

Braun Tibor

■ ELTE, Kémiai Intézet | MTA Könyvtár és Informatikai Központ | dr.braun.tibor@gmail.com

Indigókémia és indigókékfestés térben és időben

Több ezer éves textilektől a denim farmernadrágig

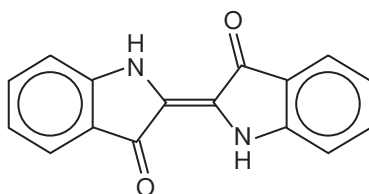
Előszó

Nem könnyű olyan témakör ismertetését elkezdeni, amely több ezer éves múltra tekint vissza, térben és időben gyakorlatilag körbejárja a földgolyót, és manapság is intenzív a tárgyalási módszer használata. Annak ellenére, hogy a világ körülöttünk színeiben bővelkedik, mi itt, és utalva a címre, kizárólag a kék színt, az indigókékfestést és annak előállítását és alkalmazását járjuk körül. Teljesen nyilvánvaló, hogy a kék mellett nem ritkák a más, szemet gyönyörködtető színek, de itt azért határozottan leszögeznénk, hogy a kék szín mellett a többi színnel egyáltalán nem foglalkozunk még akkor sem, hogy ha az a szín kémiaiailag nagyon közeli rokonságban van tárgyunkkal, az indigókékkel.

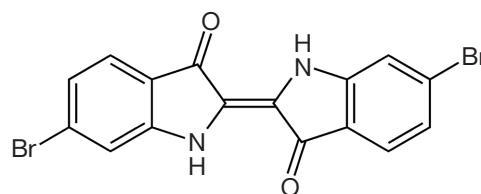
Ennek igazolására az **1. ábrán** bemutatjuk az indigó és a 6,6'-dibrómindigó szerkezeti képletét. Ugyanis ez utóbbi az úgynevezett türoszi bíbor gyönyörű színű alapanyaga. Még annyit tehetnénk a fentiekhez, hogy a tér- és időben való körbejárásához igénybe kell venni a multidiszciplinaritást, értve ez alatt a történelmet, a régészetet, a nyelvészetet, a fizikát, a szerves, valamint az analitikai kémiát is. Mindezekkel mi itt természetesen csak annyiban foglalkozunk, amennyiben érintik dolgozatunk témáját.

Bevezetés

Az indigó név a római *indicumból* származik, ami *indiai terméket* jelent. Ez bizonyos szempontból téves név, mivel az indigót tartalmazó növényeket a történelmi idők során a világ számos helyén termesztették Ázsiát, Jávát, Japánt, Közép-Amerikát és Dél-Amerikát beleértve. A tárgyat képviselő másik ősi kifejezés a *nil*, ami-



Indigó



6,6'-dibrómindigó (türoszi bíbor)

1. ábra. Az indigó és a 6,6'-dibrómindigó szerkezeti képlete

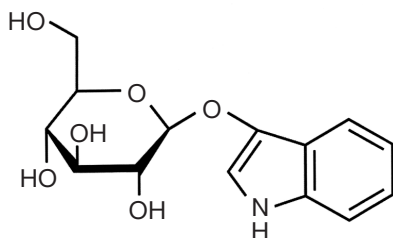
ből a kék színre vonatkozó kifejezés az *alnil* is ered. Különböző más neveket is használtak; az ősi görögök és egyiptomiak az indigót *inditonnak* és *N-tinkonnak* nevezték. [1] A késői 1200-as években Marco Polo ázsiai utazásairól hazaérkezve leírta, hogy az indigó lényegében nem ásvány, hanem növényekből kivont festékanyag. Kis mennyiségekben, röviddel azután az indigó már beszerezhető volt Európában, de nagyon magas áron a hosszú szállítás és a rá kiszabott nagy adók következtében. A 15. század végén Vasco da Gama felfedezett egy tengeri utat Kínába, ami lehetővé tette az ottani indigó közvetlen importját. A jelentős mennyiségű indigó-előállítást Indiában kezdték, és az 1600-as évek végén sok indigót exportáltak Európába. Ennek ára jelentősen csökkent a 17. század végére.

2. ábra. A festőfű (festő csülleng) [2] és a nyers indigó



Növényi indigó

Európában az indigó előállítására festőfűként (festő csülleng) említett *Indigofera* növényfajtaikat termesztették (például *Isatis tinctoria*). A festőfű kétnyári fűfajta, ami az első évben levélszerű rozettákat termel; ezeket az indigótermeléshez learatják. A második évben virágkocsányokat és magokat hoz létre a reprodukcióhoz (**2. ábra**). [2] A középkorban a festőfű fontos növény volt Európában, ami hatalmas jövedelmet hozott termelőinek. A kereskedelem híres központjai Toulouse-ban (Franciaország) és Erfurtban (Németország) voltak; ezek a helyek még ma is jelentős szerepet játszanak a festőfű-kereskedelemben. Az indigófesték hagyományos előállításánál a festőfűből a leveleket péppé zúzták, és azt labdákká

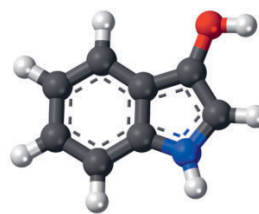
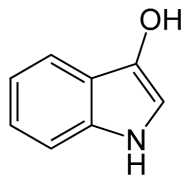


3. ábra. Az indigó prekuzora, az indikán szerkezete [9]

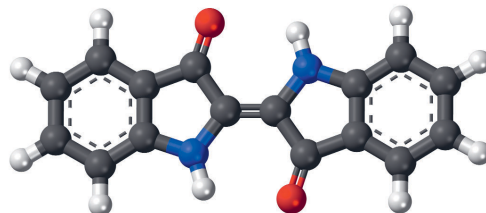
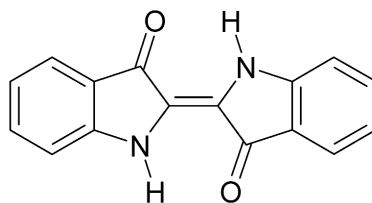
(golyókká) gyúrták, több hétig szárították, porították, nedvesítették, majd erjesztési fakadokban (*vat*) több hétig erjesztették. A zúzás utáni anyagot tisztították és használat előtt szorosra préselték. [3,4] A festőfűből származó festék nagyon szennyezett volt, és csak halványkék színt képezett. A trópusokról származó indigó jobb minőségű volt, és sötétebb kék színt hozott létre. [5] A növényi anyagot, mint említettük, vízben áztatták és erjesztették, utána az oldatot levegővel oxidálták. [6] Az indigót termelő növények levelei magát az indigót nem tartalmazzák. Annak prekuzorait, azaz indikánt [7] az *Indigofera* fajokban, az izatán B-t az *Indicum isatis tinctoria*-ban [8] foglalják magukban. Később felfedezték a festőfűben szintén jelen lévő más prekuzorokat is, név szerint az izatán A-t [9,10] és az izatán C-t. [11]

