

Kémia a festőpalettán

HORVÁTH-VARGA RÉKA — MARTINÁK EMESE
Budapesti Berzsényi Dániel Gimnázium

A Berzsényi Dániel Gimnázium természettudományos tagozatán, az iskolai önképzőkör keretében egy érdekes problémafelvetéssel találtuk szemben magunkat. Tanárunk figyelmét nemzetközi kapcsolata hívta fel egy cikkre, amely később a mi érdeklődésünket is felkeltette. Célunk környezetbarát festékek készítése volt számunkra elérhető alapanyagokból és módszerekkel. Két éve önálló kutatásba fogtunk, és a szakirodalomban keresgélve egyre több izgalmas ötlettel és lehetőséggel találkoztunk, melyek kipróbálásához megfelelő vegyszerek és kísérleti eszközök is rendelkezésünkre álltak. Közben rengeteg ismeretre tettünk szert, nemcsak elméleti területen, hanem a laboratóriumi gyakorlat terén is. Természetesen a hónapokig tartó munka során saját ötletek és új lehetőségek is felmerültek.

Mivel festettek a nagy klasszikusok?

Manapság hatalmas kiterjedésű színskálából válogathatnak festéket művészeink. Kevesen tudják, de a festékek sok esetben környezetre rendkívül ártalmas anyagokat is tartalmazhatnak. Ma a világban több százezer féle recept alapján gyártanak festékeket. A fő összetevők szűkebb köre mellett több ezer féle kísérő vegyületet is felhasználnak gyártásuk során, közöttük nagyszámú egészségre és környezetre egyaránt káros anyagot is.

A mi érdeklődésünket az impresszionista festők által használt festékek keltették fel. Kedvelt színeik közé tartozott például a sárga, amiben a jellegzetes sárga színt a rendkívül mérgező nehézfém-sók, a kadmium és az ólom sói (szulfidok, kromátok) adták. De ez csak egy példa kiemelése, emellett számos kémiai elemet használtak a művészek az alkotásiukhoz. A következő idézet Henri Matisse-től származik, aki a kémiával vitt intenzív színeket a műveibe: „Ólomfehéret használok, kadmiumsárgát, cinóbervöröset, buzérvöröset, kobaltkékét meg krómzöldet. Ennyi.” (in: Gray, 2011). A legtöbb említett szín háttérben valamilyen nehézfém-vegyület áll (kadmium, higany, kobalt, ólom, króm), külön-külön is mindegyik egy mérő ártalom. A 19. században és a 20. század elején például az ólom(II)-kromát tartalmú krómsárga festéket használtak előszeretettel. *Van Gogh: Csillagos éj, Munch: A sikoly* című művében is megfigyelhetők ennek a festéknek az árnyalatai. Több vizsgálat eredményéből azonban láthatjuk, hogy ezek a festékek az idők során barnás színt vettek fel a festményeken, az oxidálódás és kémiai átalakulások miatt.

Gondolkodtunk, hogy hogyan tudnánk kevésbé káros anyagokból álló festéket készíteni. Először ólommentes krómsárgát állítottunk elő egy, a szakirodalom tanulmányozása közben talált leírás alapján. Több eljárás közül mi bázisos cink-kromátot $[ZnCrO_4 \cdot Zn(OH)_2]$ állítottuk elő (1. ábra). A kísérletek közben szembesültünk azzal a ténnyel, hogy bár az általunk készített festék ólmot nem tartalmaz, de a benne lévő króm még talán annál is veszélyesebb a környezetre (*Caquere-Parker és mtsai. 2017*). Ezekből a tapasztalatokból kiindulva rájöttünk, hogy a legkörnyezetkímélőbb módszer a természetes festékek előállítása, így hát a növényekhez fordultunk.



