

# Híg sóoldatok transzport folyamatainak gyorsítása ultrahanggal

Veress Éva, Pethő Károly  
Kolozsvár

## Összefoglalás

Különböző ideig (5, 10, 15 percig) ultrahang besugárzásának kitett 0,1 N-os elektrolit oldatot ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  iontartalmú) agar gélbe futtatunk, melybe előzőleg ezüst nitrátot vittünk be. Mértük az ionok diffúziós sebességét, kiszámítottuk a gélbe diffundált anyag mennyiségét, meghatároztuk az elektromos vezetőképességet, a diffúziós állandót. Mérési adatainkat az ultrahanggal nem kezelt kontroll próbával hasonlítottuk össze. Eredményeink azt mutatták, hogy ultrahang besugárzás hatására a kationok diffúziójának sebessége, a gélbe diffundált anyagok mennyisége, az oldatok elektromos vezetőképessége és a diffúziós állandója a besugárzási idővel nő, a kontroll próbákhoz viszonyítva.

## Bevezetés

A diffúziós folyamatok ultrahanggal történő gyorsítása évtizedek óta intenzív kutatási terület. Az elvégzett kísérletekben féligáteresztő hártván, vagy gélrudakban vizsgálták a transzport folyamatokat, valamennyi esetben úgy, hogy az egész diffúziós rendszert ultrahang hatásának tették ki (4, 5, 6, 7).

Jelen kísérlet két szempontból is eltér ezektől. Egyrészt nem az egész diffúziós rendszert, hanem annak egyik összetevőjét, az elektrolit oldatokat tettük ki ultrahang hatásának, másrészt új izzószeret ismertetünk a gélrudakba vándorló ionok mennyiségi meghatározására.

Kísérleteinket agar-agar géllal végeztük, mivel ennek szerkezete jól modellezi a protoplazmáét. Sajátos fonalas szerkezete viszonylag nagy mennyiségű híg sóoldatot képes befogadni, ahol a diffúziós folyamatok végbemennek.

Kísérleteinkben új megfontolás az, hogy a kiindulási anyagokat úgy válogattuk össze, hogy a csapadék a gélben képződjön, s ezáltal az iontranszport a keletkezett csapadék továbbhaladásával nyomon követhető. Az agar gélben az ionok diffúziója megközelítőleg olyan törvényszerűségek szerint megy végbe mint vizes oldatokban, vagy az élőrendszerekben.

## Anyag és módszer

Kísérleteinkhez 0,1 N sóoldatokat: lítiumkloridot ( $\text{LiCl}$ ), nátriumkloridot ( $\text{NaCl}$ ) és káliumkloridot ( $\text{KCl}$ ) használtunk. Az agar gél elkészítése folyamán ezüstnitrát oldatot adagoltunk

a gélhez. A gélbe diffundált ionok csapadékot képeznek. A keletkezett csapadék nagysága és a csapadékoszlop elmozdulása felvilágosítást ad a diffúziós folyamatokról.

Az ultrahanggal kezelt és nem kezelt sóoldatok esetén mértük a gélben keletkezett csapadékoszlop magasságát, elmozdulását, meghatároztuk a gélbe diffundált ionok mennyiségét, diffúziós állandóját.

## A gélrudak elkészítésének módja

Desztillált vízben, vízfürdős melegítéssel agar gélt oldottunk és 1,8%-os koncentrációt alakítottunk ki. Szűrés után ehhez  $10 \text{ cm}^3$  ezüstnitrát oldatot töltöttünk, majd milliméteres beosztású westergreen pipettába szívtuk fel, melyeket függőleges irányba, alul felül befogva állványba rögzítettük és a fotokémiai reakciók megakadályozása érdekében 24 órára sötétbe helyeztük.

## A sóoldatok ultrahang kezelése

A frissen készített 0,1 N-os lítiumklorid, nátriumklorid és káliumklorid oldatokat 1 MHz frekvenciájú,  $1 \text{ W/cm}^2$  erősségű, folyamatosan keltett ultrahang besugárzásának vetettük alá. Az ultrahang kezelésre mindig ugyanazt az üveg-edényt használtuk, melyet a rezgő fejtől 55 mm távolságra helyeztünk el. Az ultrahang nyaláb alulról felfelé azaz a nehézségi erő ellenébe irányul. Ultrahang besugárzás alatt a mintákat hűtőköpeny segítségével  $16,0,5^\circ\text{C}$ -on tartottuk.

