

Kozmetikai és testápoló szerek

A kozmetikai és testápoló szerek (PCP, *personal care products*) csoportja nem pontosan meghatározott. Elsősorban kozmetikumokat (például hidratálószer, parfüm, rúzsok, hajfestékek, dezodorok, fogkrémek) értünk alatta, azonban a csoportba tartoznak gyógyhatású készítmények is (például kenőcsök, krémek, szájöblítők, korpásodás elleni samponok stb.), azaz minden olyan szer, készítmény, amelyet külsőleg használunk. A PCP-k kémiai vegyületek keverékei, amelyek a gyógyszerekhez hasonlóan biológiai hatású aktív hatóanyagokat tartalmazhatnak, a környezetbe jutva károsíthatják az ökoszisztémát. A kozmetikai termékekben gyakran találhatók szennyező anyagok is (például felületaktív anyagok a detergenszekben és szappanokban, műanyaglágyítók a csomagolásokban és borításokban, rovarölő szerek, fertőtlenítőszer stb.). A PCP-k a gyógyszerekhez hasonlóan kerülnek a környezetbe, de fő pontforrásai a háztartások, a kommunális szennyvíztisztítók. Minden egyes szappan, sampon, gyógyszeres kézkrém, higiénés termék, amelyet a mindennapi élet során alkalmazunk, a használat vagy a szervezetből történő kiválasztás után a szennyvíztisztítóba jut, majd a környezetbe kerülhet. Széles körű használatuk, valamint a szennyvíztisztítók nem megfelelő hatékonysága elősegíti a PCP-k és metabolitjaik környezetbe jutását, illetve sok helyen, különösen a fejlődő országokban a kezeletlen szennyvíz közvetlenül a befogadóba juttatja a PCP-ket.

A PCP-kben található vegyületek közül az illatot biztosító pézsmavegyületeket, az UV-szűrőket (fényvédő szereket), a biocid hatású vegyületeket (ezek tartósítószer is lehetnek) tekintjük különösen aggodalomra okot adó vegyületeknek, amelyek közül több új szennyezőnek is tekinthető.

Pézsmavegyületek

A pézsmavegyületeket (SMC, *synthetic musk compounds*) a 19. század végén fedezték fel, illatanyagként használják többek között kozmetikai szerekben, szappanokban, parfümökben, detergenszekben, testápolókban, légfrissítőkben stb. A pézsmavegyületek erősen lipofil anyagok, ezért felhalmozódhatnak az üledékben, az iszapban és az élő szervezetekben is, egyes pézsmavegyületeket kimutattak emberi zsírszövetben, anyatejben és vérben is [4]. A természetes pézsmavegyületek állati eredetűek, azonban manapság a szintetikus pézsmavegyületek terjedtek el, amelyeknek négy csoportját különböztetjük meg: 1. *nitropézsma*, 2. *policiklusos*, 3. *makrociklusos* és 4. *alliciklusos pézsmavegyületek*. Széles körű elterjedésük miatt gyakran megtalálhatók a környezetben különböző kémiai formában.

A leggyakrabban előforduló szintetikus pézsmavegyületek különböző koncentrációban (amely a vegyület után zárójelben szerepel) vannak jelen szépség- és testápoló szerekben, ezek a *tonalid* (8000 µg/g), a *galaxolid* (22 000 µg/g), a *pézsma xilén* (26 µg/g) és a *pézsma keton* (0,5 µg/g). A szintetikus pézsmavegyületek a szennyvíztisztítók befolyóiban jellemzően 3690–7330 ng/l, a kifolyókban 960–2960 ng/l, a felszíni vizekben 150–16700 ng/l koncentrációban találhatók meg. Felszín alatti vizekben ritkán haladják meg a 100 ng/l-t, nemzetközi tanulmányokban a tonalid és a galaxolid volt az ivóvízben leggyakrabban kimutatható pézsmavegyület.

A különböző pézsmavegyületek koncentrációja az ivóvízben nagymértékben függhet az ivóvízbázis típusától, a víztisztítás módjától, és az adott vegyület fizikai-kémiai tulajdonságaitól.

UV-szűrők

Az UV-szűrők a bőrgyógyászok javaslatára, az UV-sugárzás által okozott bőrrák megelőzésének érdekében igen elterjedtek, és számos kozmetikai termékben megtalálhatók, például naptejek, szappanok, arckrémek, testápolók, hajlakkok stb. Az UV-szűrők két fő típusát különíthetjük el, a szerves fényvédőket, amelyek abszorbeálják az UV-fényt, és a szervetlen fényvédőket (például TiO_2 , ZnO), amelyek visszaverik és szétszórják az UV-fényt. A szerves fényvédők közül a benzofenon (BP) és származékai az egyik legelterjedtebb csoport, de számos egyéb vegyületet is használnak az UV-sugárzás káros hatásainak enyhítésére.

