

A fehérségmérés aktuális kérdései a textiliparban

Dr. Hirschler Róbert

SENAI/CETIQT Colour Institute, Rio de Janeiro, Brazília

1. Alapfogalmak

A *fehérség* számos ipari termék fontos jellemzője, ezért annak vizuális megítélése vagy műszeres mérése a minőségbiztosítás fontos eleme. Azokat a tárgyakat tartjuk *fehérnek*, amelyek nem tűnnek sem „színesnek” (vagyis Munsell krómájuk nagyon alacsony, általában néhány tized) sem „szürkésnek” (vagyis Munsell világosságuk nagyon magas, rendszerint 9-nél magasabb) amint azt az 1. ábra illusztrálja. Az ISCC-NBS színjellemzési módszer (Judd és Kelly, 1967) szerint egy *fehér* színű tárgy világosság értéke legalább 8,5 kell legyen, és krómája legfeljebb 0,5 lehet minden színezet esetében, kivéve a 4Y-9Y-t, ahol a króma 0,7-ig elfogadható.

A CIE színességi diagramban a *fehér* nagyon kis területet foglal el. A 2. ábrán láthatjuk a CIE (2004) meghatározása szerint kereskedelmi „fehérnek” tekinthető színek tartományát a valós színek határain belül, összehasonlítva az $Y=90$ világossági tényező síkjában számolt optimális testszínek határával. Az optimális testszínek az adott világossági tényezőnél (jelen esetben $Y=90$) elméletileg elérhető legmagasabb krómájú színek, ezek határait először MacAdam (1937) számította ki. Ezekben a határokon belül esik az összes elképzelhető (nem feltétlenül valós) nem-fluoreszkáló test színessége. Látható, hogy a fehérség területének mintegy fele csak optikai fehéritőszerek alkalmazásával, vagyis fluoreszkáló mintákon érhető el.

A *fehér* azonban nem hasonlítható a többi színhez abban az értelemben, hogy a *fehérség* észlelésében nemcsak a színinger spektrális összetétele, hanem a visszavert fény térbeli eloszlása (diffúz vagy tükrös visszaverés) is szerepet játszik. (A tükrös visszaverést a 3/a ábrán, a diffúz visszaverést a 3/b ábrán illusztráljuk). Wittgenstein (1977) érdekes filozófiai kérdéseket feszeget ezzel kapcsolatban. „Miért lehet valami *átlátszó zöld*, de nem lehet *átlátszó fehér*? Miért nem tudunk még elképzelni sem *átlátszó fehér üveget*?” A 4. ábra egy sorozat szintelen folyadékkal teli üvegpoharat mu-



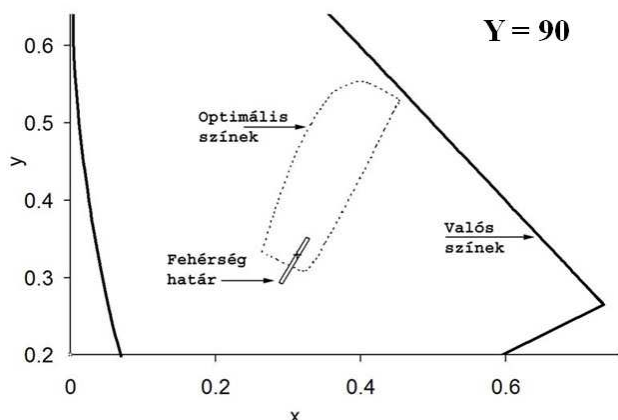
1. ábra. Hozzávetőleges fehérség határok a MUNSELL színtérben.

tat: az első átlátszó, az utolsó fehér. Ahogy nő a diffúz visszaverés aránya és csökken a szabályos áteresztésé, úgy érzékeljük a tárgyakat egyre kevésbé átlátszónak és egyre fehérebbnek. Ugyanígy egy tükörrre soha nem mondjuk, hogy „fehér” annak ellenére, hogy spektrális visszaverési tényezője (a tükrös komponens belemérve) szinte megegyezik egy fehér csempéjével. Ha ugyanezeket a tárgyakat a tükrös komponens kizárásával mérjük, akkor a csempe továbbra is a fehérre jellemző magas visszaverési tényező értékeket mutatja a teljes látható spektrum-tartományban, míg a tükör rendkívül alacsony, feketére jellemző görbét mutat (5. ábra).