Az indikán szerkezetét indoxil- β -D-glukopiranozidként azonosították (3. ábra), de a már meghatározott izatán B szerkezetet indoxil-5-ketoglükonátnak megkérdőjelezték [9], és helyette az 1*H*-indol-3-il- β -D-ribohex-3'-ulopiranozidként azonosították. Ugyanezen szerzők az izatán A-t 1*H*-indol-3-il-6'-*O*-(karboxiacetil- β -D-ribohex-3'-ulopiranozid szerkezetként határozták meg, miközben más szerzők nem mutattak ki semmilyen specifikus szerkezetet izatán C-ként. Szabad indigóképzőként az indoxilt javasolták (4. ábra) indoxilgyökön keresztül leukoindigóként (5. ábra). [11, 12] Az indigó leukoindigóvá redukálódik a festési folyamathoz szükséges vízdoldhatóság érdekében, ugyanis az indigó vízben és más, általában használt oldószerekben oldhatatlan. [13]

Festőfűből a korszerű indigóelválasztási módszer, mint említettük, az indigó-prekuzorok vízdoldhatóságát használja a levelek forró vízbe áztatásával. A prekuzorokat a növény enzimeji indoxillá és cukorrá bontják. [14,15] A természetes indigó szennyezői az indirubin, az indigóbarna, az indigó-glutén és bizonyos ásványok. [16] Az indigó tisztaságát a festőfű indigó esetében 20–40%-osnak, [14] a *P. tinctorium*-ét 12%-osnak, [7] az *Indigofera* indigóét a

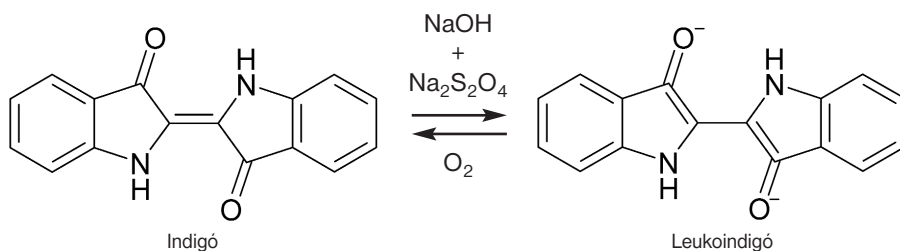


Indoxil



Indigó

4. ábra. Az indoxil és indigó vonalas képlete és háromdimenziós szerkezete [15]



5. ábra. Az indigó és a leukoindigó megfordítható átalakulása [18]

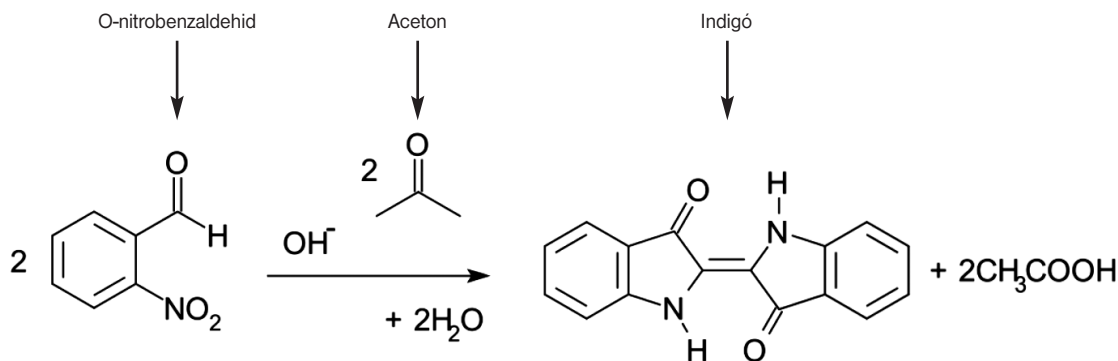
legmagasabbnak, 50–77%-osnak [5,6] mérték. Fennáll még az extrakció hatékonyságának kérdése, aminek az indoxilből származó indigó elméleti kitermelését 60%-osnak találták. [5] Ennek megfelelően az indoxil 40%-a elvesz a reakció folyamán izatin és indirubin formájában, valamint más melléktermékként.

Az indigó leukoindigóvá való redukcióját jelentős ipari eljárásként végzik világ-szerte. [17] A „kadas” (*vat*) festékek konjugált dikarbonil-rendszerrel rendelkeznek, amit konjugáció-változással redukálnak. A redukálás kételektronos lépés, és a létrejövő alkohol-dihidrát könnyen újra oxidálható. [18,19] A redukált változatot, mint említettük, leukovegyületnek nevezik, a leuko a görög *leukosz* szóból ered, ami fehéret jelent, és a kadas folyadék színének változását jelzi redukció után, [20] amit például nátrium-ditionittal végeznek. A kadas fürdő pH-jától függően a festék kétlektronos disszociáción mehet át a semleges formából mono- vagy dianionos formába. A nemionos formát kadas savnak nevezik. Az indigó pK_a -értékei 8,0 (pK_1) és 12,7 (pK_2). [21] A pamutfestés esetében az ionizálás mértéke hatással van az indigó affinitására a pamuthoz, lévén a cellulózszálak a legismertebb indigószubsztátumok. Magas pH-nál az indigó és a cellulózszálak is anionokként vannak jelen. A

cellulóz alkoholos hidroxicsoportokat tartalmaz, amelyek deprotonálttá válnak, amikor a festékfürdő pH-ja 11-re növekszik. Az indigó semleges formája alacsonyabb pH-nál rosszul oldódik a festékfürdőben és ezért rossz az affinitása a cellulózszálakhoz. A monoanionos formát az indigó legeredményesebb változatoként azonosították, és hatékonysága a 10,8–11,2 pH-intervallumban dominál. [22] Így az indigó egyensúlyi szorpciója pamuton a festékfürdő 11 pH körüli értékénél a legmagasabb. [23] A kékfestés hazai ipartörténetét *Kutasi Csaba* ismerteti „A kékfestő textilmintázás és kémiai vonatkozásai” címmel az MKL 2018. júniusi számában.

