

Szalay Luca¹ – Tóth Zoltán²

¹ ELTE TTK Kémiai Intézet, Budapest

² Debreceni Egyetem TTK Kémiai Intézet, Debrecen

Hagyományos tanuló kísérletek kutatásalapú átalakítása – egy pedagógiai kísérlet hatásvizsgálata*

Bevezetés

A kutatásalapú természettudomány-tanítás (angol mozaikszóval: IBSE) lényege az, hogy a diákok olyan vizsgálatokat végeznek, amelyeknek legalább egy részét saját maguk tervezik meg, és értékelik, valamint megvitatják azok eredményét is. A kutatásalapú természettudomány-tanítás nagyon összetett folyamat [1]. Ezért sikeres megvalósításához csak lépésről lépésre haladva juthatunk el.

A kutatásalapú tanítás lehetséges előnyei és hátrányai

Az IBSE előnyeként szokták feltüntetni, hogy aktív tanulási folyamatot követel meg a diákoktól, és így növeli a fogalmi megértés hatékonyságát [2], fejleszti a magasabb rendű kognitív képességeket [3], és növeli a motivációt, legalábbis a „kíváncsi” és a „szociálisan motivált” diákok körében [4]. Továbbá várhatóan elősegíti a természettudományok lényegének, a tudományos együttműködés és kommunikáció fontosságának megértését, valamint a tudomány és az áltudomány megkülönböztetése képességének fejlődését is [5].

Kirschner és mtsai [6] azonban éles kritikát fogalmaztak meg a „minimális irányítású” tanítási módszerekkel szemben. Szerintük ugyanis az ilyen módszerek – köztük az IBSE – kevésbé hatásosak és hatékonyak, és többnyire rendezetlen tudást alakítanak ki, sőt tévképzetekhez vezethetnek. Sweller [7] hangsúlyozza, hogy abban az esetben, ha nem ügyelünk a diákok kognitív terhelésére, a kutatásalapú módszerek kevésbé hatékonyak, mint a hagyományos módszerek. Bolte és mtsai [8] szerint a „törekvő” és „lekiismeretes” diákok nem szeretik a kutatásalapú tanítást. Továbbá mindig lesznek olyan diákok, akiket zavar, hogy nekik maguknak kell megtervezniük a kísérletet [9].

Hmelo-Silver és mtsai [10] viszont azt válaszolták az IBSE-módszerrel szembeni kételyekre, hogy az oktatás célja nem csu-

pán a ténybeli tudás elsajátítása, hanem a megismerés folyamataról szerzett tudásé is, valamint olyan képességek fejlesztése, mint az önálló tanulás és a társakkal való együttműködés.

A kutatási probléma

A PISA 2006 [11] eredményei azt mutatták, hogy a magyar diákok különösen gyengén teljesítettek a természettudományi problémák felismerésével és a természettudományi megismeréssel kapcsolatos alteszteken. Mivel szakirodalmi példák mutatják, hogy ezeknek a területeknek a fejlesztésére alkalmasak lehetnek a diákok által tervezett rövid kísérletek is [9], úgy gondoljuk, hogy az IBSE elméleti és gyakorlati vonatkozásainak megismeretése fontos a kémiatanár-képzésben, valamint a kémiatanárok továbbképzésében.

Criswell [12] is figyelmeztet, hogy sok tanárjelölt és gyakorló tanár vált frusztrálttá, amikor az IBSE-módszert használta. Megállapítja, hogy a kutatásalapú tanítás céljának eléréséhez a tanároknak figyelniük kell arra, hogy elkerüljék a tanulók túlzott kognitív terhelését a módszer alkalmazása során. Ennek egyik lehetősége, hogy fokozatosan növeljük a diákok szabadságát. Például, a szokásos receptszerű laboratóriumi gyakorlatokat olyan módon lehet átalakítani, hogy csak néhány lépését kell a diákoknak megtervezniük, és így lehetséges a kutatásalapú tanítás komplex folyamatát fokozatosan bevezetni, megismertetni a tanulókkal.

Ráadásul szerintünk a tanárok könnyebbnek és elfogadhatóbbnak tartják, ha a kutatásalapú feldolgozás jól ismert, széles körben elterjedt, receptszerű kísérletleírásból származik. Ilyeneket lehet készíteni úgy, hogy a tanulók kis csoportját megkérjük, hogy a kísérlet egy vagy két fázisát ők tervezzék meg. Allen és mtsai már 1986-ban leírták [13], hogyan lehet a verifikáló kísérleteket irányított kutatásalapúvá alakítani. Szerintük az átalakítandó kísérletnek viszonylag egyszerűnek kell lennie, és további követelmény, hogy ne igényeljen komplikált eszközöket, valamint jól megalapozott fogalmakra épüljön. Az adaptált kísérletnek inkább egy témakör bevezetéséhez kell tartoznia, azaz a kulcsfogalom ne legyen még ismert. Nagyon fontos annak biztosítása, hogy a diákok rendelkezzenek azokkal az ismeretekkel és kész-

* A tanulmány a Chemistry Education Research and Practice on-line tudományos folyóiratban megjelent publikáció (L. Szalay and Z. Tóth: An inquiry-based approach of traditional 'step-by-step' experiments, CERP, 17, 923–961.) rövidített változata, (<http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2016/rp/c6rp00044d>) (2016.10.24.)



ségekkel (mind elméleti, mind gyakorlati téren), amelyeket a kísérlet kutatásalapú feldolgozása igényel [14].

