A kémiai érzékelés határainak feszegetése

Beszélgetés Gyurcsányi E. Róbert tanszékvezető egyetemi docenssel, az BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karán működő Kémiai Nanoérzékelők Kutatócsoport vezetőjével

Mi a csoport kutatásának témája, milyen aktuális tudományos kérdéshez kapcsolódik ez?

Kutatócsoportunknak több témája is van, de a legeredményesebb a kémiai és bioszenzorok fejlesztése. Fejlesztés alatt itt az új érzékelési elvek felfedezését és mechanisztikus értelmezését, az érzékeléshez szükséges új vegyületek és anyagok szintézisét, a szenzorok előállítását, analitikai mikrorendszerekbe való integrálását és gyakorlati alkalmazását értem. A kémiai szenzorok általában egy szelektív molekuláris felismerést alakítanak át mérhető elektromos vagy optikai jellé. A rendkívüli szelektivitás lehetővé teszi, hogy akár komplex összetételű mintákból, mint például a vér, közvetlenül ki tudjuk mutatni egy komponens jelenlétét, illetve meg tudjuk határozni koncentrációját anélkül, hogy a mérést a minta egyéb összetevői befolyásolnák. Amennyiben a molekuláris felismeréshez szintetikus anyagot használunk, akkor kémiai szenzorról, ha pedig biológia eredetű komponenst (enzim, ellenanyag stb.) akkor bioszenzorról beszélünk. Jellemzően ezek a szenzorok hordozhatóak, és alkalmazásuk nem igényel laboratóriumi környezetet. Talán a jól ismert glükóz- („vércukor”) szenzorokon keresztül megérthető annak a jelentősége, hogy egy ilyen mérést otthon, bárki el tud végezni, és az eredményét rögtön meg is kapja. Alkalmazás tekintetében mi is elsődlegesen orvosdiagnosztikai célra fejlesztünk szenzorokat, radikálisan új megoldások alkalmazásával. Hogy egy aktuális témát említsek, olyan érzékelési eljárásokat és eszközöket fejlesztettünk ki, amelyekkel akár egyetlen vírus is detektálható folyadékmintákban, illetve a vírusantigének felismerésére konvencionálisan alkalmazott antitestek helyett kémiai szintézissel állítunk elő ún. műanyag antitesteket.

Általánosságban a kémiai érzékelők a felgyorsult életben és az öregedő társadalomban olyan eszközök, amelyek az életminőséget, biztonságot és hatékonyságot növelik, és itt most nemcsak az orvosi, hanem ipari és környezetmonitorálási alkalmazásokra is gondolok.

Hogyan jutott el ehhez témához, melyek voltak tudományos fejlődésének fontosabb állomásai?

Még egyetemi tanulmányaim alatt nagyon megszerettem az analitikai kémiát. Egyrészt a kolozsvári Babeş-Bolyai Tudományegyetemen kiváló tanáraim voltak ebből a tárgyból, másrészt tetszett a logikája, életszerűsége és nem utolsósorban itt találkoztam a legmodernebb eszközökkel, műszerekkel. Kékedy László témavezetésével viszonylag korán elkezdtem dolgozni az áramló oldatos analízis és az atomspektroszkópia területén. Mindenképpen az analitikai kémia területén akartam maradni, de ezt nem nevezném túl tudatos döntésnek, hanem inkább szerencsés véletlennek, hogy doktori kutatásom tématerületének a BME-n a kémiai és bioszenzorok fejlesztését választottam. A kapcsolódási pontot a két téma között az áramló oldatos analízis képezte, amelynek egyik felfedezője műegyetemi témavezetőm, Fehér Zsófia volt. Hamar kiderült számomra, hogy ez annyira multidiszciplináris terület, ahol soha nem fogom beskatulyázva érezni magam, és szabad kezet is kaptam, hogy természetes érdeklődésemet követve sok mindennel foglalkozzam. Ebben az időszakban a későbbi pályafutásomra nézve talán legmeghatározóbb a Duke Egyetemen vendégkutatóként eltöltött három hónap volt. Itt Lindner Ernő vezetésével bekapcsolódtam a kis kimutatási határú ionszelektív elektródok kutatásába. Ekkor fedezték fel, hogy akár 4–5 nagyságrenddel kisebb ionkoncentrációk mérésére is alkalmassá tehetők az ionszelektív elektródok, és rendkívüli volt az érdeklődés ezek iránt. Sikerült egy új elektrokémiai módszert kidolgoznunk, amivel ezt meg lehetett valósítani, és ezt a témát posztdoktorként is folytattam Lindner Ernőnél, kiegészítve orvosdiagnosztikai szenzorok fejlesztésével. Wilhelm Simon-posztdoktorként a zürichi ETH-n Pretsch Ernő kutatócsoportjában dolgoztam tovább, ahova később vendégkutatóként többször is visszatértem. Itt felbecsülhetetlen tapasztalatot szereztem az ionszelektív elektródok területén, és több új kutatási téma indítására is lehetőséget kaptam. A továbbiakban a BME-n fokozatosan alakítottam a kutatócsoportomat egyre jelentősebb hazai pályázati támogatásokkal (fiatal kutatói OTKA, nagy összegű fiatal OTKA, Lendület II), illetve több nemzetközi pályázat elnyerésével (Gates, Eniac, ERA Chemistry). 2012-ben a Volkswagen AG által a BME-n alapított Elektrokémiai Kutatócsoport vezetője lettem, és tematikánk tovább bővült a Li-ion-akkumulátorok fejlesztéséhez kapcsoló alkalmazott kutatással a konszern központi kutatási részlegével együttműködve.

