar grauzējiem. Šis savienojums ir īpaši toksisks. Cinku izmanto arī sauso bateriju ražošanā.

Pārtikā cinks var nonākt, uzglabājot skābes saturošus produktus cinkotos traukos, vai ar dzeramo ūdeni, ja ūdensvadāms izmantotas cinkotas caurules. Zviedrijā mūsdienās ūdensvada caurules ražo tikai no vara. Šīs caurules drošības dēļ no iekšpuses tiek lakotas. Ir pierādīts, ka cinkotos traukos nedrīkst uzglabāt medu, jo rodas toksiski savienojumi.

Saindēšanās ar cinku ir reta parādība, tomēr Čehijā ir noteikta cinka norma pārtikas produktos – ne vairāk kā 100 mg cinka uz 1 kg produkta. Visvairāk cinka atrasts liellopu gaļā, zirņos, kakao, želatīnā ap 100 mg/kg, bet austerēs pat 150 mg/kg. Uzņemot vairāk kā 100 – 250 mg cinka dienā, var rasties vēderkrampji, slikta dūša, vemšana. Ilgstoši uzņemot palielinātu cinka daudzumu var rasties anēmija (asinīm samazinās spēja transportēt skābekli), aizkuņģa dziedzera bojājumi, kā arī samazinās augsta blīvuma holesterīna saturs. Cinka savienojumi netiek uzskatīti par kancerogēnām vielām.

### 6.5.6. Varš (Cu)

Varš ir nepieciešams mikroelements cilvēka organismam. Kompleksā ar olbaltumiem varš ir eritrocītos, asins plazmā, aknās, nierēs un šūnu mitohondrijos. Varš aktivē vairākus enzīmus. Aknās ir varu saturošs savienojums ceruloplazmīns, kas pārveido resorbēto trīsvērtīgo dzelzi par divvērtīgo, tā veicinot dzelzs transportu asinīs. Trūkstot varam, organismā tiek kavēta dzelzs izmantošana un rodas anēmija. Samērā daudz vara ir pupās, vēl vairāk tā ir dzīvnieku un zivju aknās. Pieaugušam cilvēkam nepieciešami 2 – 5 mg vara dienā. Diennakts pieļaujama uzņemta vara daudzums ir 500 µg uz kg ķermeņa masas.

Varš iedarbojas toksiski, ja diennaktī ir uzņemti 125 – 200 mg vara. Varš netiek uzskatīts par toksisku metālu, tomēr tā kā vara, cinka un hroma fizioloģiskās un toksiskās devas atrodas ļoti tuvu, pārsniegt šo daudzumu nav ieteicams. Vara palielināta daudzuma uzņemšana var izraisīt galvas reiboņus, galvassāpes, kā arī aknu un nieru bojājumus. Pārtikā varš var nonākt no augiem, ja tie apstrādāti ar varu saturošiem fungicīdiem, piemēram, Parīzes zaļo  $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 3Cu(AsO_2)_2$ . Varu saturošu pesticīdu izmantošana vīnogu audzēšanā var būt par iemeslu vīna piesārņošanai ar varu. Palielinātos daudzumos varu var uzņemt arī ar gaļu, ja dzīvnieku paštrinātai nobarošanai izmantota  $CuSO_4$  piedeva. Ik dienas teļu, sivēnu, aitu vai putnu barībai pievienojot 2 mg  $CuSO_4$ /kg ķermeņa masas, var panākt svara pieaugumu par 5%. Ir dati, ka vara savienojumus pievieno ezeru ūdeņiem, lai ierobežotu tajos aļģu augšanu. Tomēr galvenais piesārņojuma avots ir vara izstrādājumi, kurus izmanto pārtikas rūpniecībā – katli, caurules, aparatūra. Ja vara traukos tiek uzglabāti ievārījumi, augļu organiskās skābes var reaģēt ar varu. Tā kā vara joni ir spēcīgi oksidētāji, tie pārtikas produktos noārda A un C vitamīnus, pasliktina produktu organoleptiskās īpašības, kā arī

veicina dažu toksisku lipīdu oksidācijas produktu veidošanos. Varu var saturēt arī dzeramais ūdens no veco māju ūdensvadiem, it īpaši, ja ūdens krāns kādu laiku nav lietots. Dzeramais ūdens tiek uzskatīts par nekaitīgu, ja vara saturs tajā nepārsniedz 1,3 mg uz litru ūdens. Pēc CERCLA datiem 2005. gada cilvēka veselībai bīstamo vielu sarakstā varš atradās 133.vietā.

### 6.5.7. Alva (Sn)

Tā kā alva neuzkrājas cilvēka audos, to neuzskata par ļoti toksisku metālu. Tomēr, ja cilvēks uzņem 350 – 500 mg alvas dienā, tas var izraisīt kuņģa un zarnu darbības traucējumus.

Alvu izmanto plastmasu ražošanā, kā arī pretmikrobu, pretinsektu, prettārpu un pretsēnīšu līdzekļos. No šiem izstrādājumiem alva var nokļūt pārtikas produktos. Vislielākā iespējamība alvai nokļūt pārtikas produktos ir no alvotām konservu kārbām, tāpēc šāda materiāla kārbu iekšpuses tiek pārklātas ar nekaitīgu laku. Šai sakarā īpaša riska produkti ir tomātu biezenis, spināti un zaļās pupiņas, kuri pieder pie tā sauktajiem „alvas šķīdinātājiem”, kas var izšķīdināt baltā skārda kārbu alvas slāni, veidojot alvas kompleksus savienojumus. Par netoksisku uzskata 250 mg alvas uz 1 kg iepildītās masas.

Alvas neorganiskie savienojumi nav īpaši toksiski, bet mākslīgi iegūtie alvas organiskie savienojumi ir ļoti toksiski. Tāds, piemēram, ir tributil- alvas oksīds, ko lieto koksnes impregnēšanai un ar kuru apstrādā laivas dibenu, lai tas neapaugtu ar aļģēm. Moluskiem no saindēšanās ar šo toksisko vielu tiek bojāti iekšējās sekrēcijas dziedzeri, kā rezultātā novērota šo molusku dzimuma maiņa.

6.13. tabula

Maksimāli pieļaujama alvas saturs pārtikas produktos [19]

Nr.p.k.	Produkts	Alva (Sn) (mg/kg)
<b>Regula 242/2004/EC</b>		
1.	Konservētie pārtikas produkti, izņemot 2.punktā minētos	200
2.	Konservētie dzērieni, augļu un dārzeņu sulas	100
3.	Konservētie pārtikas produkti, kas paredzēti zīdaiņu un mazo bērnu uzturam, izņemot sausus produktus, t.sk.:	
	- graudaugu pārtika, kas paredzēta mazo bērnu un jaundzimušo uzturam - mātes piena aizstājēji - diētiskā pārtika, kas paredzēta jaundzimušo ar veselības traucējumiem uzturam	50

### 6.5.8. Alumīnijs (Al)

Alumīnijs netiek pieskaitīts ne pie toksiskiem metāliem, ne arī pie cilvēka organismam nepieciešamiem mikroelementiem, lai gan alumīnijs piedalās dažu enzīmu aktivēšanā. Tomēr palielināta alumīnija uzņemšana var izraisīt nevēlamas parādības cilvēka organismā un pat saslimšanas. Alumīnijs, veidojot ar fosfātiem nešķīstošus savienojumus, traucē to uzsūkšanos zarnu traktā. Nekaitīgā alumīnija deva ir ~ 30 mg dienā. Pēdējā laikā iegūti pierādījumi, ka pārmērīga alumīnija uzņemšana izraisa šī elementa nogulsnešanos kaulos, kas rada osteomalāciju, kā arī nogulsnešanos smadzenēs, izraisot encefalopātiju. Palielināta alumīnija daudzuma uzņemšana var veicināt Alcheimera slimības rašanos. Šāds uzskats ir radies, novērojot encefalopātijas gadījumus hemodialīzes pacientiem, kuri, lai saistītu zarnās fosfātus, saņem lielās devās alumīnija preparātus. Palielinātu alumīnija daudzumu var uzņemt arī no alumīnija traukiem, ja tajos uzglabā vai vāra skābes saturošus produktus. Ūdensvada ūdens vienmēr satur alumīnija sulfātu, ko izmanto dzeramā ūdens attīrīšanai kā koagulantu. Šis ūdens var saturēt arī alumīnija fluorīdu, kurš sevišķi slikti tiek izvadīts no cilvēka organisma. Arī pārtikas tehnoloģijā pH stabilizācijai, emulgēšanai un kā biezinātājus izmanto alumīnija savienojumus – alumīnija fosfātu un alumīnija silikātu. Vairums dezodorantu satur alumīnija hlorīdu, kurš spēj absorbēties un nonākt asins plūsmā. Tomēr nav novērota no šiem avotiem nākošā alumīnija toksiska iedarbība.

## 6.6. Neorganiskais piesārņojums. Nemetāli

### 6.6.1. Arsēns (As)

Arsēns pieder pie nemetāliem, kurš pazīstams jau ļoti sen un tā reputāciju lielā mērā noteica dažādu arsēna savienojumu - inžu - plašā izmantošana viduslaikos. Šai ziņā īpaši izcēlies baltais arsēna oksīds, kurš ir ļoti indīgs un kuru ļoti grūti atrast pēcnāves sekcijā. Viena no teorijām par Napoleona nāvi min, ka viņš saindēts ar trimetilarsīnu. Mūsdienās arsēns tiek plaši pielietots tādās jomās kā pesticīdu ražošana, koksnis aizsardzības līdzekļu un medikamentu sintēze, dažādos sakausējumos un elektronikā. Arsēna ražošanas kopapjoms ir ap 50 000 t gadā. Apkārtējā vidē arsēns visvairāk nonāk lietojot arsēnu saturošus minerālmēslus un pesticīdus, kā arī sadedzinot fosilo kurināmo.

Gaisā normāli ir 0,02 - 4 ng As/m<sup>3</sup> gaisa, rūpnieciskos rajonos šis rādītājs var būt 3 - 200 ng As/m<sup>3</sup>, bet metalurģisko rūpnīcu tuvumā tas var sasniegt vairāk kā 1000 ng As/m<sup>3</sup>. Arsēns akumulējas gan sauszemes, gan ūdeņu ekosistēmās – augsnē un ūdenstilpnēs. Jūras ūdeņos noteikts arsēna saturs 1 - 2 μg vienā litrā ūdens. Upēs un ezeros tā ir zem 10 μg/l, bet vulkānisko iežu un sulfīdus saturošu minerālu rajonos arsēna saturs var sasniegt 3000 μg/l. Augsnē parasti arsēna saturs ir ~ 5 mg As/kg augsnes. Augsnes piesārņojums ar arsēnu var būt aktuāls metalurģisko un metālapstrādes uzņēmumu, kā arī termoelektrocetrāļu un naftas pārstrādes uzņēmumu tiešā tuvumā. Šādos apvidos arsēna saturs augsnē var sasniegt 1000 mg/kg. Augsne var tikt nopietni piesārņota arī, izmantojot arsēnu saturošus pesticīdus un neattīrītus minerālmēslus. Nokrišņu ūdeņiem no augsnes nonākot ūdenstilpnēs, arī tās var tikt piesārņotas. Ūdensdzīvniekiem piemīt spēja koncentrēt arsēnu. Zivīs arsēna koncentrācija var sasniegt 8 mg/kg, bet austerēs un krevetēs – pat līdz 45 mg/kg. Tomēr jāatzīmē, ka zivīs un citos jūras produktos esošais arsēns galvenokārt ir organisku savienojumu veidā, kas ir mazāk toksiski nekā neorganiskie arsēna savienojumi. Organiskie savienojumi rodas no neorganiskajiem savienojumiem mikroorganismu iedarbības rezultātā.