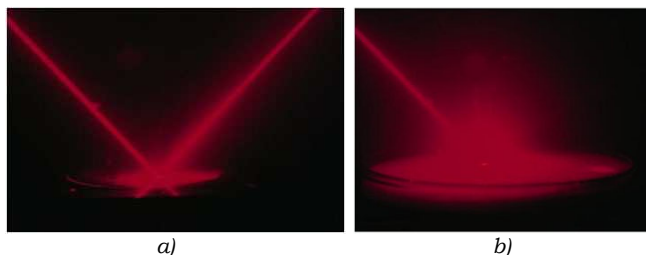
2. Vizuális értékelés

A műszeres színmérés elterjedtsége ellenére a legtöbb iparágban a mai napig szükség van vizuális értékelésre, optikai fehéritővel kezelt, vagyis fluoreszkáló fehér minták esetében annál is inkább, mert – mint a későbbiekben látni fogjuk – ezek mérése sem problémamentes. Ugyanakkor maga a vizuális értékelés is rendkívül problematikus két oknál fogva:

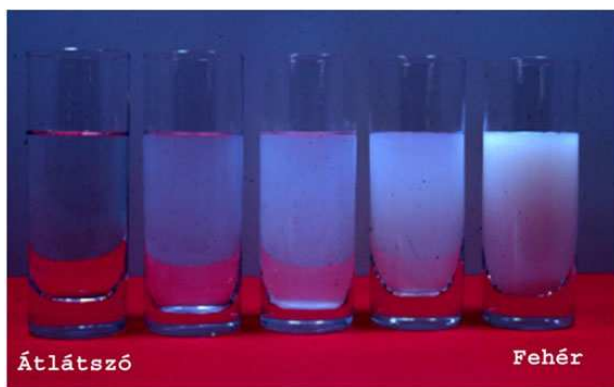
- a megvilágítás spektrális eloszlása a vizuális értékelésre használt (általában szabványos megvilágítást biztosító) kabinok esetében is csak hozzávetőlegesen D65, és különbözik a spektrofotométerekétől;
- a „fehérség” („fehérebb”) fogalma nagyon szubjektív.



2. ábra. Fehérség határok a CIE 1931 színességi diagramban. Az optimális színek határait D65 megvilágításra és a CIE 1964 10°-os észlelőre Wyszecki és Stiles (2000) adatai alapján ábrázoltuk.



3. ábra. Tükrös visszaverés (a) és diffúz visszaverés (b)

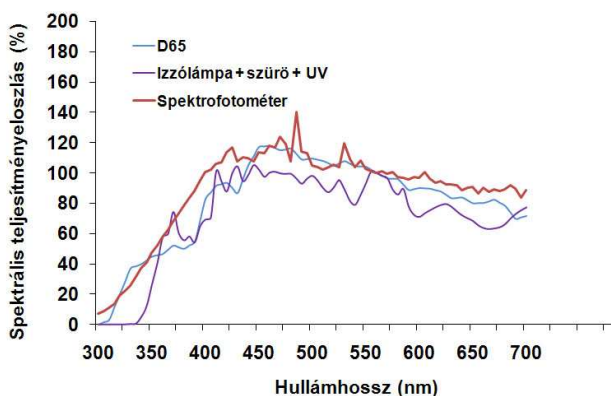


4. ábra. Fokozatos átmenet az átlátszó és a fehér között.

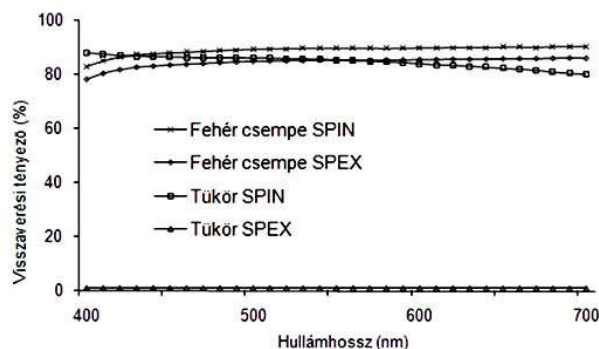
2.1. Vizuális értékeléshez használt fényforrások

