



Braun Tibor

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

# Csin Si Huang-Ti, Kína első császára terrakotta hadseregének színei és pigmentkémiája

## Előszó

Észak-Nyugat Kína szárazság sújtotta Sanhszi tartományában 1974 márciusában egy helyi parasztcsalád kútásás közben kiégett agyagdarabokra lett, amelyek első látásra törött terrakotta szobordaraboknak tűntek. Ezek azoknak a leletdaraboknak első példányai voltak, amelyekről később kiderült, hogy a modern idők egyik legjelentősebb régészeti felfedezésének részei.

Kr. e. 21-ben Qin állam királya, *Csin Si Huang-Ti* önmagát az egyesített Kína első császáranak nyilvánította, miután addig az ország hét, egymással állandóan hadban álló királyságát a sajátjával egyesítette (1. ábra). Májig feltáratlan síremléke közelében egészen különleges lelet került elő: egy terrakotta katonaszob-

or, amely részben darabokra törött állapotban. Ezeket restaurálták az eredeti, 2000 évvel ezelőtti kinézetüknek megfelelően. A 2. ábra bemutat néhány példát a terrakotta hadsereg állományából.



Néhány példa a terrakotta hadsereg állományából.

2.a ábra. A kiásott terrakotta hadsereg egyik menetoszlopa a kiásás után



2.b ábra. Tiszt szobra a kiásás után (balra) és kiszínezve (jobbra)

2.c ábra. Tábornokszobor a kiásás után (balra) és „eredeti” színekben (jobbra)



1. ábra. Az egyesítés előtti kínai királyságok Kr. e. 21-ben

rokból, lovakból, lovasokból és harci szekerekből álló szoborhadsereg (katonai egység). Ennek a szoborhadseregnek létrehozását, illetve előállítását Csin császár rendelte el, mert hitte, hogy ez a hadsereg megvédi őt a másvilágra távozása után.

A kínai régészeti hatóságok ásásokat rendeltek el, amelyek mindmáig folyamatosan tartanak. Eddig körülbelül 8000 terrakotta katonaszobrot, 130 harci szekeret, körülbelül 520 lovat ás-



2.d ábra. A terrakotta hadsereg harci szekerei és harcosai kiásás után

A fentiekről könyvtárnyi irodalom áll rendelkezésre angol és magyar nyelven egyaránt. A szobrok történelmi keletkezéséről itt nincs helyünk beszámolni, de akik el szeretnék mélyedni a kínai történelemben, megtehetik a feltüntetett hivatkozásokban két magyar és egy angol nyelvű monográfia átlapozásával [1–3].

Amivel itt foglalkozni szeretnénk, az a terrakotta hadsereg színei, a színezéshez használt pigmentek és azok előállítás kémiaja. Nem kétséges, hogy a körülbelül 2000 évvel ezelőtti kínai császárság és alapítójának története önmagában is érdekes, de, mint említettük, mi itt nem térhetünk ki rá.

## Bevezetés

A terrakotta hadsereg szobrait agyagból alkották, egyedi kézi szobrászmunkával. A katonák öntőformákban készültek, minden darab, végtag külön formába öntve, majd körülbelül 950 °C-on kiégetve, és a darabokat szobrokká ragasztották össze. Ugyancsak öntőformákban, szintén darabonként készültek a lovak és a harci szekerek. A több mint 2000 év folyamán a nedvesség és a hőmérséklet megtette hatását a föld alatt, és az eredetileg színesre festett polikróm hadsereg terrakottaszobrai színüket veszítették és újra terrakotta alapszínűvé (rózsaszín) váltak. Sokéves régészeti kutatásokban kínai és más országbeli kutatók kimutatták, hogy eredetileg, készítésükkor a terrakotta hadsereg agyagszobrai az akkor elérhető szerves pigmentekkel rendkívül élénk és változatos színekre festettek. A több ezer katonaszoborra előállításukkor különböző színű öltözéket is festettek. A földbe temetett körülbelül 2000 év jelentősen megváltoztatta a szobrok polikróm jellegét. A színek már a föld alatt lepattoztak és a szobordarabok kiásásakor levegővel, illetve oxigénnel érintkezve a maradék pigmentek is elbomlottak. A régészeti kutatómunkák a kiásás után kimutatták, hogy a szobrok létrehozói a festéshez számos színt és árnyalatot használtak (1. táblázat).