Arsēns ir kumulatīva, protoplazmatiska inde. Tā iedarbojas uz nervu sistēmu, kā arī kavē vielu maiņas procesus organismā. Arsēnam ir arī kancerogēna iedarbība. Arsēna (V) savienojumi ir mazāk toksiski nekā arsēna (III) savienojumi. Ir pierādīts, ka arsēna (III) neorganiskie savienojumi, saistoties ar šūnu olbaltumvielu tiolgrupām, var izraisīt arī ļaundabīgo audzēju attīstību cilvēka organismā, izraisot ādas, plaušu, aknu un limfātisko vēzi. Neorganiskie arsēna savienojumi izraisa DNS bojājumus. Cilvēka organismā arsēns var nokļūt ieelpojot tā gaistošos savienojumus ( $\text{AsH}_3$ ,  $\text{As}(\text{CH}_3)_3$ ), caur ādu vai ar pārtiku. Vispirms arsēns uzkrājas muskuļaudos, kā arī koncentrējas keratīnā matos un roku un kāju lielo pirkstu nagos. Tomēr jāatzīmē, ka arsēna mikroaudzumi ātri tiek izvadīti no organisma, tādēļ biežāk iespējama tikai akūta, ne hroniska saindēšanās ar arsēnu. Tomēr valstīs, kurās novērots īpaši augsts arsēna saturs ūdenī (Taivanā, Bangladešā, Argentīnā), novēro hroniskas arsēna izraisītas saslimšanas, tādas kā ādas hiperpigmentācija, keratoze (ādas slimība, kam raksturīga pastiprināta raga kārtas veidošanās) vai ādas vēzis. Tā kā šajos reģionos ir liels iedzīvotāju blīvums (36 miljoni iedzīvotāju), saindēšanās ar arsēnu skar lielas cilvēku masas. Tas padara arsēnu par vienu no svarīgākajiem globālās vides toksikantiem. Dzeramais ūdens ir piesārņots ar arsēnu Bangladešā un tai blakus esošajā Indijas štatā Rietumbengālijā. Tā kā pazemes ūdeņi šajā reģionā ir ar lielu arsēna saturu, un galvenais pārtikas produkts ir rīsi, kuri aug ar piesārņotajiem ūdeņiem apūdeņotajos laukos, tad hroniska saindēšanās ar arsēnu šajās valstīs ir ārkārtīgi nopietna problēma. Ievērojams palielinātais arsēna saturs pazemes ūdeņos novērojams vulkānisko iežu rajonos, kā arī rajonos ar pastiprinātu ģeotermālo aktivitāti.

Ir konstatēta dažādu reģionu iedzīvotāju atšķirīga jutība pret arsēna kancerogenitāti. Īpaši pārsteidz Andu kalnu reģiona iedzīvotāji, kuriem pat pēc ilgstošas un tiešas arsēna iedarbības nav novērota ādas vēža rašanās.

Ik dienas cilvēks ar pārtiku un dzērieniem var uzņemt 20 – 300  $\mu\text{g}$  arsēna. Pārtikā arsēns var būt gan organisku, gan neorganisku savienojumu veidā. Visbiežāk pārtikas produkti satur niecīgus arsēna daudzumus organisku savienojumu veidā. Parasti pārtikas produkti satur mazāk kā 0.25 mg arsēna uz kg produkta. 65% ar pārtiku uzņemtā arsēna nāk no jūras produktiem, zivīm, gaļas, cietiem dārzeņiem un graudiem. Visvairāk arsēna ir zivīs un gliemežos, bet parasti arsēna saturs tajos nedaudz pārsniedz 5 mg/kg. Tomēr baltajā krabju gaļā ir konstatēts pat 30 mg/kg. Bez jūras produktiem arsēnu visvairāk satur mājdzīvnieku un mājputnu subprodukti. Cūku un mājputnu aknās un nierēs parasti ir līdz 1 mg As/kg. Ja dzīvnieku nobarošanā kā augšanas stimulatorus lieto organiskos arsēna savienojumus un to lietošana nav pārtraukta noteiktajos termiņos pirms mājdzīvnieka kaušanas, arsēna saturs tajos var sasniegt 10 mg/kg. Arī dažos vīnos ir atrasts palielināts arsēna saturs – 0.1 mg/l, bet kādā nelegāli ražotā viskijā atrada vairāk nekā 0.4 mg arsēna/l. Jāatzīmē, ka smēķētāji uzņem divējādas izcelsmes arsēnu – dabīgo tabakas lapās atrodošo un arsēnu no insekticīdiem, ar kuriem bieži apstrādā tabakas stādījumus. Ir pierādīts, ka no katras cigarešu paciņas tiek ieelpoti ~ 6  $\mu\text{g}$  arsēna, no kuriem 2  $\mu\text{g}$  absorbē plaušas.

Cilvēka uzņemto arsēna daudzumu var noteikt pēc tā daudzuma, kas izdalījies ar urīnu. Parasti tas ir 5 – 20  $\mu\text{g}/\text{l}$  urīna, bet atsevišķos gadījumos šis rādītājs var sasniegt pat 1000  $\mu\text{g}/\text{l}$ .

Pasaules Veselības organizācijas noteiktā nedēļas nekaitīgā uzņemtā arsēna deva neorganisko savienojumu veidā pašreiz ir 15  $\mu\text{g}$  uz kilogramu ķermeņa masas, bet kopējā uzņemtā arsēna daudzums nedēļā nedrīkst pārsniegt 50  $\mu\text{g}$  uz kilogramu ķermeņa masas.

Pēc CERCLA datiem 2005. gada cilvēka veselībai bīstamo vielu sarakstā arsēns atradās pirmajā vietā.

### 6.6.2. Slāpeklis (nitrāti un nitrīti)

Galvenie nitrātu avoti ir dārzeni un augļi, žāvēti un sālīti gaļas un zivju produkti. Bez tam cilvēki nitrātus var uzņemt ar dzeramo ūdeni un citiem pārtikas produktiem, kuru ražošanā ir izmantoti nitrāti.

Visvairāk nitrātu cilvēki uzņem ar dāržiem – apmēram 80 %. Gandrīz visiem augiem nepieciešams slāpeklis, jo tas ietilpst olbaltumvielu sastāvā. Visi augi slāpekli uzņem ar saknēm nitrātu veidā, jo jebkurš slāpekli saturošs mēslojums ar nitrificējošo baktēriju palīdzību oksidējas par nitrātiem. Augi tos uzņem no plaši lietotiem minerālmēsliem – salpetriem – nātrija, kalcija un amonija nitrātiem. Nitrāti izdalās arī no organiskā mēslojuma (kūtsmēslu un vircas iestrādāšana augsnē). Dienas laikā gaismas ierosinātu reakciju rezultātā slāpeklis pārveidojas citos savienojumos. Tā spinātu lapiņās no rīta ir vairāk nekā 1600 mg nitrātu uz kg svaigas masas, bet līdz vakaram šis daudzums uz pusi samazinās – 830 mg. Ir daži augi, kuri ievērojami akumulē nitrātus. Tie ir sarkanās bietes, spināti, rutki, redīsi, salāti. Nitrātu daudzumu augu valsts produktos nosaka auga šķirne, novākšanas laiks (agri no rīta, dienā, vēlu vakarā), augšanas apstākļi (siltumnīcās, palielinot temperatūru par 20 grādiem, nitrātu daudzums samazinās trīs reizes). Nitrātu koncentrēšanās vietas dāržos ir atšķirīgas. Tā, piemēram, sarkanās bietes saknītē nitrātu daudzums bija 520 mg/kg, bet vidū – 45 - 57 mg/kg, burkānam pie saknītes bija 833 mg/kg, vidū – 231 mg/kg, gurķim miziņā bija 255 mg/kg, pie kātiņa 115 – 170 mg/kg, vidū, tuvāk kātiņam 140 mg/kg, pretējā galā – tikai 40 mg/kg. Kāpostiem vairāk nitrātu ir kacenā un virsējās lapās, bet kartupeļiem vidējā daļā.

Pēc PVO ieteikuma nitrātu deva nedrīkst pārsniegt 5 mg/kg, bet nitrītu deva nedrīkstētu pārsniegt 0,4 mg/kg.

Tā kā Baltijas valstīs ir līdzīgi klimatiskie apstākļi, ēšanas tradīcijas un dāržu un augļu piedāvājums, Baltijas valstu sanitārie dienesti izskatīja un apstiprināja maksimāli pieļaujamo nitrātu saturu augu valsts pārtikas produktos. Ir izdots Latvijas Republikas Galvenā valsts sanitārā ārsta 1990. gada 30. jūlija lēmums Nr.2 „Par Baltijas reģiona vienoto higiēnisko normatīvu ieviešanu Latvijas Republikas teritorijā attiecībā uz nitrātu saturu augu valsts pārtikas produktos”. Šie lielumi ir pieņemti pēc 10 gadu ilgiem vispusīgiem pētījumiem.

6.14. tabula

Maksimāli pieļaujamais nitrātu saturs augu valsts pārtikas produktos

Nr.p.k.	Pārtikas produkta nosaukums	mg nitrātu uz kg zaļās produkcijas	
		atklātā laukā	segtajās platībās
1	Agrie kartupeļi (raža līdz 01.09)	200	-
2	Vēlie kartupeļi (01.09)	140	-
3	Agrie kāposti (01.09)	700	-
4	Vēlie kāposti (01.09)	500	-
5	Agrie burkāni	300	-
6	Vēlie burkāni	200	-
7	Tomāti	50	100
8	Gurķi	150	300
9	Loki	400	600
10	Salāti	1200	2500
11	Spināti, skābenes, pētersīļi, selerijas, dilles, biešu lapas	1000	2000
12	Kabači, patisoni, ķirbji	200	400

Nr.p.k.	Pārtikas produkta nosaukums	mg nitrātu uz kg zaļās produkcijas	
		atklātā laukā	segtajās platībās
13	Baklažāni	300	-
14	Kāļi, rāceņi	500	-
15	Redīsi, rutki	1500	-
16	Galda bietes	1400	-
17	Sīpoli	80	-
18	Rabarberi	800	-
19	Āboli, bumbieri	60	-
20	Melones	90	-
21	Arbūzi, galda vīnogu šķirnes	60	-

Diemžēl šīs Baltijas zinātnieku izstrādātās maksimāli pieļaujamās nitrātu devas pēc Latvijas iestāšanās Eiropas Savienībā ir nomainījušas nitrātu ziņā daudz pielaidīgākās ES Regulas, pēc kurām nitrātu saturs tiek reglamentēts tikai salātiem, spinātiem un bērniem domātai pārtikai. Nitrātu daudzums pārējos dārzeņos ir atkarīgs no ražotāja godaprāta.

