



Csúcstechnológiák – lépésről lépésre

Beszélgetés Marosi György professzossal

Marosi György egyetemi tanár a Műegyetem Szerves Kémia és Technológia Tanszékén a Gyógyszer-, Környezeti és Biztonságtechnológiai Kutatócsoport vezetője. Ahogyan a csoport honlapján írják: „A tanszéken kifejlesztett új elméleti és gyakorlati módszerek alkalmazásával az anyagtudomány számos területén sikerült előrelépést elérni. Ezek eredményeként a kutatócsoportot EU-projektek koordinálására és több nemzetközi konferencia szervezésére kérték fel a közelmúltban.” Az „előrelépéseket” a csoport vezetőjével beszélgetve mutatjuk be.

– Laborja az égésgátolt polimerek és a gyógyszer-technológiai alkalmazások fejlesztésében is élen jár. Honnan indult a kutatás, hol találkozott ez a két szál?

– Kicsit patetikusan fogalmazva: minden a polimerekkel kezdődött. Ezt tanultam, ez volt az első kutatási területem, a tanszéket is erre a célra alapították. Később szétvált a polimer- és a gyógyszerkutatás, a tanszékeket is átszervezték, de megmaradt egy polimeres csapat, és hosszú ideig elégedett voltam azzal, hogy polimer kompozitokat fejlesztünk. Aztán kezdtük el az égésgátlás vizsgálatát – ez volt akkor a polimerkutatás egyik legizgalmasabb területe.

Anyagtudományi szempontból a polimereknek az a legnagyobb hátrányuk a szerves anyagokkal szemben, hogy meggyulladhatnak. Miközben számos egyéb tulajdonságukat sokoldalúan sikerült javítani, az éghetőség leküzdése nem fejlődött megfelelő ütemben, ezért ez az évek során fokozatosan növekvő szerepet kapott. Ezen a területen ismertek meg a leginkább a külföldi kollégák bennünket, az európai uniós projektekbe is bekapcsolódtunk.

Közben a gyógyszergyárakban lassan-lassan előtérbe került a gyógyszerkészítmény-technológia. Korábban főleg a hatóanyaggyártáson volt a hangsúly, de az új gyógyszerek megkövetelték a gyógyszerformulálás megváltoztatását. A tanszéken a mi munkánk állt a legközelebb a formulálási kutatásokhoz, ezért ezzel bíztak meg bennünket. Nem volt könnyű időszak, mert úgy tűnt, hogy a témaváltás alapos „irányváltást” követel. Egyáltalán nem voltam benne biztos, hogy a mi erőink elegendők ekkora váltáshoz. Aztán a sors úgy hozta, hogy a fordulat a vártnál egyszerűbben következett be.

Először is, a kezdeti nehézségek után, a gyógyszerész-társadalom elfogadott bennünket, ami nagy segítséget jelentett. Másrészt rájöttünk, hogy akkor is formulálás volt a dolgunk, amikor kompozitokat készítettünk – akkor is olyan eltérő fázisokat kellett egybeépítenünk, amelyek „nem szeretik” egymást, és a fázishatárteget úgy kellett megterveznünk, hogy a hidrofób komponensek tartósan együtt maradjanak a hidrofób komponensekkel. A gyógyszer-technológiában sincs ez másképp, egyszerűen

csak több a hidrofób komponens, mint a szintetikus polimerekben. De ez is csak egy darabig volt így, mert most már megújuló nyersanyagforrásból kell keresni a fosszilis alapanyagot nyugvó polimerek alternatíváit. Innentől kezdve a két terület egyre inkább találkozik, hiszen ugyanazok a polimerek válnak fontossá a műszaki polimerek vagy kompozitok fejlesztésében, mint a gyógyszer-technológiában. Beláttuk, hogy a két kutatás kölcsönösen serkentheti egymást, és eldöntöttük, hogy mind a két területen a megújuló nyersanyagokat alkalmazzuk.