Az UV-szűrők a mérsékelt égővi országokban leggyakrabban szezonálisan, fürdés és egyéb szabadidős tevékenység során kerülnek a folyókba, tavakba, tengerekbe, óceánokba, de a mosás és tisztálkodás során a szennyvíztisztítóba is jelentős mennyiségben kerülnek, ahol nem bomlanak le teljes mértékben, így végül a felszíni vizekbe és a környezetbe jutnak. A benzofenon-4-et (BP-4) és a 2-fenil-benzimidazol-5-szulfonsavat (PBSA) csak az utóbbi évtizedben kezdték detektálni a szennyvíztisztítók befolyóiban, kifolyóiban, a felszíni vizekben, és alkalmanként ivóvizekben. Északnyugat-Spanyolországban az összes vizsgált szennyvíztisztító befolyásánál találtak BP-4-et (2100 ng/l) és PBSA-t (200 ng/l). A tisztított szennyvízben a vizsgálatban végzett mérések szerint a BP-4 medián koncentrációja 1200 ng/l, a PBSA-é 240 ng/l volt, valamint felszíni vizekben is kimutathatók voltak akár 600 ng/l (BP-4), illetve 20 ng/l (PBSA) mennyiségben is. Az ivóvizekben is kimutattak UV-szűrőket, koncentrációjuk általában 10 ng/l alatt volt, kivéve a BP-4, amely elérte a 60 ng/litert is.

Biocidek

A biocidek olyan vegyületek, amelyek valamely kártékony biológiai szervezetet kémiai vagy biológiai eszközökkel elpusztítanak, elriasztanak, ártalmatlanítanak, károsításában akadályoznak, illetőleg valamilyen más módon korlátozó hatást gyakorolnak rá. Kozmetikai termékekben a termékek romlásának megakadályozására használják, illetve olyan termékekben, amelyek funkciója a fertőtlenítés, például antiszeptikus kézmosók, fertőtlenítő spray-k stb. A kozmetikumokban leggyakrabban alkalmazott biocid vegyületek a *triklozán*, *klorofén* és *diklorofén*, valamint a *parabének*.

A *triklozán* antibakteriális és gombaellenes készítmény, amelyet az 1960-as évek elején fejlesztettek ki, nem ionos, színtelen, szagtalan por. 1972-ben kórházakban használták fertőtlenítésre, ezt követően azonban számos kozmetikai és higiénés termékben alkalmazták, például folyékony kézmosókban, szájbőlítőkben, kézfertőtlenítőkben, fogkrémekben [18]. 2016-ban az Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszerellenőrző Hatósága (FDA) megtiltotta a triklozán használatát szappanokban, azonban fogkrémekben, kézfertőtlenítőkben és szájmosó folyadékokban még használhatók, utóbbiakban az ínygyulladás megelőzésében mutatott hatékonysága miatt. A triklozánnal kémiai rokon vegyület a *triklokarbán* (TCC), amelyet szintén antibakteriális hatása miatt használnak.

A diklorofén és a klorofén halogénezett fenolos vegyületek, vízben nem oldódnak. A diklorofént baktericid és fungicid hatása miatt, a klorofént biocidként és tartósítószerként alkalmazzák kozmetikai készítményekben, például hajtonikokban, hajápolási készítményekben, valamint lábpúdereken és spray-kben. Japánban nem engedélyezik a diklorofén használatát, Európában a megengedett maximum koncentrációja 0,5%, a kloroféné 0,2%.

A harmadik fő csoport, a *parabének* a para-hidroxibenzoésav észterei. Az 1920-as évek óta használják antimikrobiális szerként. Gombaölő és baktériumölő tulajdonságaik miatt háztartási termékek, kozmetikai szerek, gyógyszerek, ételek és italok tartósítására használják. Egyes növények, például az áfonya, eper, répa, olíva természetesen tartalmaznak parabéneket, főként metil-parabént [4]. Mivel inert vegyületek, és nem lépnek reakcióba a termékekben található hatóanyagokkal, széles körben alkalmazzák őket, amihez alacsony előállítási költségük is hozzájárul.