Szintetikus indigó

A növényekből való indigókinyerést követte a kémiai szintetikus előállítási eljárás. Az indigó szintézisét 1870-ben a Nobel-díjas *Adolf von Baeyer* dolgozta ki. [24] Az általa kidolgozott indigószintézis az aldolkondenzációs reakción keresztül vezet, amit ma Baeyer–Drewsen-módszerként ismernek (6. ábra). E szerint erős rázás közben acetont adtak *o*-nitrobenzaldehydhez, ekkor az indigó sötétkék csapadékként képződött. [25] Azonban ez az indigószintézis nem bizonyult gazdaságosnak, ezért a nagy vegyipari vállalatok a szintézishez



6. ábra. Az indigó-szintézis Baeyer és Drewsen szerinti módszere

új eljárást kerestek. [26] 1890-ben *Heumann* svéd kutató megkereste az akkor világvezető német *Badische Anilin- und Soda Fabrik* (BASF) céget, és hasonló megközelítést javasolt, ami viszont kereskedelmileg életképebb eljárásához vezetett. [27] A *Heumann* által használt alternatív kiindulási anyagok olcsóbbak és könnyebben hozzáférhetőek voltak a von *Baeyer* által használtaknál. A *Heumann*-eljárásban prekursorként antranilsavat használtak, amit klórecetsavból és *N*-(2-karboxifenil)glicinből nyertek. Azt követően melegítés és erős sav hozzáadása az indoxil szintéziséhez vezetett, amit indigóvá konvertáltak levegővel való természetes oxidációval. [28] A von *Baeyer* és *Heumann* által bevezetett metódika hozzájárult a BASF üzleti sikeréhez a 19. századtól kezdve: a cég jelenleg évi 50 milliárd eurós bevétellel rendelkezik és száz-ezer dolgozót foglalkoztat. [29]

Az indigó mikrobiális bioszintézise

Az indigót termelő növények mellett számos mikroorganizmusban jelen vannak az indigószintézishez szükséges prekursorok, amelyek képesek indigót előállítani különböző metabolikus folyamatok melléktermékeként. Az indigó felhalmozódása a talajban, állati bélrendszerekben és vizeletben a bakteriális indoxiloxidációnak köszönhetően a mikrobiális indigószintézis bizonyítéka. [30] Bakteriális oxigenázok és hidroxilázok katalizálják az indigószintézist, és ez az alternatív kémiai indigóelőállítás alapját képezi. [31] Különösen jól tanulmányozott indigó-előállítási módszer az indolból mikrobákban a policiklikus aromás szénhidrogén naftalin átalakítása baktériumok, például *Pseudomonas* sp. (7. ábra) által. Azt a reakciót, amiben különböző *Pseudomonas* sp. és más, naftalint átalakító baktériumok indigót szintetizálnak, a naftalin-dioxigenáz (NDO) kezdeményezi. [32] Ez a specifikus enzim része egy többkomponensű rendszernek, amely az elektronok átmenetét közvetíti a nikotinamid-

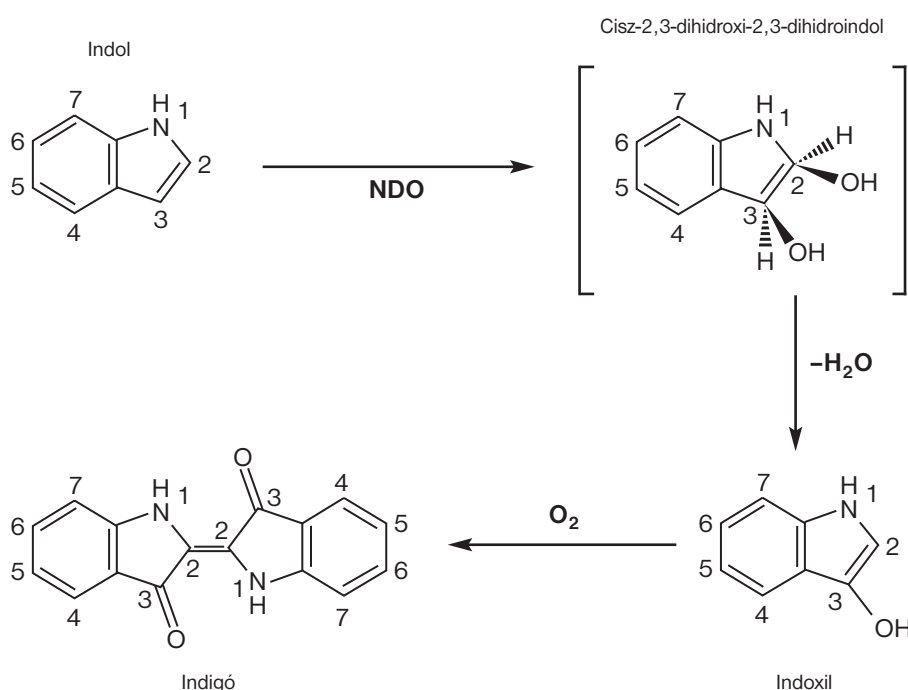
adenin-dinukleotid-2'-foszfáttól (NADPH) a terminális oxigenázig. [33] Ehhez a komplexhez indolt adva, dioxigenálás jön létre és az indolt *cisz*-2,3-dihidroxi-2,3-dihidroindollá változtatja. Ez a *cisz*-diol köztitermek gyorsan indoxillá dehidratálódik, majd indigóvá dimerizálódik. [34]