6.15. tabula

Maksimāli pieļaujamais nitrātu saturs svaigos dārzeņos un bērnu un zīdaiņu uzturam paredzētā pārtikā

Nr. p.k.	Produkts	Maksimālais līmenis (mg/kg)	Piezīmes
<b>Regula 563/2002/EC</b>			
1.	Salāti* ( <i>Lactuca sativa L.</i> )	4500 <sup>1</sup> 4000 <sup>2</sup>	no 1. oktobra līdz 31. martam: <sup>1</sup> segtās augsnēs <sup>2</sup> atklātās augsnēs no 1. aprīļa līdz 30. septembrim: <sup>1</sup> segtās augsnēs <sup>2</sup> atklātās augsnēs
	Ledus galviņsalāti	2500 <sup>1</sup> 2000 <sup>2</sup>	* ja nav attiecīga marķējuma, kas norāda ražošanas metodi, piemēro normu, kas noteikta uz lauka audzētiem salātiem <sup>1</sup> segtās augsnēs <sup>2</sup> atklātās augsnēs
2.	Spināti* ( <i>Spinacia oleracea</i> )	3000 <sup>1</sup> 2500 <sup>2</sup>	<sup>1</sup> no 1. novembra līdz 31. martam <sup>2</sup> no 1. aprīļa līdz 31. oktobrim
		2000 <sup>3</sup>	* Maksimālais saturs spinātiem neattiecas uz spinātiem, kas pakļaujami pārstrādei un ko transportē vairumā tieši no lauka uz pārstrādes rūpnīcu <sup>3</sup> Konservētiem, sasaldētiem spinātiem

Nr. p.k.	Produkts	Maksimālais līmenis (mg/kg)	Piezīmes
<b>Regula 655/2004/EC</b>			
3.	Pārtika (t.sk. graudaugu pārtika), kas paredzēta bērnu un zīdaiņu uzturam	200	

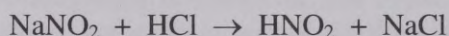
Nitrātu saturu augu valsts produktos ietekmē minerālmēsļu pareizas attiecības, daudzumi un agrotehnika. Siltumnīcās audzētajos augos nitrātu saturu var samazināt, paaugstinot temperatūru un palielinot apgaismojumu. Bieži vien siltumnīcās audzētos dārzenos nitrātu saturs ir 1,5-2 reizes lielāks nekā uz lauka audzētos. Sevišķi tas attiecas uz agri sētiem jauniem dāržiem, jo vēlākajos veģetācijas periodos nitrātu saturs pakāpeniski samazinās. Palielinātu nitrātu uzkrāšanos izraisa gan netīri siltumnīcas stikli, jo pasliktinās apgaismojums un augi nepilnīgi izmanto minerālo slāpekli, gan tas, ka šādiem dāržiem tiek pielietotas lielākas slāpekļa mēslojuma devas. Ieteicams ir bioloģiskās audzēšanas paņēmiens, kad slāpekli saturošie minerālmēsli tiek aizvietoti ar pašgatavotu kompostu vai dāržiem paredzētajās platībās periodiski audzējot zirņus, pupiņas vai lupīnu - augus, kuriem uz saknēm ir gumiņbaktērijas. Jāatzīmē, ka gumiņbaktērijas producē 100 – 300 kg slāpekļa uz augsnes hektāru. Īpaši nozīmīgi šādi audzēti dāržņi ir bērnu uzturā.

Ar lauksaimniecisko darbību cieši saistīts ir dzeramā ūdens piesārņojums ar nitrātiem. Tas notiek, ja kultūraugi neizmanto mākslīgo vai organisko mēslojumu pilnībā. Mēslojumu pārpalikums tiek ieskalots pazemes ūdeņos vai atklātajās ūdenstilpnēs. Patlaban aptuveni trešajā daļā no pazemes ūdeņu krājumiem ES valstīs ir pārsniegts noteiktais maksimāli pieļaujama nitrātu saturs. Attīstītās lauksaimnieciskās ražošanas dēļ tas īpaši attiecas uz vecajām ES dalībvalstīm. 2002. gadā veiktajā pētījumā ir konstatēts, ka dzeramā ūdens denitrifikācija Lielbritānijā katru gadu izmaksā 19 miljonus mārciņu. Dzeramajā ūdenī pēc Latvijas Ministru kabineta 2003. gada 29.aprīļa noteikumiem Nr.235 nitrātu saturs nedrīkst pārsniegt 50 mg/l, bet nitrītu nedrīkst būt vairāk kā 0.5 mg/l.

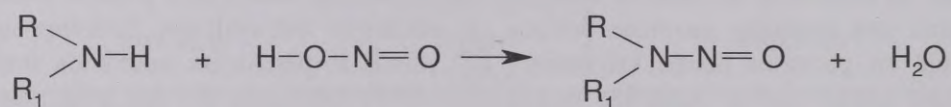
Otrs lielākais nitrātu, un īpaši, nitrītu avots cilvēka pārtikā ir kūpināti un sālīti gaļas produkti. Ar tiem tiek uzņemts apmēram 15% nitrātu un 30% nitrītu. Lai novērstu pārdozēšanas iespējas, nitrātus drīkst lietot tikai kopā ar vārāmo sāli. Nitrātus un nitrītus (kālija vai nātrija sāls veidā) lieto gaļas un gaļas produktu, kā arī zivju sālīšanai. Dažreiz tos pievieno arī kūpinātiem sieriem, lai pasargātu tos no toksīnus veidojošo baktēriju *Clostridium botulinum* augšanas un vairošanās. Tādējādi šīs ķīmiskās vielas kalpo kā konservanti. Tā kā šīs vielas pievieno salīdzinoši maz (0.01 – 0.02 %), ievērojot noteiktos atļautos daudzumus, tie neizraisa kaitīgu iedarbību, toties iespēja saslimt ar botulismu tiek izslēgtas vai samazināta līdz minimumam. Tomēr jāatceras, ka nitrāti kā konservanti iedarbojas tikai uz anaerobām baktērijām, bet aerobo baktēriju attīstību tie, iespējams, pat veicina. Pievienojot gaļas produktiem nitrātus, arī pēc šo produktu vārīšanas, tiek saglabāta to dabīgā sārta krāsa, jo sarkanā muskuļu krāsvielā mioglobīns pārvēršas sarkanā nitrozomioglobīnā. Šajā gadījumā nitrāti vai nitrīti tiek izmantoti kā krāsas fiksatori. Bez tam šīs vielas rada specifisko žāvējumu garšu un tād ir arī aromāta veidotājas.

Nitrātu joni ir daļa no slāpekļa dabīgā aprites cikla. Mikroorganismu iedarbības rezultātā no atmosfēras slāpekļa veidojas amonija joni, kuri tālāk tiek oksidēti par nitrītu joniem un beidzot par nitrātu joniem. Veselos augos un normālos barošanās apstākļos nitrāti un nitrīti brīvā veidā neuzkrājas. Tie pakļauti reducēšanās procesam, kurš norit nitrātreduktāzes, kuru aktivizē molibdēns (Mo), un nitrītreduktāzes, kuru aktivizē mangāns (Mn), iedarbības rezultātā. Šo sarežģīto bioķīmisko reakciju starpprodukti – hidroksilamīns vai amonjaks - saistās ar organiskām skābēm, kuras tālāk pārvēršas par aminoskābēm. Liela

nozīme nitrātu un nitrītu reducēšanās procesā ir arī ogļhidrātiem, kuru oksidēšanās norit vienlaicīgi ar nitrātu un nitrītu reducēšanos. Nitrātu joni cilvēku organismā siekalu un kuņģa sulas iedarbībā pārveidojas par nitrītu joniem. Siekalas vienmēr satur nedaudz nitrāta un nitrīta jonus, bet uzņemot tos ar piesārņotu pārtiku, šo jonu saturs siekalās ievērojami pieaug. Nitrītu kaitīgā ietekme izpaužas tādejādi, ka tie oksidē hemoglobīnu par methemoglobīnu, kurš nespēj pārnēsāt organismā skābekli. 1 mg nātrija nitrīta spēj pārvērst methemoglobīnā ap 2000 mg hemoglobīna. Īpaši bīstami tas ir bērniem un zīdaiņiem, jo embrija asinīs oksidētāji, tai skaitā nitrāti, hemoglobīnu pārveido methemoglobīnā divas reizes ātrāk nekā pieaugušo asinīs. Pieauguša cilvēka organisms var reducēt methemoglobīnu atpakaļ par hemoglobīnu. Methemoglobīna reducēšanu katalizējošā enzīma aktivitāte zīdaiņa eritrocītos ir daudz zemāka nekā pieaugušajiem. Ja asinīs vairāk kā 10% hemoglobīna ir methemoglobīna formā, novēro tahikardiju (paātrinātu sirdsdarbību), aizdusu, cianozi (parādās zilgana ādas un gļotāda). Nitrāti negatīvi ietekmē cilvēku un dzīvnieku asinsvadu un nervu sistēmu, kā arī spermatoģenēzes procesu, rada augļapvalka anomālijas, palielina holesterola saturu asinīs, nelabvēlīgi ietekmē žults un nieru funkcijas, veicina aterosklerozi. No nitrītiem gremošanas traktā kuņģa sulas ietekmē vispirms rodas slāpekļpaskābe:



Kuņģī radusies slāpekļpaskābe tālāk reaģē ar gremošanas traktā ar pārtiku uzņemtajiem otrējiem amīniem, veidojot **nitrozoamīnus**:



R un R<sub>1</sub> ir alkil- vai aril- atlikumi.

Nitrozosavienojumu veidošanos veicina katalizatori – gallusskābe, tiocianāti, kā arī paaugstināta temperatūra.

Nitrozoamīni ir ļoti kancerogēnas vielas, kas ir spējīgas aktivizēt arī citas kancerogēnas vielas. Uzskata, ka nitrozoamīni pārgrupējas par diazoalkāniem un, alkilējot DNS, izraisa vēzi. Visvairāk nitrozoamīnu ir žāvētos un sālītos gaļas un zivju produktos. Cepot gaļu vai zivis, rodas nitrozoamīni, bet 50 – 80% no tiem ir gaistoši paaugstinātā temperatūrā, tāpēc gatavā produktā nitrozoamīnu saturs nav tik liels. Gatavojot produktus mikroviļņu krāsnī, šāda tipa nitrozoamīni neveidojas. Ir noskaidrots, ka ir seši nitrozoamīni, kuri var atrasties pārtikas produktu izejvielās vai veidoties produktos. Tie ir *dimetilnitrozoamīns*, *dietilnitrozoamīns*, *nitrozopirolidīns*, *nitrozoprolīns*, *nitrozopiperidīns* un *nitrosarkozīns*. Dietilnitrozoamīns ir atrasts viskijā. Nitrozopirolidīns rodas, cepot sālītu gaļu, ja tās krāsas saglabāšanai vai konservēšanai ir izmantoti nitrīti vai nitrāti. Nitrozopiperidīns ir atrasts piparatā šķiņķī. Visvairāk nitrozoprolīna ir konstatēts vārītā sālītā šķiņķī, žāvētās desās, relatīvi daudz arī žāvētos sieros. Cepot bekonu aptuveni 200°C temperatūrā, kuram sālot pievienots NaNO<sub>2</sub> (ap 11 µg/kg), no tā iztecējušajā sulā un taukos bija 20.8 µg/kg nitrozopirolidīna un 23.3 µg/kg nitrozodimetilamīna. Termoapstrādes laikā šie nitrozosavienojumi var rasties, nitrītiem reaģējot ar garšvielās (melnajos piparos, ķiplokos, muskatiekstos, lauru lapās, krustnagliņās, u.c.) esošajiem fenoliem. Nitrozoamīnu veidošanos kavē vitamīni A, C un E. Ja nitrātu saturs pārtikā nav liels, tad nitrīti organismā neuzkrājas, bet kuņģī liela daļa nitrātu un nitrītu pārvēršas amonjakā, kurus mikroorganismi tūlīt var izmantot olbaltumvielu sintēzē. Lai samazinātu nitrātu un nitrītu kaitīgo ietekmi, sālījumos ieteic pievienot citus konservantus, bet maltas gaļas izstrādājumiem pievienot nitrītu un

lizocīma maisījumu. Krāsas uzlabošanai desu masā ir mēģināts pievienot hemoglobīnu. Tas ļauj samazināt nitrātu daudzumu par 70 – 80%. Diemžēl šī metode nav ieviesusies.