Ezután újabb szerencsés változás indult el. A gyógyszeriparban fokozatosan megjelentek azok a technológiák, amelyeket mi már nagyon jól ismertünk a hagyományos polimer kompozitok fejlesztésében. A gyógyszer-technológia nagyon konzervatív. Nem is olyan régen leírták például, hogy ha egy ötven évvel ezelőtti gyógyszer-technológus hirtelen becsöppenne egy mai gyógyszergyárba, pillanatokon belül kiismerné magát. A berendezések sokkal csillogóbbak ugyan, de alapvetően ugyanazokat az eszközöket, módszereket használják most is, mint régen. Ezek előnyösek az értékmegőrzés szempontjából, de kevésbé automatizálhatók és nem annyira flexibilisek, mint azok a technológiák, amelyeket a műanyagipar réges-rég alkalmaz. Amikor rájöttünk erre, az amerikai FDA (amerikai gyógyszer- és élelmiszerellenőrző hatóság) elkezdte szorgalmazni a folyamatos technológiák bevezetését a gyógyszergyártásban. Ebből adódik, hogy mindkét területen ugyanazt a technológiát, ugyanazokat az anyagokat használjuk, és egyre erősebb a konvergencia. A kétféle fejlesztésen dolgozó munkatársak és hallgatók meg tudják osztani egymással a tapasztalataikat.



■ Az OTKA Magazin májusi számában megjelent interjú nyomán.



– *Hogyan használhatják ugyanazokat az anyagokat, mondjuk, a repülőgépen, mint a gyógyszerkapszulában?*

– Itt még nem tartunk, de sok tekintetben ez a jövő. A gyógyszeriparban jobbak az anyagi lehetőségek, drágább alapanyagokat használhatunk, mint a „tömegpolimerek” vagy akár a polimer kompozitok esetében. Ezért alkalmazhattuk például a politejsav különböző kristályossági fokú vagy teljesen amorf változatait gyógyszerhordozóként, és óriási tapasztalatok gyűltek össze ennek a biokompatibilitásáról, a gyógyszer-technológiai alkalmazhatóságáról, a hatóanyag-leadó képességéről és -sebességéről.

– *Mi múlik azon, hogy kristályos vagy amorf a polimer?*

– Az emésztőrendszerünk szakaszaiban csak az, hogy milyen sebességgel szabadul ki a hatóanyag. Persze, ez is nagyon fontos, mert ha nem jól tervezzük meg a polimert, akkor szinte változatlanul keresztülmegy rajtunk a tablettá.

– *Miből távozik gyorsabban a gyógyszer, az amorfból vagy a kristályosból?*

– Az amorfból. De amikor például bőr alatti injekció formájában visszük be a hatóanyagot, óriási jelentősége van a szerkezetnek. Ha a hordozó, a politejsav nem megfelelő, akkor egészen apró kristályok kezdenek keringeni a szervezetben, ami komoly veszélyt jelenthet. Ebben az esetben tehát sokkal nagyobb a jelentősége a kristályos vagy amorf jellegnek. A gyógyszeripari és a kompozit-alkalmazásokban egyaránt a politejsav amorf-kristályos szerkezetének kialakítása és azok tulajdonságai jelentik a legérdekesebb kérdést.

A tejsavnak két királis formája van. A polimerben attól függ az amorf-kristályos hányad, hogy ez a két forma milyen arányban épül be. Eszerint kell megtervezni a polimert. A politejsav-poliglikolsav kopolimerben kisebb a lánc rendezettsége, amitől felgyorsul a gyógyszer-kioldódás. A politejsav önmagában a lassú kioldódású, nyújtott hatóanyag-leadású rendszerekhez használatos, a poliglikolsav gyorsítja kicsit a kioldódást. A hatóanyag-leadás megtervezésében tehát van játékterünk.

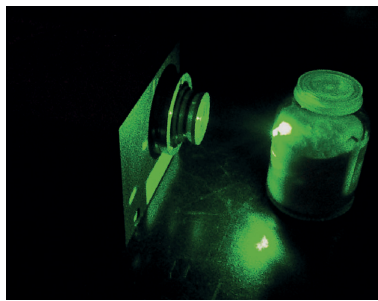
A másik oldalon, a kompozitok esetében a hőállósághoz kell eljutnunk. A politejsav ebből a szempontból nem a legjobb alapanyag. A nagy szilárdságú és nagy hőállóságú kompozitmátrix előállításához sokszor a külön polimerizált D-makromolekulákat kombinálják az L-polimerekkel; ekkor olyan rendezett struktúra – sztereokomplex – jön létre, amelynek a korábbinál nagyobb a mechanikai ellenállása, és a termikus ellenálló képessége is megnő. Jó keveréket nem könnyű előállítani, de ha sikerül, akkor sokat javulnak a kompozittulajdonságok.