Véleményünk szerint még egy viszonylag egyszerű lépés helyes megtervezése is azt igényli, hogy a diák képes legyen a korrektdománys gondolkodásra. Kérdés, hogy néhány ilyen, részben kutatásalapú tevékenység fejleszti-e a diákok kísérlettervező képességét. Az is kérdés, hogy az ilyen típusú tevékenységek elősegítik-e a szaktárgyi ismeretek és összefüggések mélyebb megértését. Végül, van-e valamilyen szignifikáns kapcsolat az ilyen megközelítés, valamint a diákok neme, illetve előzetes tudása között.

A kutatás módszere

A kérdések megválaszolására empirikus kutatást végeztünk a 2014/15-ös tanévben Magyarországon. Ez rövid elővizsgálat volt, amely három kémiaórából állt a reakciókinetika és kémiai egyensúly témakörében. Kísérleti és kontrollcsoportokat szerveztünk. Elő- és utótesztet alkalmaztunk annak mérésére, hogy milyen hatása van az ilyen tevékenységnek a tanulók kísérlettervező és egyéb képességére, valamint kémiatudására.

A minta

A kutatásban 12 iskolából 15 tanár és 660 diák vett részt. A tanárok engedélyt kértek intézményük vezetőjétől a vizsgálatban való részvételhez. A tanárok elmagyarázták a diákoknak, hogy eredményük nem befolyásolja iskolai osztályzatukat. Fontos annak hangsúlyozása, hogy a kutatási tevékenység egyben hasznos tanulási lehetőség volt a diákok számára.

Valamennyi diáknak (14–15 évesekről van szó) heti két, 45 perces kémiaórája volt abban a tanévben. A 31 tanulócsoporthat véletlenszerűen osztottuk fel 15 kísérleti és 16 kontrollcsoportra. A csoportlétszámok 14 és 39 között változtak. Néhány tanár csak egy csoporttal vett részt a kísérletben, de voltak olyanok is, akik 4–5 csoporttal. Ha a tanárnak egynél több csoportja volt, akkor a fele kísérleti csoport lett, a másik fele pedig kontrollcsoport. A kísérleti csoportban összesen 335 (50,8%), a kontrollcsoportban összesen 325 (49,2%) diák vett részt. Valamennyi csoportban vegyesen voltak fiúk és lányok. A nemek aránya (fiú/lány) a két csoportban nem különbözött szignifikánsan (Pearson-féle khinégzetpróba, $p = 0,421$): 141/194 (kísérleti csoport) és 121/204 (kontrollcsoport).

Mérőeszközök

Az egész kísérlet 5 tanórát ölelt fel. Az első órán került sor az elő-tesztre, az utolsón az utótesztre. Mindkét tesztre 40–40 perc jutott. A tanulók olyan kódokat kaptak, hogy a tanáruk tudta azonosítani őket, de a kutatók nem juthattak ehhez az információhoz.

Az előteszt egy kísérlettervezési feladatot tartalmazott és 15 darab, kémiai tudást mérő tesztkérdést, továbbá 1 olyan kérdést, amely egy kémiai problémával kapcsolatos releváns információ keresésének képességét mérte. Emellett 7 db ötfokú Likert-skálás tesztkérdést válaszoltak meg a diákok a kémiával és a kémiatudás körülményeivel kapcsolatos saját attitűdjükre vonatkozóan. Ezekon kívül megkérdeztük nemüket, illetve az előző tanév végi matematika-, fizika-, kémia- és biológiajegyüket.

Az előteszt kísérlettervezési feladata a következő volt:

„(VI) Válassz ki egyet a kémiai reakciók lejátsszódásának 3 feltevéle közül! Tervezz meg egy kísérletet, amellyel szerinted bizonyítható lenne, hogy ez a feltétel valóban szükséges a reakciók lejátsszódásához! [A feltétel szükségességének bizonyításához ter-

vezett kísérlet: ... Várt tapasztalat: ... Magyarázat (indoklás): ...]”

Az utóteszt 2 kísérlettervezési feladatot és 12 kémiai ismeretet mérő feladatot, valamint 7 db ötfokú Likert-skálán mért attitűdkérdést tartalmazott.

Az utóteszt 2 kísérlettervezési feladata a következő volt:

„(I.3.) A brómos víz és a hangyasav között lejátsszódo reakció egyenlete: $Br_2 + HCOOH = 2HBr + CO_2$. A brómos víz sárga színű, a reakcióban szereplő többi anyag színtelen. Ezt a reakciót felhasználva tervezz egy kísérletet, amellyel bizonyítható lenne, hogy az előzőekben felsorolt tényezők közül az egyik (általad kiválasztott) tényező tényleg befolyásolja a reakciósebességet! [A tényező reakciósebesség befolyásoló hatásának bizonyításához tervezett kísérlet: ... Várt tapasztalat: ... Magyarázat (indoklás): ...]”

„(II.5.) Tekintsük a következő egyenlettel leírható egyensúlyi reakciót: $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$. Ismert, hogy a NO_2 gáz sárgásbarna színű, a N_2O_4 gáz pedig színtelen. Egy átlátszó, zárt üvegedényben rendelkezésre áll a két gáz egyensúlyban lévő elegye. Tervezz egy kísérletet, amellyel meghatározható, hogy N_2O_4 gáz képződése ebben a folyamatban exoterm vagy endoterm reakció! [A reakció exoterm vagy endoterm jellegének meghatározásához tervezett kísérlet: ... Lehetséges tapasztalatok: ... Magyarázat (indoklás): ...]”