A milliméteres beosztású pipettákban a már megszilárdult gél fölé azonos mennyiségű ( $1-1 \text{ cm}^3$ ) ultrahanggal kezelt és nem kezelt sóoldatot rétegeztünk. Az ultrahanggal besugárzott minták egymástól a kezelési időben különböztek (5, 10, 15 perc). Mértük a gélben keletkezett csapadék felülről lefelé történő elmozdulását, három órán keresztül és 20 percenként. A csapadékoszlop méreteiből valamint a kiinduló anyagok mennyiségéből számítottuk ki a gélbe diffundált ionok tömegét. A csapadékoszlop hossznövekedése és időbeni elmozdulása a diffúzió sebességéről ad felvilágosítást.

Az eredményeket összehasonlítottuk az ultrahanggal nem besugárzott sóoldatok esetén mért diffúziós értékekkel.

Meghatároztuk a sóoldatok elektromos vezetőképességét, magyar gyártmányú, Radelkis OK 10211 típusú konduktométerrel  $22,0,5^\circ\text{C}$ -os hő-

mérsékleten. A diffúziós együtthatót előző közleményünkben leírt képlettel határoztuk meg (8).

### Az eredmények értékelése

A gél fölé helyezett sóoldatok ionjai, melyeket előzőleg ultrahanggal sugároztunk be, a gélbe diffundálnak, amelyet a keletkezett csapadékoszlop növekedésével és időbeni elmozdulásával követünk figyelemmel. A gélbe diffundált ionok mennyisége, diffúziós sebessége nemcsak időben változik, hanem a vizsgált kationok szerint. Az ultrahanggal kezelt próbák diffúziós értékei mindig felülmúlták a kontroll próbákét. Az 1. ábra tömegének a gél feletti sóoldatban történő  $K^+$  ionok csökkenését mutatjuk be (felső görbe) valamint a  $K^+$  ionok mennyiségi növekedését (alsó görbe). Amint az ábrából is kitűnik a diffúzió sebessége nő, különösen az első órában (alsó görbe).

#### 1. ábra.

A gél feletti sóoldatban található  $K^+$  ionok mennyiségi csökkenése (felső görbe) és a gélben történő növekedése (alsó görbe) három óráig tartó diffúzió alatt:  $m$  -  $K^+$  ionok tömege,  $mg$   $t$  - diffúziós idő

Jól érvényesül eleinte a nagyobb diffúziós sebesség, mely a második órától kezdve kisebb mértékű ugyan, de a 3 órás mérés alatt még nem kerül át az összes ion a gélbe. Méréseink azt mutatták, hogy ez csak 72 óra után következik be.

A gélbe diffundált ionok esetén a legkisebb diffúziós sebességet a lítiumnál mértünk. A 2. ábrán lítiumkloridból a gélbe diffundált csapadékoszlop magasságának növekedését tüntettük fel (függőleges tengely) a diffúziós időtartam növekedésével (vízszintes tengely) a három felső görbe az 15, 10 és 5 percig ultrahanggal kezelt próbák mérési adatait tartalmazza, melyet az ultrahanggal nem kezelt mintával hasonlítottunk össze (alsó görbe). Amint az ábrából kitűnik mindenik kezelési idő felülmúlja a kontrollpróbáét ami a csapadékoszlop növekedésé-

ből nyomon követhető. A növekedés arányos az ultrahang besugárzási idő növekedésével, vagyis a legnagyobb a 15 percig kezelt sóoldatok esetén. Azt is kiemeljük, hogy az 5 és 10 percig kezelt minták közötti különbségek nagyobbak mint a 10 és 15 perces kezelési időnél mért értékek.

#### 2. ábra.

Az 5, 10 és 15 percig ultrahanggal kezelt lítium kloridból valamint a kontroll mintából a gélbe diffundált ionok által kialakított csapadékoszlop magasságának időbeni növekedése.  $d$  - magasság (mm)  $t$  - diffúziós időtartam (min) 15', 10', 5'-percig ultrahanggal besugárzott minták, 0' - kontroll próba (melyet előzetesen nem kezeltünk ultrahanggal)

#### 3. ábra.

Az 5, 10 és 15 percig ultrahanggal besugárzott kálium-kloridból, valamint a kontroll próbából (ultrahanggal nem besugárzott kálium klorid oldat) a gélben található  $K^+$  ionok mennyiségének időbeni növekedése.  $m$  - tömeg (mg)  $t$  - diffúziós időtartam (min) 15', 10', és 5' percig ultrahanggal besugárzott ionok, 0' - kontroll minta