– *Mi készül a politejsav kompozitokból?*

– Jelenleg főként csomagolóanyag. A nagy lehetőség viszont a műszaki alkalmazás, aminek most még két akadálya van. Az egyik a politejsav termékek viszonylag kis ütésállósága, a másik az éghetőségük. Tehát szívóssá kell tenni az anyagot és csökkenteni kell az éghetőségét. Ha ez sikerül, akkor teljes értékű műszaki anyagként használható. Ha pedig bővül az alkalmazási kör, remélhetőleg csökken az ára, s akkor már versenyképes az ásványolaj-alapú műanyagokkal szemben.

– *Mi a következő „hasonlóság”?*

– A szintézishez hozzá tartozik a szabályozás, ez szinte a harmadik kutatási irányunk, mert nemcsak a polimert, hanem az abból készülő összetett szerkezeteket is reprodukálható, megbízható, szabályozott módon kell előállítanunk. Megint csak azt mondhatnám, hogy szerencsénk volt. Amikor elkezdtük a látszólag távol eső kutatásokat, a polimer kompozitok és a gyógyszer-technológiák fejlesztését, akkor olyan analitikai módszert kerestünk, amely mind a két területen jól hasznosítható, de még nem



terjedt el. A szakirodalomból kiderült, hogy a bennünket legjobban érdeklő terület, a fázishatárterületek vizsgálatára nagyon alkalmas a Raman-mikroszkópia. Az optikai mikroszkópból és Raman-spektrométerből álló összetett berendezés akkor

még Magyarországon és Közép-Európában is igen ritka volt. Nagy előnyt láttunk abban, hogy alkalmazásával akár zárt üvegen keresztül is vizsgálhatjuk a gyakran veszélyes gyógyszerkomponenseket, s azok fázishatárterületeit.

– *Miért jutottak kiemelt szerephez a fázishatárterületek?*

– A beszélgetés elején érintettem, hogy többkomponensű rendszereket kell egymásba építenünk. A makroszkopikus tulajdonságokat – a hatóanyag kioldódását az egyik oldalon, a mechanikai tulajdonságokat vagy az éghetőséget a másikon – alapvetően befolyásolja a makromolekulák elrendeződése a fázisok találkozásánál. Később, amikor elérkeztünk a nanokompozitokhoz, a fázishatárok – a nanoméretű anyagok nagy fajlagos felülete miatt – döntő jelentőségűvé váltak. Például a nanokompozitok esetén attól függ a fázishatárok „összebékítése”, hogy milyen komponenseket és milyen rétegszerkezetben viszünk be a fázishatárra az optimális kölcsönhatások kialakítása érdekében. Amikor pedig elkészül az anyag, ellenőriznünk kell, hogy ez sikerült-e vagy sem, és mit is állítottunk elő tulajdonképpen. Ehhez nagy segítség a Raman-mikroszkópia.

A gyógyszerkészítmények vizsgálatában azelőtt nemigen szerepelt ez a módszer, de telt-múlt az idő, és egyszer csak előtérbe került, hogy a korábbinál pontosabban kell meghatározni a gyógyszer-komponensek mennyiségét, az alkotók részecskeméretét. Mindenki rájött, hogy ezeknek a kérdéseknek a megválaszolására a Raman-mikroszkópia az egyik legjobb módszer, és egyre-másra jelentek meg a tudományos cikkek.

De volt valami, amit mi valósítottunk meg először. A szintézis, a kristályosítás vagy éppen a nanoszálképzés során üvegszál-optikás Raman-szenzorral vezettük ki az optikai jelet, ezt bejuttattuk a számítógépbe, hogy valós időben, tehát a folyamat minden időpillanatában azonnal információt kapjunk a szerkezetről, a változásokról, a köztitermékek megjelenéséről. A rendszerünk azonban nem csak monitorozásra, nyomon követésre alkalmas, mert egy másik számítógépen keresztül be is avatkozunk a folyamatba. Idejében közbe tudunk lépni, ha például kedvezőtlen kristályforma kezd kialakulni. Ilyenkor gyorsan visszamelegíthetjük a rendszert, megváltoztatjuk a paramétereiket, és olyan módon irányítjuk a kristályosítást vagy a nanoszálképzést, hogy a megkívánt összetétel és szerkezet alakuljon ki. Ezt lehetőleg anyagvesztés nélkül érjük el, hogy az iparban ne kelljen, mondjuk, egy egész sarzsot kidobni.