1. ábra: Bázisos cink-kromát előállítása

Növények, mint festékek

Első lépésként alaposabban utánajártunk, hogy mi is teszi valójában festékké ezeket a különböző összetételű anyagokat. A fő alkotórészek a festék színét adó pigment és a kötőanyag, amiben a pigmentet feloldva máris használatra alkalmas elegyet kapunk. A dolog természetesen nem ennyire egyszerű, hiszen az oldhatósági viszonyokon múlik, hogy a festék mennyire lesz egynemű, homogén vagy a pigment szemcsék elkülönülnek a kötőanyagon és a kép felszínén különálló kis csomócskákban gyűlnek össze. Itt a gyakorlatban is szembesültünk a poláris és apoláris fogalmak fontosságával és a másodrendű kötések szerepével, és első kézből tapasztaltuk meg a kémiaórákon sokszor emlegetett „hasonló a hasonlóban oldódik” elv érvényesülését.

Igyekeztünk mindkét alkotórészt a természetes eredetű anyagok közül kiválasztani. Elsőként növényi pigmentek kinyerésén kezdtünk dolgozni a szakirodalomban olvasott módszerrel (Allan, 2017, Blatti, 2017). A különböző növényi részeket, terméseket (a bogyós gyümölcsök: szeder, málna, fekete ribizli, piros ribizli, áfonya bogyóját, valamint a spenót leveleit) első lépésben dörzsmozgás és törő segítségével összetörtük, maceráltuk (Perendy, 1980). Így szétromboltuk a sejteket, majd ehhez etanolt adtunk és tovább préseltük a macerátumot, amíg az oldatban meg nem láttuk a kinyerni kívánt színt (2.ábra).



2.ábra: Növényi macerátumok

Az etil-alkohol apoláris és poláris anyagoknak is oldószere, így különböző típusú növényi színanyagokat is könnyen fel tudtunk oldani a segítségével. Hogy megszabaduljunk a felesleges anyagoktól, a pépet és a folyékony alkotórészt elkülönítettük egymástól. Az eltérő szemcseméretet kihasználva a folyadékot szűrőberendezés segítségével Erlenmeyer-lombikba leszűrtük, a magok és a pürés növényi részek, rostok pedig a szűrőpapíron



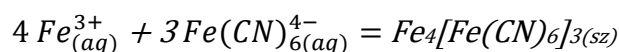
maradtak (3. ábra).

3.ábra: Növényi pigmentoldat szűrése

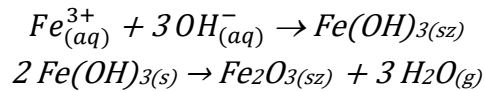
A szűrletet kristályosító csészébe helyeztük, majd megvártuk, hogy az oldatból elpárologjon az oldószer. Esetenként szárítószekrényben vagy vízfürdőn történő melegítéssel gyorsítottuk a folyamatot. Végül hozzájutottunk a száraz pigmentekhez. A fent említett növényekből előállított pigmentek színskálája viszonylag szegényesnek bizonyult. A piros, lila és narancs sok árnyalatát sikerült előállítani, a kevésbé tartós zöldet is, de ennél jóval többre vágytunk.

Az analitikai kémiából ismert csapadékképződéssel járó reakciók közül olyanokat kezdtünk keresni, amelyek a lehető legkevésbé ártalmasak a környezetre (Barcza, 1983a, 1983b, Pataki és Zapp, (1974a, 1974b, Rózsahegyi és Wajand, 1991, Villányi és Sebő, 2014). Az átmeneti fémek közül sok képez színes csapadékokat különböző anionokkal. Azok közül a reakciók közül választottunk néhányat, ahol a fémion ugyan nehézfém ionja, de a környezetre kevésbé ártalmas és a leváló csapadék szép, élénk színű. Néhány vas(II)-, vas(III)- és réz(II) – iont tartalmazó vegyület bizonyult alkalmasnak a céljaink megvalósításához. A következő anyagokat állítottuk elő:

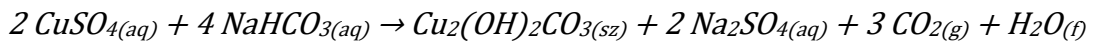
a) berlini-kék (porosz-kék)



b) vörös és barna



c) azurit és malachit (kék és zöld):



d) Okkersárga színt kurkuma- vagy curry- por, feketét aktívszén-por (korom) felhasználásával készítettünk. A narancssárga színt porrá tört β -karotin tablettából állítottuk elő.