A többi feladat a Bloom-taxonómiának megfelelő ténybeli tudást, megértést és alkalmazást mérte. A részt vevő tanárokat arra kértük, hogy az útmutatónak megfelelően értékeljék a diákok válaszait mind az előteszt, mind az utóteszt esetén. Az adatokat egy előre elkészített Excel-sablonba kellett beírniuk és visszaküldeniük.

Óratervek

Három óratervet kaptak a tanárok a következő témákról:

1. Reakciósebesség
2. Kémiai egyensúly
3. A kémiai egyensúlyt befolyásoló tényezők

A tanárokat kértük, hogy egymás után tartsák a három órát, és használják a megadott óraterveket. Mindkét csoport ugyanazt az óratervet követte két kísérlet kivételével. Ebben a két kísérletben a kísérleti csoport tagjainak kellett a kísérlet néhány vonatkozását megtervezni, míg a kontrollcsoport a szokásos előírás-szerű módon hajtotta végre a tanulókísérleteket. Erre a két kísérletre az 1. és 3. témakör tanításakor (a 2. és 4. tanórán) került sor.

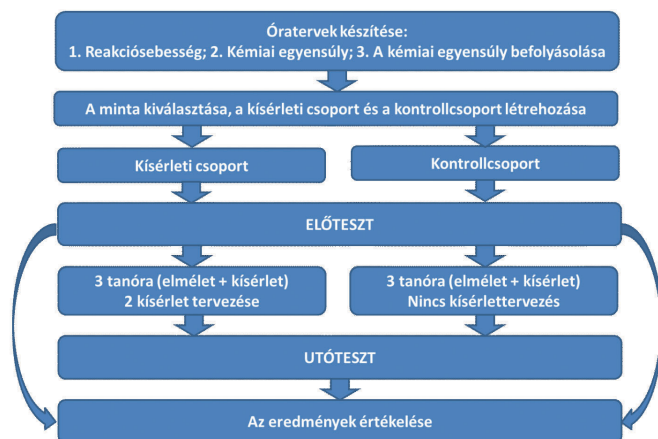
Az első alkalommal a tanulóknak először előírás szerint tanulmányozni kellett a $Na_2S_2O_3$ és a H_2SO_4 között vizes oldatban végbemenő, kénkiválással járó reakció sebességét (a kénkiválás idejét) ismert koncentrációk esetén. Ezután a kontrollcsoportnak receptszerű leírás szerint meg kellett vizsgálni a reakció sebességének függését – 1) a $Na_2S_2O_3$ koncentrációjától; 2) a H_2SO_4 koncentrációjától; 3) a hőmérséklettől. A kísérleti csoportnak viszont a kiadott anyagok és eszközök felhasználásával meg kellett tervezni és végrehajtani olyan kísérleteket, amelyekkel vizsgálni lehet a reakciósebesség függését – 1) a $Na_2S_2O_3$ koncentrációjától; 2) a H_2SO_4 koncentrációjától; 3) a hőmérséklettől.

Az utolsó témakörben a $BiCl_3$ hidrolitikus egyensúlyát tanulmányozták a diákok. Ezt követően a kontrollcsoport a receptszerű leírásnak megfelelően vizsgálta, hogy a termék (sósav) hozzáadása a kiindulási anyagok képződése irányába, a kiindulási anyag (víz) hozzáadása a termékek képződésének irányába tolja el az egyensúlyt. A kísérleti csoportnak viszont először meg kellett terveznie azokat a kísérleteket, amelyekkel ezeket az egyensúlyeltolásokat vizsgálni lehet.



A kutatás menete

A kutatás felépítését az **1. ábra** szemlélteti.



1. ábra. A kutatás menete

Kutatási kérdések

1) Van-e szignifikáns változás a kísérleti csoport esetében a kísérlettervezéssel kapcsolatban? Ha igen, akkor annak van-e kapcsolata a tanuló nemével, illetve az előteszten elért eredményével (előzetes tudásával)?

2) Van-e kimutatható különbség a kísérleti csoport javára az utóteszten mért kémiai tudás tekintetében? Ha igen, akkor van-e kapcsolat a tanuló nemével, illetve az előteszten elért eredményével (előzetes tudásával)?

Eredmények és tárgyalásuk

Reliabilitás

A statisztikai elemzéseket SPSS programmal végeztük. Az **1. táblázatban** láthatók a kémiai tudást mérő tesztekre vonatkozó reliabilitás-mutató, a Cronbach-alfa értékei. (A kísérlettervezős feladatrészre – az itemek kis száma miatt – nincs értelme reliabilitás-mutatót számolni.) Az **1. táblázatban** látható Cronbach-alfa értékek nem túl nagyok, és itemelhagyással sem növelhetők.