Ugyancsak a kiásás utáni vizsgálatok derítették ki, hogy a terrakotta felületeken nagyon kevés festékmaradvány élte túl a hosszú föld alatti időszakot.

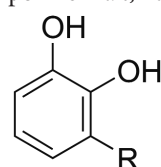
## Alaplakkozás

Mint említettük, a szobrokat készítésükkor főleg szerves pigmentekből álló festékekkel színezték. Ez előtt azonban úgyneve-

Pigment	Képlet	CAS-szám
auripigment (élénk-sárga)	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1303-33-9
azurit (kék)	Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	1319-45-5
csontfehér (fehér)	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> OH	12167-74-7
cinóber (vörös)	HgS	1344-48-5
hematit (vörös, barnás)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1309-37-1
Han-kék (kék)	BaCuSi <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	
Han-bíbor (vörös)	BaCuSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	
kaolinit (fehér)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · SiO <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	1332-58-7
malachit (zöld)	Cu(CO <sub>3</sub> ) · Cu(OH) <sub>2</sub>	12069-69-1
masszikot (sárga)	PbO	1317-36-8
okker (sárga és piros)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1309-37-1
vörös ólom (mínium)	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	13014-41-6
ólomfehér	2PbCO <sub>3</sub> · Pb(OH) <sub>2</sub>	1319-46-6
cerusszit (fehér, sárga, barna)	PbCO <sub>3</sub>	

1. táblázat. Példák a terrakotta hadsereg színezésénél használt szerves pigmentekre [6]

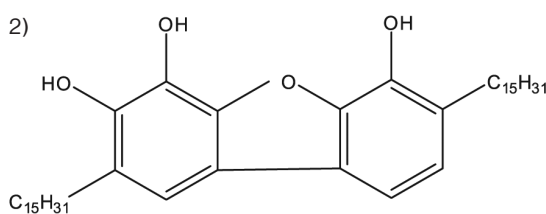
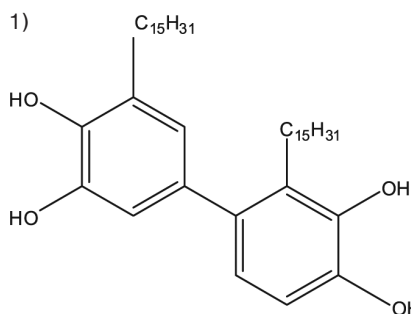
zett *alaplakkozás* került rájuk, ami a *Rhus vernicifera*, más néven *Toxitenáron vernicifluum*, magyarul lakkszőmörce nevű növény nedvéből készült. A nedv lényegében az *urusi* nevű pirokatechin-származék. A vegyület fenolos jellegű, és enzim hatására polimerizált, nagyon erős, térhálós szerkezetet hoz létre. [4] A térhálós rendszereknek kitűnő a mechanikai és kémiai stabilitásuk. Függetlenül a terrakotta hadsereg től későbbi kutatások kimutatták, hogy az urusi jellegű termékeket már Kr. e. 6000–5000-ben is alkalmazták. A 3. ábra bemutatja a felhasznált leggyakoribb pirokatechin-izomereket. [5] A telítetlen alifás oldalláncoknak kritikus szerepük volt a lakk oxidációs keményedésében.