Innentől kezdve az eljárás teljesen megegyezett a növényi pigmentek előállításával. A reakciók lejátszódása után a keletkező csapadékos oldatokat leszűrtük, majd bepároltuk. (4. ábra).

4. ábra: Analitikai kémiai módszerekkel előállított festékek



Kötőanyagok

A pigmentek előállítása és kinyerése azonban csak a festékkészítés első állomása volt. Ezek után a pigmenteket kötőanyagokhoz kevertük. Feltételeztük, hogy a festők által hagyományosan használt kötőanyagok különböző hatású színeket és a festékek különböző tapadását fogják eredményezni. Azt is feltételeztük, hogy a festékek tartósságát nemcsak a pigmentek, hanem a kötőanyagok fizikai és kémiai jellemzői is befolyásolják. Újabb kérdésként felmerült bennünk, hogy a papír minősége vagy a felület, amire az alkotás készül, hogyan módosítja az eredményt.

Jelenlegi kémiai tudásunk alapján azt gondoljuk, hogy a pigmentek és a kötőanyagok keveredése és a száradás sajátosságai a molekulák polaritásával és a másodrendű kötések erősségével függenek össze. A különböző kötőanyagokat a polaritás, a felületre való tapadás, kezelhetőség, kenhetőség és a száradási idő függvényében választottuk. Fontos szempont volt az is, hogy a javasolt vagy kiválasztott anyagok számunkra elérhetőek legyenek.

Először tojássárgájával kísérleteztünk. A tojást kettéválasztottuk, a sárgáját pedig a pigmentjeinkhez kevertük. Az így készült festékeket utána hétköznapi papír felületre kentük. A tojássárgája hátrányaként tapasztaltuk, hogy erős sárga színével nagyban befolyásolta a beletett pigmentek színét. Valamint, mivel nagy víz- és fehérjetartalmú szerves anyag, elég gyorsan romlik, így a festékeket hűtőben kellett tárolnunk, az elkészült festményeken pedig több esetben tapasztaltuk a szín halványodását. Viszont könnyen, fénylő felületet alkotva tudunk festeni velük, és gyorsan meg is száradtak a papíron.

Másodjára lenolajat szereztünk be, hogy megvizsgáljuk, hogyan viselkedne kötőanyagként. Használata külön előkészületeket igényelt. Festés előtt egy héttel, lenolajjal kezeltük a festésre szánt lapokat, hogy a papír rostjai telítődjenek és ne a festékből vonják el az olajat. A festés is viszonylag időigényes volt a száradó olaj tulajdonságai miatt. Ugyanis száradásuk során a molekuláikban a kettős kötést tartalmazó, telítetlen karbonsavak a levegőben lévő, felvett oxigén hatására gyantásodnak, rugalmas réteget alkotva száradnak, ami a korábbi festékekkel ellentétben több időbe telt (5. ábra).



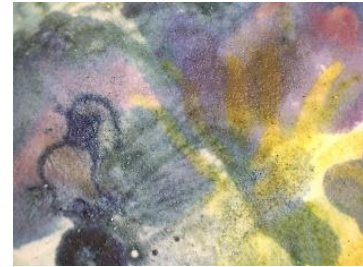
5. ábra: Lenolaj tartalmú festékekkel készült képek

Végül még a méhviaszos festék előállítását is

megkíséreltük. A méhviasz gyakorlatban nehezen használható, problémás kötőanyag volt. A viaszt megmunkálás és oldás előtt meg kellett olvasztanunk. Égető csészébe, illetve konzervdobozba daraboltunk a viasztömbből, vasháromlábra helyeztük és Bunsen-égővel melegíteni kezdtük. Sajnálatos módon, amint abbahagytuk a melegítést, vagyis a csészét levettük a vasháromlábról, az anyag szinte azonnal újra megszilárdult. Nagyon gyorsan és pontosan kellett dolgoznunk a pigmentek hozzáadásakor, valamint a gyors megkötés a festést is nagymértékben hátráltatta. Csak utólag, a cikk írása közben jöttünk rá, hogy ez a probléma kiküszöbölhető lett volna a vízfürdőn történő olvasztással és melegítéssel.

