

# Hazai élővizetből származó halak összes-higany és metilhigany tartalmának vizsgálata

Z. FUNDÁK RITA – SOÓS KATALIN – GERGELY ANNA

Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet

Érkezett: 1986. június 25.

Az 1950-es évek végén, és a 60-as évek elején a metil-higany-szennyeződést tartalmazó halak fogyasztása révén tömeges higanymérgezések fordultak elő Japánban (Minamata, Niigata), amelyek felhívták a figyelmet a környezetre, az élővizek higanyszennyeződésének veszélyére (1).

A higany természetes tartalomként is jelen van a levegőben, talajban, kőzetekben, természetes vizekben, de nagy mennyiségben kerül közvetlenül vagy közvetett módon a környezetbe az ember tevékenysége révén.

A higany és vegyületeinek körforgása és eloszlása a bioszférában két ciklusból áll. A teljes ciklus az elemi higanygőz atmoszférikus cirkulációja a szárazföldi források és az óceánok között. A helyi ciklusban az ember tevékenysége révén a környezetbe kerülő szerves higany metileződik. A metileződés folyamata a higanyátvitel kulcskérdése. Ez a folyamat a természetes vizek üledékében megy végbe és a vízi táplálékláncon keresztül potenciális veszélyt jelent az emberre (2).

Az ionos higany metileződésének két biokémiai útja ismert, az egyik anaerob, a másik aerob körülmények között megy végbe.

A természetes vizekben a metilhigany akkumulációja három lépésben zajlik le. Elsőként a biológiailag aktív üledékekhez legközelebb eső vízrétegben élő állatokban, ezután a kisebb halfajokban, végül a ragadozó halakban halmozódik fel a szerves higany.

Intézetünk az élelmiszerek higanyszennyeződéseinek vizsgálatával az összes higanytartalom mérése alapján 1949 óta foglalkozik.

Az 1950-es és az 1960-as években főként a higanyos csávázószerek jelentették a problémát, majd az 1970-es években Magyarországon is előtérbe került a halak higanyszennyezettségének vizsgálata.

Az Egészségügyi Világszervezet 1976-os, higanyról szóló kiadványában összefoglalóan foglalkozik a halak átlagos higany szintjével és a higany bevitellel. Felmérések szerint a természetes vizekben fogott halak izomszövetének higany szintje átlagosan 200–400  $\mu\text{g}/\text{kg}$  közé esik, a lakosság napi higanybevitel pedig 1–20  $\mu\text{g}/\text{nap}$  között mozog. Becslések szerint 300  $\mu\text{g}/\text{napos}$  hosszú időn át tartó higanybevitel, főleg metilhigany vegyületek formájában már mérgezőt okozhat. A toxikológiai adatok alapján a megengedett heti bevitel 300  $\mu\text{g}$  higany, ezen belül a metilhigany (higanyban kifejezve) nem lehet 200  $\mu\text{g}$ -nál több.

A Központi Statisztikai Hivatal adata szerint hazánkban évente 2,5 kg az egy főre eső halfogyasztás. Ez a mennyiség az importált és a hazai hal és halkészítményekből tevődik össze. Táplálkozási szempontból a halhús kedvező biológiai értéke és kis zsírtartalma miatt kívánatos lenne ezen igen alacsony mennyiség növelése. Ehhez kapcsolódóan az élelmezésegészségügy feladata a lakosságot érintő ezzel kapcsolatos esetleges veszélyek feltárása. Már az 1970-es években végzett Intézetünk felmérést a hazai halak összhigany tartalmára vonatkozóan (3), és ennek során felvetődött az a kérdés, hogy célszerű lenne meghatározni az egészségügyi szempontból veszélyesebb metilhigany mennyiségét is. A szerves higany-

vegyületeknél a metil higany jóval toxikusabb, perzisztensebb és az irodalmi adatok szerint a halakban eléri az összes-higanytartalom 90 – 100%-át is (4).

Munkánk első célkitűzése a halakban előforduló metil higany kimutatására alkalmas gázkromatográfiás módszer kidolgozása volt. Továbbiakban a kidolgozott módszer segítségével felmértük a hazai élővizekből származó halak metil higany tartalmát a vonatkozóan, valamint meghatároztuk valamennyi halminta összes-higany tartalmát is.