A diffúziós sebesség az általunk vizsgált sóoldatoknál a kálium ionok esetén a legnagyobbak. Éppen ezért a 3. ábrán az különböző ideig ultrahanggal besugárzott (5, 10, 15 perc) káliumklorid oldatokból a gélbe diffundált ionok mennyiségének ( $m = \text{mg}$ ) időbeni változását mutatjuk be a diffúziós időtartam függvényében ( $t = \text{min.}$ ). Ezúttal is és még hangsúlyozottabban mindenik ultrahanggal kezelt próba felülmúlta a kontrollét. Az 5 és 10 percig ultrahanggal besugárzott minták diffúziós folyamatai közti különbségek nagyobbak mint 10 és 15 közöttiek. Az általunk vizsgált három elektrolit oldatból kiáramló ionok diffúziós folyamatai közti különbséget jól szemlélteti a 4. ábra, melyen a gélbe áramlott kationok mennyiségét tüntettük fel ( $m = \text{mg}$ ) a diffúziós idő függvényében ( $t = \text{min.}$ ). A görbék az ultrahanggal 10 percig besugárzott mintákat és a kontrollpróba mérési adatait ábrázolják. A görbe-párok felülről lefelé haladva a kálium, a nátrium és a lítium ionok gélbe diffundált mennyiségére vonatkoznak. Az ábra igen jól szemlélteti a kálium ionok diffúziós értékei jóval felülmúlják a nátrium ionokét. A legkisebb a diffúziós sebessége a lítium ionoknak.

#### 4. ábra.

*Az előzetesen 10 percig ultrahanggal besugárzott és a gélbe diffundált kálium, nátrium és lítium ionok mennyiségének a növekedése a kontroll mintához viszonyítva (0)  $m$  - tömeg (mg)  $t$  - diffúziós időtartam (min)*

*$K^+$  ionok felső két görbe*

*$Na^+$  ionok középső két görbe*

*$Li^+$  ionok alsó két görbe*

A vezetőképesség mérések is ezt a megállapítást igazolták. A káliumklorid oldatok elektromos vezetőképességének növekedése felülmúlta a nátriumklorid és a lítiumklorid vezető képességének értékeit a kezelt és nem kezelt mintáknál egyaránt. A káliumklorid oldatok elektromos vezető-

képességének mérési adataiból készített grafikont a kezelt és nem kezelt próbáknál az 5. ábrán mutatjuk be. Az elektromos vezetőképesség ( $Q = \text{ms}$ ) a gélrudakból a desztillált vízbe diffundált ionok növekedésének arányában nő a különböző kezelési idő és a kontroll mintáknál. Ez is az eddig tapasztalt sémát követi, legnagyobb a vezetőképesség értéke a 15 percig kezelt és a gélrudakba diffundált, majd onnan a desztillált vízbe áramlott kálium ionok esetén, és a legkisebb a kontroll próbánál (0').

#### 5. ábra.

*Az előzően 5, 10 és 15 percig ultrahanggal kezelt káliumklorid oldatok elektromos vezetőképessége a kontroll mintákhoz viszonyítva*

*$Q$  – elektromos vezetőképesség (ms)*

*$t$  – diffúziós időtartam (min)*

*15', 10' és 5 percig ultrahanggal besugárzott próbák*

*0' kontroll minták*

Ha megfigyeljük a mért értékeket, észrevehetjük, hogy az első 10 percben mind a négy görbe meredeken emelkedik, majd 5 perc után lassúbb lineáris tendenciájú növekedést mutatnak.

A diffúziós együtthatók értékeit a 6. ábrán mutatjuk be, mindhárom sóoldat esetén. A diffúziós együtthatók értékei fokozatos növekedést mutatnak az ultrahang besugárzási idővel. Ez esetben is a káliumkloridnál mértük a legnagyobb és a lítiumkloridnál a legkisebb értéket. A nátriumklorid köztes helyet foglalt el.

### 6. ábra

*Az előzően 5, 10, 15 percig ultrahanggal besugárzott káliumklorid, nátriumklorid és lítiumklorid oldatok diffúziós együtthatójának a növekedése.*

*D – diffúziós együttható (105 x cm<sup>2</sup>/5)*

*t – áztatási idő (min)*

### Az eredmények értékelése

Méréseink igazolták, hogy elegendő a diffúziós rendszer egyetlen összetevőjének az ultrahang kezelése ahhoz, hogy a kationok diffúziós folyamatainak növekedését nyomon követhessük.