R = (CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>CH<sub>3</sub>  
vagy  
R = (CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>  
vagy  
R = (CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>  
vagy  
R = (CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CHCH=CHCH<sub>3</sub>  
vagy  
R = (CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>

3. ábra. Az urusi (pirokatechin-származék) lakk összetétele [6]

Oxigén jelenlétében az urusi dimer vegyületeket hoz létre, például difenil és dibenzofuránt (4. ábra) [6]. A lakknak általában két hónapra volt szüksége ahhoz, hogy teljesen megkeményedjen a ráfestéshez. Csiszolás után az urusi lakkrétegre jól festettek.



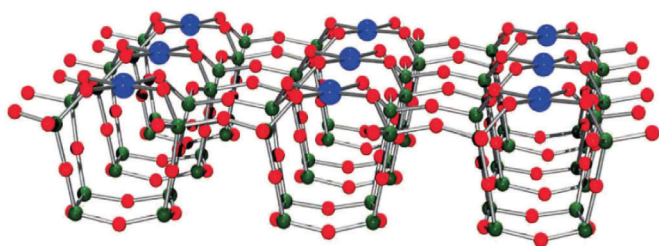
4. ábra. Difenil és dibenzofuránt is keletkezik az urusiból



A terrakotta hadsereg polikrómiájához választott szerves pigmenteket már az antik világban is színezésre használtak. Természetesen itt nem lesz lehetőségünk és helyünk a felsorolt pigmentek mindegyikének jellemzésére, de példaként röviden beszámolunk a kék és bíbor pigmentek kémiájáról.

## A terrakotta hadsereg festett pigmentek

Az azurit a kék színű természetes pigmentek bőséges ásványi forrása. A színe azonban nem túlságosan tartós. Az ősidőkben az egyiptomiak és a kínaiak is rájöttek, hogyan használják az azuritot vagy más rézásványt a tartós kék és bíborvörös réz-szilikát pigmentek nyersanyagaként. Az 5000 évvel ezelőtt előállított egyiptomi kék volt az első mesterséges pigment a világon. [7] Az egyiptomi kék ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ) kémiai szerkezete a **5. ábrán** látható. Ebben a rézionok kromofor, azaz színeképző szerepet ját-



**5. ábra.** Egyiptomi ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ) és kínai kék ( $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ) szilikátok szerkezete. A kalcium- (Ca) vagy bárium- (Ba) ionok a rétegek között helyezkednek el, de az egyszerűség kedvéért itt nem szerepelnek. A pigmentek színét adó réz (Cu) kék, a szilícium (Si) pedig zöld, az oxigén (O) vörös színű az ábrán

szanak. Az ősidőkben az egyiptomi kék örölt mészkő, kvarc (homok), malachit, azurit és koinoit rézásványok, vagy akár fémréz keverékéből 800–900 °C hőmérsékletre hevítve készült. [8] Jó minőségű pigment előállításához az alapanyagok sztöchiometriáját és a levegőfelesleget is tekintetbe kellett venni. Úgy tűnik, hogy az ősi egyiptomiak ismerték az alapösszetevők szükséges keverési arányait, hiszen a kutatások szerint ezek körülbelül állandóak maradtak, több mint 2000 éven keresztül.

Az, hogy hogyan jutott el az egyiptomi kék pigment Kínába, még jelenleg sem igazán megválaszolt kérdés ugyanúgy, mint az sem, hogy mennyiben befolyásolta az egyiptomi kék a kémiaileg hasonló kínai kék és bíbor létrejöttét. Feltételezzük, hogy azokat önállóan a kínaiak is feltalálták. Összehasonlítható szemcséméretben az egyiptomi és a kínai kék pigmentek csaknem hasonló színűek. A kínai kék és bíbor pigmentek meghatározott kémiai vegyületek, összetételük  $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$  és  $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ . Alkáli-réz-