## 1.anyagok és módszerek

### 1.1. Vizsgálati anyagok

A hazai élővizekből származó halak higanytartalmának átfogó vizsgálatához 8 megyei KÖJÁL-t kértünk fel a minták gyűjtésére (Borsod-Abaúj-Zemplén, Csongrád, Fejér, Szolnok, Veszprém, Komárom, Somogy, Tolna megyei KÖJÁlok). A minták kiválasztásakor fő szempont volt, hogy természetes élővizekből és halastavakból egyaránt kapjunk mintákat, valamint az, hogy ezek minél több halfajtát képviseljenek. 14 halfajtából ezideig 90 halmintát vizsgáltunk meg, főként pontyot és busát, melyek a leginkább fogyasztott halfajták. Vizsgált mintáink reprezentálják nagy élővizeinket, a Balatont, Dunát, Tiszát, valamint kisebb és nagyobb halastavakat, illetve törendszereket.

### 1.2. Az összes-higanytartalom meghatározása

Az összes-higanytartalom mennyiségi meghatározását a minták zárt rendszerű készülékben történő elroncsolása után, a *Hatch* és *Ott* módszerén alapuló, Intézetünkben korábban módosított hideggőzős, cirkulálható, lángnélküli atomabszorpciós módszerrel végeztük el (3). A módszer megbízhatóságának ellenőrzésére jelen esetben metil higany-klorid benzolos oldatát adtuk a halizomszöveveth, itt az átlagos visszanyerés 81,8% volt, összes-higany formájában. (1. táblázat)

1. táblázat

Halmintákhoz hozzáadott metil higany-klorid visszanyerése összes-higany formájában

A minta eredeti összes-higany tartalma mg/kg	Hozzáadott $\text{CH}_3\text{HgCl}$ mg/kg	Talált összes-higany mg/kg	Visszanyerés %
0,013	0,5	0,426	83,0
0,040	0,5	0,435	80,5

### 1.3. Metil higany-tartalom mennyiségi és minőségi meghatározása

A kísérletes munka első lépéseként megfelelő analitikai módszert kellett beállítanunk a metil higany halakban való meghatározására. Kiindulási alapul Westöő által 1966-ban (5), illetve Watts és munkatársai által 1976-ban közzétett gázkromatográfiás módszerek szolgáltak (6).

#### A módszer elve

Az általunk kialakított módszer szerint a zsírokat és más szerves anyagokat a mintából acetonnal eltávolítjuk, a fehérje-metil higany kötést sósavval felbontva



a metilhiganyt több lépésben benzolba extraháljuk, majd az összesített extraktot bepárolva gázkromatografáljuk.

#### A módszer részletes leírása

5 g homogenizált hal izomszövetet G4-es üvegszűrőn vákuum szivattyúval mellett összesen 125 ml acetonnal folyamatosan zsirtalanítunk, majd 25 ml benzollal átmoszuk, végül vákuum szivattyúval megszáritjuk. A poralakú mintát 50 ml-es centrifugacsőbe kvantitatíve átviszük, 20 ml 6 M sósavval és 5 ml izopropanollal, végül 25 ml benzollal az üvegszűrőt átmoszuk és mindezt a centrifugacsőben összegyűjtjük. A lezárt centrifugacsövet 2 percig erősen rázzuk, majd 15 percig 2000 for/perc-nél centrifugáljuk. A felső benzolos fázist leszívjuk és a centrifugálást 25–25 ml benzollal még kétszer megismételjük. A kivonatokat bepárló lombikban egyesítjük. (Gélképződés esetén 1 ml izopropanolt adunk az elegyhez és újra centrifugáljuk.) Az extraktumot kb. 8 ml-re bepároljuk rotációs vákuum bepárlón (Rotatest), majd kvantitatíve átmoszuk egy 25 ml-es csiszolt dugós mérőhengerbe, és 25 ml-re feltöltjük benzollal. Végül 5 g vízmentes nátrium-szulfátot adunk az oldathoz. A metilhigany-klorid tartalmat ezután gázkromatográfiás módszerrel határozzuk meg.