2. táblázat. A teljes teszt és az altesztek átlagai és standard deviációi a két csoport esetén

	Előteszt		Utóteszt		Különbség
	Átlag (%)	SD (%)	Átlag (%)	SD (%)	
Teljes teszt					
Kísérleti csoport	26,8	16,4	30,0	16,0	+3,2*
Kontrollcsoport	26,4	15,4	25,0	12,5	-1,4
különbség	+0,4		+5,0*		
Kísérlettervezést mérő alteszt					
Kísérleti csoport	6,6	19,6	23,2	26,9	+16,6*
Kontrollcsoport	7,2	21,5	13,4	21,3	+6,2*
különbség	-0,6		+9,8*		
Kémiai tudást mérő alteszt					
Kísérleti csoport	30,2	6,6	31,6	16,2	+1,4
Kontrollcsoport	29,6	16,8	27,7	13,5	-1,9
különbség	+0,6		+3,9*		

* $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbség

Ezeknek a viszonylag alacsony, de még elfogadható értékeknek az az oka, hogy ezek a kérdések a Bloom-féle taxonómia különböző szintjeit mérik, tehát ebből a szempontból nem tekinthetők homogénnek.

Kémiai tudást mérő alteszt	Kísérleti csoport	Kontrollcsoport
Előteszt	0,643	0,609
Utóteszt	0,638	0,487

1. táblázat. A kémiai tudást mérő altesztek reliabilitás-mutatói (Cronbach-alfa értékei)

A feladattípusonkénti (altesztek szerinti) eredmények

A **2. táblázat** mutatja az elő- és utóteszt különböző típusú feladatainak (altesztjeinek) összesített eredményét.

Az adatokból látható, hogy a kísérleti és a kontrollcsoportnak az előmérés során (a teljes teszten és annak altesztjein) elért eredményei között nincs szignifikáns különbség, ezért nem volt szükség utólagos elemszám-redukcióra. Figyelemre méltó viszont, hogy az utóteszt esetén, mind a teljes teszten, mind az egyes alteszteken a kísérleti csoport szignifikánsan jobban teljesített, mint a kontrollcsoport. Ez a pedagógiai kísérlet pozitív eredményére utal. Ugyanakkor az is látható, hogy a diákok kísérlettervező készségét a receptszerű tanulókísérletek is fejlesztették, bár nem olyan mértékben, mint a részben kutatásalapú kísérlettervezés. Ugyanez nem mondható el a kémiai tudást mérő alteszt eredményére. Az átlagokhoz képest magas standarddeviáció-értékek pedig arra utalnak, hogy az egyes csoportok a tanulók kémiai tudása és kísérlettervező készsége szerint nagyon heterogének (különösen igaz ez az előteszt kísérlettervezést mérő altesztje esetében).

A nemenkénti eredmények

A fiúk és lányok teljesítményét – külön a kísérleti és a kontrollcsoportra, valamint a teljes tesztre és az altesztekre – a **3. táblázat** tartalmazza.

Az előteszt esetében nem volt statisztikailag szignifikáns különbség a fiúk és lányok teljesítménye között sem a kísérleti, sem





Nem	Csoport	Átlag (előteszt) (%)	Átlag (utóteszt) (%)	Különbség
<i>Teljes teszt</i>				
Fiúk	Kísérleti	27,1	29,8	+2,7*
	Kontroll	27,7	25,1	-2,6*
	különbség	-0,6	+4,7*	
Lányok	Kísérleti	26,6	30,2	+3,6*
	Kontroll	25,6	25,0	-0,6
	különbség	+1,0	+5,2*	
<i>Kísérlettervezést mérő alteszt</i>				
Fiúk	Kísérleti	7,3	24,0	+16,7*
	Kontroll	9,1	16,5	+7,4*
	különbség	-1,8	+7,5*	
Lányok	Kísérleti	6,0	22,6	+16,6*
	Kontroll	6,1	11,6	+5,5*
	különbség	-0,1	+11,0*	
<i>Kémiai tudást mérő alteszt</i>				
Fiúk	Kísérleti	30,3	31,1	+0,8
	Kontroll	30,9	27,0	-3,9*
	különbség	-0,6	+4,0*	
Lányok	Kísérleti	30,1	32,0	+1,9
	Kontroll	28,8	28,1	-0,7
	különbség	+1,3	+3,9*	

* $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbség

3. táblázat. A teljes teszt és az altesztek eredményei a fiúk és a lányok esetében

a kontrollcsoportban. A kontrollcsoporthoz képest a kísérleti csoportban szignifikánsan nőtt mind a fiúk, mind a lányok teljesítménye az utótesztben. Ugyanakkor figyelemre méltó, hogy a kontrollcsoportban a fiúk szignifikánsan rosszabb eredményt értek el a kémiai tudást mérő alteszten és a teljes teszten az utómérés során, mint az előmérésben. Az adatok alapján úgy tűnik, hogy a tanulókísérletek részben kutatásalapúvá alakításának legnagyobb pozitív hatása mind a lányok, mind a fiúk esetén a kísérleti csoport kísérlettervezési készségére volt, de figyelemre méltó a hagyományos tanulókísérlet pozitív hatása is, különösen a fiúk esetében.

Az előzetes tudás hatása a teljesítményre

Megvizsgáltuk, hogy az előteszten különböző eredményt elért – különböző előzetes tudással rendelkező – tanulók hogyan teljesítettek az elő- és az utóteszten, illetve azok altesztjein. Mind a kísérleti csoportot, mind a kontrollcsoportot az előteszten elért eredmény alapján három alcsoportra (gyenge, közepes, jó) osztottuk. Az eredményeket a 4. táblázat (370. oldal) tartalmazza.