A fehér minták vizuális értékeléséhez általában valamelyik szabványos megvilágítást (leggyakrabban D65) jól megközelítő fényforrást, „napfény-szimulátort” kell használni. Az alapvető probléma itt az, hogy a kereskedelmi forgalomban lévő kabinok között alig akad olyan, amelyiknek a spektrális energiaeloszlása a vonatkozó szabványok (pl. ASTM D1729) által előírt mértékben megközelíti a referencia-megvilágításét. Hirschler és Oliveira (2007) hat kabin és kilenc fénycső spektrális energiaeloszlását vizsgálva megállapította, hogy csak két kabin: a Spectralight III (X-RITE) és a CMB Color Matching Booth (GTI) felel meg teljes mértékben a szabványnak, további két kabin és egy fénycső pedig csak a látható spektrum-tartományban. Fluoreszkáló (optikai fehéritővel kezelt) minták esetében azonban az UV-tartománynak is fontos szerepe van, ha túl sok vagy túl kevés az UV-sugárzás aránya, akkor a minta a reálisnál (vagyis a referencia fényforráshoz viszonyítva) fehérebbnek vagy kevésbé fehérnek látszik.

A 6. ábra az egyik legjobbnak talált kabinban mért spektrális energia-eloszlást mutatja egy spektrofotométerhez illetve a D65 megvilágításhoz viszonyítva. Bár a D65-höz képest megengedett mértékű az eltérés, további komplikációt okoz, hogy a kabin és a spektrofotométer között már szignifikáns a különbség. Ennek pedig az a következménye, hogy a mért adatok és a vizuális észlelés között nem lesz elfogadható korreláció még akkor sem, ha az alkalmazott fehérség képlet tökéletes lenne.



6. ábra. D65 megvilágítás és két nappali megvilágítás-szimulátor spektrális energia-eloszlása.



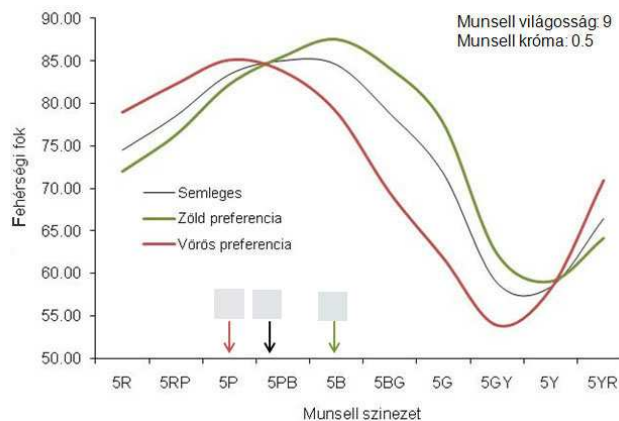
5. ábra. Fehér csempé és tükör visszaverési tényezője a tükrös komponens belemérve (SPIN), ill. kiküszöbölve (SPEX).

2.2. A „fehérség” vizuális értelmezése

Feltéve, hogy sikerül tökéletes megvilágítást biztosítani, a vizuális fehérség-megítélésnek van egy még súlyosabb problémája: a „fehérség” („fehérebb”) fogalma nagyon szubjektív. Ennek egyik oka, hogy nem létezik „ideális fehér”. Az optikai fehéritők elterjedése előtt még lehetett volna azt mondani, hogy az „ideális fehér” az a felület, amelyik a teljes látható spektrumtartományban a ráeső fényt 100%-ban veri vissza, de ez is megkérdőjelezhető. A legtöbb észlelő számára egy enyhén kékes-lilas árnyalatú fehér fehérebbnek hat, mint az a semleges fehér, aminek azonos, vagy akár egy kicsit magasabb is a világossági tényezője.

Optikai fehéritővel kezelt minták esetében a teljes sugárzás (visszaverés + fluoreszcencia) a beeső fény 100%-nál lényegesen magasabb is lehet, és itt még nagyobb a lehetősége annak, hogy két mintának nagyon eltérő spektrális energia eloszlás mellett azonos legyen a fehérségi foka. Ebben az esetben az észlelő szubjektív döntésén múlik, hogy a nagyobb világossági tényezőjű vagy az alacsonyabb krómájú mintát tekintve fehérebbnek, esetleg egy más színárnyalatú harmadik mintát.