A gázkromatográfiás meghatározás körülményei a következők:

Készülék: Perkin – Elmer Sigma 3B, Ni–63-elektronbefogós detektorral  
Oszlop: 2m×2 mm pyrex üveg

Oszloptöltet: 5%-fenil-dietanolamin szukcinát (PDEAS)

Chromosorb DMCS 69/80 mesh-en

Gázsebesség: 60–75 ml nagy tisztaságú N<sub>2</sub>/min

Injektor hőmérséklet: 200 °C

Oszlop hőmérséklet: 175 °C

Detektor hőmérséklet: 205 °C

Legkisebb kimutatható mennyiség: 0,1 ng CH<sub>3</sub>HgCl (higanyban kifejezve)

Retenciós idő: 2 min

Néhány gázkromatográfiás felvételünket az 1. ábrán mutatjuk be.

A módszer reprodukálhatóságát visszanyerési vizsgálatokkal ellenőriztük. A halmintákhoz hozzáadott metilhigany-klorid esetében az átlagos visszanyerés 82,8% volt (2. táblázat).

2. táblázat

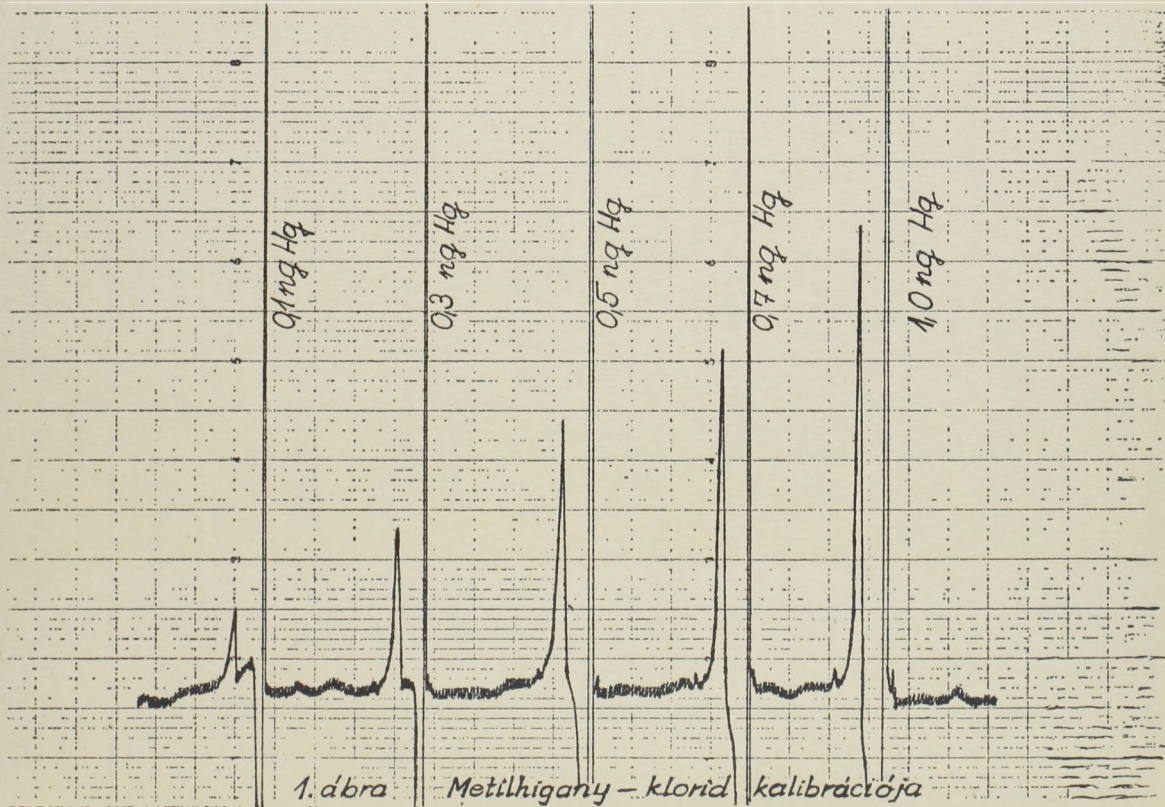
Halmintákhoz hozzáadott metilhiganyklorid visszanyerése  
metilhiganyklorid formájában