Tātad, kā jau iepriekš minēts, žāvēšanas un sālīšanas procesi paaugstina nitrātu un nitrītu saturu pārtikas produktos. Arī sakņu smalcināšana un rīvēšana rada ideālus apstākļus tādiem mikroorganismiem, kuri reducē nitrātus par nitrītiem. Enzīmu iedarbībā no nitrātiem un nitrītiem rodas slāpekļis vai amonjaks. Šīm pārvērtībām nepieciešami gaiss, siltums, mitrums. Ja kāds no šiem apstākļiem ir nepietiekošs, sadalīšanās tiek kavēta un augos nitrāti un nitrīti uzkrājas. Pesticīdu klātbūtne var pazemināt šo enzīmu aktivitāti un līdz ar to stimulēt nitrātu un nitrītu uzkrāšanos. Dārzenus uzglabājot, arī var notikt enzimatiska nitrātu reducēšana par nitrītiem. Īpaši intensīvi tas notiek bojātos dārzeņos, ja tos uzglabā istabas temperatūrā. Tomēr parasti dārzenus uzglabāšanas laikā, nitrātu saturs tajos samazinās. Sagatavojot dārzenus lietošanai uzturā, ir iespējams atbrīvoties no lielas daļas tajos esošo nitrātu. Vārot līdz 70% dārzenos atrodošos nitrātu pāriet ūdenī (skat. 6.16.tabulu). Arī dārzenus rūpīgi mazgājot vai mērcējot līdz pat 25% nitrātu var aiziet ūdenī. Samērā vienkārši uzlabot dārzeņu uzturvērtību un samazināt šo toksisko vielu klātbūtni var, piemēram, nomizojot gurķus un nogriežot to galiņus, vai noņemot kāposta ārējās lapas un izgriežot tā kacenu. Jāievēro, ka bīstami nitrātus saturošus dārzenus (bietes, kartupeļus) pēc to vārīšanas lēni atdzesēt, jo atdzišanas procesā nitrāti ļoti strauji pārvēršas nitrītos. Šāda reakcija notiek arī atlaižot sasaldētus produktus.

6.16. tabula.

Nitrātu saturs dārzeņos termiskajā apstrādē [4]

Dārzeņu nosaukums	Gatavošanas metode	Vidējais nitrātu saturs (mg/kg)	Izmaiņas, %
Bietes	Svaigas	1211	
	Vārītas	906	-25%
Kāposti	Svaigi	338	
	Vārīti	114	-66%
Burkāni	Svaigi	97	
	Vārīti	71	-27%
Ziedkāposti	Svaigi	86	
	Vārīti	46	-47%
Sīpoli	Svaigi	48	
	Cepti	44	-8%
Kartupeļi	Svaigi	167	
	Vārīti	85	-49%
	Cepti uz pannas	136	-19%
	Cepti krāsnī	194	+16%
Spināti	Svaigi	1631	
	Vārīti	468	-71%
Rožu kāposti	Svaigi	59	
	Vārīti	24	-59%
Kāļi	Svaigi	118	
	Vārīti	72	-39%
Tomāti	Svaigi	17	
	Cepti	27	+27%

## 7. Pārtikas piedevas un to toksiskā iedarbība

Pieaugošais rūpnieciski sagatavoto pārtikas produktu apjoms radījis nepieciešamību palielināt tādu atļauto ķīmisko savienojumu daudzumu, kas ir nepieciešams pārtikas produktu ražošanai un uzglabāšanai. **Pārtikas piedevas ir ķīmiski savienojumi, kurus pievieno pārtikas produktiem, lai iegūtu ķīmiskus, fizikālus vai fizioloģiskus efektus.** Pārtikas piedevu svarīgākais kritērijs ir nekaitīgums. Apvienotā pārtikas piedevu ekspertu komisija (JECFA), pamatojoties uz vispusīgu pētījumu datiem, ir noteikusi katras pārtikas piedevas pieļaujamo dienas patēriņu. Pirms katras pārtikas piedevas ieviešanas tiek veikti apjomīgi pētījumi ar dažādiem dzīvniekiem – gan ar īsu laiku dzīvojošiem (peles, žurkas), gan trušiem, suņiem u.c. Pētījumos tiek pārbaudīta šo ķīmisko savienojumu iespējamā kancerogenitāte, mutagenitāte, teratogenitāte, kā arī šo vielu iespējamā kumulācija (kādas vielas uzkrāšanās organismā tās nepietiekamas izvadīšanas rezultātā) un sinerģisms (kādas vielas iedarbīguma palielināšanās citas vielas ietekmē). Parasti šie pētījumi tiek veikti vismaz uz divām dzīvnieku sugām, jo iedarbība var būt atšķirīga. Šajās pārbaudēs tiek precizēts lielākais pārtikas piedevu daudzums, kas neizraisa jūtamu negatīvu efektu uz cilvēka veselību. Iegūtais lielums vēl tiek dalīts ar drošības koeficientu, kas parasti ir 100. Tām pārtikas piedevām, kuras tiek atļautas, tiek piešķirts burts E (tas tiek saistīts gan ar vārdu Eiropa, gan angļu vārdu *edible* – ēdams) un 3 vai 4 ciparu skaitlis. Šīs vielas tiek iekļautas atļauto pārtikas piedevu sarakstā. Saraksti tiek veidoti gan starptautisko E numuru pieaugšanas secībā, gan arī alfabētiskā secībā. Piedevas iedala tādās, kuras ar neredzamiem izņēmumiem var tikt pievienotas pārtikas produktiem bez ierobežojumiem un tādās, kurām ir noteikti ierobežojumi vai nu attiecībā uz lietošanas mērķi, vai uz lielāko pieļaujamo saturu [12].

Šajā nodaļā apskatīsim tikai tās piedevas, kurām iedarbojoties uz cilvēka organismu, ir novēroti lielāki vai mazāki toksiski efekti.

### 7.1. Konservējošas vielas

Pārtikas produktu uzglabāšanas laika pagarināšanai tiem pievieno konservantus. Ķīmiskie konservanti darbojas kā baktēriju augšanas kavētāji. Tiem var būt trīs veidu iedarbības:

- 1) antimikotiskā iedarbība (pret pelējuma sēnēm);
- 2) pretpuves iedarbība (pret pūšanas izraisītājiem);
- 3) pretrūgšanas iedarbība (pret rūgšanas izraisītājiem).

Dažas konservējošās vielas iedarbojas uz mikrobu šūnu membrānām, tās vai nu saārdot vai sabiezinošas, tādējādi kavējot dzīvības procesiem nepieciešamos apmaiņas procesus. Citas vielas bloķē mikroorganismu enzīmus.

#### 7.1.1. Neorganiskie konservanti

**Borskābe  $H_3BO_3$  (E 284).** Šis konservants samazina vides skābumu, kā rezultātā tiek ierobežota baktēriju darbība. Agrāk tā tika plaši izmantota krabju konservos. Arī tagad šie savienojumi dažreiz tiek atrasti Krievijā ražotā mazuļtā kaviārā. Pēc PVO atzinuma šie savienojumi ir kaitīgi, jo akumulējas cilvēka taukaudos un centrālajā nervu sistēmā. Domājams, ka borskābe darbojas arī kā šūnu inde. Latvijā borskābi drīkst izmantot tikai kaviārā, kurā tās daudzums ir niecīgs.

**Ūdeņraža peroksīdu  $H_2O_2$**  lieto dzeramā ūdens, piena, alus un zivju produktu konservēšanai. Tā kā  $H_2O_2$  nelabvēlīgi iedarbojas uz olbaltumvielām un vitamīniem, to drīkst

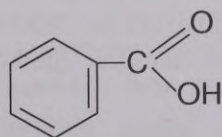
izmantojot tikai ekstremālos apstākļos, piemēram, tropos tā ir vienīgā iespēja saglabāt pienu svaigu. Ar  $H_2O_2$  apstrādā tetrapakas un pārākumu likvidē karsējot. To ir atļauts lietot marinādēs kā balināšanas līdzekli, bet nav atļauts lietot kā konservantu.

**Sērpaskābes  $H_2SO_3$  sāļi un  $SO_2$**  (E 226-228, E 220-224) kavē baktēriju attīstību, bet darbojas arī kā antioksidanti, balinošas vielas, stabilizē C vitamīnu, inaktivē dažus enzīmus. Tie novērš augļu un dārzeņu brūnēšanu. PVO ir noteikusi nekaitīgo devu sulfītiem un bisulfītiem 0.7 mg/kg. Tātad tie netiek uzskatīti par ļoti toksiskiem. Tomēr tie ir kaitīgi cilvēkiem ar pazeminātu vai paaugstinātu kuņģa skābumu, astmatikājiem un tos neiesaka lietot bērniem paredzēto produktu konservēšanai. Sērpaskābe noārda  $B_1$  vitamīnu (tiamīnu) un biotīnu, tādēļ tās izmantošana pieļaujama tikai tiem produktiem, kuri nav būtiski tiamīna avoti (cūkgaļa, zemesrieksti, klijas, auzu pārslas).  $SO_2$  nedrīkst lietot zivju un gaļas produktiem, jo tas var nomākt smaku, kas rodas šiem produktiem bojājoties. Šos konservantus samērā plaši lieto augļu un dārzeņu konserviem, kā arī vīna rūpniecībā, jo tie nonāvē savvaļas raugus un tādējādi novērš nekontrolējamu rūgšanu. Ja litrā vīna ir ap 40 mg sērpaskābes, tas var izraisīt galvas sāpes.

Kā jau iepriekš minēts, arī **nitrāti** (E 251,252) un **nitriti** (E 249, 250) tiek pieskaitīti konservējošām vielām, skat. 6.5.2.2. nodaļu.  $NaNO_2$  atļauts lietot pārtikas produktos tikai kopā ar  $NaCl$ , tā novēršot pārdozēšanas iespējas. Vairāki pārtikas speciālisti uzskata, ka botulisma risks ir ievērojami lielāks nekā risks, ko rada šo pārtikas piedevu pievienošana atļautajos daudzumos.

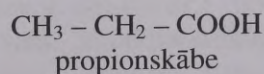
## 7.1.2. Organiskie konservanti

**Benzoskābe** un tās atvasinājumi (E 210-213) jau nelielās devās kavē raugu un pelējumu sēnīšu (arī aflatoksīnus veidojošo) attīstību. Benzoskābes darbības pamatā ir tās inhibējošā darbība uz katalāzēm un peroksidāzēm, tā izsaucot ūdeņraža peroksīda uzkrāšanos šūnās. Tā kā šī iedarbība piemīt tikai brīvai skābei, tad to var lietot tikai produktiem, kuru pH ir mazāks par 4.5. Šīs vielas var būt bīstamas astmatikājiem, kā arī var izraisīt kuņģa kairinājumu. No organisma benzoskābe izdalās hipūrskābes veidā 9-15 stundu laikā pēc benzoskābi saturošu produktu lietošanas. Pēdējā laikā šo konservantu lietošana ievērojami samazinās. Tomēr vismaz 30 valstīs tiek atļauta benzoskābes izmantošana plašam produktu klāstam, sevišķi bezalkoholiskajiem dzērieniem. Dažās valstīs šie konservanti pat ir aizliegti.