Nagyon sok vizsgálat mutatja, hogy az egyéni preferenciákon túlmenően vannak iparági preferenciák is, ezért a korábban széles körben használt fehérségi formulák egy része a semleges fehéret preferálta (pl. Hunter), volt, amelyik az enyhén zöldes (pl. Croes ill. Berger) és volt, amelyik az enyhén vörös (pl. Stensby)



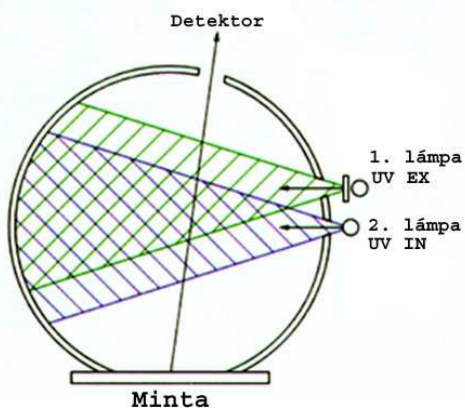
7. ábra. Azonos világossági és krómájú MUNSELL mintákon mért Ganz fehérségi fok a színezet függvényében, különböző színezet-preferenciájú képleteket alkalmazva.



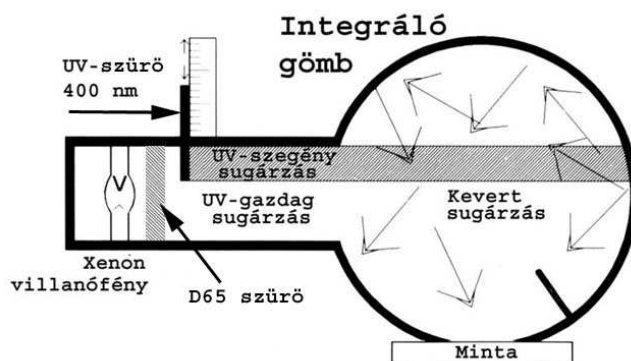
8. ábra. A három fehérség-képlet által a $V=9$ világosság és $C=0,5$ króma szinten legfehérebbnek ítélt színezetek hozzávetőleges illusztrációja

árnyalatot. Itt hangsúlyozni kell, hogy a korábban említettetteknek megfelelően a „semleges” is enyhén kékes-lilás, és a „vörös” ill. „zöld” preferencia ehhez viszonyítva értendő. A 7. ábrán azonos világosságú és krómájú MUNSELL mintákon mért fehérségi fokot ábrázoltuk a színezet függvényében, különböző színezet-preferenciájú képleteket alkalmazva. Az észlelők egyéni preferenciájától függ, hogy azonos króma és világosság esetén milyen színezetet ítélnék meg fehérebbnek: itt a képletek ezeket a preferenciákat számszerűsítik. Látható, hogy a semleges preferenciájú képlet szerint legfehérebb az 5PB színezetű minta (ez a MUNSELL rendszerben enyhén kékes-lilás árnyalatot jelent, hozzávetőlegesen a 8. ábra középső mintája illusztrálja). Ehhez képest valamelyest vörösebb az 5P és kevésbé vörös (zöldebb) az 5B.

A fehérség vizuális megítélése – túlmenően a színezet-preferencia problémáján is – nagyon bizonytalan. A legmegbízhatóbb módszer a páros összehasonlítás, amikor két egymás mellé helyezett mintáról kell eldönteni, hogy melyik a fehérebb. Ennek a megbízhatóságát, ill. bizonytalanságát a körkörös triádok száma mutatja, vagyis amikor ugyanaz az észlelő az **A** mintát fehérebbnek találja **B**-nél, a **B** mintát fehérebbnek **C**-nél és a **C** mintát fehérebbnek **A**-nál. A CIE képlet kidolgozásához vezető kísérletekben (Stenius, 1977) a triádok száma az egyes észlelők esetében nullától (néhány hivatásos kolorista) 62-ig terjedt az elméletileg lehetséges 120-ból (vagyis egyes észlelők az esetek több, mint felében nem tudták eldönteni három mintából, hogy melyik a legfehérebb). A rangsorolás (*ranking* – adott számú, a CIE kísérletekben 10, minta sorba rendezése növekvő fehérség érzet szerint) még nehezebb, különösen különböző színárnyalatú (vagyis nem teljesen semleges) fehérek összehasonlításakor. Voltak olyan szakemberek, akik nagyon jól teljesítettek a pá-



10. ábra. Két lámpát alkalmazó, számításon alapuló UV-mennyiség szabályozás Burns (1999) alapján.