Mikroszkópos szemle

Miután már mindhárom kötőanyaggal készítettünk festményeket, kirajzolódott előttünk, hogy nagy különbségek vannak a képek felületei között. A szabad szemmel történt vizsgálatok után sztereomikroszkóp segítségével is megnéztük a festményeket, hogy jobban megfigyelhessük az eltéréseket. Részletes nagyítással láttuk, hogy a tojássárgájával készült festékeket egyenletesen, simán el lehetett oszlatni a papírlapon (6. ábra).



6. ábra : Tojássárgája kötőanyaggal készült festmény felszíne tízszeres nagyítással

A lenolajjal készült festékekkel viszonylag akadálymentesen tudtunk dolgozni. Azonban sajnos annak ellenére, hogy a papírt gondosan előkészítettük és a rostokat előzetesen átítattuk lenolajjal, mégis szívott magába a festék kötőanyagát alkotó olajból is. Így sok esetben tapasztaltuk, hogy a felületen visszamaradtak a száraz, vagy legalábbis olaj tartalmukból lényeges mennyiséget vesztő, színanyag szemcsék. Az olaj fényessége viszont még a száradás után is a nedves felszín látszatát keltette, különös játékot adott a papírnak (7. ábra).



7. ábra: Lenolaj kötőanyaggal készült festmény felszíne tízszeres nagyítással

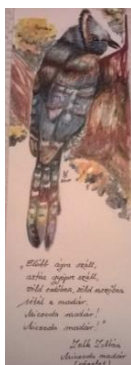
A méhviasszal kevert színanyagok nehezen kezelhetők, rosszul kenhetők voltak. A papírlapon szinte azonnal megszilárdultak kemény, összeszáradt, kipúposodó csomókat képezve a papíron (8. ábra).



8. ábra: Méhviasz kötőanyaggal készült festmény felszíne tízszeres nagyítással

Festékeink művészkézben

Úgy tapasztaltuk, hogy a tojássárgája bizonyul legjobbnak természetes festékek előállításához. Így ezeket a festékeinket legelőször adtuk a rajzszakkörösöknek, akik azt a feladatot



kapták, hogy Katshusika Hokusai képzőművész stílusában készítsenek madárrajzokat, tájképeket. Igazán színvonalas munkák, gyönyörű képek születtek.

9. ábra: Hokusai stílusú madár festmény (rajzszakkörös munka)



10- 11. ábra: Hokusai stílusú tájképek (rajzszakkörös munka)

Ezek a festmények remek visszajelzések voltak a számunkra, mert megbizonyosodhattunk róla, hogy az általunk előállított festékek a gyakorlatban is eredményesen használhatók (persze, ha hozzáértő kezekbe kerülnek) (9 – 11. ábra).

Egyéb felületek, irányok

Felmerült bennünk az ötlet, hogy újabb felületeket is kipróbáljunk. Freskók, secco-k alkotásával próbálkoztunk. Gipszporhoz (kalcinált kalcium-szulfáthoz: $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) desztillált vizet kevertünk és megmosott, levágott tejfölös dobozok aljába öntöttük a gipszet. Freskófestéskor a festéket a még friss, nedves felületre vittük fel. Így a festék a gipsz belsejébe tudott hatolni és azzal együtt kötött meg. Száradás során a levegő oxigénjével és a benne lévő szén-dioxiddal kémiai folyamatok is lejátszódhatnak, amelyek a festékek eredeti színét némileg módosíthatják. Ettől a secco-készítés annyiban tért el, hogy már a megszáradt gipszre festettünk. Az eltérő technikák miatt a kapott színekben is mutatkoztak árnyalatnyi különbségek.