**2. táblázat.** Han-bíborvörös és Han-kék kínai pigmentek összehasonlító adatai

Tulajdonságok	Han-bíbor	Han-kék
képlet	$\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ $\text{BaOCuO}(\text{SiO}_2)_2$	$\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ $\text{BaOCuO}(\text{SiO}_2)_4$
szintézis min. hőmérséklete	900–1000 °C	1000 °C
előállítás időtartama	10–24 óra	20–40 óra
bomlás hőmérséklete	1050–1100 °C	>1200
termikusan stabil?	nem	igen
savban stabil?	nem	igen
színfokozódás őrléskor?	igen	igen

szilikátokként ezeknek egymáshoz és az egyiptomi kékhez közeli a kémiai összetételük. Gyakran említik is róluk: három pigment, egy kémia. A kínai kék (Han-kék) csak kismértékben különbözik az egyiptomi kéktől (**2. táblázat**). Az egyiptomi kék (Han-kék) pigmentben (a Han név az azonos nevű kínai dinasztiára vonatkozik) a kalciumot a kémiaileg hasonló bárium helyettesíti. Ennek megfelelően a kínai kék kémiai szerkezete közeli kapcsolatban áll az egyiptomi kékével. A kínai bíbor kémiaileg hasonló a kínai és az egyiptomi kékekhez. Ez az egyedi szerkezet a kínai bíbornak olyan fizikai és kémiai tulajdonságokat ad, amelyek révén a bíbor nemcsak a pigment színében, de jobb hőstabilitásában és savakkal szembeni kémiai ellenállásában különbözik a kék pigmentektől.

A kínai kék és bíbor pigmentek előállítása bonyolultabb, mint az egyiptomi kéké. Szintetizálásuk körülbelül 150 °C-kal magasabb hőmérsékletet (900–1000 °C) igényelt, mint az egyiptomi kéké. Az ősi időkben e hőmérséklet elérése technologiaileg bonyolultabb lehetett. A szintézishez még kvarc és réz alapanyag, valamint bárium is szükségeltetett. A báriumásványok általában jóval ritkábbak, mint az egyiptomi kékben használt rézásványok, de Kína bizonyos területein hozzáférhető. Baritot ( $\text{BaSO}_4$ ) vagy viterit ( $\text{BaCO}_3$ ) használtak az antikvitásban, de alkalmazásuk átfogó ásványtani ismereteket igényelt. Például amikor a gyakoribb baritot használták, a megfelelő pigmentminőség előállításához ólomsókra is szükség volt. Az ólomsóknek két kémiai szerep jutott: katalizálták a barit bomlását, valamint hozzájárultak az olvadási képződéséhez. Így a kínai pigmentek előállítását összetettebb technológiákra alapozták, és bonyolultabb eljárás volt, mint az, amit az egyiptomi kék előállítására használtak. [9]

Úgy tűnik, hogy a kínai bíbor előállítása nagyon hasonló ahhoz, aminek alapján annak idején a báriumtartalmú üvegeket szintetizálták. [10] A kínai pigmentek szintézistechnológiája lényegében a nagy törésmutatójú üvegek előállításának mellékterméke volt a jadeszintézis esetében, amit a taoista szerzetesek a jade hamisítása érdekében találtak fel. A báriumvegyületekkel az üvegek törésmutatóját növelték, hogy a termékük jadeszerű legyen. Figyelemre méltó, hogy a közelmúltbeli kutatások szerint három ősi civilizáció, az egyiptomi, a kínai és a maja mindegyike egymástól függetlenül találta fel saját kék pigmentjét. A kínai bíbor és kék pigmentek szintézise arra is jó példa, hogy a társadalmi, kulturális változások hogyan befolyásolták a tudomány és a technológia fejlődését az ősi Kínában.