A biocidok közül a triklozánt azért is övezi különös aggodalom, mert számos felszín alatti vízből kimutatták. Bár egy európai felszín alatti vizek felmérését végző vizsgálatban a vizsgált vizek csupán 2%-ában mutatták ki a triklozánt 9 ng/l maximális koncentrációban, egy másik tanulmányban, az Egyesült Királyságban 2110 ng/l koncentrációt is mértek felszín alatti vízben. A triklozán bomlástermékeinek felszín alatti vizekben való jelenlétéről hiányosak a szakirodalmi adatok [4]. A kozmetikai felhasználása mellett antibakteriális műanyagok és textilek készítésénél is felhasználják a triklozánt, így ezekből a forrásokból is a környezetbe juthat. Több országban végzett vizsgálatok során a PCP-k közül a galaxolid (13 900 ng/l) mellett a triklozán (24 000 ng/l) és a triklokarbán (478 ng/l) volt a felszíni vizekben leggyakrabban detektált új szennyező [19]. A szennyvíztisztítás során ezek a vegyületek jól eltávolíthatók, de több országban mutatták ki nem csak a szennyvíztisztító befolyóiban (2,3–436 000 ng/l), de a kifolyókban (<82 000 ng/l) is. A triklozán klórozott ivóvízzel keverve karcinogén kloroformot képez, illetve a felszíni vízbe jutva napfény hatására toxikus poliklórozott dioxinok, és kevésbé toxikus diklórozott dioxin keletkezik. Dioxinok keletkezhetnek triklozánból a szennyvíziszap égetése során is [17]. Egyes PCP-eket kimutattak algákban. Az algákban található lipidek utat biztosítanak a lipofil vegyületek számára az alsó trofikus szintre való bekerüléshez. Egy texasi szennyvíztisztító telep közelében vizsgált vízben, az algákban ki tudták mutatni a triklozánt és a triklokarbánt, valamint a triklozán bomlástermékét, a metil-triklozánt. A diklorofén- és a klorofénkonjugátumok (szulfát- és glükuronidkonjugátum) formájában ürül a vizelettel. Kimutatták szennyvíztisztítók elfolyóiban és felszíni vizekben, de felszín alatti vizekben nem detektálták. A biocidok közül a parabének biológiailag lebomlanak, de folyamatos kibocsátásuk miatt mindenütt előfordulnak a felszíni vizekben [4], illetve több országban felszín alatti vizekből is kimutattak olyan parabéneket (metil-, etil- és propil-parabént), amelyek potenciális EDC-k [19].

Rovarriasztó szerek

A leggyakoribb PCP-k mellett érdemes megemlíteni a rovarriasztó szereket, amelyeket jellemzően az ízeltlábúak (szúnyogok, kullancsok stb.) távoltartására alkalmaznak, általában kenőcs vagy spray formájában a bőrre vagy ruházatra juttatva. A rovarriasztók közül a DEET (N,N-dietil-meta-toluamid) gyakran detektálható a környezetben, maximum megengedett hatóanyag-koncentrációja az EU-ban 20%. Alacsony a vízzoldhatósága (1 g/l 20°C-on) és alacsony az illékonyasága. Az alacsony log K_{ov} -értéke miatt feltehetően nem bioakkumulálódik. Egy friss tanulmány szerint a DEET valójában nem riasztószer, hanem megakadályozza, hogy a rovarok detektálják az emberi bőr illatát [20].

A DEET-t 8 országban mutatták ki szennyvíztisztítókból (befolyó: 15,1–6900 ng/l; kifelő: 6,4–2110 ng/l), szennyvíziszapban és felszíni vizekben (USA: <1616,5 ng/l) is detektálták, 4 országban pedig felszín alatti vizekből is kimutatták (az USA-ban 2–13 500 ng/l koncentrációban) [19]. Egy átfogó európai vizsgálat során 23 országból vettek 169 felszín alatti vízmintát és 59 vegyület jelenlétét vizsgálták. A DEET volt a leggyakrabban detektált vegyület a legnagyobb koncentrációval, amely 454 ng/l volt [4].

Hatásuk a környezetre és az egészségre

A gyógyszermaradványoktól eltérően a PCP-knek nem kell az emberi szervezeten keresztülhaladnia a környezetbe jutáshoz, a fürdözést vagy tisztálkodást követően közvetlenül vagy a szennyvíztisztítókon keresztül a környezetbe jutnak.

A pézsmavegyületek felszívódhatnak a bőrön keresztül, valamint belélegzéssel vagy szájon át juthatnak a szervezetbe. Az előbbi kettő a fő szervezetbe jutási mód. A pézsmavegyületek egészségre való hatását alaposan vizsgálták, és biztonságos használatukat több vizsgálat is megerősítette. Mennyiségük a szervezetben elérheti a 190 ng/g lipidkoncentrációt. Az alacsony mennyiségben a környezetben előforduló pézsmavegyületek kutatások tárgyát képezik. A nitropézsmavegyületekkel kapcsolatban aggodalmak merültek fel, így az EU egyes nitropézsmavegyületek alkalmazását megtiltotta a kozmetikumokban, amelyeket a biztonságosabbnak ítélt policiklusos pézsmavegyületekkel helyettesítenek. Egyes pézsmavegyületek irritálják a bőrt, és allergiás reakciókat válthatnak ki. Az állatkísérletek egyes vegyületek esetében EDC-hatást mutattak ki, mások rákbetegséget és idegrendszeri károsodást is okozhatnak állatokban [4].