A teljes teszten elért eredményt figyelembe véve megállapíthatjuk, a gyenge előzetes tudású alcsoport mind a kísérleti, mind a kontrollcsoport esetén szignifikánsan jobban teljesített az utótesztben, mint az előtesztben. Figyelmeztető jel viszont, hogy mindkét csoportban a jó előzetes tudású alcsoportok rosszabbul teljesítettek az utótesztben, mint az előtesztben. Bár a teljesítménycsökkenés a kísérleti csoport esetén kisebb mértékű volt.

A kísérlettervezéses alteszten elért eredményeket vizsgálva látható, hogy a kísérleti csoportban valamennyi alcsoport szignifikánsan jobb teljesítményt ért el az utóteszten, mint az előteszten. A kontrollcsoport eredményei is szignifikánsan jobbák – kivéve a jók eredményeit.



A kémiai tudást mérő teszten a gyenge előzetes tudású harmad szignifikáns teljesítmény-növekedést, a jó előzetes tudásúak viszont szignifikáns teljesítmény-csökkenést értek el. Utóbbi esetben a csökkenés mértéke a kísérleti csoport esetén kisebb, és a kísérleti csoport – a csökkenés ellenére – szignifikánsan jobban teljesített, mint a kontrollcsoport.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a tanulókísérletek előzetes tudástól függetlenül fejlesztik a tanulók kísérlettervezéssel kapcsolatos készségét, különösen a részben kutatásalapú tanulókísérletek. Ugyanakkor a tanulókísérleteknek kifejezetten negatív hatása volt a legjobb előzetes tudással rendelkező diákok kémiai tudásának fejlődésére, különösen a hagyományos módon megvalósított kísérleteknek.

A kísérlettervezést mérő alteszt eredményeinek mélyebb elemzése

Külön megvizsgáltuk a kísérlettervezéses feladatok eredményessége és az azokhoz szükséges elméleti ismereteket mérő feladatok eredményessége közötti korrelációt. Valamennyi esetben gyenge korrelációt ($r = 0,14 - 0,29$) találtunk. Valamennyi kísérlettervezéses feladat esetén szignifikánsan jobban teljesítettek azok a diákok – csoporttól függetlenül –, akik legalább egy tényezőt meg tudtak nevezni a befolyásoló tényezők/feltételek közül, mint akik egyet sem. Az a tény, hogy ez a teljesítménynövekedés – az utóteszt kísérlettervezési feladatainál – a kísérleti csoport esetében majdnem kétszer akkora, mint a kontrollcsoportnál, ismét a kutatásalapú tanulókísérletek hatékonyságát támasztja alá.

Az 5. táblázatban látható a kísérlettervezési feladatok átlageredményei és szórásai (SD). Megfigyelhető, hogy a kísérleti csoport esetében az utóteszt kísérlettervező feladatait vizsgálva ki-



Előzetes tudás	Csoport	Átlag (előteszt) (%)	Átlag (utóteszt) (%)	Különbség
Teljes teszt				
Gyenge	Kísérleti	9,7	20,2	+10,5*
	Kontroll	10,4	18,9	+8,5*
	különbség	-0,7	+1,3	
Közepes	Kísérleti	25,3	28,4	+3,1*
	Kontroll	24,7	24,7	0
	különbség	+0,6	+3,7*	
Jó	Kísérleti	45,5	41,5	-4,0*
	Kontroll	44,1	31,5	-12,6*
	különbség	+1,4	+10,0*	
Kísérlettervezést mérő alteszt				
Gyenge	Kísérleti	0,0	10,0	+10,0*
	Kontroll	0,3	6,6	+6,3*
	különbség	-0,3	+3,4	
Közepes	Kísérleti	1,2	20,7	+19,5*
	Kontroll	4,6	11,2	+6,6*
	különbség	-3,4*	+9,5*	
Jó	Kísérleti	18,5	38,8	+20,3*
	Kontroll	16,7	22,5	+5,8
	különbség	+1,5	+16,3*	
Kémiai tudást mérő alteszt				
Gyenge	Kísérleti	11,3	22,6	+11,3*
	Kontroll	12,0	21,7	+9,7*
	különbség	-0,7	+0,9	
Közepes	Kísérleti	29,3	30,1	+0,8
	Kontroll	28,0	27,8	-0,2
	különbség	+1,3	+2,3	
Jó	Kísérleti	50,0	42,1	-7,9*
	Kontroll	48,7	33,5	-15,2*
	különbség	+1,3	+8,6*	

* $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbség

4. táblázat. A teljes teszt és az altesztek eredményei a különböző előzetes tudású alcsoportok esetén

sebb a relatív szórás, mint a kontrollcsoportnál. Ez arra utal, hogy a kísérleti csoport tagjai egységesebb teljesítményt nyújtottak, mint a kontrollcsoport tagjai.

Megvizsgáltuk a kísérlettervezést mérő feladatok közötti korreláció erősségét is (6. táblázat). Látható, hogy a kísérleti csoport esetén rendre nagyobb korrelációs együtthatókat kaptunk az előteszt és az utóteszt megfelelő feladatai között, mint a kontrollcsoport esetében. Ez arra utal, hogy azok a diákok tudnak többet profitálni a kutatásalapú tanításból, akiknek már eleve jobbak a kísérlettervezési készségei.