Az általunk tanulmányozott 0,1 N sóoldatok esetén mind az ultrahanggal besugárzott mind pedig a kontroll próbák diffúziós folyamatainak növekedése a lítiumtól a nátriumon keresztül a kálium felé tart. A híg vizes oldatok ionjainak mozgási sebessége az ionok hidratációs fokától (számától) függ, amit jól jellemez a hidratációs ion sugár (r), melynek értékeit az általunk vizsgált kationok

esetén feltüntetjük a kristályos ion sugár (r) értékeivel együtt (2). Tehát az elektrolit oldatok komponenseinek mozgási sebessége az ionok hidratációs fokától (számától) függ, melyet elsősorban a kationok vegyértéke határoz meg. Egyenlő vegyértékű kationok esetén a hidratáció az ionsugártól függ, valamint az elektronok rétegvasságától. Minél nagyobb a kristályos ionsugár, annál kisebb az ionok által megkötött vízburok, vagyis a hidratációs ionsugár. Monovalens ionok esetén a diffúzió sebessége kisebb azoknál a kationoknál, amelynek vízburka nagy, vagyis a lítiumnál, a hidratációs ion sugara  $r = 3,82 \text{ \AA}$  és kristályos ion sugara kicsi  $r = 0,60 \text{ \AA}$ . A kálium ionoknál, ahol a hidratációs ion sugár kisebb  $r = 3,31 \text{ \AA}$  és a kristályos ionsugár nagyobb  $r = 1,33 \text{ \AA}$  nagyobb a diffúzió sebessége. A nátriumion diffúzió sebesség szempontjából köztes helyet foglal el, amint azt az adatok is tükrözik  $r = 0,95 \text{ \AA}$  és  $r = 3,58 \text{ \AA}$ . Feltételezhető, hogy az ultrahang megváltoztatja az ionok hidratációs fokát az oldószer és az ionok között kialakuló kölcsönhatást. Valószínűnek tűnik, hogy az ionok hidratációs állapotában bekövetkezett változás befolyásolja azok mozgékonyágát. Az irodalmi utalásokhoz hasonlóan véleményünk szerint a diffúziós hatás növeléséhez az ultrahang kavitációs hatása, valamint a sugárnyomás is hozzájárul (4,5). Ezt igazolják előző kísérleteink eredményei is (7).

### Köszönetnyilvánítás

*A kutatás költségeinek fedezését részben a Domus Hungarica Scientiarum et Artium pályázat biztosította.*

### Irodalom

1. Fodor F., Veress É.: (1985) Ultrahang a biológiában és az orvostudományban. Tud. és Encik. Kiadó, Bukarest
2. Coway B., E., (1981) Ionic hydration in Chemistry and Biophysics. Elsev. Sci. Pub. Comp. Amsterdam, Oxford, New-York
3. Györgyi S., Györgyi I-Edelényi, Tölgyesi F., Kardos Zs. (1981) The Role of Ion Hydration in the Biological Effect of Alkali Cations. In Interaction of Water in Ionic and Non Ionic Hydrates Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
4. Magurlis, M. D.: (1993). On mechanism of Chemical and Physicochemical Action of Cavitation Ultrasonics. Int Symp. Wien 317
5. Tamás Gy., Tarnóczy T.: (1955). Hártyák áteresztőképességének megváltoztatása ultrahang hatására. Magyar Fiz. Folyóirat. 3. 543–552
6. Tamás Gy., Rontó Gy. (1963). Eljárás a diffúziós együttható meghatározására agar agar gélrudak segítségével. Magyar Fiz. Folyóirat, 11, 613–615.
7. Veress É.: (1993) The Action of Ultrasound of transport Processes. 11th Int. Biophys. Congr. Budapest, July 25–30, 234.
8. Veress É., Pethő K., Tarba C. (1995) Enhancement of the Diffusion Processes in Agar Gel following the ultrasonic pretreatment of certain Chloride Salts. Studia Univ. Babeş-Bolyai, Physica, XL. 1, 81–89

## A Műszaki Szemléről Magyarországon SÍNEK VILÁGA 1999/2 – 103

Üdvözljük laptársunkat, a Kolozsvárott megjelenő Műszaki Szemlét

1998. év második felében jelent meg az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) lapja, a Műszaki Szemle.

A lap megjelenésének indokait híven kifejezi a szerkesztőbizottság elnökének, Dr. Köllő Gábornak az előszavából vett alábbi részlet:

"Az erdélyi szellemiség, amely szerves része az egyetemes magyar kultúrának, a kisebbségi sors mostoha körülményei között is igyekezett és igyekszik megőrizni nemzeti értékeit, megtartani önazonosságát. Ennek egyik legfontosabb feltétele a magyar nyelv ápolása és megőrzése.

Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság - EMT - , amely a 89-es fordulat után felvállalta az erdélyi magyar nemzeti kisebbség teljes értékű megmaradásáért: a magyar műszaki szaknyelv ápolását, a műszaki és természettudományos értelmiség tevékenységének összefogását, információkkal való ellátását. Ennek érdekében elengedhetetlennek véljük egy műszaki tudományos folyóirat kiadását és az e köré csoportosuló műhely fenntartását.