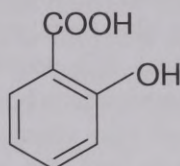
benzoskābe

**Propionskābe** un tās kālija un nātrija sāļi tiek izmantoti kā konservanti, lai izvairītos no t.s. maizes „kartupeļu slimības” - maize kļūst zaļgana, stāipīga un nepatīkami smako, ko izraisa *Bacillus subtilis* baktērijas. Šos konservantus pievieno arī sagrieztai maizei, lai kavētu pelējumu veidošanos. Tomēr atsevišķos toksikoloģiskos testos ir pierādīts, ka šie savienojumi var izraisīt gremošanas trakta darbības traucējumus.



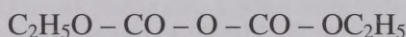
**Dehidroacetskābe** un tās nātrijs sāls sevišķi stipri iedarbojas uz pelējuma sēnītēm. Diemžēl tā ir toksiska un tāpēc konservēšanai nav atļauta. Tomēr to lieto margarīna un žāvētu augļu iesaiņošanas materiāla piesūcināšanai.

**Salicilskābe** un tās nātrijs sāls agrāk tika izmantotas mājas apstākļos kā konservanti ievārījumu gatavošanā. Tomēr tai piemīt kaitīgas īpašības – tā bojā gļotādas un iedarbojas uz centrālo nervu sistēmu, kā arī uzkrājas organismā, tāpēc to ir aizliegts lietot kā pārtikas konservantu.



salicilskābe

**Piroogļskābes dietilesteris** jau nelielās devās ir ļoti efektīvs konservants. Agrāk to izmantoja vīna, alus, sulu un atspirdzinošu dzērienu ražošanā, jo tas ir ideāls līdzeklis raugu un baktēriju apkarošanai un dažās stundās sadalās par etilspirtu un oglekļa dioksīdu. Tomēr, lietojot to sistemātiski, var tikt bojāts cilvēka gremošanas trakts. Bez tam dzērienos esošie amonija savienojumi var ar to reaģēt un veidot etiluretānu, kas tiek uzskatīts par kancerogēnu vielu. Tāpēc tagad šo konservantu neiesaka lietot.



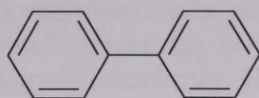
piroogļskābes dietilesteris

### 7.1.3. Ārstniecības vielas (biokonservanti)

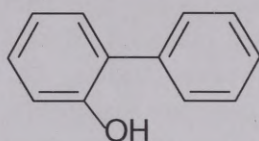
Dažas **antibiotikas** tiek izmantotas kā konservējošas vielas, ko pievieno pienam, sieram, augļu un dārzeņu konserviem, sulām, alum. Šādu antibiotiku piemēri ir *nizīns*, *natamicīns*, *tetraciklīns*, *aureomicīns* (*hlortetraciklīns*), *terramicīns* (*oksitetraciklīns*). Latvijā no šīm antibiotikām ir atļautas tikai divas – *nizīns* un *natamicīns*. *Nizīns* gremošanas traktā ātri sadalās, tādēļ neietekmē tur esošo mikrofloru. Antibiotiku iedarbība uz baktērijām atšķiras no pārējo konservantu iedarbības. Antibiotikas inhibē ribosomu darbību un līdz ar to – proteīnu biosintēzi.

Ja zivju dzesēšanai domātam ledum pievieno 5 ppm (mg/kg) oksitetraciklīna, ievērojami pagarinās to uzglabāšanas laiks. Ja svaigu gaļu iemērc ūdens šķīdumā, kurš satur 10 ppb (µg/kg) oksi- vai hlortetraciklīna, tā uzglabājas daudz ilgāk. *Nizīns*, pateicoties savai izcelsmei no *Streptococcus lactis* un *Bacillus subtilis*, rodas arī sierotavās, kur tas inhibē vairākus siera tehnoloģijai kaitīgus mikroorganismus, kā piemēram, sviestskābās rūgšanas izraisītājus. Bet, tā kā *nizīns* mazina dažu *Bacillus* veidu sporu izturību pret karsēšanu, dažās valstīs (Čehija) to izmanto kā konservantu.

*Tiabendazols* ir efektīvs līdzeklis pret pelējuma sēnītēm. To izmanto citrusaugļu un banānu aizsargāšanai. Kopš 2001.gada šo konservantu ES valstīs lietot nav atļauts, jo pētījumi ir parādījuši, ka tas var izraisīt vēzi. Citrusaugu apstrādei, kā arī iesaiņojamo materiālu piesūcināšanai izmanto difenilu un o-fenilfenolu, kuri aizkavē pelējuma un citu sēnīšu attīstību.



difenils



o-fenilfenols

Jāievēro, ka pārtikas produktus vārot, antibiotikas pilnīgi nenoārdās, tādējādi var iedarboties toksiski.

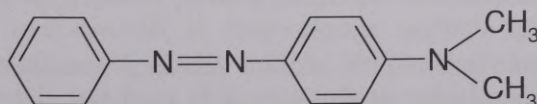
## 7.2. Krāsvielas

Ražošanas procesā produkti bieži zaudē vai maina krāsu. Lielākajā daļā gadījumu tas saistīts ar to, ka augu valsts produktos esošais hlorofils pārvēršas par feofatīnu vai arī, mainoties vides pH vai veidojoties kompleksajiem savienojumiem (piemēram, ar alvu), mainās antociānu krāsvielu krāsa (ķiršos, jāņogās, sarkanajās vīnogās, sarkanajos kāpostos).

Lielākā daļa valstu izmanto krāsvielas, kuras ir iekļautas tā sauktajos „pozitīvajos sarakstos”. Pārējās krāsvielas pārtikas produktos izmantot ir aizliegts. Dažās valstīs ir noteikts to produktu saraksts, kuriem drīkst pievienot krāsvielas. Jāatzīmē, ka dažādu valstu „pozitīvie saraksti” var būtiski atšķirties. Ja produkts krāsots ar sintētiskām krāsvielām, to jānorāda produkta etiķetē. Sintētiskās krāsvielas galvenokārt tiek ražotas no akmeņogļu darvas pārstrādes produktiem. Sintētisko krāsvielu lietošana izraisa arvien vairāk diskusiju, jo vairāki pētījumi uzrāda to iespējamo mutagēno, kancerogēno un alergisko iedarbību. Tomēr pētījumos iegūtie rezultāti mēdz būt pretrunīgi un dažreiz, tos pārbaudot, neizdodas iegūt atkārtotus rezultātus. Vairāki ķīmiķi un ārsti uzskata, ka starp sintētiskajām krāsvielām praktiski nav nekaitīgu savienojumu un ka alergiskas reakcijas no tām rodas biežāk nekā no konservantiem. Bez tam, jāievēro, ka produktus, kuri krāsoti ar azokrāsvielām, nedrīkst lietot alergiski cilvēki, īpaši tie, kuriem ir alergija pret aspirīnu, kā arī ar astmu slimojoši cilvēki.

Agrāk dārzeņu un augļu konserviem pievienoja vara sāļus. Tā rezultātā nestabilie magniju saturošie hlorofila kompleksi pārvēršas stabilos zaļos varu saturošos kompleksos. Tagad gandrīz visās valstīs vara pievienošana šiem produktiem ir aizliegta, jo, tos pieliekot par daudz, var notikt smaga saindēšanās.

Pirms II. Pasaules kara samērā plaši margarīna iekrāsošanai tika izmantots krāsvielas *sviesta dzeltenums* (dimetilaminoazobenzols)



dimetilaminoazobenzols

Šo krāsvielu aizliedza 1938. gadā, kad kļuva zināms, ka tas žurkām var izraisīt aknu vēzi. Mūsdienās margarīna iekrāsošanai izmanto  $\beta$ -karotīnu. Lai gan atļautās krāsvielas -

dzeltenais *tartrazīns* (E 102) un sarkanais *amarants* (E 123) labi šķīst ūdenī un vārot nesadalās, tomēr alerģiskiem cilvēkiem ieteic izvairīties no šīs krāsvielas saturošu produktu lietošanas, jo tās var izraisīt nātreni vai pat astmu. Tartrazīnam novērota izteikta alerģiska iedarbība un šī krāsviela dažās valstīs, piemēram, Somijā ir aizliegta. Amarants ir aizliegts Somijā, ASV, Krievijā, jo izmēģinājumos ar dzīvniekiem tam konstatēta kancerogēna iedarbība. Latvijā amarants ir atļauts lietot zivju ikrū un dažu aromatizētu vīnu iekrāsošanai. 2007. gada vasarā Eiropas Pārtikas drošības pārvalde izteikusi bažas par krāsvielas *sarkanais 2G* (E 128) lietošanu pārtikas produktu ražošanā. Šī krāsviela atrasta dažās desu šķirnēs un hamburgeru gaļā. Laboratorijas pētījumos atklāts, ka šī viela organismā metabolizējas savienojumā, kas žurkām un pelēm palielina saslimstību ar vēzi. Speciālisti rekomendē šo krāsvielu neiekļaut izmantojamo pārtikas piedevu sarakstā. 2005. gada pavasarī Eiropas pārtikas drošības eksperti pārtikas produktos konstatēja tehnisko krāsvielu *Sudan I*. Šī viela, ko rūpniecībā izmanto plastmasu un citu materiālu tonēšanai, Rietumeiropā jau agrāk tika atklāta aso sarkano piparu pulverī un līdz ar to arī citos produktos, kuru garšas uzlabošanai izmantota šī garšviela, piemēram, slavenajā Vorčesteras mērcē. Latvijā *Sudan I* atklāts kāda uzņēmuma ražotajos garšvielu maisījumos ar čili piedevu – garšvielās šašliku pagatavošanai, karijā un citos. Šī aizliegtā krāsviela tiek atrasta arī palmu eļļā, kuru importē no Āfrikas valstīm. Nostāvējušai eļļai, kura zaudējusi svaigo sātumu, pievienojot *Sudan I*, tā rada maldinošu iespaidu, ka eļļa ir nesen spiesta. Jāatzīmē, ka pētījumi par krāsvielu un citu pārtikas piedevu nekaitīgumu ir ļoti dārgi, tāpēc Latvijas uztura zinātnieki paļaujas uz Eiropas Savienības speciālistu atzinumiem.

Pie krāsvielām jāmin arī **krāsu korigējoši līdzekļi**. Dažas no šīm piedevām novērš dabīgo krāsvielu noārdīšanos, citas noārda nevēlama krāsvielas, kuras rodas skābekļa, temperatūras vai gaismas ietekmē. Dažreiz šīs piedevas veic arī konservantu funkcijas. **SO<sub>2</sub>** un **sulfīti** kavē svaigo augļu, kartupeļu un citu dārzeņu enzimatisku melnēšanu. Bet tā kā SO<sub>2</sub> noārda B<sub>1</sub> vitamīnu, to nav ieteicams lietot produktiem, kuri ir būtiski šī vitamīna avoti. Pie šīs grupas piedevām pieder arī **nitrāti** un **nitrīti**, kurus pievieno gaļai, lai produktu vārot, saglabātos mioglobīna sātā krāsa. Par nitrātu un nitrītu toksiskumu rakstīts 6.5.2.2. nodaļā.