5. táblázat. A kísérlettervezést mérő egyes feladatok alapstatisztikája

	Kísérleti csoport		Kontrollcsoport		Különbség
	Átlag (pont)	SD (pont)	Átlag (pont)	SD (pont)	
Előteszt					
VI. feladat	0,20	0,59	0,22	0,65	-0,02
Utóteszt					
I.3. feladat	0,88	1,09	0,56	0,96	+0,32*
II.5. feladat	0,51	0,90	0,25	0,60	+0,26*



6. táblázat. A kísérlettervezést mérő feladatok közötti (Pearson-féle) korrelációs együtthatók

Kísérlettervezést mérő feladatok	r (kísérleti csoport)*	r (kontrollcsoport)*
Előteszt VI – Utóteszt I.3.	0,216	0,155
Előteszt VI – Utóteszt II.5.	0,398	0,180
Utóteszt I.3. – Utóteszt II.5.	0,319	0,310

* Valamennyi korrelációs együttható $p < 0,01$ szinten szignifikáns

* $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbség



Feladat	Csoport	3 pontos (%)	2 pontos (%)	1 pontos (%)	0 pontos (%)	
<i>Előteszt</i>						
VI.	Kísérleti	1,8	3,9	6,6	87,8	$p = 0,346$
	Kontroll	3,4	2,2	7,1	87,4	
<i>Utóteszt</i>						
I.3.	Kísérleti	13,7	12,2	22,1	51,9	$p < 0,001$
	Kontroll	9,2	5,8	16,3	68,6	
II.5.	Kísérleti	6,9	5,6	18,8	68,7	$p < 0,001$
	Kontroll	2,2	2,2	14,2	81,5	



7. táblázat. A kísérlettervezést mérő feladatokra adott válaszok kategóriaeloszlása

A részletesebb értékelés során kísérlettervezési feladatokra adott válaszokat 4 kategóriába soroltuk:

– 3 pontos válasz: tartalmazza a javasolt kísérleteket, a várható megfigyelést és a magyarázatot.

– 2 pontos válasz: tartalmazza a javasolt kísérleteket, a várható megfigyelést és a magyarázatot, de a megfigyelés és a magyarázat nem válik el tisztán egymástól.

– 1 pontos válasz: vagy a várható megfigyelés, vagy a magyarázat nem teljes.

– 0 pontos válasz: minden más esetben.

A kategóriák eloszlását a 7. táblázat tartalmazza. Az adatokat keresztábra-elemzéssel (khi-négyzet-próbával) értékeltük. Az előtesztben (VI. feladat) nem volt szignifikáns különbség a kísérleti csoport és a kontrollcsoport között. Ezzel szemben, az utóteszt mindkét kísérlettervezős feladat esetén szignifikáns különbség volt a két csoport válaszeloszlásában.

A kutatási kérdések megválaszolása

1) Ez a rövid pedagógiai kísérlet is pozitív hatással volt mind a kísérleti csoport, mind a kontrollcsoport kísérlettervező képességére, és ez a hatás egyedül a kontrollcsoport legjobban felkészült harmada esetében nem volt szignifikáns. A kísérleti csoport közepes és jó előképzettségű alcsoportjai esetén a hatás szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontrollcsoport megfelelő alcsoportjai esetében. Abszolút skálán mérve a kísérlettervezés képességét, a pedagógiai kísérletből legtöbbet a kísérleti csoport közepesen és legjobban felkészült alcsoportja profitált, relatív skálán viszont a gyenge felkészültségű csoport. Szintén szignifikáns növekedést tapasztaltunk a kísérlettervező készségben, mind a két csoportban a lányok és a fiúk esetében is. A kísérleti csoport teljesítmény-növekedése azonban szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontrollcsoporté.

2) A kémiai tudást mérő feladatok esetében mind a kísérleti, mind a kontrollcsoportban a gyenge előképzettségű diákok értek el jobb teljesítményt az utótesztben az előteszthez képest. A közepes felkészültségű csoportok esetén nem volt szignifikáns változás. A jó felkészültségű csoportok viszont gyengébb teljesítményt értek el az utótesztben, mint az előtesztben. Bár a kísérleti csoport valamennyi alcsoportja jobban teljesített az utótesztben, mint a kontrollcsoport, szignifikáns különbség csak a jó felkészültségű alcsoportok esetén volt kimutatható.

Az eredmények alkalmazhatósága

1) Érdemes a hagyományos kísérleteket olyan módon módosítani, hogy azokat részben maguk a diákok tervezzék meg, még akkor is, ha ennek nincs akkora hatása a fejlesztendő készségekre, mint a valódi kutatásalapú tanításnak. Ez lépés az átfogóbb

IBSE-tevékenységek felé. Ez még akkor is fontos és eredményes lehet, ha csak néhányszor alkalmazzuk egy tanév során. Ezek a részben a tanulók által tervezett tevékenységek egyrészt fejlesztik a kísérlettervező készséget, amely egyike a természettudományos szemlélet kialakításához szükséges készségeknek; másrészt motiválják az alacsony teljesítményű tanulókat.

2) Bár a szokásos, receptszerű kísérletezés is fejleszti a kísérlettervező készséget, azonban kevésbé hatékonyan, mint a részben tanulók által tervezett kísérletek.