Az egyiptomi kék és a kínai pigmentek közötti hasonlóságok egyaránt feltűnőek és kérdésesek olyan szempontból is, hogy a kínai pigmentszintézisek a történelmileg előbbi egyiptomi kék szintézisének az ismeretére épültek-e. Az egyiptomi késsel mutatott kémiai hasonlóságok azt sugallják, hogy a kínai pigmentek valószínűleg az egyiptomi pigment-elődök jobbításai voltak, és nem önálló fejlesztések. Kérdés, hogy az ismeret az egyiptomi kék pigmentekről hogyan jutott el Kínáig, illetve a terrakotta hadsereg előállítóiig. Nem bizonyították, de feltételezzük, hogy technologiaátadás történhetett a két országot összekötő hosszú selyemút igénybevételével.

## A terrakotta hadsereg ecseteléses festése

Valószínűnek látszik, hogy a terrakottaszobrok kiásás utáni restaurálása során a sokféle pigmentet egyszerű ecsetfestéssel vitték fel a lakkozott terrakotta felületekre (**6. ábra**). Ezt mutatják a kiásás után is néha felfedezhető ecsetnyomok a különböző felületeken. [9]



6. ábra. Terrakotta katonafej ecsetfestéses restaurálása

## Utószó

A bevezetőben említettük, hogy az első kínai császár terrakotta hadserege a világ egyik legjelentősebb régészeti felfedezésének tekinthető. Ehhez még hozzá kell tenni, hogy 1987-ben Giscard d'Estaing akkori francia köztársasági elnök javaslatára az UNESCO a terrakotta hadsereget védetté és a világ nyolcadik cso-

dájává nyilvánította.<sup>1</sup> A hadsereg feltárási helyén a régészeti ásatások tovább folynak a régészek által kijelölt körülbelül 56 km<sup>2</sup> területen. Feltételezik, hogy ott, a föld alatt még számos fontos lelet rejtőzik, beleértve a császár megalált, de mindmáig kiátsatlan mauzóleumát. A kínai Sanhszi tartomány Hszian városa melletti, terrakotta hadsereg elhelyezésére épített múzeumot eddig több millió látogató tekintette meg.

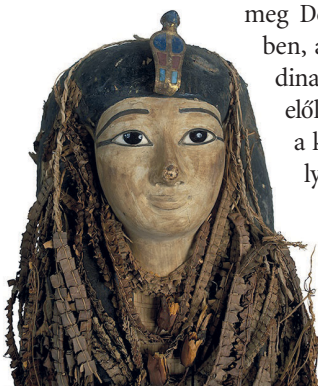
## IRODALOM

- [1] Roberto Ciarla (szerk.), A terrakotta hadsereg. Az első kínai császár agyaghadzserege, Alexandra Kiadó, Pécs, 2005.
- [2] John Man, A terrakotta hadsereg, General Press, Budapest, 2007.
- [3] Jane Portal (ed.), The first emperor: China's terracotta army, British Museum Press, 2007.
- [4] J. Kuanotani, Progr. Org. Coatings (1995) 26, 163.
- [5] O.Vogel, J. Polymer. Sci., Part A, Polymer. Chem. (2000) 38, 4327.
- [6] J. Umanotani, Progr. Org. Coatings (1997) 34, 135.
- [7] W. T. Chase, Science and archeology papers (szerk. H. Brill), Cambridge, MIT Press, 1971, 80–90.
- [8] G. Bayer, H. G. Wiedemann, Wissenschaftlich betrachtet Sandoz Bulletin: Sonderausgabe (1976) 40, 20.
- [9] H. G. Bayer, A. Reller, La couleur dans la peinture et l'émailage de l'Égypte ancienne (szerk. S. Colinari, M. Menu), Edipublia, 1997.
- [10] Z. Liu, A. Mehta, N. Tamura, D. Pickard, B. Rong, T. Zhou, P. Planetta, J. Archeol. Sci. (2007) doi: 10.1016/j.as.2007.01.005

■ ■ ■ ■  
A tájékoztatás érdekében felsoroljuk az ókori világ 7 másik csodáját: a gízai nagy piramis (Kr. e. 26. század), Szemirámisz függőkertje (Kr. e. 600), az epheszoszi Artemisz-templom (Kr. e. 550), Pheidiasz olimpiai Zeusz-szobra (Kr. e. 435), a halikarnasszoszi mauzóleum (Kr. e. 351), a rodoszi Kolosszus (Kr. e. 292–280), a pharoszi világítótorny (Kr. e. 3. század).