Az UV-szűrők lipofil tulajdonságuknak köszönhetően bioakkumulációra és biomagnifikációra képesek, potenciálisan ösztrogénhatású (EDC-) vegyületek. A naptejek szerves vegyületei könnyen felszívódnak a bőrön vagy a száj nyálkahártyáján keresztül, és részben metabolizálódhatnak. Magas log K_{ow} -értéküknek köszönhetően halakban jelentős a bioakkumulációjuk, ahol ösztrogénhatását mutatták ki. Emberben is kimutattak bioakkumulációt. A homoszalát, BP-1, BP-2, BP-3, avobenzon, oktil-metoxi-cinnamát, 4-metil-benzilidén-kámfor, 3-benzilidén-kámfor és az etil-hexil-dimetil-para-aminobenzoészav kiemelt figyelmet kap potenciális EDC-hatása miatt. Az avobenzon kivételével az összes felsorolt vegyületet az Európai Bizottság potenciális EDC-ként tartja nyilván [21]. Az UV-szűrők környezetben mért koncentrációja nem sokkal marad el attól a koncentrációtól, amely toxikus hatást ér el állatokban. Nagy valószínűséggel a naptejek vegyületei okozzák a korallak kifehéredését, vagyis a színes korallak fehérré fakulását. Az oxibenzon a korallak vírusfertőzését segíti elő, amely kifehéredést eredményez, de genotoxikus és fototoxikus (azaz káros hatása erősödik napfényben) hatását is kimutatták már alacsony koncentráció esetén is [4]. Azon UV-szűrő vegyületek esetében, amelyek lebomlása fotokémiai reakcióval is megtörténik, a lebomlás során gyakran szabadgyökök képződnek, amelyek DNS-károsító hatásúak lehetnek.

A biocidok közül a triklozán olyan széles körben alkalmazták, hogy becslések szerint az USA populációjának 75%-a kapcsolatba került a vegyülettel valamilyen módon. A mai napig is megtalálható egyes fogkrémekben, szappanokban, bár egyes cégek kivonják termékeikből [22]. A triklozán könnyen felszívódik a bőrön és a száj nyálkahártyáján keresztül, és több szövetből, testfolyadékból kimutatták emberben [18]. A vízi ökoszisztémára is káros hatású, toxikus a vízi baktériumokra és a biofilmekben megtalálható algákra már 210 ng/l koncentrációban is, valamint gátolja a fotoszintézis hatékonyságát 420 ng/l koncentrációban [19]. Egészségügyi hatásai mellett

problémát okoz, hogy a mikroorganizmusok rezisztenssé válnak vele szemben, és a triklozán jelenléte más antimikrobiális szerek elleni rezisztencia (keresztrezisztencia) kialakulását is elősegíti baktériumokban [18].

A klorofén felszívódik a bőrben; mind a klorofén, mind a diklorofén esetében akut toxicitás tesztekben ki tudtak mutatni toxicitást, jellemzően a vese volt az érintett szerv. A diklorofént potenciális karcinogénnek is tekintjük [4]. Továbbá a diklorofén, valamint a parabének is ösztrogénhatású vegyületek (EDC-k). A DEET enyhén irritálhatja a bőrt, és szájon át kutyákba juttatva a neurotoxicitás klinikai tüneteit mutatták. Az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA) nem tekinti a DEET-t humán karcinogénnek [4].

Fejezetzáró kérdések

1. Melyek a PCP-k csoportjai?
2. Mire használják a pézsmavegyületeket, és melyek az egészségkárosító hatásaik?
3. Jellemezze az UV-szűrő vegyületek csoportjait és az egészségre, illetve környezetre gyakorolt hatásaikat!
4. Mik azok a biocidek, és miért alkalmazzák őket a PCP-kben?
5. Melyik a négy leggyakrabban alkalmazott biocid vegyület a kozmetikumokban?
6. Melyek a triklozán alkalmazásának területei, egészségkárosító és környezeti hatásai?
7. Melyek a diklorofén és a klorofén felhasználási területei, hol fordulnak elő, és melyek az egészségügyi hatásaik?
8. Melyek a parabének alkalmazásának területei, mely növényekben fordulnak elő?