A minta eredeti CH <sub>3</sub> HgCl tartalma mg Hg/kg	Hozzáadott CH <sub>3</sub> HgCl mg Hg/kg	Talált CH <sub>3</sub> HgCl mg Hg/kg	Visszanyerés %
0,315	0,5	0,665	81,6
0,300	0,6	0,715	79,4
0,300	1,0	1,135	87,3

## 2. Eredmények

Mérési eredményeinket három táblázatban foglaltuk össze, a csoportosítás a mintavételi hely szerint történt.

A 3. táblázat hazai természetes élővizekből származó halak adatait tartalmazza. A Balatonból, a tihanyi belső tóból, a Duna holtágából fogott halak higany-





Magyarországi természetes élővizekből származó halak higanytartalma (mg/kg)

Mintavétel helye	Halfajta	Minta száma	össz-Hg		metil-Hg	
			$\bar{X}$	$X_{\min}-X_{\max}$	$\bar{X}$	$X_{\min}-X_{\max}$
Balaton	Angolna	3	0,035	0,025—0,042	0,035	0,026—0,040
	Busa (pöttyös)	10	0,087	0,018—0,467	0,083	0,020—0,400
	Busa (fehér)	5	0,029	0,011—0,047	0,030	0,010—0,060
Tihanyi belső tó	Ponty	3	0,033	<0,002—0,076	0,033	0,025—0,073
Duna	Kárász	3	0,296	0,137—0,517	0,218	0,125—0,315
	Márna	1	0,348		0,315	
	Jász	2	0,253	0,180—0,326	0,230	0,160—0,300
Duna holtág	Busa	4	0,045	0,012—0,094	0,044	0,016—0,100
	Ponty	2	0,014	0,002—0,025	0,014	0,002—0,025
	Keszeg	1	0,059		0,040	
	Amur	1	0,036		0,045	
Tisza	Ponty	2	0,244	0,221—0,266	0,240	0,195—0,285
	Márna	1	0,271		0,165	
	Harcsa	1	0,319		0,290	
	Keszeg	1	0,129		0,169	

tartalma viszonylag kicsi, néhány század mg/kg. A Dunából és a Tiszából fogott halak higanyszennyezettsége ennél nagyságrenddel nagyobb, ami tulajdonképpen várható volt, tekintettel a szennyezett vízre.

A 4. táblázat három halastóból származó halak eredményeit tükrözi. A Tata vonzáskörzetébe tartozó Grédics tóból fogott halak higanyszennyezettsége igen csekély, még a lillafüredi pisztráng mintaké is elfogadható. A tokaji halastóból fogott halak higanytartalma viszont feltűnően magas a többi halastóból fogott halakéhoz képest.

Végül az 5. táblázat néhány dunántúli halastórendszer halállományának higanyszennyezettségét mutatja be. A mérési adatokból látható, hogy a helyzet ezeken a területeken a nemzetközi adatokkal összehasonlítva viszonylag megnyugtató.

### 3. Értékelés

Munkánk első szakaszában jól reprodukálható gázkromatográfiai módszert állítottunk be a halakban előforduló metilhigany-vegyületek minőségi és mennyi-

Magyarországi halastavakból származó halak  
higanytartalma (mg/kg)

Mintavétel helye	Halfajta	Minta száma	össz-Hg		metil-Hg	
			$\bar{X}$	$X_{\min}-X_{\max}$	$\bar{X}$	$X_{\min}-X_{\max}$
Lillafüred Pisztráng- telep	Pisztráng	3	0,028	0,011—0,045	0,026	0,010—0,030
Tokaj halastó	Csuka	1	0,268		0,290	
	Keszeg	2	0,380	0,252—0,507	0,355	0,234—0,475
	Kárász	1	0,121		0,075	
	Compo	2	0,179	0,094—0,263	0,125	0,080—0,250
	Süllő	1	0,259		0,260	
	Busa	1	0,050		0,039	
	Ponty	1	0,049		0,050	
Grédics tó (Tata vonzás- körzete)	Ponty	4	<0,002		—	
	Busa	4	0,005	<0,002—0,020	0,004	
	Amur	4	0,030	<0,002—0,087	0,017	0,012—0,080