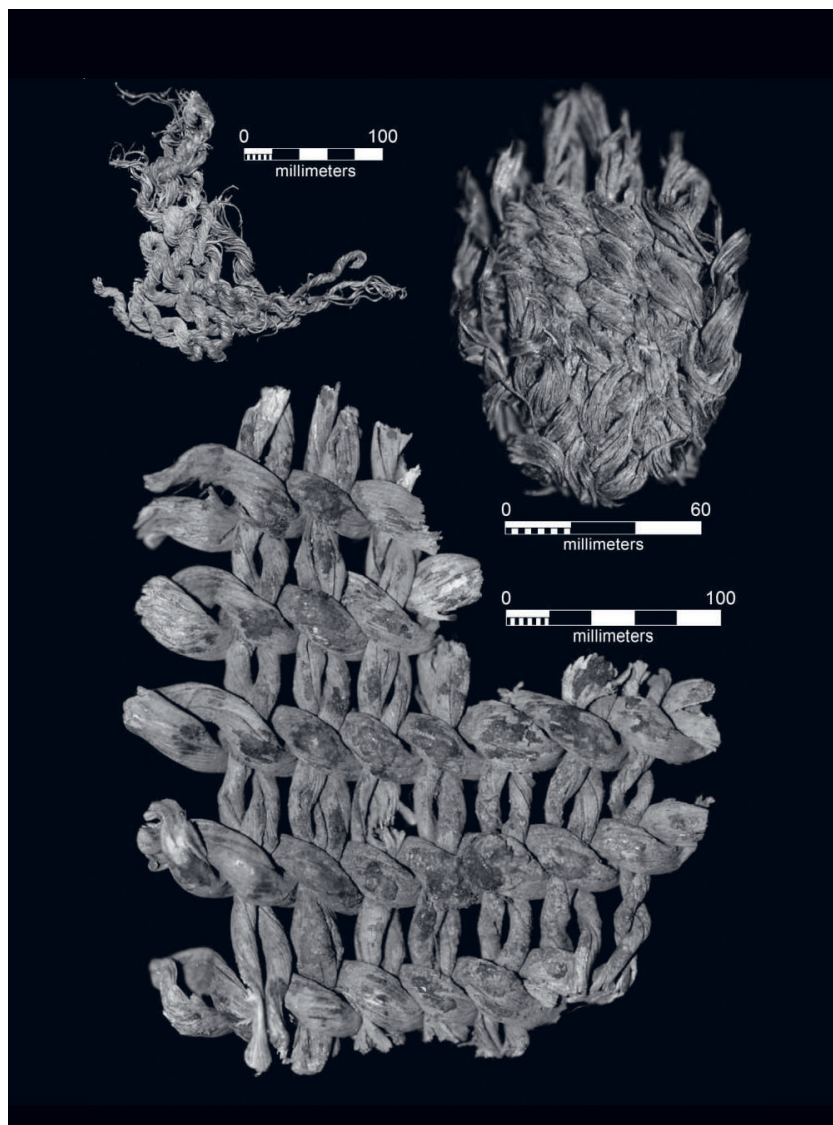
Az indigó-kékfestés régmúltja

Az indigót már valószínűleg a neolitikumban is használták, [6,8,18,25] például Indiából és Dél-Amerikából származó növényi cserjékből már az ókorban is kék festéket állítottak elő. Sokáig azt hitték, hogy az indigó legkorábbi használata az Indus-völgyből származik. Az Indus-völgyi, más néven Harappa-civilizáció az indiai szubkontinens első, kizárólag régészeti emlékek alapján ismert civilizációja volt, amely fénykorát Kr. e. 2500 és Kr. e. 1700 között élte. Ez fejlődése csúcán 5 millió lakost foglalt magában, és Rojdi városa (Kr. e. 2500–1700), a jelenlegi indiai Gudzsarát volt a regioná-

lis központja. Amikor a régészek ásatásokat végeztek ezen a helyen, legalább 4 különböző *Indigofera* faj magvait találták meg. Régészeti kutatások Kr. e. 1750-ből származó, kékre festett öltözék-maradványokat tártak fel Mohendzsodáróban (jelenleg Larkana körzet, Sindt, Pakisztán). Ez a Harappa-civilizáció másik jelentős városa volt. Időközben azonban kiderült, hogy még régebbi indigófelhasználási helyet is feltártak, ugyanis az V. fáraódinasztia idején Egyiptomban Kr. e. 4400-ból eredő múmiákat takaró textileken szintén kék színű vászoncsíkokat találtak. Az indigó színt gyakran kötötték össze politikai hatalommal vagy vallási rítusokkal. Ezek jelentős helyet kaptak számos civilizációban, pl. a mezopotámiaiban, az egyiptomiban, a görögben, a rómaiban, a közép-amerikai-ban, az iráni-ban és az afrikaiban több ezer év során. Thébai régészeti ásatások közben indigóval festett ruhafoszlányokat találtak, amelyeket Kr. e. 2500-ból eredőnek határoztak meg. Ugyancsak érdekes, hogy

7. ábra. A baktériumokban lejátszódó indigó-bioszintézis indolból naftalin-dioxigenáz (NDO) enzim hatására [28]



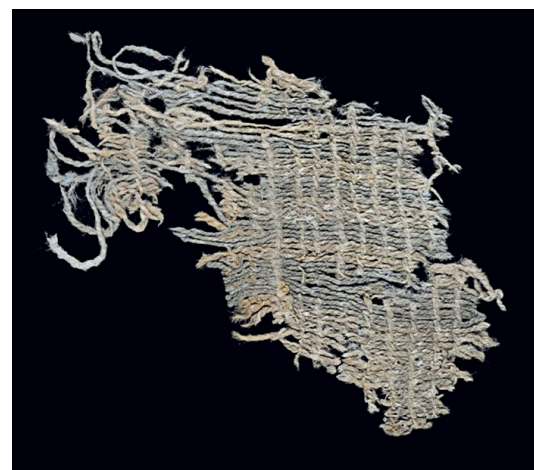


8. ábra. Tasak- vagy öltözőkfoszlány részben elszenesedett, ikresített textilszálból [35]

Krishna hindu istenséget gyakran kék színben ábrázolták, és az ősi maja kultúrában az emberáldozatok körül is feltűnik a kék szín. Ennél talán még jellemzőbb, hogy a keresztény művészetben Szűz Máriát is rendszeresen kék öltözetben képzeltek el. Mezopotámiából került elő egy Kr. e. 7. századbéli ékírásos tabulatúra, amin a gyapot kékfestésére rögzítettek receptet arról, hogy a festés során a textíliát ismételt mártogatással és levegőztetéssel lehet kékre festeni. Az indigófestés történelmében olyan távoli helyeket is megemlítenek, mint a proto-ausztrónéziai és a proto-maláj-polinéziai szigetek. A kínai *Dalok könyve* (népszerű magyar átírásban *Si king*) kisebb udvari himnuszokat bemutató fejezetének 226. verse nőket említ indigógyűjtés közben a Kr. e. 2. évezredben uralkodó Hszia-dinasztia idején („Reggel indigóért mentem,/kötényre valót se leltem” – Károlyi Amy fordítása).

Mint az előbbiekből láttuk, az említett indigó-kékfestésekhez általában textilvásznaikat használtak. Úgy véljük, hogy ezzel is foglalkoznunk kell, illetve feltennünk a kérdést, hogy mit ismertek előbb a régmúltban, a textileket, vagy a festésekre felhasznált festéket, az indigókéket. A fentiek értelmében foglalkoznunk kell a textilvásznaik alapanyagával, a pamuttal. A történelem még nem tudta meghatározni a pamut alapanyagául szolgáló gyapotrösvény (*Gossypium* fajok) meghonosításának időpontját, de úgy tekintik, hogy az Dél-Amerikában, valahol a jelenlegi Peru északi partján történt, ahol a növény idomult a vidék hideg körülményeihez, és eleinte vadon nőtt. Jelen ismeretek szerint az első amerikai gyapotrösvény (*Gossypium barbadense*) az észak-perui Nanchoc-völgyből származik Kr. e. 7800-ból. A *G. barbadense*-ből készült textilt halászhálók, zacskók, zsinórok, fonalak, öltözékek, padló- és fal-