Nem sejtettük előre, hogy a Raman-spektrometria a folyamatok szabályozásának egyik legjobb eszközévé válik. Ez megint nagy szerencse volt, és a publikációnk új lehetőségekre hívták fel a figyelmet. Az FDA pedig éppen ezt a fajta szigorú kontrollt, a „Process Analytical Technology”-t (PAT) tűzte a zászlóra, és a gyógyszer-készítmények előállításában most mindenhol ezt akarják bevezetni.

– *Közben a kompozitok terén is irigylésre méltó megbízásokhoz jutottak.*

– Hát igen... Amikor nagy divat lett a nanokompozitok előál-



lítása, eleinte kis mennyiségeket tudtak csak produkálni, és a cikkek ezeknek az érdekes tulajdonságairól szóltak. A pályázatokat kiíró szakértők azonban látták, hogy ez még nem technológia. Innen tovább kell lépni, az anyagokat reprodukálhatóan és nagy mennyiségben kell előállítani. Ezért olyan cégeket kerestek, amelyek nagy mennyiségű és különböző célokra alkalmas nanokompozitok gyártására vállalkoznak. Megkívták például a mechanikai tulajdonságok javítását és az égésgátlást. Ekkor több nagy polimergyártó összefogott és trösztöt alakított. Ők voltak a partnereink. Náluk csak óriási extruderek működtek, azokat kellett felszerelni különböző szenzorokkal, mert ellenőrizni kellett, hogy valóban olyan-e a szerkezet, amelyet akartunk, például megfelelő-e a diszperzítás, nincsenek-e aggregátumok az anyagban, amelynek meg is kellett jósolni a viselkedését. Az egyik extruder-számba például Raman-szenzort építettünk be, amely folyamatosan szolgáltatja a jeleket. Akkor még nem valósítottuk meg a szabályozást, s az extrúzió vonatkozásában ez a feladat még ma is előtünk áll.

– *Messzire eljutottak. ... Hadd térjek vissza a többször említett égésgátláshoz. Mitől lesznek a biopolimerek egyszerű szilárdak, lángállóak és hőállóak?*

– Ezen a területen is viszonylag kevés eredmény született korábban. Mi kezdetben a nagy tömegben használt szintetikus polimerek, például a polipropilén és a poliamid égésgátlásával foglalkoztunk, a biopolimerek tulajdonságairól azonban keveset tudtunk. A leghatékonyabbnak tekintett halogénos égésgátlók mindenhol visszaszorulóban vannak. Általában nem szeretik a halogéntartalmú anyagok alkalmazását. A PVC esetében túlzottan is tartjuk azt az averziót, amelyet időnként tapasztalunk. De kétségtelen, hogy a halogéntartalmú égésgátlók számos esetben bizonyítottan veszélyesek, betiltották az alkalmazásukat. Nemcsak az egészségkárosító hatás miatt, hanem azért is, mert az égéskor felszabaduló gázok tönkretelhetik (korrodálják) értékes berendezések elektronikai rendszerét, ami nagy gazdasági károkat okoz.

Mi rögtön a kutatás elején kizártuk a halogéneket, és megkérdeztük, milyen elemek jöhetnek még szóba. Kiderült, hogy első sorban a foszfor, emellett a szilícium és a bór. Ezután megnéztük például, milyen polimert alkotnak, mert ha polimerekkel dolgozunk, nem rossz, ha maga az égésgátló is makromolekulás: akkor nem vándorol ki az anyagból, nem csökken a hatásossága. Mivel a fázishatárreteg megtervezésében már voltak tapasztalataink, arra számítottunk, hogy ha sikerül makromolekulás égésgátló adalékokat előállítanunk, akkor ezeket össze tudjuk békíteni a polimerekkel. Rájöttünk, hogy ez nem olyan egyszerű, mint a polimer kompozitok tervezése, mert az égésgátló polimerek esetében azt is meg kell tervezni, hogy égéskor éppen akkor induljon meg az égésgátló bomlása, amikor a polimeré. Ha sokkal korábban bomlik el az adalék, elszáll és nem hat, de akkor sem hat, ha a polimer bomlása után bomlik el. Nagyon komoly szinkronizálásra van szükség.