Magyarországi halastavakból származó halak  
higanytartalma (mg/kg)

Mintavétel helye	Halfajta	Minta száma	össz-Hg		metil-Hg	
			$\bar{X}$	$X_{\min}-X_{\max}$	$\bar{X}$	$X_{\min}-X_{\max}$
Fejér megyei halastavak	Ponty	6	0,087	<0,002—0,237	0,068	<0,002—0,210
	Busa	2	0,065	0,032—0,097	0,025	0,025—0,025
	Amur	1	0,038		0,025	
	Keszeg	1	0,259		0,230	
Ajka—Vár- palota halastavak	Ponty	3	<0,002		—	
	Kárász	1	0,054		0,050	
	Keszeg	1	0,039		0,040	
Tamási halastavak	Ponty	5	0,033	<0,002—0,064	0,029	<0,002—0,055
Majsai halastavak	Ponty	4	0,042	0,009—0,069	0,036	0,010—0,055
Biritói halgazdaság	Ponty	2	0,043	0,041—0,044	0,035	0,030—0,040



ségi meghatározására. Továbbiakban 90 halminta vizsgálatát végeztük el, a magyarországi élővizekből származó halak metilhgány szennyeződésének széle-  
sebbkörü felmérésére.

Eredményeinket összefoglalva megállapíthatjuk, hogy nagy folyóinkat (Duna, Tisza) kivéve a magyarországi élővizekből származó halak mind összhigány, mind metilhgány tartalom tekintetében jóval a megengedett szint alatt vannak. Jelenleg nemzetközi és hazai viszonylatban egyaránt csak összhigány tartalomra van élelmezés-egészségügyi szempontból előírt határérték, amely a legtöbb országban, így hazánkban is évesvízi halakra 0,3 mg/kg. A metilhgány tartalom az összhigánytartalomra vonatkoztatva az irodalmi adatok szerint átlagosan 85–90%. Saját adataink szerint a minták metilhgány tartalma általában az összhigány tartalom 70–100%-át teszi ki, sőt néhány esetben a 100%-ot is meghaladja ami a kétféle higánytartalom meghatározására használt két különféle eljárás miatt fordulhat elő, s szakirodalmi adatok szerint sem ritka.

A halmintákban meghatározott higánytartalom élelmezés-egészségügyi veszélyességének megítéléséhez abból kell kiindulni, hogy nálunk a statisztikai adatok szerint igen kicsi az egy főre jutó átlagos halfogyasztás, így a halak esetlegesen magas összhigány, illetve metilhgány tartalma elsősorban a rendszeres halfogyasztók szűk rétegére nézve jelent veszélyt. Ide soroljuk azokat, akik foglalkozásuk révén jutnak rendszeresen halhoz, illetve a szenvedélyes horgászokat, akiknek és családjuknak a halfogyasztása többszöröse a hazai átlagnak. A mérési eredményekből kitűnik, hogy a halastavakban keltetett és nevelt halak általában nem jelentenek sem össz-, sem metilhgány szennyezettség szempontjából veszélyt a fogyasztókra, így a halfogyasztás növelésére az itt fogott halak és ezen halakból készülő különféle termékek higánybevitel szempontjából megfelelőek lennének.

Ezzel együtt a helyzet nem tekinthető megnyugtatónak, nagy folyóvizeink szennyezettsége higány tekintetében is – a halvizsgálataink alapján – figyelemre méltó.

A Duna és a Tisza főágából fogott halak higánytartalma döntően megközelíti illetve néhány esetben meghaladja a vonatkozó 0,3 mg/kg-os határértéket, amely véleményünk szerint a környezetszennyezés mértékét is jelzi. Ezen adatok jelentőségét nem szabad lebecsülni, hiszen a halakban jelentkező magas szervetlen, illetve szerves higánytartalom tartós szennyeződés eredménye. A jövőben törekedni kell az ilyen jellegű környezetszennyező források felkutatására és csökkentésére is. A tokaji halastóból származó halak viszonylag magas, egy esetben határértéket meghaladó higánytartalma több okból figyelemre méltó. Egyrészt a megyei KÖJÁL tájékoztatása szerint a környéken nem tartanak nyilván szennyezőforrást, tehát a magas higány értékek adódhatnak földrajzi sajátosságokból, másrészt a halastó egy halászati tsz-hez tartozik, tehát az itt tenyésztett halak nagy mennyiségben kerülnek a fogyasztókhoz.