takarók készítésére használták Kr. e. 6000–5000 körül, és ezt dokumentálták más, a völgyhöz közeli helyeken is. [34,36] Régészeti vizsgálatok kimutatták, hogy a pamutból fonással előállított szálakból készített textilek már Kr. e. 10–12 ezer évvel is ismertek voltak. Külön említést kell tennünk egy 2011-ben publikált kutatásról, amiben nagyon körültekintő vizsgálatok alapján bizonyították a pamuttextilek (8. ábra) fentebb említett sok ezer éves eredetét. [35–37] Ezeket a textileket a mai Peru területén fedezték fel a Guiterro-barlangban, magasan az Andok-hegységben. A szálak korának meghatározását a klasztrikus ^{14}C kormeghatározási módszerrel végezték. A Guiterro-barlang az Andok közti Callejon de Huaylas-völgyben fekszik, körülbelül 4000 m magasan, a jelenlegi Peru középső nyugati felvidékén. Pamutkészítésre hasznosítanak ma négy gyapotrösvényt, legelterjedtebb a hegyvidéki gyapot (*G. hirsutum*), amely a világ gyapotrösvényének 90%-át adja. A fentebb leírtak szerint a pamuttextileket előbb fedezték fel, mint az indigó-kékfestést, tehát a pamuttextiliáknak több ezer évig kellett várakozni addig, amíg szintén a neolitikumban Kr. e. 6000-ben el tudták végezni növényi indigóval a textiliák kékfestését. Ez utóbbi időpontot egy Egyesült Államokbeli antropológiai kutatócsoport bizonyította. [38] Ők a mai Peru északi tengerpartján fekvő Huaca Prietában végzett ásatások során feltárt részben kék színű textilfoszlányokból (9. ábra) kivont festé-



9. ábra. Az Huaca Prietában kiásott, részben kék színű pamuttextil-foszlány [38]

ket nagy teljesítményű folyadékkromatográfiával (HPLC) vizsgálták. Ez, mint fentebb említettük, azt mutatta, hogy az emberiség előbb találta fel a pamuttextil készítését, és csak utána jött rá annak indigó-kékfestési lehetőségére.



Denim

A denim sávolykötésbe szőtt strapabíró pamutszövet. A hosszanti fonál indigóval festett indigókék színű, a vetülék- (kereszt) fonál fehér. Ezáltal a színoldal kék, a fonaloldal pedig majdnem fehér. [40] Nyugodtan állíthatjuk, hogy a denim több mint egyszerű pamutszövet. Ennek az erős, változatos szövetnek néha az eredete és neve nagyon ellentmondásos véleményeket kavart történészek, tervezők, riporterek és írók köreiben. [41] A szakirodalomban számos helyen állítják, hogy a denim félrefordított angol nyelvű változata a francia „serge de Nîmes”-nek, azaz Nîmes francia városból származó, sávolykötésű textil nevének. A „serge de Nîmes”-et Franciaországban már a 17. század előtt is ismerték. Ugyanabban az időben létezett Franciaországban egy egyszerűen csak „Nîm” néven ismert textil. Mindkét textil gyapjú-összetételű volt. A „serge de Nîmes”-et Angliában is ismerték már a 17. század vége előtt. Ezek után felmerül a kérdés, hogy a szövetet Franciaországból importálták-e, vagy az egy ugyanolyan nevű eredeti angol textil. A „serge de Nîmes” nevet állítólag azért is használták, hogy tekintélyt kölcsönözzön a textilnek a forgalmazása során. Ezek szerint az Angliában vásárolt „serge de Nîmes”-et valószínűleg Angliában gyártották, és nem a franciáországi Nîmes-ben. Persze felmerül a kérdés, hogy a népszerű „denim” szó hogyan származhat a „serge de Nîmes”-ből. Ugyanis a „serge de Nîmes” selyemből és gyapjúból készült, a denim nyersanyaga viszont mindig pamut volt. Vajon a „serge de Nîmes” volt a közismertebb, és a nevet rosszul fordították, amikor az átkerült az angol csatornán? Vagy a brit kereskedők úgy döntöttek, vonzó francia nevet adnak egy angol textilnek, a nagyobb tekintély érdekében?

Említésre érdemes, hogy létezett abban az időben egy másik textil is, amit „jean”-ként ismertek. Kutatások kimutatták, hogy ezt pamut, len, és gyapjú keverékeként forgalmazták kordbársony (fustian) néven, az olaszországi Genovából származott. A jean aránylag népszerű volt a 16. század folyamán, nagy mennyiségben exportálták Angliából, lehet, hogy Lancashire-ben gyártották. A 18. századra a jean anyaga már teljesen pamutból állt, és férfinadrágokhoz használták. Ugyanakkor a denim népszerűsége is növekedőben volt. A pamutdenim erősebb és drágább volt a jeannél, és bár a két textil nagy hasonlóságot mutatott, lényeges különbségük az volt, hogy a denim két szál, egyik kék, a másik fehér



10. ábra. Denimtextilek színei és változatai [42]

szövésekből készült, míg a jeant két hasonló színű szálból szőtték. Nadrágokat „blue jean”-ből készítették, de a későbbi farmernadrágokat erős denimből gyártották. Az angol nyelvterületen általánosan elterjedt többes számú alak (jeans) már egyértelműen a nadrágkészítésre utal (a pair of jeans). Ezek szerint úgy tűnik, hogy a denimet olyan ruházatra szánták, ahol a tartósság és a kényelem egyaránt szükséges volt. A jean általános használatú vászon volt, a denim említett járuléka nélkül. A denim különösen erős a lánckötés irányában, és ezáltal tartósabb folyamatos használatnál. A 10. ábrán néhány általánosan használt denimtextilt mutatunk be. [41] Említettük az előbbieken az indigó-kék-festésnél, hogy a festék és a pamutszálak egymás iránti affinitása aránylag alacsony. A 11. ábrán láthatjuk, hogy a denim pamutszálakba a festék behatolása körkörös és pH-függő. Az is látható, hogy az ideálisnak mondható pH 11, aminél a festékkör aránylag vékony. Ezt a denim esetében előnynek tekintik, ezáltal a denim színe dörzsölésre lassan ugyan, de kopik.

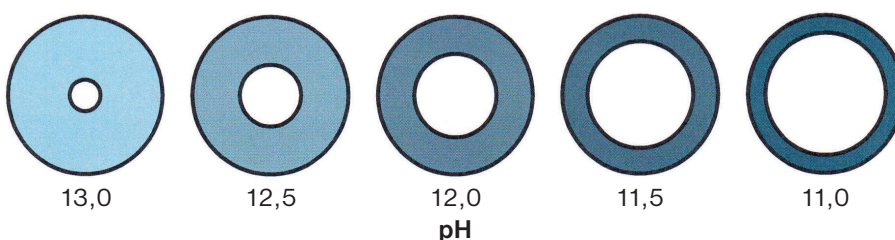
Farmernadrág (denimnadrág)

A következőkben az egyszerűség kedvéért a „kék denimnadrág” helyett a „farmernadrág” kifejezést fogjuk csak használni.