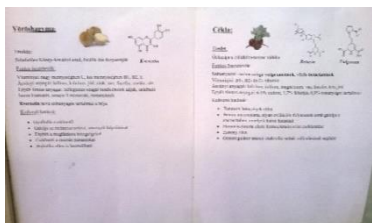
A kalsszikus freskók készítésekor nem egyszerűen az égetett gipsz vízfelvételével alakítják ki a festményt hordozó felületet, hanem finom homok és oltott mész (kalcium-hidroxid-oldat) hozzáadásával habarcsot készítenek és ez a sokkal keményebb, vakolatszerű anyag szárad meg a festékekkel együtt. Az oltott mész lúgos kémhatása azonban biztosan módosította volna a pigmentjeink színét, ezért tértünk el a kísérleteink ezen szakaszában a több ezer éve használt receptől.

Pigmentek, festés, pácolás: irány a textilfestés és népművészet

Már az előzőleg zajló kísérletek során kiderült, hogy a festékek színét a közeg kémhatása módosíthatja. Ez a tapasztalat új irányt adott a tevékenységünknek. A legutóbbi hónapokban azzal foglalkoztunk, hogy a textiliparban ismert kifejezések, mint a textilfestés, pácolás, növényi rostok, különböző típusú természetes és mesterséges eredetű textíliák festésekor milyen eredményeket érhetünk el a festékeinkkel, illetve az egyes alkalmazott technikáknak mi lehet a kémiai háttere. Újabb kísérletezésbe kezdtünk, különböző színanyagok változását követtük végig nehézfémek hatására, ami tulajdonképpen a pácolás folyamatainak alapjait képezi (Kemendi, 1989).

A növényi részeket megtisztítottuk, feldaraboltuk és főzni kezdtük. A főzetben kioldott színanyagokat bizonyos vegyületekkel (timsó, réz-szulfát oldat, vas(II)-szulfát oldat) pácoltunk és megfigyeltük a lejátszódó kémiai folyamatok során bekövetkező változásokat. Az így keletkezett különböző színű és összetételű oldatokba vattát, szövetszövetet és fonalakat helyeztünk az vizsgálva, hogy milyen színnel festik meg az egyes pácolt anyagokat. A festékek kötődési képességében nagy szerepe volt a másodrendű kötéseknek és a polaritásnak. Minden festendő anyagot egy hétig hagytunk a pácban, majd tálcára téve hagytuk őket száradni. Teljes mértékben akkor lehettünk elégedettek ezzel a projekttel, ha a növényekből kivont színanyagokat viszonylagos pontossággal meg tudtuk határozni. Majd így, az ismert nehézfém vegyületekkel párosítva pontosabb képet kaphattunk a lejátszódó kémiai reakciókról. Sajnos nem mindegyik növényben található színanyagra találtunk pontos képletet, valamint jelenlegi kémia tudásunk alapján a nehézfémekkel lejátszódó folyamatok reakció egyenleteit sem tudtuk pontosan felírni. Azonban kutató munka során sikerült több színanyagot felderítenünk, amik a fémekkel új színeket alkottak: cékla: vulgaxantinok (narancssárga) és betacianinok (vörös), vöröshagyma: kvercetin, gránátalma: antocianidinek,

kökény: szaponin, narancs: β -karotin, borostyán: klorofill, vöröshagyma: antocián. (12- 13. ábra).



12. ábra: A vöröshagyma és a cékla ismertetése, valamint színanyagaiknak



13. ábra: Vöröshagymafőzettel és céklalével festett textil darabok színváltozása vasgálic, rézgálic és timsó pácok hatására

A színváltozások háttérében az a jelenség áll, hogy a fenti nehézfémek összetételüktől függően és különböző mértékben hidrolizálnak vizes oldatokban, így a pácoltat kémhatása eltolódik, általában az enyhén savas irányba. A kémhatásváltozás a természetes eredetű festékek — sok esetben bonyolult — szerkezetében olyan változásokat idéz elő, ami miatt a látható fény más hullámhosszúságú sugarait nyel el, mint a pácoltatok nélkül. Ez eredményezi a festékek színének megváltozását pácoltat hatására. Ráadásul a többvegyértékű fémek a textilszálhoz való kötődést is elősegítik, mert a növényi rostok poláris molekuláris részével több lehetőségük van kapcsolódniuk.