### 7.3. Antioksidanti

Daudzos gadījumos pārtikas produktā esošās sastāvdaļas reaģē ar gaisa skābekli t.i. notiek autooksidācija. Tās rezultātā var mainīties produkta krāsa, smarža, garša, var tikt noārdīti bioloģiski vērtīgas sastāvdaļas un pat veidoties toksiski savienojumi. Visbiežāk autooksidāciju novēro taukos un taukus saturošos produktos, kā arī produktos, kuriem ir liela virsmas saskare ar gaisu, piemēram, garšvielu pulveri, sausās zupas, žāvēti kartupeļi un citi dārzeņi vai augļi, valriekstu kodoli, kožļājamā gumija. Lai novērstu autooksidāciju, šiem produktiem tiek pievienoti dabiskie vai sintētiskie antioksidanti. Lielākai daļai dabisko antioksidantu (*askorbīnskābe*, *tokoferoli*) nav novērota toksiska iedarbība. Tomēr arī tie jālieto saskaņā ar noteikumiem t.i. noteiktiem produktiem un atļautos daudzumos. Labi dabīgie antioksidanti ir *galluskābes esteri*, no kuriem toksikoloģiski visnekaitīgākie ir oktil- un dodecilesteri. Iedarbīgi dabīgie antioksidanti ir *flavonskābes atvasinājumi*, par kuru toksiskumu nav konkrētu datu, tomēr dažās valstīs šie antioksidanti ir aizliegti. No sintētiskiem antioksidantiem dažās valstīs (ārpus ES) plaši tiek lietoti *butilhidroksitoluols* (E 321) un *butilhidroksianizols* (E 320). Tie līdzinās dabiskajam antioksidantam E vitamīnam ( $\alpha$ -tokoferols). Šīm vielām piemīt ļoti laba antioksidantu darbība, tomēr pētījumos ar žurkām ir konstatēti vielu maiņas traucējumi aknās, tie paaugstināts lipīdu un holesterola saturs asinīs, kā arī D vitamīna noārdīšanās. Antioksidantu pievienošana īpaši būtiska ir eļļām un taukiem, jo to oksidācijas rezultātā veidojas peroksīdi un hidroperoksīdi, tālāk var rasties arī spirti,

aldehīdi, ketoni un skābes, bet veselībai sevišķi kaitīgi ir tauku oksidācijas starpprodukti – brīvie radikāļi.

#### 7.4. Citas pārtikas produktos atrodamās vielas

Pārtikas produktiem pievieno arī aromatizējošas vielas, stabilizatorus, emulgatorus, iebiezinātājus u.c. piedevas, kurām toksiska iedarbība nav novērota. Tomēr garšas pastiprinātāja – glutamīnskābes un tās sāļu (E 620-625) palielināta daudzuma pievienošana var izraisīt paātrinātu sirdsdarbību, galvassāpes, muskuļu vājumu, arī vemšanu. Literatūrā šos glutamātu izraisītos veselības traucējumus sauc par „ķīniešu restorānu sindromu”. Par saldinātājiem – saharīnu un tā sāļiem un ciklāmskābi un tās sāļiem ir daži pētījumi, kuri uzrāda šo savienojumu iespējamo kancerogēno iedarbību.

Dažreiz pārtikas produktos atrod toksiskas vielas, kuru pievienošana šiem produktiem nav nedz paredzēta, nedz atļauta. Šāda viela, piemēram, ir *dietilēnglikols*, kurš ir atrasts vīnā un cigaretēs. Lētājiem vīniem to pievieno, lai pēc garšas padarītu līdzīgus izlases vīniem, bet cigaretēm, lai tās saglabātu mīkstumu. 1985. gadā dažos Austrijas vīnos konstatēja dietilēnglikola piedevas. Maksimālais daudzums, kuru atrada litrā Austrijas vīna, bija vienāds ar cilvēkam letālu dozu. Organismā dietilēnglikols noārdās, veidojot glikolskābi, glioksālskābi un skābeņskābi. Dietilēnglikols ir ļoti toksisks, uzkrājas nierēs, kur izraisa nefrozi (nieru kamoliņu un kanāliņu iekaisums un deģeneratīvas izmaiņas). Pirmās saindēšanās pazīmes cilvēkam parādās, uzņemot 50-100 mg šīs vielas uz kg ķermeņa svara.

Dažreiz pārtikas produktu apstrādes laikā var rasties toksiski savienojumi, kuri nav pieskaitāmi iepriekšminētajām grupām. Tā piemēram, ar cieti bagātus produktus karsējot augstās temperatūrās var veidoties *akrilamīds*. Zviedrijas uzturzinātnieki šo toksisko vielu konstatējuši kartupeļu čipsos, maizē, cepumos, brokastu pārslās u.c. Akrilamīds rada risku mutācijām un risku saslimt ar vēzi. Pagaidām šī viela tiek definēta kā „iespējami kancerogēna cilvēkam” (skat. 6.2.3.nodaļu).

### 8. Biežāk lietojamās pārtikas produktu piesārņojuma noteikšanas metodes

Kaitīgo vielu mikroaudzumu noteikšana ir ļoti grūts uzdevums, jo pārtika ir ļoti sarežģīts ķīmiskais komplekss, kurš satur tūkstošus pamatvielu un simtus tūkstošus mikrokomponentus. Tāpēc izmantojamām metodēm jānodrošina ne tikai piemaisījumu noteikšanas iespējas mikro- un nanogramu līmenī, bet tām jābūt pietiekami selektīvām un jānodrošina rezultātu ticamība. Pašreiz aizvien vairāk pārtikas analīzē tiek ieviestas hromatogrāfiskās, spektrometriskās un masspektrometriskās metodes. Šīs metodes bieži lieto arī, lai pārbaudītu iegūtos analīžu rezultātus.

Pirmais solis pārtikas produktu piesārņojuma analīzē ir **nosakāmo vielu izdalīšana no pārtikas produktiem.**

*Gaistošo vielu* izdalīšanas galvenā metode ir pārdestilēšana ar ūdens tvaiku vai vakuumā. Šādā veidā izdala, piemēram, N-nitrozoamīnus. Pēc tam tos nosaka hromatogrāfiski – ar plānslāņa, gāzu-šķidrums vai augstspiediena šķidrums hromatogrāfiju.

*Mazgaistošas vielas* no pārtikas produktiem izdala galvenokārt ekstrakcijas ceļā. Tā piemēram, tādas nepolāras vielas kā policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži, var tikt ekstrahētas ar nepolāriem šķīdinātājiem (benzolu, cikloheksānu, heksānu). Produktiem, kas bagāti ar

proteīniem (gaļa, zivis), vispirms jāpievieno sārma šķīdums spirtā, lai aminoskābes pārvērstu sāļos, kuri neekstrahējas. Tad seko piesārņotāju ekstrakcija.

*Negaistošas polāras vielas* (aflatoksīni) labi šķīst polāros šķīdinātājos (hloroforms, dihloretāns, metilspirts). Ekstraktus koncentrē un attīra ar kolonnu vai plānslāņa hromatogrāfijas palīdzību.

Tālāk seko **izdalīto piesārņojošo vielu noteikšana**. Viena no visuniversālākajām un efektīvākajām sarežģītu organisku un neorganisku savienojumu atdalīšanas un analīzes metodēm ir hromatogrāfiskā analīze, kura balstīta uz vielu maisījuma sadalīšanu ar sorbcijas metodēm dinamiskos apstākļos.

*Aflatoksīnu* noteikšanai visbiežāk izmanto augstspiediena šķīdumu hromatogrāfiju. *Biogēno amīnu* noteikšanai izmanto hromato-fluorimetriskās metodes un plānslāņa vai gāzu-šķīduma hromatogrāfijas metodes. *Alkaloīdu* noteikšanai izmanto plānslāņa un augstspiediena šķīduma hromatogrāfijas metodes. Metildzīvsudraba noteikšanai bieži izmanto gāzu-šķīduma hromatogrāfijas metodi.

Pārtikas produktu analīzē bieži izmanto arī elektroķīmiskās metodes – polarogrāfiju jeb voltamperometriju, elektroforēzi, jonometriju un amperometrisko vai konduktometrisko titrēšanu. Pēdējā laikā plaši pielieto potenciometriskās metodes, izmantojot jonoselektīvos elektrodus t.i. tādus elektrodus, kuriem piemīt relatīvi augsta selektivitāte pret kādu šķīdumā esošu jonu. Ar šo metodi var noteikt joda, hlora un alumīnija klātbūtni. Sēvišķu interesi pārtikas produktu analīzē izraisa enzīmu selektīvie elektrodus. Šo elektrodu darbības princips balstīts uz tādu reakcijas produktu potenciometrisko noteikšanu, kurus katalizē speciāls enzīms. Ar enzīmu selektīviem elektrodus var noteikt glikozi, aminoskābes, pienskābi u.c. *Nitrātu noteikšanai* plaši tiek lietoti nitrātslektīvie elektrodus. Šo metodi izmanto nitrātu noteikšanai svaigos un žāvētos dārzeņos un augļos, kā arī gaļas un piena produktos un ūdenī. Pirms potenciometriskās noteikšanas nitrātus no augu valsts produktiem ekstrahē ar kālija alumīnija alauna šķīdumu, bet no dzīvnieku valsts produktiem – ar borāta šķīdumu.

Agrāk samērā plaši tika izmantota elektroķīmiska metode – polarogrāfija, kura pamatojas uz mikroelektrodiem notiekošiem polarizācijas procesiem. Vairums organisko un neorganisko savienojumu spēj elektroreducēties uz pilošā dzīvsudraba elektroda. Tāpēc polarogrāfiju izmantoja tādu bioloģiski aktīvu savienojumu noteikšanā kā aminoskābes, olbaltumvielas, ogļhidrāti, vitamīni, kā arī mikroelementi. Ar šo metodi var noteikt smago metālu (kadmijs, cinks) niecīgus daudzumus dažādos pārtikas produktos, piemēram, cukurā, kartupeļos, konditorejas izstrādājumos, vīnā u.c. Iespējama arī vairāku elementu vienlaicīga noteikšana, tos iepriekš neatdalot, piemēram, varš, svins, alva, cinks, kadmijs. Tomēr mūsdienās laboratorijas pilošā dzīvsudraba elektroda un šo metodi izmanto arvien mazāk. Tā tiek aizstāta ar citām. Amperometriskās titrēšanas priekšrocības ir augsta jutība, precizitāte un selektivitāte. Ar šo metodi pārtikas produktos (rīsos, banānos, pienā, ābolos, kāpostos u.c.) nosaka kalciju, magniju, kadmiju.

Spektrālās metodes ir visvairāk lietotās un plašāk izpētītās metodes. Šādi var noteikt piesārņojošās vielas plašā daudzumu amplitūdā – no 30-40% līdz  $10^{-3}\%$ . Tās ir atomemisijas, spektrofotometriskās, atomabsorbcijas, nefelometriskās, turbidimetriskās, luminiscentās u.c. metodes. Smago metālu noteikšanai visbiežāk izmanto atomabsorbcijas metodes. Ir izstrādātas metodes, kas pamatojas uz šķīdumu spēju absorbēt elektromagnētisko starojumu redzamajā, ultravioletajā un infrasarkanajā spektra daļā. Šādas metodes izmanto dzelzs, vara, kobalta, niķeļa, hroma, cukuru, aminoskābju, pektīnvielu, fenolsavienojumu, vitamīnu noteikšanai, kā arī cukura, cietes un miltu krāsainības noteikšanai. Kolorimetriski ar vara (II) jodīdu var noteikt dzīvsudraba klātbūtni, ar ditizonu – svina klātbūtni, ar nātrija dietilditiokarbamātu – varu, ar kvercetīnu vai fenilfluoronu – alvu, ar o-fenantrolīnu – dzelzi, ar difenilkarbazīdu – hromu, ar 8-oksihinolīnu vai aurīntrikarbonskābi – alumīniju, ar perjodātu – mangānu. Reducējot arsēnu par arsīnu, ar sudraba dietilditiokarbamātu

spektrofotometriski var noteikt arsēnu. Infrasarkanā spektroskopiju plaši lieto pesticīdu, pārtikas krāsvielu un vitamīnu noteikšanai.