Előjáróban meg kell jegyeznünk, hogy az erről szóló irodalom hatalmas méretű. [pl. 43–45] Ezért annyiban pontosítunk, hogy a következőkben csak a „Levi Strauss”-ként forgalmazott farmernadrágokkal foglalkozunk. A denimtextilből készített és az Amerikai Egyesült Államokban feltalált farmernadrágok keletkezési és előállítási története meglehetősen bonyolult és bizonytalan.

A közel 150 évvel ezelőtt feltalált farmernadrág, illetve maga a találmány története lényegében két személyhez köthető. Egyikük *Levi Strauss* (1829–1902), akinek neve a Levi Strauss & Co. cég által lett közismert világszerte. A másik *Jacob Davis*, a szabó, aki a szegecselt zsebé farmernadrág feltalálója. Lőb (Levi) Strauss édesanyjával és két húgával 1847-ben, 18 éves korában Németországból vándorolt ki New Yorkba. Édesapja és két bátyja előbb települt át ugyancsak New Yorkba, és ott diaváru-kereskedést létesítettek J. Strauss Brother & Co. néven. 1853-ban Levi Strauss átköltözött San Franciscóba, ahol nagykereskedést nyitott. Vásznakat és ágyneműket importált édesapja és testvére keleti parti cégétől. 1866-ra már a San Franciscó-i kereskedőközösség jól szituált és tisztelt tagjaként ismerték. *Jacob Davis* (1831–1908) *Jakobs Jufess*ként született az Orosz Birodalomhoz tartozó Lettországból, 23

11. ábra. Indigókékfesték-gyűrű pH-függő vastagsága a denim pamutszál keresztmetszetében [21]





éves korában emigrált az Egyesült Államokba, ahol Jacob Davisre változtatta nevét. Napszámos szabóként dolgozott New Yorkban, de rövidre rá az északnyugati vidékre költözött. Ott előbb trafikot működtetett Virginia Cityben, majd 1868-ban Renóba költözött, ahol sörfőzdét nyitott. Ez sem működött sokáig, a sörfőzde tönkrement, és Davis visszatért eredeti szakmájához, a szabósághoz. Szabászati ismeretei alapján sátrakat és lótarakókat varrt és forgalmazott. Ezekhez jó minőségű, erős nyersanyagra, textilekre volt szüksége, és a kék denimanyagokat a San Francisco-i Levi Strauss nagykereskedőtől szerezte be. 1870-ben egy hölgy tért be Davis szabóüzletébe, és férje részére megrendelt egy erős, ellenálló anyagból készített nadrágot. A hölgy valószínűleg említette Davisnek, hogy erős zsebeket szeretne szerelő férje nadrágjára, ugyanis a mesteremberek annak idején szerzőségeiket a zsebek kiszakadásához. Davis elvégezte a munkát, és a zsebek széleit olyan szegecsekkel látta el, amelyeket a lótarakók oldalának az erősítésére is használt. A hölgy és férje nagyon meg volt elégedve a nadrággal, és számos ismerősüknek mutogatták. Ennek eredményeképpen a következő 18 hónapban a renói szerelők Davistól több mint 200 hasonló nadrágot rendeltek, hangsúlyozva, hogy azok kék denimtextilból készüljenek szegecselt zsebekkel. A nagy siker odáig fajult, hogy konkurens szabók is elkezdtek előállítani a Davis-féle szegecselt zsebé nadrágokat. Ennek hatására a nadrágra, annak jogi védelmére Davis szabadalmat nyújtott be. Gyenge angolsága miatt azonban szabadalmi kérését visszautasították. Erre utaló humoros részletként említik az irodalomban, hogy Davis szabadalmkérési szövegéből fennmaradt a következő mondat: „...the secratt of them Pents is the Rivits I put in those Pockots, I cannot make them up fast enough. My nabors are getting yeallouse of these success” (hozzávetőlegesen fordításban: azoknak a nadrágoknak a tutka a szegecsek amiket azokba a zsebekbe tettem, nem tudom azokat eléggé gyorsan csinálni. Szimpszideim feltikenyek ezek siker). E sikertelenség után Davis San Franciscóba költözött, felkereste a denimmel kereskedő Levi Strausst, akivel megállapodtak, hogy a nadrágokat a jövőben együtt gyártják és forgalmazzák. 1872 júliusában Davis és Strauss beadtak egy újabb szabadalmi igényt, és 1873. május 20-án a szabadalmat „Improvement in Fastening Pocket-Openings” (A zsebnílások megerősítésének tökéletesítése) címmel, illet-



Szegecsek

Indikán

Az indikán szintelen, vízben oldódó vegyület, melyet az *indigofera* nemzetség növényeiből nyernek. Magas pH-értéknél hidrolízis következtében a dextróz különvlik az indoxilcsoporttól.

Indoxil

Erőteljes rázás levegőzteti az indoxil-oldatot, az oxidálódik és az indoxil indigóvá dimerizálódik.

Indigó

Ez a **végleges kék festék**. Annak érdekében, hogy vízben oldhatóvá váljék, magas pH-érték mellett leukoindigóvá kell redukálni.

Leukoindigó (indigófehér)

A farmernadrágot ezután a sárga festékdobozba merítik, ami kiválóan tapad a pamuthoz. Eltávolítás után a leukoindigó az anyagban marad és oxidálás következtében **ismét indigóvá válik**; ez a végző kék színezék. Az indigó vízben oldhatatlan és a pamuton marad, így a farmeranyag megtartja színét.

Denimszövésű pamut

A „denim” a pamutszövés hagyományos módja vastag, masszív anyag előállításához. A pamut nagyrészt cellulóz, mely béta-D-glukóz monomerek egységeiből áll. Minden polimer lánc több ezer glukóz monomert tartalmaz. Poláris hidroxilcsoportok a szomszédos láncokon hidrogénkötéssel **erős mikrofibrilleket** hoznak létre, amelyekből azután a textilgyárban erős poliszacharid mátrix készül. E mátrixnak és a denimszövésnek köszönhető a farmernadrágok kiváló erőssége és tartóssága.

1873

A farmernadrágok színezése megelőzi a szintetikus indigót

Levi Strauss 1873-ban Jacob Davisszel felfalta a „blue jeans”-t. Mindez 9 évvel a szintetikus indigó felfedezése előtt történt!