A fentiek alapján az innen származó halakat fokozottabban kell ellenőrizni élelmezés-egészségügyi szempontból.

Végül a szerzők köszönetet mondanak a mintagyűjtésben résztvevő KÖJÁLOknak, továbbá Kostyál Kálmánnénak, Milotay Györgynének a lelkiismeretes technikai segítségért.

#### I R O D A L O M

- (1) Rives, J. B., J. E. Pearson, G. D. Schulz: Total and Organic Mercury In Marine Fish. Hawaii Community Studies on Pesticides. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii 96822
- (2) Environment 13, No. 4 (1971)
- (3) Gergely A., K. Soós, L. Erdélyi, V. Cietesky: Toxicology 7, 349 (1977)
- (4) Environmental Health Criteria. 1. Mercury WHO, Geneva (1976)
- (5) Westö, G., Rydäl, M.: Methylmercury levels in fish caught March 1968–April 1971. VÅR FÖDA, Stockholm, 1971: 7–8
- (6) Watts, J. O., K. W. Boyer, A. R. Cortez, E. R. Elkins jr. (1976): JAOAC 59, 1226

## HAZAI ÉLŐVIZEKBŐL SZÁRMAZÓ HALAK ÖSSZES-HIGANY ÉS METILHIGANY TARTALMÁNAK VIZSGÁLATA

*Z. Fundák Rita – Soós Katalin – Gergely Anna*

A szerzők jól reprodukálható gázkromatográfiai módszert dolgoztak ki a halakban előforduló metilhigany minőségi és mennyiségi meghatározására. A hazai élővizekből származó halak higanytartalmának átfogó vizsgálatához az ország 8 megyéjéből 90 halmintának (14 halfajból) határozták meg mind az összes-higany, mind a metilhigany tartalmát. A halak metilhigany tartalma az összes-higany tartalomra vonatkoztatva általában 70–100% között változott. Ez az arány egyezik a nemzetközi szakirodalomban leírtakkal. Az eredmények alapján nagy folyóinkból és a Tokaj halastóból származó halak átlagos higanytartalma megközelíti, illetve néhány esetben meghaladja a vonatkozó 0,3 mg/kg-os határértéket. A többi vizsgált élővízből származó halak higanytartalma általában jóval a megengedett szint alatt van.

## INVESTIGATIONS OF TOTAL Hg AND METHYL-Hg CONTANT IN FISHES FROM HUNGARIAN WATERS

*Z. Fundák, R. and collaborators*

Authors developed a gaschromatographic method for qualitative and quantitative determination of methyl-Hg in fishes. For the complete investigation of Hg content in fishes from Hungarian waters both the total Hg content and methyl-Hg content were determined in 90 fish samples (14 fish sorts) from 8 Hungarian districts. The methyl-Hg content in fishes amount generally 70–100% of the total Hg content. This proportion correspond with international data. The average Hg content in fishes from the Hungarian big rivers and from the fish-pond Tokaj is near and in some cases over the limit value of 0,3 mg/kg. The Hg content in fishes from other tested waters is found considerable under the limit.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ И СОДЕРЖАНИЯ МЕТИЛ-РТУТИ В ИМЕЮЩЕЙСЯ В ВЕНГЕРСКИХ ВОДОЕМАХ РЫБЕ

*Р. З. Фундак, К. Шоош и А. Гергей*

Авторы разработали хорошо воспроизводимый метод газовой хроматографии для качественного и количественного определения метил-ртути, встречающейся в рыбе.

Для проведения полного исследования содержания ртути в имеющейся в венгерских водоемах рыбе, авторы провели определение общего содержания ртути и содержания метил-ртути в 90-о пробах рыбы (14-ть видов рыбы), отобранных из 8-ми областей страны. Содержание метил-ртути в рыбе по отношению к общему содержанию ртути колебалось в пределах 70–100%.