# I. Amenhotep CT-vizsgálata

I. Amenhotep a 18. dinasztia második fáraója volt (kb. i. e. 1525 és 1504 között uralkodott). Múmiáját a 19. század végén találták meg Dejr el-Bahariban (Luxorral szemben, a Nílus túlsó partján), ahová a 21. dinasztia idején rejtették el a sírrablók elől. Nagyon jó állapotban maradt meg a koporsóban (a test végig be van pólyázva, fejtől lefelé virágfűzér borítja). A hieroglifák alapján azonosították, és szintén onnan derült ki, hogy a sírrablók rongálásai miatt újrabalsamozták.



**I. Amenhotep díszes, fából faragott maszkja, amelyet kartonázsra helyeztek. Ez kartonszerű anyag, gyakran ebből készült a múmiák koporsója. A kartonázshoz ezúttal összeragasztott vászon- és papiruszdarabokat használtak, ezeket gipsszel és vízzel borították, majd megformálták**

mutatnak, ezért a halál okát nem sikerült megállapítani. Egy korábbi röntgenvizsgálatkor a fogak kitűnő állapota miatt úgy gondolták, hogy a fáraó 25 éves kora körül halt meg. A CT-felvéte-

A ritka múmiát nem „csomagoltak ki” az egyiptológusok. A CT-vel azonban – a hagyományos röntgenvizsgálattól eltérően – a szervezet több száz rétegeről készíthet felvételt, amelyekből 3D modellt is alkotnak. I. Amenhotep „CT-vizsgálatára” 2019 tavaszán került sor, a kairói Egyiptomi Múzeum kertjében, egy teherautón felállított berendezésben.

A lábszárcsont hossza alapján a fáraó magasságát közel 170 centinek becsülik. A CT-felvételek semmilyen kóros elváltozást nem

lekből azonban morfológiai információk is levonhatók, és a szeméremcsontok összeköttetésének felülete, amely a korrallal egy simábbá válik, arra utal, hogy I. Amenhotep 35 évet élhetett.

Bár úgy tudjuk, hogy balszamozáskor eltávolították a halottak agyát, I. Amenhotep idején erre még nem került sor – az agy összezsugorodott maradványát kimutatták a koponya hátsó falán. A belső szerveket azonban – a szív kivételével – kivették. Balszamozáskor többféle tárgyat helyeztek a testüregbe, a felvételek szerint I. Amephotep testébe gyantával átítatott vászoncsomagokat, és bár gyakran tömték ki a szemet, orrot, száját, s tettek a bőr alá is anyagot, ezúttal nem került erre sor.

Amuletteket azonban használtak. A CT-felvételek 3D rekonstrukciója nyomán harminc amulett és ékszer helyét találták meg. Az amulettek általában a vászonrétegek között és a testen vannak, és csak három került a test üregébe: egy szívamulett a mellkasba és két másik a hasba. A CT-sűrűségek alapján ezek fém, egyiptomi fajsanszból, agyagból és kőből készülhettek. A jellegzetes formájú amulettek 5–45 milliméteresek. A felvételek szerint a csípőn egy harminc aranygyöngyből álló övet helyeztek el.

I. Amenhotep múmiájának újabb vizsgálatát is tervezik: spektrális (multienergiás) CT-vel például a balszamozás módját, az amulettek anyagát kutatják tovább. (*Front. Med.*, 2021. 12. 28.)



**A CT-felvételekből alkotott 3D-modellen jól látható a maszk, a pólya és a koponya**