Mivel a polimerek eltérnek egymástól, különböző bomlási karakterisztikájú égésgátlókat kell alkalmaznunk. Vannak olyan makromolekulák, amelyek fokozatosan bomlanak le, lassan csökken a molekulatömegük, mert a molekulák mindig középen hasadnak el, így sokáig megmaradnak szilárd fázisban. De vannak olyan polimerek, amelyeknek a végéről egyenként hasadozik le a monomer-egység, láncreakciószerűen depolimerizálódnak. Ezek gyorsan átmennek a gázfázisba, és az oxigénnel találkozva nagyon nehezen oltható lángot képeznek. Ilyenkor az égésgátlónak rögtön át kell mennie a gázfázisba, amikor elbomlik, hogy gátolja az ott lejátszódó gyökös folyamatokat. Amikor viszont las-

san csökken a polimer molekulatömege, azt kell megelőznünk, hogy egyáltalán kikerüljön valami a gázfázisba, mert akkor nem indul meg az égés. A legtöbb esetben a két folyamat kombinációjával kell számolni. Ehhez két egészen eltérő mechanizmust kell tervezni – ezt a kettősséget próbáltuk meg elérni megfelelően megválasztott foszforvegyületekkel.

Ezután az ember szeretné, ha az anyagait az iparban is felhasználják, hogy az autók, a buszok, amelyekben egyre több a műanyag, biztonságosabbak legyenek. Az ipar azonban olyan égésgátló műanyagot akar, amelyik még a korábbi alapanyagnál is olcsóbb. Az adalékok viszont drágák. Ezért multifunkcionális adalékokat kell kitalálni, amelyek égésgátlók, de más fontos szerepet is betöltenek. A politejsav esetében említettem, hogy az égésgátlás mellett a ridegséget kell csökkenteni. Ha az ember ügyes, akkor ezt a két célt egyetlen adalékkal elérheti, és így már nem kétszer akkora az árnövekedés a kétféle módosítás hatására. Ezen is dolgozunk: a kompozitokban a szálerősítő esszenciális komponens – legyen akkor maga a szálerősítő az aktív égésgátló! Így nem növeljük az előállítási árat. Ez a gondolat vezetett el a beszélgetés elején említett repülőgépekhez kapcsolódó EUPályázatok megvalósításáig.

A repülőtervezés területén két fejlesztésbe kapcsolódtunk be. Kétfajta, szigorúan égésgátló polimert kell alkalmazni, hőre lágyuló polimereket az egyszerűbb berendezési tárgyak elkészítéséhez és hőre keményedő polimereket ott, ahol nagyobb szilárdságra van szükség.

Az Európai Unió Clean Sky Eco-Design programjának célja, hogy a repülőtervezésben is minél könnyebben újrahasznosítható vagy lebomló anyagokat alkalmazzanak ugyanúgy, mint máshol. Az egyik jelölt a politejsav, illetve az abból készült égésgátló és fröccönthető – hőre lágyuló – kompozitok.

A megfelelő hőre keményedő, természetes eredetű műanyagok megtalálása sokkal nehezebb, mert ezek lebontása, újrahasznosítása nem megoldott; ki kell találni, mi történjen velük, miután elhasználdták. A másik projektünkben azt az alapanyagot kerestük, amely könnyen megszerezhető a természetből és jó polimer: jó epoxigyanta gyártható belőle. Úgy találtuk, hogy ez a cukor. Cukorból most a kettőnél többet is termelnek, és cukorkémikus kollégáim meggyőztek arról, hogy nem az élelmiszerektől vonjuk el az értékes anyagot, ha cukrot használunk, mert ipari módon, például a keményítőtől, melléktermékekből enzimikus lebontással is elő lehet állítani. Munkatársaimmal megláttunk annak lehetőségét, hogy a biszfenol A néven ismert és egészségügyi aggályokat felvető 4,4'-(propán-2,2-diil)difenol monomer helyett cukorból állítsuk elő azt a monomert, amelyből jó epoxigyanta készülhet. Nekünk azonban nem egyszerű, hétköznapi használatra alkalmas epoxigyantához kellett eljutnunk, hanem olyanhoz, ami a repülőgépiparban is megfelelő, ott pedig rendkívül nagyok a hőállósági követelmények, ezért fontos, hogy az anyag „üvegesedési átmenete” minél magasabb hőmérsékleten legyen. Meglepő módon, végül találtunk olyan szerkezetet, amely nemcsak elérhető, hanem meg is haladja a repülőgépiparban elfogadott epoxigyanta üvegesedési hőmérsékletét. Ebben a projektben nem az égésgátláson volt a hangsúly, de a fejlesztés természetesen ebben az irányban is folytatódik.