9. ábra. A Gaertner-Griesser UV-szabályozó működési elve Griesser (1994) alapján

ros összehasonlítási kísérletekben, de egyszerűen nem voltak hajlandók a sorba rakásra mondván hogy az egy „lehetetlen feladat” (Ganz, 1979).

3. Műszeres fehérségmérés

A fehérség mérésére elvileg bármilyen színmérő műszer (tristimulusos vagy spektrofotométer) alkalmas lehet, de mivel a legtöbb fehér színű ipari termék (textil, papír, műanyag stb.) optikai fehéritőszert tartalmaz, ezeket csak olyan műszerrel lehet mérni, amelyiknél a megvilágítás UV-tartalma szabályozható („kalibrálható”) és megközelíti valamelyik szabványos CIE megvilágítást. Fluoreszkáló minták esetében a mért mennyiség nemcsak a visszaverési tényező, hanem a teljes, a minta felületéről kibocsátott sugárzás (visszaverés + fluoreszcencia), ez pedig nagymértékben függ a megvilágítás spektrális összetételétől.

A legelterjedtebb ipari reflexiós spektrofotométerekben xenon villanófény a fényforrás, ennek spektrális energia eloszlása megfelelő szűrőzéssel jól megközelíti a szabványos D65 sugárzáseloszlást. A probléma itt az, hogy ahogy a xenon lámpa öregszik, ez a sugárzáseloszlás megváltozik: az UV tartományban jobban csökken, mint a hosszabb hullámhosszokon, és az UV-látható arány eltér az eredetileg beállítottól. Ezen az UV-mennyiség szabályozásával („UV-kalibrálás”) lehet javítani, amire a textiliparban használt műszerekben a leggyakoribb megoldás a Gaertner-Griesser-féle szűrő (9. ábra).

Ezekbe a műszerekbe a D65 szűrő mellett egy semleges UV-szűrőt is beépítettek, és a két szűrő kombinációja az eredeti gyári beállítás szerint akkor közelíti meg legjobban a D65 sugárzáseloszlást, amikor az UV-szűrőt majdnem teljesen a fénysugár útjába helyezik. Amikor a fényforrás veszít az UV energiából, az UV-szűrőt egy kicsit hátrább húzzák, hogy kevesebb UV sugárzást nyeljen el, így visszaáll az eredeti egyensúly.

Korszerűbbnek számító, de nem feltétlenül pontosabb megoldás a két lámpát alkalmazó NUVC – számításon alapuló UV-szabályozás (10. ábra). Itt két villanólámpát alkalmaznak, az egyik elé UV-szűrőt helyezve. Minden méréshez két villanás szükséges, először az egyik, majd a másik lámpa világítja meg a mintát, és mérik a mintáról kibocsátott teljes sugárzást. Az UV-kalibráció során meghatározzák azt az optimális arányt (minden egyes mért hullámhosszra) ami a D65 sugárzáseloszlást a legjobban megközelíti.

A fluoreszkáló minták ipari műszerekkel történő mérésének több problémája is van:

- az „UV-kalibrálás” ellenére a megvilágítás nem pontosan D65, ezért minden műszer más értékeket mér;
- az ezt kiküszöbölni célzó Ganz-Griesser módszert nem szabványosították;
- más a megvilágítás a műszerekben és a vizuális értékelésre szolgáló kabinokban (v. ö. 6. ábra);
- a fluoreszkáló minták mérésére legalkalmasabb 45/0 mérési geometriát csak egyetlen ipari műszerben alkalmazzák, sokkal elterjedtebbek az integráló gömbös geometriák, így viszont a mérésügyi laboratóriumok által (45/0 geometriával) kalibrált transzfer etalonok közvetlenül nem használhatók az ipari műszerekhez.

4. Fehérség képletek a textiliparban

4.1. „Hagyományos” képletek

A Berger-, Stensby-, Hunter-, Taube- stb. képleteket az 1950-es és 1960-as években fejlesztették ki, és jellemzően csak egy-egy iparágban alkalmazták. Bár a legtöbb ipari színmérő műszer programjában szerepelnek ezek a képletek is, ma már szinte kizárólag vagy a Ganz és Griesser (1994) által kifejlesztett képleteket és módszert, vagy a CIE (2004) képletet használják.