3) A legrosszabbul teljesítő diákokat motiválni lehet a hagyományos receptszerű kísérletekkel is, és ez növeli a kémiai tudásukat is.

4) A legjobban felkészült diákok – különösen a fiúk – esetében azonban a tanulókísérletek lehet, hogy negatív hatással vannak a kémiai tudásukra. Ez a hatás még súlyosabb a receptszerű tanulókísérletek esetében. Ezért ezekre a diákokra nagyon oda kell figyelni és egyéb feladatok megoldásával fejleszteni a kémiai tudásukat.

Eredményeink egybevágóak Cheung [9] megállapításaival, aki szerint sokkal nagyobb figyelmet kellene fordítani a kutatásalapú tevékenységek végrehajtásának módjára, mint egyszerűen az értékeinek hangsúlyozására vagy a receptszerűen leírt tevékenységek hiányosságainak hangsúlyozására. Minél több tanárt kell meggyőznünk, hogy a kutatásalapú gyakorlati tevékenységek megvalósíthatók még olyan körülmények között is, mint a nagy osztálylétszámok és az időhiány. Ugyanakkor nem intézhetjük el egy vállrándítással a tanárok ezzel kapcsolatos nehézségeit, negatív tapasztalatait. Helyette inkább tudatosítani kell bennük a vezetett és a nyitott kutatásalapú tanítás előnyeit és hátrányait. Az ismert korlátok és körülmények között, ahogy a tanárok dolgoznak, készen nyújtott tanítási segédanyagok felajánlásával jelentősen segíthetjük munkájukat. Az IBSE kis lépésekben történő, fokozatos bevezetése, valamint a jól ismert tanulókísérletek részben tanulók által tervezett formájúvá alakítása, szintén jó gyakorlat. A következő lépés az lehet, hogy érdekes kontextusba helyezzük mindezt. Ezen az úton elérhetjük, hogy a kémia tanárok pozitív tapasztalatokat szerezzenek a kutatásalapú tanítással kapcsolatban, és elkezdjenek egyre komplexebb, nyílt végű, kutatásalapú feladatokat is beiktatni a tanítási gyakorlatukba, amikor ezt a körülmények megengedik. Ez eredményezheti a kutatásalapú tanítás hatékony bevezetését a kémia tanításába.

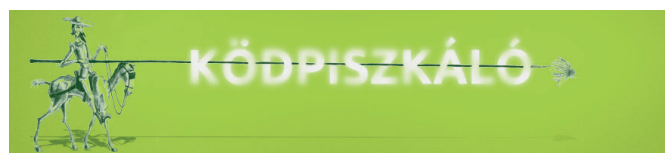
További tervek

A további elemzések kiterjednek majd a tanulói válaszok mögött meghúzódó tévképzetek vizsgálatára. A diákok kémiával és a vegyiparral kapcsolatos attitűdjének elemzése, valamint azok kapcsolata a teszten elért teljesítménnyel szintén további kutatás tárgya. ●●●

Közönetnyilvánítás. A kutatást részben az OTKA (K 105262), részben a TÁMOP (4.1.2.B.2-13/1-2013-0007) támogatta.

IRODALOM

- [1] Olson, S., Loucks-Horsley, S. (2000): Inquiry and the National Science Education Standards, 29, Washington, D.C., National Research Council, National Academy Press. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9596 (2016. 05. 30.)
- [2] Minner, D.D. et al. (2010): Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (4), 474–496.
- [3] Tomperi, P., Aksela, M. (2014): In-service teacher training project on inquiry-based practical chemistry, *LUMAT*, 2(2), 215–226. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MnYxuxqTFE4:www.luma.fi/file_download/429+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=uk (2016. 05. 30.)
- [4] Hofstein, A., Kempa, R. F. (1985): Motivating strategies in science education: attempt of an analysis. *European Journal of Science Education*, 3, 221–229.
- [5] Finlayson, O., Maciejowska L., Ctrnactova, H. (2015): Inquiry based chemistry instruction. In Maciejowska, Byers (ed.): A guidebook of good practice for the pre-Service training of chemistry teachers. Krakow, Faculty of Chemistry, Jagiellonian University, 119. http://www.ec2e2n.info/news/2015/1604_201510 (2016. 08. 10.)
- [6] Kirschner, P. A., Sweller, J., Clark R. E. (2006): Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychology*, 41, (2), 75–86.
- [7] Sweller, J. (1988): Cognitive load during problem solving: Effects on learning, *Cognitive Science*, 12, 257–285.
- [8] Bolte, C., Streller, S., Hofstein A. (2013): How to motivate students and raise their interest in chemistry education. In: Eilks, Hofstein (ed.): *Teaching Chemistry – A Studybook*, Sense Publishers, 67–95.
- [9] Cheung, D. (2011): Teacher beliefs about implementing guided-inquiry laboratory experiments for secondary school chemistry. *Journal of Chemical Education*, 88, 1462–1468.
- [10] Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. E., Chinn, C. A., (2007): Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychology*, 42, (2), 99–107.
- [11] PISA (2006): Science competences for tomorrow's world. Volume I: Analysis, 64–68.
- [12] Criswell, B. (2012): Framing inquiry in high school chemistry: Helping students see the bigger picture. *Journal of Chemical Education*, 89, 199–205.
- [13] Allen, J. B., Barker, L. N., Ramsden, J. H. (1986): Guided inquiry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 63, 533–534.
- [14] Bruck, L. B., Towns, M. H. (2009): Preparing students to benefit from inquiry-based activities in the chemistry laboratory: Guidelines and suggestions. *Journal of Chemical Education*, 56 (7), 820–822.
- [15] Taber, K. S. (2014): Ethical considerations of chemistry education research involving 'human subjects'. *Chemistry Education Research and Practice*, 15 (2), 109–113.