Az eddigi tevékenység figyelembevételével úgy érzem, hogy az EMT az erdélyi tudományos életben olyan súllyal rendelkezik, olyan szellemi potenciális tartalékok állnak mögötte, amely biztosíték egy színvonalas műszaki és természettudományos lap fenntartásához."

Dr. Köllő Gábor a Műszaki Szemle első számának előszavát Erdély nagy szülöttjének Bolyai Jánosnak az üzenetével fejezte be. Álljanak ezen kis ismertető végén is ezek a magyar nemzethez intézett figyelmeztető szavak:

"már most nem durva erővel: hanem műveltséggel kell ügyekezniünk ki-tűnni s lehet nem csak elérniünk, hanem el is hagynunk más, már rég-óta messze előre rugaszkodó nemzeteket, azoknak dicső példát adván..."

A Műszaki Szemle negyedévenként jelenik meg, hattagú szerkesztő bizottság és az EMT adja ki. Első évfolyamának 1. és 2. száma egy füzetben jelent meg és tíz cikket tartalmaz a műszaki tudományok legkülönbözőbb területéről, a vasút, a hídépítés, a villamosság, a gépészet, a matematika köréből.

Olvasóinkat elsősorban a közlekedési és közlekedéscikkek érdeklik, így ezekből adunk bővebb ismertetőt.

Dr. Köllő Gábor egyetemi docens: *A klasszikus vasút jövője* című írásában a vasút jelenlegi helyzetével, fejlesztésével foglalkozik. Bemutatja a Nemzetközi Vasútegylet terveit az európai vasút-

hálózat fejlesztéséről, valamint a vasútfejlesztés romániai lehetőségeit. Részletesen tárgyalja a romániai nagysebességű vasúthálózat létesítésének akadályait, nemcsak a jelenlegi és a közeljövő anyagi lehetőségeit, hanem a meglévő domb és hegyvidéki vasutak nyomvonalának geometriai kötöttségeit is.

Jancsó Árpád mérnök: *Bega-hidak Temesváron* címmel azt a nagy munkát ismerteti, amelyet a század első évtizedében a gyors ütemben fejlődő Temesvár város rendezése érdekében végeztek. Ennek a munkának a keretében 1906. és 1909. között a városban 2,5 km hosszban új burkolt medret készítettek a Bega részére és felette új hidakat építettek. Közülük a legnevezetesebb a Mihailich Győző műegyetemi tanár által tervezett 38,4 m nyílású Ligeti úti vasbeton híd, amelyet a Melosco betonipari cég készített el. Mihailich Győzőnek ez volt az első nagyobb szabású vasbeton hídja. A híd szerkezeti megoldásával, esztétikus kialakításával bekerült a hídépítés történelemkönyvébe. A 90 évvel ezelőtt 1909-ben forgalomba helyezett híd ma is használatban van.

A cikk a továbbiakban két másik nevezetes építmény, a Püspök-híd, a Hunyadi-híd építését részletezi.

Telegdiné Csetri Klára: "A hídépítő Maderspach Károly (1791-1849)" című tanulmányában a szabadságharcban is résztvevő mérnök életét és munkásságának eredeti és kiemelkedő alkotásait, három kovácsoltvas vonóláncon híd építését (Csuka patak, Cserna és Temes feletti hidak), valamint az 1838-ban az "Állandó híd a Dunán Buda és Pest között" címmel kiírt pályázatra beadott és második díjat nyert terv részleteit ismerteti.

A Műszaki Szemle további cikkei: Dr. Bíró Károly, Bíró Zoltán: A villamos gépek forgórész-helyzetének meghatározása

Dr. Gyenge Csaba, Dr. Kerekes László, Dezső Gábor: A Frenet-féle triéder alkalmazása evolvens csavarfelületek gyártásánál

Kaucsár Márton - Mikroprocesszoros váltakozó áramú teljesítményszabályozás

Dr. Kerekes László, Dohanyák Zsolt: Ipari varrógépek konstrukciós FMEA vizsgálata

Dr. Kiss Elemér: Bolyai János kéziratának rejtett matematikai kincsei

Dr. Murádin Katalin: Gondolatok templomaink bútorairól

Dr. Puskás Ferenc: Új lehetőség: a krio-elektronika

Érdeklődéssel várjuk kolozsvári műszaki laptársunk következő számait és kívánjuk, hogy hosszú időn keresztül tudja betölteni az első szám előszavában meghatározott hivatását.

**Dr. Horváth Ferenc**