Modern gyártási eljárás

1882-ben Bayer & Drewsen felfedezte az indigó (2,2'-bis(2,3-dihidro-3-oxindol-1-ildin) szintetikus előállítását. Ma évente 20 000 tonnát állítanak elő, amely elegendő 1 milliárd farmernadrág festéséhez! Az indigót ételszínezékként is engedélyezik az EU-ban „E132” néven.

12. ábra. A denim farmernadrág és az indigó-kékfestés kémiaja [45]

ve 139.121-es szabadalmi számmal bejegyezték. Ez a szabadalom tekinthető a korszerű farmernadrág születési bizonyítványának. A Levi Strauss & Co. gyár rövid idő után Davis vezetésével 450 alkalmazottat foglalkoztatott. Davis 1908-ban bekövetkezett haláláig dolgozott együtt Strausszal.

A farmernadrág világsikere

Kevés olyan ruhadarabunk van, amely annyira széleskörűen ismert, hordott és megbecsült lenne, mint a denim farmernadrág. Egyesek azért viselik, mert kényelmes, tartós és egyszerű. Mások szerint szexi és egyéni. Ezek persze valószínűleg köz-helyek, de a farmernadrágokról annyi köz-helyet írtak már, hogy meglehetősen nehéz közöttük válogatni. Nemrég a londoni BBC rádióadó műsort sugárzott „How denim jeans conquered the world” (Hogyan hódította meg a denim farmernadrág a világot?) címmel. Egy egyesült államokbeli szerző egyszerű kísérletet tett arra, hogy az indigókék színű farmernadrágok nép-

szerűségét felmérje. Világkörűl útra indult, ahol számos városban megszámolta a főutcán szembejövő száz járókelő nadrágjának fajtáját, és megállapította, hogy a járókelők 70–85%-a farmernadrágot hord. Újabban kimutatták, hogy a nap bármelyik időpontjában a világ teljes lakosságának körülbelül 50%-a farmernadrágot visel. Évente 3,9 milliárd indigókék festett farmert gyártanak világszerte, és ezek forgalma 75 milliárd dollár. Az Egyesült Államokban, ahol a farmernadrágot ikonként tisztelik, felmérték, hogy az ország minden polgárának ruhatárában átlagosan 7 darab farmernadrág szerepel. [41] Talán az egyik legfontosabb jellemzője e ruhadarabnak, hogy eltüntette a nemek közötti különbségeket, ugyanis éppúgy megtalálható a férfiak, mint a nők öltözködésében. Egyaránt viselik a világon mindenütt egyszerű polgárok és hírességek is, például Barack Obama és Bill Gates.

Mint e dolgozat címe is kifejezi, a szövegben körbejártuk a földgolyót az indigókémia-tól a farmernadrágig, és úgy véljük, hogy a két fogalmat grafikusan a 12.



ábrán tudjuk a legkifejezőbben bemutadni.