Természetes antibiotikumok

Ha létezne lista a legutáltabb gyógyszerekről, az antibiotikumok biztosan az élbolyban szerepelnének. Ez részben érthető: szedésük gyakran jár nemkívánatos hatásokkal, s bár a gyógyulás is nekik köszönhető, sokak csak a kellemetlen mellékhatásokra emlékeznek... Mindezen túl a nevük is rémisztő: *anti-biotikum*, azaz élő-ellenes! S ha ehhez még azt is hozzáképzelnünk, hogy ezek szintetikus vegyületek, nem csoda, hogy az interneten számtalan írást találunk a mellékhatásmentes, ráadásul természetes antibiotikumként hirdetett növényi kivonatokról.

Az ilyen írárok szerzői valószínűleg nincsenek tisztában azzal, mik is az antibiotikumok. Az antibiotikumok definíció szerint olyan anyagok, amelyek az emberi szervezetben megtelepedett baktériumokat elpusztítják vagy szaporodásukat gátolják. *Ahhoz, hogy egy anyag (vagy növényi kivonat) alkalmazható legyen bakteriális fertőzések kezelésére, hatásosnak, szelektíven hatónak, (relatív) toxicitásmentesnek és megfelelő mértékben biohasznosulónak kell lennie.* A következőkben a fentiek mentén röviden megpróbálom elmagyarázni, miért nem nevezhető antibiotikumnak minden anyag, amely megöli a baktériumokat.

A legalapvetőbb feltétel természetesen az, hogy az „antibiotikumjelölt” elpusztítsa a kórokozókat. Sok tízezer olyan anyag, vegyület, kivonat létezik, amely lombikban megöli a kórokozókat, de sokuk esetén irreálisan nagy dózist kellene beadni a hatás kialakulásához, ha fertőzött embereket akarnánk kezelni. Mert az egy dolog, hogy egy kórokozótenyészetet nyakon öntve egy lombikban a mikrobák elpusztulnak, de ha a hatásos kezelés több kiló hatóanyag elfogyasztását tenné szükségessé, egyértelmű, hogy a gyógyászati alkalmazás esélye nulla. További fontos szempont, hogy az anyag ne úgy általában a baktériumok (pl. talajbaktériumok) ellen hasson: *elsősorban a jelentősebb humán kórokozók elleni hatás a lényeges.*

Az sem árt, ha egy antibiotikum szelektív: nem pusztítja el a bélbaktériumokat (sajnos, ezt általában nem lehet megúsni, ilyenkor van szükség probiotikumok alkalmazására), és nem

mérgező az emberi szervezet sejtjeire. Jóllehet van néhány antibiotikum, amely nem veszélytelen (pl. hallás- vagy májkárosító), a szerek kiválasztásánál az alkalmazásból eredő veszélyeket mindig összevetik az elérhető eredménnyel. A komolyabb mellékhatással járó antibiotikumokat szoros orvosi kontroll mellett, s csak olyankor alkalmazzák, amikor más szerrel nem érhető el eredmény.

A szelektivitás azt is jelenti, hogy a hatóanyagok mindegyikénél ismert, mely kórokozók esetén használhatóak igazán hatékonyan. Az lenne az ideális, ha minden esetben, amikor antibiotikumkezelésre kerül sor, meghatároznák, hogy az adott betegnél milyen baktérium alakította ki a betegséget. Bár erre van elvi lehetőség, az antibiotikumérzékenység meghatározása több napot vesz igénybe, így nagyon sokszor erre nem kerül sor (pl. mert a beteg állapota nem engedi meg a várakozást).

További fontos feltétel, hogy *a hatásnak az emberi szervezetben kell kialakulnia.* Magyarán: nem elég, ha az „antibiotikum” egy lombikban elpusztítja a kórokozót, erre az emberi szervezetben is képesnek kell lennie. A különbség látszólag árnyalatnyi, valójában azonban hatalmas. A lombikban (ún. *in vitro*) hatásos anyagok egy része ugyanis nem szívódik fel olyan mennyiségben a gyomor-bélrendszerből, hogy a vérben vagy a szövetekben baktériumellenes koncentrációt érjen el. Másként mondva ezeknek az anyagoknak rossz a biohasznosulása.

A baj az, hogy *az első pillantásra ígéretesnek tűnő (azaz lombikban baktériumokat jól pusztító) jelöltek zöméből sosem lesz antibiotikum.* Legtöbbször ugyan létezik a kórokozóellenes hatás, de nem elég erős. Vagy ha igen, akkor nem elég szelektív, így túlságosan súlyos mellékhatásokkal párosul. De ha még ez is stimmel, nagyon gyakran az a legfőbb probléma, hogy nem szívódik fel megfelelő arányban a hatóanyag, így nem képes feldúsulni ott, ahol a kórokozók tanyáznak (vérplazmában, szövetekben). És még az is előfordulhat, hogy bár felszívódik, de gyorsan el is bomlik: a végeredmény ugyanaz.