– *Valóban lesz repülő ebből az anyagból?*

– A Clean Sky óriási európai program. Éppen az elmúlt héten értesítettek bennünket, hogy menjünk ki Brüsszelbe, mert a jók közé válogatták be a projektünket. A kollégánom iderakott egy cédulát, tudok puskázni: 481 projekt közül 69-et soroltak az „eco-design” kategóriába, és mi bekerültünk a három legjobba.



A kolléganóm elment Brüsszelbe (én nem értem rá), találkozott a repülőgépgyárak vezető munkatársaival, akiknek az érdeklődését felkeltette a fejlesztésünk. Persze, a gyártók versenyeznek egymással, és jól hangzik, ha valaki „eco” címéké repülőgépet gyárt. Nyilván ennél sokkal fontosabb műszaki igényeknek kell eleget tenniük, de a repülőgépektől is egyre jobban megkövetelik, hogy környezetkímélők legyenek.

Úgy tűnik, megtaláltuk a jó anyagot, de nagyon kellene még egy projekt, amelyben a gazdaságos előállítás is kidolgozánk. Eddig csak laboratóriumi kutatást folytattunk. Ha nagyobb léptékben is sikerül a gyártás, nyugodt szívvel mondanánk, hogy ebből csináljanak repülőt, mert érdemes.

Aztán ott vannak a lopakodó repülőgépek, ezek igen drága kompozitokból készülnek. Ha egy fémtestű repülőgépbe csap be a villám, észre sem vesszük. De egy ilyen kompozit repülőgépbe úgy fúródik bele, mint egy dárda: csúnya sérüléseket okoz. Rossz időben pillanatonként csapkodhatnak a villámok, amelyek jelentősen károsítják a lopakodó felszínét. Ezt korábban is tudták, és úgy védekeztek ellene, hogy bronzhálót borították be a kompozitot. Igen ám, de közben egyre érzékenyebb radarokat fejlesztettek ki, és a radarok már ezt a bronzhálót is észrevették. Ezért a kompozitrepülő „láthatatlan” áramvezető réteggel kell bevonni a bronzháló helyett. A fém általában szénnanoszállal váltják ki; nekünk jól vezet, szénnanoszállal epoxikompozitot kellett kidolgoznunk. Sikerült.

– És időközben nagyon komoly matematikai, fizikai kémiai hátteret „építettek fel” a kutatásaikhoz...

– Ezek az elemek összefüggnek egymással. A matematikai alapot főleg a Raman-spektrometriához és az ahhoz kapcsolódó folyamatszabályozáshoz kellett megteremteni. Egyetlen mérési pontban is rengeteg hullámszámmal jelentkeznek elnyelések valamekkora intenzitással – de ez csak egyetlen spektrum. A spektrumokat azonban sorozatban vesszük fel, ami óriási adatmátrixhoz vezet. Hirtelen olyan áttekinthetlenné válik az adathalmaz, amit nem lehet feldolgozni a hagyományos módon. Sokszor nemcsak az intenzitást kell látni, hanem olyan finomságokat is észre kell venni, mint a jelalak változása, a jel kiszélesedése, egy kicsi elmozdulás a hullámszámban. Ezért minden egyes jelnek minden jellemző értékét matematikailag fel kell dolgozni, követni kell az időbeli változást és korrigálni kell a mérések apró eltéréseit. Végül ebből a sok-sok adatból ki kell „kristályosítani” egyetlen egy jelet, ami jellemző az adott állapotra, és szabályzójelként lehet a szabályozórendszerbe bevinni, hiszen annak egyértelmű parancsra van szüksége.