Kérem, kicsit részletesebben is beszéljen olvasóinknak az egyik kedvenc kutatási témájáról!

Akkor a nanoszenzorokról beszélnék röviden, egész konkrétan a nanopórusos érzékelőkről. Képzeljünk el egy vékony, elektromosan szigetelő membránban egy nanoméretű lyukat (nanopórust), ami két oldatteret választ el egymástól, az egyikben állandó összetételű elektrolitoldat van, a másikban pedig a mintaoldat.

Elektromos feszültséget kapcsolva a két oldattérre ionáramot fogunk mérni, amelyet a legszűkebb keresztmetszet határozz meg, azaz a nanopórus mérete. Ha egy nanorészecske kerül a nanopórusba, akkor ez jelentősen csökkenti a nanopórus szabad keresztmetszetét, és ezáltal a mért áramot. Amennyiben a mintaoldatot a nanopóruson keresztül áramoltatjuk, akkor minden áthaladó részecske impulzusszerű áramjelet generál áthaladáskor. Ezen az elven alapuló, költséghatékonyan előállítható kvarc nanopórusos vírusszámlálókat fejlesztettünk ki, amire elnyertük a Bill&Melinda Gates alapítvány támogatását. Az elméleti háttér kidolgozásával elértük, hogy a vírus koncentrációját, illetve méretét kalibráció nélkül meg lehessen határozni.

A nanopórusok belső falának kémiai módosításával elvileg akár az is szabályozható, hogy milyen molekulák vagy ionok tudnak áthaladni vagy bekerülni a pórusba. Az ionszelektív nanopórusok előállításához például rendkívül kis átmérőjű (kb. 5 nm) pórusok belső falához kell kovalensen rögzíteni több különböző tulajdonságú molekulát úgy, hogy ezeknek az arányát pontosan kell kontrollálni a felületen. Évekbe telt, hogy ezt megvalósítsuk, és tulajdonképpen a biológiai ioncsatornák mintájára szelektív szintetikus ioncsatornákat tudjunk előállítani, amelyeket szenzorokként alkalmaztunk. Az ilyen szelektív ioncsatornáknak azonban több más fontos alkalmazásuk van.

Mennyire láthatóak eredményei nemzetközi téren? Ön szerint mi kell ahhoz, hogy az itthoni kutatások is fel tudják kelteni a nemzetközi szakmai közösség érdeklődését?

Nyilván törekszünk, hogy láthatóvá tegyük eredményeinket. Rangos szakmai folyóiratokban publikáljuk ezeket, mert ez az elsődleges feltétele, hogy munkásságunkat megismerjék. Emellett azonban nagyon fontosnak tartom, hogy konferenciákon is bemutassuk az eredményeinket.