Это отношение соответствует описанному в международной технической литературе.

На основе полученных результатов испытаний видно, что среднее содержание ртути в происходящей из больших рек и рыбного озера Токай рыбе приближается, а также в некоторых случаях превышает предельно-допустимое количество – 0,3 мг/кг. Содержание ртути в рыбе, происходящей из остальных водоемов, в общем, находилось ниже предельно-допустимого уровня.



# UNTERSUCHUNG DES GESAMT-Hg- UND METHYL-Hg-GEHALTES IN AUS EINHEIMISCHEN GEWÄSSERN STAMMENDEN FISCHEN

Z. Fundák und Mitarbeiter

Verfasser haben eine gut reproduzierbare gaschromatographische Methode für die qualitative und quantitative Bestimmung des in Fischen vorkommenden Methyl-Hg-Gehaltes ausgearbeitet. Zur umfassenden Untersuchung des Quecksilbergehaltes der aus einheimischen Gewässern stammenden Fische wurden sowohl der Gesamt-Hg-, als auch der Methyl-Hg-Gehalt in 90 Fischproben (14 Fischarten) aus 8 Komitaten des Landes bestimmt. Der Methyl-Hg-Gehalt der Fische bewegte sich im allgemeinen zwischen 70 und 100% bezogen auf den Gesamt-Hg-Gehalt. Dieses Verhältnis stimmt mit den Angaben in der Fachliteratur überein. Aufgrund der Ergebnisse kann festgestellt werden, daß der durchschnittliche Quecksilbergehalt der aus unseren großen Flüssen und aus dem Fischteich Tokaj stammenden Fische dem Grenzwert von 0,3 mg/kg nahekommt bzw. darüber liegt. Der Quecksilbergehalt der aus den anderen untersuchten Gewässern stammenden Fische liegt im allgemeinen wesentlich unter dem zulässigen Wert.

---

## KÜLFÖLDI LAPSZEMLE

Szerkeszti: Molnár Pál

---

TAIZO TSUDA, HIROSHI NAKANISHI, TAKASHI MORITA ÉS JUNKO TAKEBAYASHI:

*Karbonsavak egymásmelletti gázkromatográfiás meghatározása üdítőitalokban és gyümölcsiszekben*

(Simultaneous Gas Chromatographie Determination of Carboxylic Acids in Soft Drinks and Jams)

J. Assoc. Off. Anal. Chem. 68 (1985) 5 902–905.

Az üdítőikben és gyümölcsiszekben tartósítószerként használt szorbinsav, dehidroecetsav és benzoésav, valamint a savanyítóként alkalmazott borostyánkősav, fűmársav, almasav és borkősav egymás melletti meghatározására gázkromatográfiás módszert dolgoztak ki. A mintát  $\text{NH}_4\text{OH} - \text{NH}_4\text{Cl}$ -pufferben (pH 9) oldották és alikoot részét QAE-Sephadex A25 oszlopra vitték. Az oszlopot vízzel mosták, majd a karbonsavakat 0,1 N HCl-val eluálták. A szorbinsavat, dehidroecetsavat és benzoésavat etiléter-petroléter (1 : 1) eleggyel extrahálták és 5% DEGS + 1%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  oszlopon határozták meg. Az alsó fázisban maradt borostyánkősavból, fűmársavból, almasavból és borkősavból N,O-bisz(trimetilszilil)-acetammiddal és trimetil-klórszilánnal származékot képeztek és 3% SE-30 oszlopon vizsgálták a származékokat. A két karbonsavat egyenként 0,1%-ban tartalmazó üdítő és gyümölcsíz mintákból tartósítószerreknél 92,4–102,6%-os, savanyítókinnál pedig 88,1–103,2%-os visszanyerést értek el. A kimutatási határ szorbinsavra 0,0005%, dehidroecetsavra és benzoésavra 0,001%, borostyánkősavra és fűmársavra 0,005%, almasavra 0,01%, borkősavra 0,02% volt.

Boros I. (Budapest)