Luminiscenā analīzi izmanto vitamīnu, olbaltumu, tauku, ogļhidrātu identificēšanai un kvantitatīvai noteikšanai, kā arī augļu un dārzeņu bojāšanās diagnostikai, konservantu un dažu kancerogēno vielu noteikšanai. Tomēr mūsdienās toksisko vielu noteikšanai pārtikas produktos visbiežāk izmanto dažādas hromatogrāfiskās metodes.

*Antibiotiku* noteikšanai pārtikas produktos parasti izmanto mikrobioloģiskās metodes. Tās pamatojas uz to, ka antibiotikas kavē dažu noteiktu mikroorganismu attīstību.

## 9. Pārtikas produktu iepakojums

No iesaiņojamo materiālu vēstures:

Jau tālā senātnē mūsu senči kā taru izmantoja koku dobumus, dzīvnieku ādu, bet kā iesaiņojamo materiālu – koku lapas. Pirms 13000 gadiem taru sāka taisīt no māliem, pēc tam – no koka (mucas, kastes). Pirms 7000 gadiem sāka pīt grozus, tīklus, pirms 5000 gadiem Senajā Ēģiptē sāka lietot stikla traukus. Ir zināms, ka jau 17.gs. cukurs tika iesaiņots papīra tūtās. 18.gs. vidū kā iepakojamo materiālu sāka lietot kartonu un skārda konservu bundžas un kā iepakojamo materiālu plaši sāka izmantot metālu. Daudzus jaunus iepakojamos materiālus sāka pielietot 19.gs. otrajā pusē. Tagad arvien vairāk kā iepakojamo materiālu izmanto polimērmateriālus un kombinētos daudzslāņu materiālus. Iepakojumam ir gan pasīvās funkcijas – aizsargāt un saglabāt produktus pret sekundāro piesārņojumu ar mikroorganismiem, pret kukaiņiem un grauzējiem, pret mehāniskiem bojājumiem u.c., gan arī aktīvās funkcijas – tieši iedarboties uz produkta kvalitāti. Galvenie iepakojuma iedarbības veidi:

- polimēru plēves ar antimikrobiālu iedarbību;
- polimēru materiāli, kas satur vielas, kas izdala gāzes, piemēram, O<sub>2</sub> vai CO<sub>2</sub>. Pēc kāda laika šīs gāzes iepakojumā veido modificētu aizsargvidi un aizkavē mikroorganismu augšanu;
- materiāls, kura sastāvā iestrādāta kāda konservējoša viela, piemēram, propionskābe;
- O<sub>2</sub> vai CO<sub>2</sub> absorbējoši materiāli;
- materiāli, kuri darbojas kā temperatūras, mitruma vai gāzu satura indikatori.

Iepakojamam materiālam ir ne tikai uzglabāšanas un transportēšanas funkcijas, bet arī kvalitātes saglabāšanas un reklāmas funkcijas.

Glabāšanas procesā pārtikas produkti atrodas nepārtrauktā tiešā saskarē ar vidi, kas rodas iepakojuma iekšpusē. Iepakojuma uzdevums ir nodrošināt šīs iekšējās vides optimālu sastāvu. Visbiežāk tas nozīmē izolēt iekšējo vidi no ārējās. Dažreiz jānodrošina šīm abām vidēm ierobežota savstarpēja iedarbība, piemēram, jāregulē skābekļa piekļuve un CO<sub>2</sub> izvadīšana, kas nepieciešama fizioloģiski aktīviem produktiem.

**Polimēru iepakojamam materiālam** izvirza sekojošas **prasības**. Šiem materiāliem jānodrošina:

- 1) aizsargfunkcijas;
- 2) jāatbilst sanitāri-higiēniskām prasībām. Tās katrā valstī ir noteiktas, lai šie iepakojamie materiāli nekaitētu pārtikas produktiem. Sevišķa uzmanība šajā ziņā tiek pievērsta polimēru un kombinētiem materiāliem, jo tie var saturēt monomērus, mazmolekulārus ieslēgumus, iniciatorus, stabilizatorus, plastifikatorus, pildvielas, pigmentus u.c. Šīs vielas var migrēt no iepakojamā materiāla uz pārtikas produktiem;
- 3) tehnoloģiskās prasības;
- 4) ekonomiskās prasības;
- 5) enerģētiskās prasības (cik enerģētisko resursu nepieciešams to izgatavošanai);
- 6) ekoloģiskās prasības (pārstrādes iespējas);

7) jābūt atbilstošiem patērētāju prasībām – ērti lietojams, dekoratīvs, informatīvs. Ieviešot jaunus iepakojamos materiālus, izdara daudzas pārbaudes – organoleptiskās (vai iesaiņojamais materiāls neietekmē produktu garšu), sanitāri ķīmiski-analītiskās un toksikoloģiskās pārbaudes uz dzīvjiem organismiem (parasti uz žurkām, jūras cūciņām u.c.) [3].

Dažādu **konkrētu pārtikas produktu iepakojamiem materiāliem** jāatbilst konkrētām prasībām:

- 1) higroskopisku produktu (NaCl, cukurs, soda, želatīns) iesaiņojumam jābūt mitruma izturīgam. Arī konfektes jāšargā no mitruma;
- 2) cukuram ir tieksme adsorbēt aromātiskās vielas, tāpēc šiem iepakojumiem jābūt tādiem, kas nelaiž cauri smaržas;
- 3) maizi un konditorejas izstrādājumus var ilgstoši uzglabāt inertās gāzēs vai ogļskābās gāzes atmosfērā, cepumus jāšargā no mitruma, skābekļa, gaismas piekļuves;
- 4) uzglabājot augļus, ogas, dārzeņus, iepakojumam jānodrošina, lai tie nezaudē mitrumu, jāšargā pret kaitēkļiem, grauzējiem, jānodrošina skābekļa un ogļskābās gāzes apmaiņa;
- 5) svaiga gaļa nedrīkst zaudēt mitrumu, nedrīkst oksidēties, jo tad tā zaudē krāsu, tauki kļūst rūgti. Lai samazinātu mikroorganismu iedarbību, to uzglabā pazeminātā temperatūrā, bet desas un šķiņķi jāšargā no skābekļa iedarbības;
- 6) piena transportēšanai un uzglabāšanai galvenokārt izmanto polimēru un kombinētos iepakojamos materiālus. Tiem jābūt gāzu un ultravioletā starojuma necaurļaidīgiem;
- 7) dažu sieru iepakojuma iekšienē nedrīkst būt skābeklis (Emental). Gāzu sastāvu iepakojuma iekšienē stingri kontrolē. Tam jābūt: CO<sub>2</sub> - 94,2%, N<sub>2</sub> - 5,6%, O<sub>2</sub> - 0,2%;
- 8) zivis ir produkti, kuri visātrāk bojājas, jo tās satur daudz viegli oksidējošās olbaltumvielas un taukus. 70-80% no viegli oksidējošām olbaltumvielām ir miozīns, kurš ir sevišķi jutīgs pret ārējo iedarbību. Zivis jāšargā no skābekļa piekļuves, no enzimatiskiem procesiem, no mikroorganismu iedarbības; tās nedrīkst zaudēt mitrumu;
- 9) tauki un eļļas ļoti jāšargā no skābekļa iedarbības. Tā ietekmē rodas peroksīdtipa toksiski savienojumi. Šo savienojumu rašanos veicina gaisma un siltums.

### 9.1. Pārtikas produktu iepakojuma toksikoloģiskās problēmas

Pārtikas produktu iepakojšanai tiek izmantotas dažāda tipa plēves – gan dažādi celofāni, gan kombinētās plēves. Kā piedevas iepakojumu plēvēm izmanto plastifikatorus, mīkstinātājus, termostabilizatorus, hemostabilizatorus (kuri aizsargā no ultravioletā starojuma un gaismas), antistatīkus. Diemžēl daļa no šīm vielām pāriet pārtikas produktos. Piemēram, krustnagliņas, tika pārdotas **polistirola** paciņās. Krustnagliņu sastāvā esošās ēteriskās eļļas pārgāja polistirolā un darbojās kā plastifikators. Rezultātā krustnagliņu pulveris zaudēja savas īpašības, bet no iesaiņojamā materiāla pulverī pārgāja toksiski monomēri, piemēram, **monostirols**.

Pērkot **kondensētu pienu**, jāpievērš uzmanība iepakojumam. Ja **skārda kārbas** šuves un vāciņš ir aizvalcēts, tad kārbām ir paceltas vāciņa malas un praktiski nepastāv iespēja svinam pāriet no kārbas materiāla pienā. Neaizvalcētām kārbām vāciņa virsma ir gluda, bez tam, uz viena kārbas sāna redzams aizlodēts caurumiņš, caur kuru tā tiek piepildīta. Tādos gadījumos pastāv reāla iespēja **svinam** pāriet pienā. ES valstīs kārbas ar lodētām šuvēm pārtikas produktu iesaiņošanai izmantot ir aizliegtas.

Mūsdienās metāla kārbas parasti tiek pārklātas ar lakām vai emaljām. Lai atvieglotu pārklājuma izvēli, pārtikas produktus pieņemts iedalīt trīs grupās:

- sulfidjonus saturoši produkti: zirņi, pupas, šprotes, ziedkāposti, tuncis, sardīnes;

- mazāk agresīvi produkti: augļi ar ciāno- grupu nesaturošiem pigmentiem, no tiem izgatavotas sulas un džemi, salāti, tomāti, seleriju saknes, skābēti un marinēti gurķi;

- agresīvi, skābi produkti: augļi un dārzeņi ar ciāno- grupu saturošiem pigmentiem: jānogas, zemenes, ķirši, sarkanās bietes etiķī, apelsīnu un ananāsu sula.

Konservu kārbas no iekšpuses bieži vien ir pārklātas ar **bifenolu A** saturošu plastikāta plēvi. Šī bīstamā ķīmikālija ir daudzu plastmasas izstrādājumu, piemēram, limonādes pudeļu sastāvā. Šī viela ietekmē cilvēka hormonālās sistēmas darbību.

Fasētu pienu (un arī citus konservus) nedrīkst atstāt atvērtās kārbās. Skābekļa ietekmē notiek pastiprināta svina anodiska šķīšana un ievērojami pieaug svina saturs tajā. Jau pēc divām dienām svina saturs dubultojas, bet pēc septiņām dienām – trīskāršojas.

Svins tika atrasts dažos Eiropas un ASV vīnos – pat līdz 300 µg Pb/l. Tas bija nonācis vīnā no korķiem, kas bija pārklāti ar svina foliju. Tagad vairums vīndaru lieto plastmasas vai korķa aizbāžņus.

Agrāk **polivinilhlorīds (PVH)**, no kura tika gatavots iepakojamais materiāls pārtikas produktiem, saturēja **vinilhlorīda** paliekas, kas var izraisīt saindēšanos. Piemēram, ja PVH pudelēs, kuras domātas ūdens šķīdumiem, tiek lietotas eļļas. Plastificētā PVH, kuru izmanto pārtikas plēves un pudeļu aizbāžņu ražošanā, parasti vinilhlorīda paliekas netika atrastas. Kopš 1978. gada, uzlabojot PVH ražošanas tehnoloģiju, vinilhlorīda saturs pārtikas produktu iepakojamos materiālos no PVH tika samazināts. Nedaudz vinilhlorīda ir atrasts produktos, kuri ir fasēti cietā PVH pudelēs – visvairāk etiķī, tad augļu sulās un sinepēs. Pētot vinilhlorīda ietekmi uz dzīvniekiem (pelēm, žurkām), tika konstatēts, ka tas var izraisīt audzēju veidošanos. Tam novērota arī mutagēna iedarbība. Cilvēkiem novēroti pirkstu kaulu locītavu bojājumi, kā arī izmaiņas aknās un liesā. Metabolisma rezultātā no vinilhlorīda rodas hloretilēnoksīds un hloracetaldehīds. Daudzās valstīs vinilhlorīda daudzumu pārtikas produktu iepakojumos un tā migrāciju kontrolē.