Nem biztos, hogy nekem kellene megállapítani, mennyire sikeres ez a törekvés. Persze vannak jelei, például nagyon sok nemzetközi konferenciára hívtak meg előadónak, és ezek között vannak a legjelentősebb analitikai kémiai, kémiai szenzoros, elektrokémiai és bioelektrokémiai konferenciák, de én is szerveztem Pretsch Ernővel és külföldi kollégákkal öt nemzetközi konferenciát Magyarországon (International Conference on Chemical Sensors). Emellett egy élvonalbeli nemzetközi kémiaiszenzor-folyóirat, a *Sensors and Actuators B Chemical* társ-főszerkesztője vagyok. Ezekre, a nemzetközi együttműködési ajánlatokra és a közleményekre kapott hivatkozások alapján azt gondolnám, hogy az eredményeink láthatóak nemzetközi szinten, és van érdeklődés irántuk.

Ami a második kérdést illeti, véleményem szerint a hazai kutatások sok területen a nemzetközi élvonalban vannak. Kiemelkedő eredményeket kell elérni, és ezeket minél rangosabb folyóiratokban kell publikálni.

Kérem, mutassa be a csoportot!

A csoport folyamatosan változik mind a létszám, mind az összetétel tekintetében. Nagyrészt doktoránsokból, MSc- és BSc-hallgatókból áll, és ezért folyamatos a fluktuáció, de olyan 12 és 20 között szokott lenni a létszám. Jellemzően a hallgatók még a BSc-képzés alatt jelentkeznek a csoportba, sokan a *Kémiai és bioszenzorok* tárgyam elvégzését követően. Minden jelentkezőnek több témát szoktam felajánlani, és az első beszélgetéseinknek az a célja, hogy kideríts, mi az, ami iránt a leginkább érdeklődnek. Ilyenkor nem különösebben érdekel a tanulmányi átlag, mert még amúgy is nagyon sokat kell tanulniuk a csoportban

A csoport egy részével 2022 júniusában a Visegrádon rendszeresen megrendezett nemzetközi szenzor konferencián

ahhoz, hogy érdemi kutatási eredményeket tudjanak elérni. Ettől függetlenül nagyon sok kiváló diák jelentkezik. A szakdolgozat után is majdnem mindenki folytatja kutatómunkáját a csoportban, diplomamunka vagy akár tudományos diákköri munka keretében. Bár minden hallgató publikálható témát kap, az eredmények mellett legalább akkora hangsúlyt kap a csoportomban a kutatáson keresztüli tanulás, a kutatói önállóság és problémamegoldó készség kialakítása. Általában a legmotiváltabb hallgatóim jelentkeznek doktoránsnak, már jelentős gyakorlati és elméleti háttértudással, de külső jelentkezők is vannak, akikkel szintén nagyon jó tapasztalatom van. Azt a kutatói szabadságot próbálom nekik megadni, amiben nekem is részem volt, és amit annyira értékeltem.

Nagy pályázatok vagy kutatási megbízások esetében szoktam csak célfeladatokra munkatársakat – mérnököket vagy posztdoktorokat – keresni.

Hogyan lehet idehaza megteremteni egy ilyen nagy csoport működési feltételeit? Mekkora a szerepe ebben az intézmény támogatásának és mennyi a csoportvezető pályázati képességének?

Pályázatokból, illetve kutatási megbízásokból. A pályázatképesség rendkívül fontos, de sajnos nem mindig elég. Sok múlik a pályázati kiírásokon, illetve az éppen aktuális stratégiai irányokhoz való illeszkedésen, vagy a terület ipari hátterén. A Lendület pályázatot mindenképpen kiemelném a hazai lehetőségek közül egy nagyobb kutatócsoport kialakításának kontextusában. Meghatározó tényező volt számomra is, és nagyon sokat jelentett az ötéves időtartam a kiszámíthatóság és tervezhetőség tekintetében. Az intézményi támogatás nálam tulajdonképpen a laborhelyiségeket és az alapinfrastruktúrát, illetve az egyetemi állományban levő munkatársak fizetését jelentette.

Milyen szerepe van a sikeres kutatásban a nemzetközi kapcsolatoknak?