IRODALOM

- [1] Bevan, S. C.; Gregg, S. J.; Rosseinsky, A., Concise etymological dictionary of chemistry. Applied Science Publishers: London, 1976.; Nagat Kuku Mohammed, Potentialities of indigo plant (*Indigofera tinctoria*). Thesis, University of Khartoum in fulfillment of the requirement for the degree of doctor of philosophy in agriculture, 2005.
- [2] <http://novenyhatarozo.info/noveny/festo-csulleng.html>
- [3] J. B. Hurry, The woadland and its tie, Oxford University Press, London, 1930.
- [4] T. Kokubun, J. Edmonds, P. John, Indoxyl derivatives in woad in relation to medieval indigo production. *Phytochemistry* (1998) 49, 79.
- [5] P. Garcia-Macias, P. John, Formation of natural indigo derived from woad (*Isatis tinctoria* L.) in relation to product purity. *J. Agric. Food Chem.* (2004) 52, 7891.
- [6] A. G. Perkin, A. E. Everest, Natural organic colouring matters. Longmans, Green and Co., London, 1918.
- [7] A. G. Perkin, W. P. Bloxam, CLXII. Indican, Part I., *Transactions J. Chem.Soc.* (1907) 91, 1715.
- [8] J. Balfour-Paul, Indigo. British Museum Press, London, 2000.
- [9] C. Oberthür, B. Schneider, H. Graf, M. Hamburger, The elusive indigo precursors in woad (*Isatis tinctoria* L. Identification of the major indigo precursor, isatan A, and a structure revision of isatan B.) *Chem. Biodiv.* (2004) 1, 174.
- [10] C. Oberthür, H. Graf, M. Hamburger, The content of indigo precursors in *Isatis tinctoria* leaves – a comparative study of selected accessions and post-harvest treatments. *Phytochemistry* (2004) 65, 3261.
- [11] T. Maudgard, E. Enaud, E. Choisy, M. D. Legoy, Identification of an indigo precursor from leaves of *Isatis tinctoria* (woad). *Phytochemistry* (2001) 58, 897.
- [12] G. A. Russell, G. Kaupp, Oxidation of carbanions. 4. Oxidation of indoxyl to indigo in basic solution. *J. Am. Chem. Soc.* (1969) 91, 3851.
- [13] R. J. H. Clark, C. J. Cooksey, M. A. M. Daniels, R. Withnall, Indigo, woad, and tyrian purple: important vat dyes from antiquity to the present. *Endeavour* (1993) 17, 191.
- [14] K. G. Stoker, D. T. Cook, D. J. Hill, An improved method for the large-scale processing of woad (*Isatis tinctoria*) for possible commercial production of woad indigo. *J. Agric. Engin. Res.* (1998) 71, 315.
- [15] D. J. Hill, Preparation of indigo from woad. *Beiträge zur Waidtagung* (1992) 4/5, 23.
- [16] I. Orchardson, S. A. Wood, W. P. Bloxam, Analysis of indigo. Part II. *J. Soc. Chem. Ind.* (1907) 26, 4.
- [17] A. Roessler, T. Crettenand, Direct electrochemical reduction of vat dyes in a fix bed of graphite granules. *Dyes and Pigm.* (2004) 63, 39.
- [18] A. Johnson (Ed.), The theory of coloration of textiles. Second edition, Society of dyers and colourists, Bradford, 1898.
- [19] T. Vickerstaff, The physical chemistry of dyeing. Oliver & Boyd, London, 1954.
- [41] M. Božić, V. Kokol, Ecological alternatives to the reduction and oxidation processes in dyeing with vat and sulphur dyes. *Dyes and Pigm.* 76, 299.
- [21] J. N. Etters, Indigo dyeing of cotton denim yarn: correlating theory with practice. *J. Soc. Dyers Colour* (1993) 109, 251.
- [22] J. N. Etters, Advances in indigo dyeing: implications for the dyer, apparel manufacturer and environment. *Textile Chem., Colour* (1995) 27, 17.
- [23] J. N. Etters, M. Hou, Equilibrium sorption isotherms of indigo on cotton denim yarn: effect of pH. *Textiles Res. J.* (1991) 61, 773.
- [24] J. J. Li, Baeyer-Villiger oxidation name reactions: a collection of detailed reaction mechanisms. 3. Expanded edition, Springer, Berlin, 2003. 14–15.
- [25] E. Steingruber, Indigo and indigo colorants. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley, VCH, Weinheim, 2004.
- [26] P. Reed, The British chemical industry and indigo trade, *The British Journal for the History of Science* (1992) 25, 113.
- [27] G. Nagendrappa, Chemistry triggered the first civil disobedience movement in India, *Resonance* (2003) 8, 42.
- [28] J. R. McKee, M. Zanger, A microscale synthesis of indigo: Vat dyeing. *J. Chem. Educ.* (1991) 68, 242.
- [29] J. Moore-Braun, BASF report 2009, 11 March 2010, BASF SE (https://www.basf.com/documents/corp/en/about-us/publications/reports/2011/BASF_Report_2010.pdf, utolsó hozzáférés: 2018. április 27).
- [30] H. A. Warzecha, H. A. Frank, M. Peer, E. M. Gillam, F. P. Guengerich, M. Unger, Formation of the indigo precursor indican in genetically engineered tobacco plants and cell cultures, *Plant Biotechnol.* (2007) 5, 185.
- [31] H. C. Sun, J. K. Kim, E. H. Cho, Y. C. Kim, J. I. Kim, S. W. Kim, A novel flavin-containing monooxygenase from *Metilofaga* sp. Strain SK1 and its indigosynthesis in *Escherichia coli*, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* (2003) 306, 930.
- [32] X. Han, W. Wang, X. Xiao, Microbial biosynthesis and biotransformation of indigo and indigo-like pigments, *Chinese J. Biotechnol.* (2008) 24, 921.
- [33] R. E. Parales, K. Lee, S. M. Resnick, H. Jiang, D. J. Lessner, D. T. Gibson, Substrate specificity of naphthalene dioxygenase: effect of specific amino acids at the active site of the enzyme, *J. Bacteriol.* (2000) 182, 1641.
- [34] H. Pathak, D. Madamwar, Biosynthesis of indigo dye by newly isolated naphthalene-degrading strain, *Pseudomonas* sp. HOB1 and its application in dyeing cotton fabrica, *Appl. Biochem. Biotechnol.* (2009) 160, 1616.
- [35] J. Rossen, From foraging to farming in the Andes. New perspectives on food production and social organization, in: T. D. Dillehay (Ed.) Cambridge University Press, New York, 2011.
- [36] M. N. Cohen, Archaeological plant remains from the central coasts of Peru., *J. Andean Archeol.* (1978) 16, 23.
- [37] E. A. Jolie, F. Lynch, P. R. Geib, J. M. Adovasio, Cordage, textiles, and a late pleistocene peopling of the Andes, *Current Anthropology* (2011) 52, 285.
- [38] J. C. Splitstoser, T. D. Dillehay, J. Wouters, A. Claro, Early pre-Hispanic use of indigo blue in Peru, *Sci. Adv.* (2016) 2, 1.
- [39] <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3790906/We-ove-ancient-civilization-jeans-6-200-year-old-cotton-Peru-world-s-oldest-indigo-blue> (utolsó hozzáférés: 2018. április 27).
- [40] <https://en.wikipedia.org/wiki/Denim> (utolsó hozzáférés: 2018. április 27).
- [41] D. Miller, S. Woodward, *Global Denim*, Berg Publishers, 2010.
- [42] <http://www.burton.co.uk/blog/denim-washes-and-finishes/> (utolsó hozzáférés: 2018. augusztus 10.)
- [43] <https://en.wikipedia.org/wiki/Jean> (utolsó hozzáférés: 2018. április 27).
- [44] https://en.wikipedia.org/wiki/Jacob_W._Davis (utolsó hozzáférés: 2018. április 27).
- [45] <https://jameskennedymonash.wordpress.com/2014/07/31/why-are-jeans-blue-new-infographic-chemistry-of-levis/> (utolsó hozzáférés: 2018. április 27).

Nagykorúak lettünk



18. alkalommal rendezte meg szokásos kémiaábrát az MMKM Vegyészeti Múzeuma június 25. és 30. között. Noha az eddigienél szélesebb körben sikerült megjelentetnünk országos felhívásunkat – a vegyész szak-szervezet lapján kívül a MAGYOSZ és a MAVESZ is segítségünkre volt –, az idei mégis minitáborra sikeredett, 10 jelentkezővel. A jelentkezők számának csökkenése sok okra vezethető vissza, de bízunk abban, hogy törekvésünk a jövőben is érdeklődőkre talál. A hagyományokhoz híven, a kis létszám ellenére is volt olyan diák, aki már másodszorra választotta a nyári szünet egy hetének eltöltésére szaktáborunkat.

Továbbra is töretlen kapcsolatokat ápolunk a környékbeli vegyipari vállalatokkal, egyik legnagyobb gyógyszergyárunkkal, a megye egyetemével, egy környékbeli kenyérgyárral, meghívott előadóinkkal, hogy a hét valóban tartalmas programokkal teljen. Célunk, hogy a kémia iránt érdeklődő fiatalokkal továbbtanulási, szakmai és elhelyezkedési lehetőségeket ismertessünk meg, ezzel is támogatva pályaeorientációjukat, tovább-

bá, hogy a bennünket támogató vállalatok, kutatóhelyek, felsőoktatási intézmények számára hozzájáruljunk a szakemberképzéshez és a potenciális szakemberek jövőbeni megjelenéséhez.

A már jól bevált állandó programok kínálatát idén is sikerült frissíteniünk, és két új elemet bevonni a szervezésbe, részben a múzeumi, részben a múzeumot támogató alapítvány (új nevén Vegyészeti Múzeumot Támogató Alapítvány) kapcsolatai révén. Mindkét lehetőséggel tisztelgthettünk Bittera Gyula születésének 125. évfordulója előtt, amely szintén indokolta, hogy az idei év gyógynövényének a levendulát választották. Így az egyik legkedveltebb foglalkozás során a gyerekek levendulás fürdőgolyót is készíthettek maguknak.

Vargáné Nyári Katalin

HELYREIGAZÍTÁS

2018. júniusi számunk 204. oldalán „Az ötvenedik Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny döntője” című cikkben helytelenül jelent meg az I.b kategória legjobbainak helyezése. Az érintettéktől elnézést kérünk.

Az I.b kategória legjobbjai:

1. helyezés: Simon Vivien, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium, Budapest; 2. helyezés: Kóta Kata, Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium, Szeged; 3. helyezés: Soós Anita, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium, Budapest.