Kūku, margarīna, piena produktu un salātu iepakojamos materiālos daudzus gadus tiek izmantots akrilonitrila/butadiēna/stirola polimērs. Tam piemīt īpašas gāzu barjerīpašības. To plaši lieto uz skābekļa iedarbību jutīgu produktu (augu eļļas) iepakojšanai. **Akrilonitrils** ir toksiskāks nekā hlorētie monomēri. Aknās esošie enzīmi, to pārveido mutagēnos savienojumos. Dzīvnieku organismos no akrilonitrila rodas cianīds, kurš tālāk tiek pārvērsts tiocianātā un izvadīts ar urīnu. Akrilonitrils ir kancerogēns dzīvniekiem un iespējams, arī cilvēkiem. No **stirola** organismā veidojas stirola oksīds, kurš ir potenciāli mutagēns, jo gan stirols, gan tā oksīds noteiktos apstākļos rada izmaiņas hromosomās. Toksiski ir polimēru materiālu piedevas, īpaši, **plastifikatori**, ko bieži pievieno PVH plastiskiem materiāliem. Tie ir dažādu organisku skābju esteri, visbiežāk **ftalāti**. Šiem savienojumiem ir pierādīta hepatokancerogēna iedarbība uz žurkām un pelēm. JECFA ir ieteikusi šo vielu saturu pārtikas produktu iepakojamos materiālos samazināt līdz minimumam.

Dažu tipu **piena pakās** ir konstatēts piena piesārņojums ar dioksīnu. **Dioksīni** un **furāni** veidojas, balinot celulozi ar hloru. Piena pakas tiek gatavotas no celulozes ar polietilēna pārklājumu, caur kuru pienā var nokļūt daļa dioksīna un furānu. Tā nedrīkst pārsniegt vienu trešdaļu no noteiktās pieļaujamās diennakts devas. Jāņem vērā, ka ir cilvēki, kas lieto daudz piena (veģetārieši, mazi bērni), - tad ieteicams pirkt pienu pudelēs. Vācijā pārdod pienu, kurš iepakots nebalinātā kartona pakās, kuras nesatur dioksīnu un furānu.

2005. gada nogalē izplatījās ziņas par 30 miljonu litru Šveices kompānijas „Nestle” bērniem paredzētā piena izņemšanu no tirdzniecības, jo atklājās, ka tajā iekļuvis ķīmiskais piesārņojums (viela ITX) no iepakojuma uzrakstu tintes.

Saprotams, ka pārtikas produktu iesaiņošanai nedrīkst izmantot avīžpapīru, jo tipogrāfijas tintes satur svīnu.

Parasti stikls neizdala veselībai kaitīgas vielas. Bažas rada tikai kristāla karafes un glāzes, kuras var saturēt līdz 30% PbO. Svina saturs kristāla traukos glabātos vīnos un

degvīnos pieaug, pieaugot uzglabāšanas laikam – pēc 3-4 mēnešu uzglabāšanas ir konstatēts 1-2 mg svina litrā, bet pēc vairākiem gadiem, tas jau ir sasniedzis 21 mg svina litrā. Uzglabājot pārtikas produktus keramikas traukos, var notikt smago metālu difundēšana no trauka emaljas vai glazūras pārtikas produktā, it īpaši, ja traukā uzglabātie produkti ir skābi. No polimēru iepakojamiem materiāliem pārtikas produktos var pāriet polimerizācijas atlikumi, katalizatori, šo materiālu ražošanā pievienotās ķīmikālijas – antioksidanti, antistatiskie aģenti, plastifikatori, pigmenti u.c.

Ķīmisko vielu migrācijas apjoms pārtikas produktā ir atkarīgs no vairākiem faktoriem:

- piesārņotāja daudzums iepakojuma materiālā;
- piesārņotāja piesaistīšanas stabilitāte materiāla matricē;
- iepakojuma materiāla biezums;
- iepakotās pārtikas īpašības (sausā vai ūdens šķīdums, tauku saturs, skābums, spirta saturs, u.c.);
- piesārņotāja šķīdība attiecīgajā pārtikas produktā;
- piesārņotāja un pārtikas produkta kontakta ilgums un temperatūra.

Datus par piesārņotāju migrācijas līmeni no iepakojamā materiāla pārtikas produktos var iegūt, tieši - analizējot attiecīgo pārtiku, vai netieši – lietojot pārtikas simulāntus, t.i., veidojot imitācijas modeļus. Tiešo metodi ierobežo analītisko metožu jutība (parasti jānosaka niecīgs piesārņotāju daudzums), pārtikas produktā esošo citu vielu ietekme un pārtikas produktu nestabilitāte.

## 9.2. Prasības pārtikas produktu iesaiņojumam

Pārtikas produktu iesaiņojumu materiāliem jāatbilst obligātām nekaitīguma prasībām, kuras nosaka Ministru Kabineta noteikums Nr.637 „Obligātās nekaitīguma prasības materiāliem un priekšmetiem, kas nonāk saskarē ar pārtiku” no 2006.gada 1.augusta. Šie noteikumi ir balstīti uz Eiropas Parlamenta un Padomes 2004.gada 27.oktobra Regulu Nr.1935/2004.

Šajos MK noteikumos ir teikts, ka no plastmasas materiāla 1 dm<sup>2</sup> virsmas laukuma pārtikā drīkst migrēt ne vairāk kā 10 mg tā sastāvdaļu, bet kopējā šo sastāvdaļu migrācijas robeža nedrīkst pārsniegt 60 mg uz 1 kg pārtikas. Vinilhlorīda migrācija no plastmasas materiāla vai priekšmeta pārtikā vispār nav pieļaujama. Speciāli noteikumi ir izstrādāti polivinilhlorīda vāku blīvēm, atsevišķi izdalot noteikumus vāku blīvēm, bērniem un zīdaiņiem paredzētās pārtikas stikla burku aizvākošanai.

Šajos noteikumos ir norādīts, ka no keramikas priekšmeta migrējušais svina daudzums nedrīkst pārsniegt 1,5 mg svina uz litru, bet kadmija daudzums – 0,3 mg kadmija uz litru pārtikas iesaiņošanai vai uzglabāšanai izmantojamās tilpnes (ja to tilpums pārsniedz 3 l). Tas attiecas arī uz keramikas traukiem, kurus izmanto ēdiena gatavošanai.

Ir noteikts, ka reģenerētās celulozes plēves apdrukātā virsma nedrīkst saskarties ar pārtiku. Papīra un kartona materiāli un priekšmeti, kurus izmanto pārtikas iesaiņošanai no 1 kg šāda materiāla nedrīkst izdalīt vairāk kā 0,5 mg kadmija un 3 mg svina. Šajos noteikumos ir arī sadaļa, kas attiecas uz pupiņiem un māneklīšiem, kuri tiek izgatavoti no gumijas vai elastomēra. Šie materiāli nedrīkst izdalīt N-nitrozoamīnus vai vielas, kuras var pārvērsties par N-nitrozoamīniem.

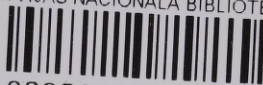
Šo noteikumu deviņos pielikumos ir uzrādītas plastmasas materiālu ražošanā atļautās vielas un piedevas. Daļa uzrādīto vielu (acetilēns, etiķskābe, benzoscābe, celuloze, citronskābe, glicerīns, fenols, krezols u.c.) ir atļautas bez ierobežojumiem, daļa (acetaldehīds, akrilskābe, borskābe, etilēnglikols, formaldehīds) ar ierobežojumiem - 1 – 30 mg šīs vielas uz 1 kg pārtikas, bet daļa (2-aminoetānols, rezorcīna diglicidilēteris) atļautas tikai netiešai

saskarei ar pārtiku aiz PET slāņa. Benzaldehīda un kampara migrācija var pasliktināt pārtikas organoleptiskos rādītājus, kura saskaras ar šo materiālu un gatavais produkts vairs neatbilst noteikumiem.

## Izmantotā literatūra

1. Baltess V. Pārtikas ķīmija. Rīga, LU, 1998, 478 lpp.
2. Deshpande S.S. Handbook of Food Toxicology. Marcel Dekker, Inc., New York. Basel, 2002, 903 p.
3. Dukaļska L. Pārtikas produktu iepakojšanas tehnoloģija. Jelgava: LLU PTF, 2003, 670 lpp.
4. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition/ ed.B.Caballeroo. Amsterdam. Academic Press, 2003, 10vol.
5. Gadagrāmata 2001. Agroķīmisko pētījumu centrs. Rīga, 2002
6. International Food Safety Handbook. Source, International regulation and control. Edited by K.V.de Heidem. New York, Headquarters, 1999, 811 p.
7. Instrumental Methods in Food and Beverage Analysis. Edited by D.L.B.Wetzel, G.Charalambous.Development in Food Sciences, 1998.
8. U.Kauliņš, D.Kārkliņa, M.Dūma. Uztura fizioloģiskā vērtība. Jelgava, 2000, 181 lpp.
9. Kļaviņš M. Vides ķīmija. Toksiskās vielas apkārtējā vidē. Rīga, LU, 1991, 92 lpp.
10. Kļaviņš M., Prikšāne A. Ekotoksikoloģija. Rīga, Roskilde, 1995, 125 lpp.
11. Liguts V. Toksikoloģijas rokasgrāmata. SIA Nacionālais medicīnas apgāds, Rīga, 2005, 1070 lpp.
12. Matiseks R., Šnēpels F.M., Šteinere G. Pārtikas analītiskā ķīmija. Rīga, LU, 1998, 456 lpp.
13. Nutrition and Chemical Toxicity. Ed. By Costas Ioannides. John Willy&Sons, England, 1998, 384 p.
14. Ozola L. Pārtikas piedevas. Rīga: SIA „Neo”, 2003, 111lpp.
15. Persistent Organic Pollutants. An Assessment Report. Canadian Network of Toxicology Centres. 1995, December.
16. Roots O. Polychlorinated Biphenyls and Chlororganic Pesticides. Assessments of Health Risk Associated with the Consumption of Seafood. Proc.Estonian Acad.Sci.Ecol.,1996, 6, 3/4, 124 -135 pp.
17. Selindžers B. Cita ķīmija. Rīga, SIA „Mācību apgāds”, 2007, 517 lpp.
18. Timbrell J. Introduction to Toxicology. Taylor & Francis, London, 2002, 215 p.
19. Zariņš Z., Neimane L. Uztura mācība. Apgāds „RASA ABC”, 1998, 383 lpp.
20. Watson David. Safety of Chemicals in Food Chemical Contaminants, 1993.
21. www.lpc.gov.lv. Resursi skatīti 2007.08.22.
22. www.videsvestis.lv. Resursi skatīti 2007.07.09.
23. Оксенгендлер Г.И. Яды и организм. Санкт-Петербург, Наука, 1991, 319 с.
24. Эйхлер В. Яды в нашей пище. Москва, 1993, 187 с

LATVIJAS NACIONĀLĀ BIBLIOTĒKA



0308022814

OBŪLĀTĪBAS  
EKSPONĀTĀDE

31

2008-6  
└ 24