Ha a kérdés a nemzetközi együttműködésekre vonatkozik, akkor az Egyesült Államokban, ahol szocializálódtam, egyáltalán nem jellemző, hogy a kutatások nemzetközi (vagy akár belföldi) együttműködésekben folynak. A kutatócsoport-vezetőkben nagyon erős az egyéni felelősség érzete, hogy a kutatás minden aspektusát értsék és kontrollálják. Ez rám is jellemző. Az Európai Unióban viszont a nemzetközi kapcsolatok jelentősége eleve felértékelődik, mert a legtöbb pályázat konzorciális jellegű.

Emellett a nemzetközi kapcsolatok kiemelten fontosak a csoport fiatal kutatóinak, mert hozzásegíti őket, hogy nemzetközi

kutatási tapasztalatot szerezzenek. A mi csoportunk rendszeresen fogad vendégkutatókat, és a doktoránsaink többségének is lehetősége volt, a járvány előtt, külföldi partnereknél kutatni. Ezeknek a látogatásoknak a közvetlen kutatási eredményeken túlmenően jelentős motiváló hatása van.

Mennyire tartja hivatásának az oktatást a kutatás mellett?

Nekem mindig a kutatás lesz az első helyen, és nem tudom másként megfogalmazni, mint hogy természetesnek tartom, hogy egyetemi környezetben oktassak. Teljesen természetesnek érzem, hogy a megszerzett tudást és tapasztalatokat átadjam, mindezt legjobb tudásom szerint érthetően és a gyakorlattal összekötve. Az egyetemi előadások mellett nagyon fontosnak találom a kutatáson keresztüli oktatást.

Marad-e kapacitása tudomány-népszerűsítésre, egyáltalán feladatának érzi-e ezt is?

Fontosnak tartom, hogy érthetően és ugyanakkor hitelesen tudjunk kommunikálni tudományos ismereteket, módszereket és eredményeket. Itt sokan csak a tágabb közönségnek szóló kommunikációra gondolnak, de ez az igény már a más háttérrel rendelkező kollégák közötti kommunikációban is jelentkezik. Az Egyesült Államokban egy orvosbiológus mérnöki karon dolgoztam: az olyan tudományterület, ahol gépészmérnökök, villamosmérnökök, vegyészek, orvosok fejlesztenek ki egymással együttműködve egyre hatékonyabb orvostechnikai eszközöket. Aki ilyen közegben dolgozik, hamar átlátja annak jelentőségét, hogy egyszerűen és világosan fogalmazzon, hiszen a kollégái többsége nem ért a kémiához, és nem lehet úgy haladni, hogy nem értjük meg egymást. Azt is természetesnek találom, hogy betekintést nyújtsunk a kutatásainkba, amit például egyetemi nyílt napokon és tudásbörzéken meg is tettünk. Ennél többre nincs kapacitásom, de vannak kiváló kollégák, akik a tudomány-népszerűsítést missziószerűen, professzionális szinten csinálják.

Mit gondol a kísérlet-elmélet kapcsolatáról?

Törekedni kell, hogy mindkét oldalról alátámasszunk egy tudományos eredményt vagy állítást. Ugyanakkor, a kutatás komplexitásából eredendően ez nem mindig történik egyidőben, már ha megtörténik. Sok esetben egy kísérleti jelenséget csak jóval később tudunk elméletileg megmagyarázni/leírni, vagy egy elméleti eredményt kísérletileg igazolni (gondoljunk a gravitációs hullámokra). Az én kutatásomban az előbb említett törekvés egyértelmű.

A kutatás nemzetközisége miatt sok fiatal kutató szembesül az „itthon vagy külföldön" dilemmával? Hozott-e ilyen döntést életében? Ha igen, mi volt az érv a hazatérés mellett?