Ehhez komoly matematikai apparátust használunk, aminek, persze, nagy irodalma van, de azt meg is kellett tanulni. A rendszernek borzasztó gyorsan kell működnie, mert a folyamat előrehaladása közben a szabályzójelet minden egyes időpontban el kell küldeni a számítógépnek. Egy-két kollégám ezen a kometriai fejlesztésen dolgozik.

– Amikor elkezdődött a pályája, nem érezte úgy, hogy a poli-mereket már „kitalálták”, már csak apró eredményeket lehet elérni?

– Természetesen nem lehetett előre látni azt a szédületes változást, ami bekövetkezett. Szerencsére, az egyetem után olyan csoportba kerültem, ahol hamarosan elindult a kompozitok vizsgálata. Kezdetől fogva nagyon élveztem például, hogy megtanultuk az igazán jó lökhárítók kifejlesztését. Akkoriban jelentek meg az autók az első műanyag lökhárítók, és az anyaguk összetételének tervezése bőségesen adott izgalmas feladatokat. Nemsokára megismerkedtem az égésgátlással, amely azóta sem

került le a palettánkról. Érdekes szenzációként robbantak be a kutatásba a nanokompozitok. Eleinte úgy tűnt, mindenre megoldást kínálnak, és rengeteg munka kellett ahhoz, hogy ebből a sok ígéretből néhány valóra is váljon. Ismét újdonságot jelentettek a biohatóanyagok. A gyógyszeriparban óriási változás, hogy a kis molekulás hatóanyagok mellett makromolekulás, tehát polimer, fehérjealapú gyógyszereket is alkalmaznak. Ezek óriási üzletet jelentenek, mert hatékonyak és rendkívül drágák. Emellett viszont nagyon érzékenyek; sokkal könnyebben bomlanak, mint a többi polimer. Ezért olyan eljárást kell találni a gyógyszerek elkészítéséhez, amely hosszú távon megőrzi a makromolekulák szerkezetét. Ez nem könnyű, de megint szerencsénk volt, mert már hosszú évekkel ezelőtt előállítottunk nagy szilárdságú szálakat. A fejlesztésünk most visszaköszönt, mert ha nanoszálakba építjük be a hatóanyagot, akkor nagyon kíméletesen tudunk belőle gyógyszert készíteni, a gyártás közben a hatóanyag minden kedvező tulajdonságát megőrizzük. Ráadásul az előállítás a folyamatos és jól kontrollálható gyógyszer-technológiai fejlesztési vonulatba tartozik. Ezeknek az újfajta gyógyszereknek a feldolgozása és stabilizálása, esetleg hatékonyságnövelése megint izgalmas feladat.



Mindezt nem sejtettem, és persze, ma már szélesebb a látóköröm, mint eleinte. Ez jó érzés, de akkoriban nem éreztem hiányt. Tökéletesen meg voltam elégedve azzal a munkával, ami nekem akkor adódott, sőt, számos tekintetben nagy-nagy nosztalgiával emlékszem a kezdetekre, mert akkor tényleg volt idő arra, hogy az ember elmenjen a gyárakba. Sokszor éjszaka dolgoztunk a kollégámmal vagy a kollégáimmal. Általában ketten voltunk egy éjszakai műszakban a Tiszai Vegyi Kombinátban, és ha a műanyagok gyártása közben adódott valamilyen probléma, a hatalmas gyártóberendezések között hirtelen kellett kitalálnunk a megoldást. Hogy reggel, amikor bejönnek az ottani mérnökök, azt jelenthessük: volt ugyan üzemzavar, de most már folyik a gyártás, nem pedig azt, hogy leállt az egész gyár a mi anyagunk miatt. Az bizony nagy izgalom volt.

Eltanultam az ottani munkásoktól, hogy az a leggyorsabb analízis, ha az ember belemarkol a granulátumgyöngyökbe, kivesz egyet és megrágja. Ha találkozom egy műanyaggal, ma is megrágom, és meg tudom mondani, miből van, mert annyit tapasztaltam akkor, hogy már a kis rugalmassági különbségek is árulkodóak számomra. Ez nagyon szép időszak volt. Egyáltalán nem mondanám, hogy rosszabb lett volna, mint most.

Silberer Vera