Az új vegyületek, csapadékok sokféle színével, egészen hétköznapi növényekből, egy újszerű módszerrel állíthatunk elő újabb színeket (14 – 15. ábra).



14. ábra: Összefoglaló kiállítás a pác-oldatokkal végzett kísérleteinkről

Növény	Minta	FeSO ₄	CuSO ₄	KAl(SO ₄) ₂
Gránátalma	Halványrózsaszín	Szürkéskék	Sötétrózsaszín	Sötétlila
Kökény	Halványbarna	Világosbarna	Zöldesbarna	Piszkosfehér
Túztövis	Halványbarna	Világosbarna	Világoszöld	Halványszürke
Narancs	Világosbarna	Sötétszürke	Halványzöld	Sötétbarna
Borostyán	Halványbarna	Barna	Világosbarna	Szürkésbarna
Vöröskáposzta	Szürke	Sötétkék	Barna	Sötétbarna
Vöröshagyma	Halványrózsaszín	Halványbarna	Zöld	Halványsárga
Cékla	Halványrózsaszín	Barna	Zöld	Lila

15. ábra: Táblázat a különböző növényi oldatokból nehézfém sópácok által előállított festékekbe mártott textiliák színeiről

További terveink

Szeretnénk további árnyalatokat elérni a meglévő festékek keverésével. Folytatjuk a kötőanyagok kutatását is, mivel még nem találtuk meg a legideálisabbat. A már említett hátrányok, mint a méhviasz nehéz kezelhetősége, a tojássárgája romlandósága és a lenolajjal járó előkészületek kiküszöbölésére keresünk új megoldásokat. Egy olyan kötőanyagot szeretnénk találni vagy előállítani, ami a kívánt tulajdonságok közül a lehető legtöbbnek

megfelel: legyen gyorsan száradó, oldja a színyanyagok többségét, jól lehessen kenni, tárolni és lehetőség szerint ne kelljen a felületet kezelni a festés előtt. Sokszínű és különleges falfestmények készítése, valamint a lakkozatlan fára való alkotás is jövőbeli terveink közé tartozik.

Felhasznált források:

A. Allan (2017): személyes levelezés során küldött, jelöletlen forrásokból származó receptjei, Dr. Adrian Allan Dornoch Academy Sutherland Scotland

Barcza L. (1983a): A minőégi kémiai analízis alapjai 1. Elméleti áttekintés. Medicina Tankönyvkiadó

Barcza L. (1983b): A minőségi kémiai analízis alapjai 2. Gyakorlati útmutató. Medicina Tankönyvkiadó

J. L. Blatti (2017): Colorful and Creative Chemistry: Making Simple Sustainable Paints with Natural Pigments and Binders. *J. Chem. Educ.* , 2017, 94 (2), pp 211–215.

A. C. Caquere-Parker, P. S. Hill, M. P. Haaf, Cass D. Parker, N. A. Doles, A. K. Yi, T. A. Kaminski (2017): Pigment Synthesis for the Exploration of Binding Media Using a Lead-Free Alternative to Chrome Yellow. *Journal of Chemical Education*, 94 (2), pp 235–239.

T. Gray (2011): Kémiai elemek – Kalandozás a világegyetem atomjai között. Officina'96 Kiadó, Budapest.

Kemendi Á. (1989): Festőnövények. Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest

Pataki L., Zapp E.(1974a): Analitikai kémia. Tankönyvkiadó, Budapest

Pataki L., Zapp E.(1974b): Analitikai kémiai praktikum. Tankönyvkiadó, Budapest

Perendy M. (1980): Biológiai gyakorlatok kézikönyve. Gondolat Kiadó, Budapest.

Rózsahegyi M. – Wajand J. (1991): 575 Kísérlet a kémia tanításához (Tankönyvkiadó, Budapest.

Villányi A., Sebő P.(2014): Kémia 9. „B” kerettanterv szerint. Műszaki Kiadó, Budapest.

A cikk szerzői:

Horváth-Varga Réka és Martinák Emese

Berzsenyi Dániel Gimnázium,

Felkészítő tanár:

Dobóné Dr. Tarai Éva