Úgy érzem, hoztam ilyen döntést, először az Egyesült Államokban eltöltött kétéves posztdoktori időszak végén (2001). A munkahelyi körülményeim, a műszerpark, a finanszírozás messze jobbak voltak, mint itthon, ahol a doktori kutatásomat végeztem. Szerettem ott dolgozni és nagyon eredményes is volt az ott töltött időszak. Ilyenkor nagy a kísértés előbb hosszabbítani, majd később külföldön folytatni. Egy önálló kutató esetében, ha szakmai alapokra helyezzük ezt a döntést, akkor az elsődleges kritérium, hogy hol tudja a legeredményesebben megvalósítani a terveit, ennek minden vonzatával együtt. Persze egy ilyen döntést ritkán lehet meghozni kizárólag szakmai szempontokat mérlegelve. Nekem például a posztdoktori időszak önbizalmat adott ahhoz, hogy „kiépítsek" egy saját kutatócsoportot egy olyan helyen, ahol, ahogy az angol mondja, „can make a difference". Azt reméltem, hogy itthon sokkal nagyobb szükség van rám, maradandóbbat tudok alkotni, és ugyanezt gondoltam a mentorálás tekintetében is. Emellett határozottan visszavártak a tanszéken. Félreértés ne essék, ez nem egy külföldön szokványos startupcsomagot jelentett (a Lendület-pályázatok előtti időszakról beszélünk), hanem kezdetben egy hároméves állást és teljes kutatói szabadságot.

Köszönjük a beszélgetést és a csoport munkájához további sok sikert kívánunk!

Szalay Péter

Kedves Olvasók!

Az utóbbi 12 lapszámban 11 interjút olvashattak a magyar kémikusok újabb generációjának sikeres kutatóival. Azt gondolom, hogy a tavaly áprilisi beköszöntőben megfogalmazott kérdésekre választ kaptunk: lehet itthon is nemzetközi szintű kutatócsoportot alakítani, kellő lelkesedéssel és kitartással meg lehet szerezni az ehhez szükséges forrásokat is, akár pályázatokból (Lendület, ERC), akár ipari megbízásokból. Láthattuk, hogy többgyermekes édesanyák is képesek ilyen csoportokat létrehozni és működtetni, de a családi háttér, a munkahely, a tudományos közélet támogatása, a pályázati feltételek rugalmassága ehhez elengedhetetlen, és ebben van tér fejlődésre.

Egy üzenetet kiemelnék: bár gyakran érezzük, hogy a pályázatok, és talán még természetesebben az ipari pénzek megszerzése elvárásokat tartalmaz a kutatás irányára, senki nem panaszkodott a kutatási szabadság hiányára, sőt, érezhetően mindenki megtalálta az érdeklődésének megfelelő témát, a motiváló kihívásokat. És talán éppen ez a siker egyik titka.

A másik titok pedig a témaválasztásban van: bár a megkérdezettek kiemelték a tanáraik, mestereik szerepét, mindenki egyedi, a nemzetközi térben is érdeklődésre számontartott új témát választott, nem a „főnök" kutatásait folytatta csupán. Ennek eredményeként a sorozatban sokszínű kémiát láttunk, mely kapcsolódik a legújabb trendekhez.

A sorozat biztosan nem teljes, aminek több oka is volt. Nem tagadom a szubjektívitást a riportalanyok kiválasztásában: nemcsak a sikeres publikációs tevékenységet tartottam fontosnak, hanem olyan csoportokat akartam bemutatni, melyek nagyságuk, szervezettségük révén nyugati környezetben is megállnák a helyüket. Egyelőre kimaradtak azok, akik ugyan megkapták a lehetőséget ilyen csoport alakítására, de első eredményeik még csak mostanában jönnek. Nehéz volt meghúzni a határt az életkor alapján is, ebben talán nem is volt a választásom teljesen konzisztens.

A sorozatot most szüneteltetni fogjuk, de ígérem, hogy közelről követem az idehaza folyó kutatásokat, az elnyert pályázatokat, és visszatérünk egy még fiatalabb generáció bemutatásával, ahogy az ő eredményeik is megérkeznek. Reméljük, hogy e sorozat segíti őket ebben, és azt is, hogy másokra is inspirálóan fognak hatni az itt elhangzottak.

Nem is zárhatnánk frappánsabban a sorozatot, mint Gyurcsányi Róbert iménti gondolatával: itthon nagyobb szükség van a sikeres kutatókra, akik lényegesen nagyobb hatással lesznek környezetükre, mint egy nyugati egyetemen, ahol tolonganak a sikeres kutatók. Hajrá!

Szalay Péter