4.2. Ganz-Griesser-féle képlet és módszer

Ganz a fehérség jellemzésére nem egy, hanem két képletet javasolt, az egyik magát a fehérségi fokot, a másik a színárnyalatot írja le.

$$\text{Fehérség: } W_{GG} = DY + Px + Qy + C$$

$$\text{Színárnyalat (tint): } TV_{GG} = mx + ny + k$$

ahol D , P , Q és C ill. m , n és k beállítható paraméterek, ezek határozzák meg, hogy milyen színezet-preferenciájú legyen a képlet. A paraméterek lehetnek szabványos értékek egy adott megvilágítás/észlelő kombinációra (vagyis műszertől függetlenek, ilyen maga a CIE fehérség képlet is), vagy lehetnek műszerfüggők, ilyenkor a paramétereket a Ganz-Griesser kalibráció során kell meghatározni.

A Ganz-Griesser módszer alapja az, hogy egy sorozat (4 vagy 5) különböző fehérségi fokú kalibrált etalon segítségével addig változtatják egyrészt a paramétereket, másrészt a megvilágítás UV/látható arányát (szűrővel, vagy numerikusan) amíg valamennyi mintára a számított fehérség érték elég közel nem kerül a névleges értékhez. A módszer elsősorban a textiliparban terjedt el, és állítólag sokkal jobb egyezést ad különböző műszereken mért fehérség értékek között, mint a CIE képlet (ezt azonban egyértelműen nem bizonyították).

További problémák a Ganz-Griesser módszer alkalmazásával, hogy

- rosszul dokumentált;
- nem szabványosították;
- a kereskedelmi forgalomban lévő ipari spektrofotométerek közül csak néhányban alkalmazható.

4.3. A CIE képlet

A jelenleg is érvényes CIE képletet a Ganz képlet alapján dolgozták ki, 1982-ben fogadta el a CIE. Lényegében a Ganz képlet speciális esete, adott megvilágítás/észlelő kombinációra rögzített (tehát nem műszer-specifikus) paraméterekkel. Legutolsó változatát a CIE

Publication 15 (CIE, 2004) a következőképpen határozza meg D65 megvilágításra és 10°-os észlelőre:

$$\text{Fehérség } W = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y)$$

$$\text{Színárnyalat (tint) } T_w = 900(x_n - x) + 650(y_n - y)$$

ahol Y a minta Y színösszetevője, x és y a minta színeségi koordinátái, és x_n és y_n a tökéletes diffúz visszaverő színességi koordinátái. Az UV-kalibrálás a CIE képlet alkalmazásakor is szükséges, itt is lehet akár Gaertner-Griesser szűrőt, akár numerikus UV kalibrálást alkalmazni, de csak egy etalonra van szükség. A CIE csak D65 megvilágításra (a 2°-os észlelő esetén némileg módosított paraméterekkel) ajánlja a képletet, de az AATCC és az ASTM szabványok megengedik a D50 esetleg a C megvilágítást is, ugyancsak módosított paraméterekkel.

A CIE megadott fehérségi fok és színárnyalat korlátokat, a képlet csak az alábbi határokon belül érvényes:

$$40 < W < 5Y-280 \quad \text{és}$$

$$-4 < T_w < +2$$

A CIE hivatalos álláspontja szerint a képlet **csak olyan mintákra érvényes**, amelyek

1. kereskedelmileg „fehérnek” tekinthetők (vagyis a fenti határokon belül esnek),
2. hasonló árnyalatúak és fluoreszcenciájúak és
3. amelyeket ugyanazon a műszeren, közel azonos időben mértek.

Ezeket a határokat újabban megkérdőjelezzük, mert sikerült korszerű optikai fehérítőszerrel olyan papír és textilmintákat előállítani, amelyek fehérségi foka meghaladja az 5Y-280 értéket, de vizuális megítélés alapján mégis fehérnek tekinthetők.

A 2. kritérium betartása nem okoz a gyakorlatban gondot, mert közvetlenül nem szükséges nagyon eltérő árnyalatú vagy fluoreszcenciájú mintákat összehasonlítani. A 3. kritérium tisztán műszaki megfontolások alapján ugyancsak érthető, hiszen ugyanaz a minta különböző műszereken, ill. ugyanazon a műszeren más időpontokban mérve eltérő értékeket adhat, de az ipari gyakorlatban elfogadhatatlan. Egyrészt egy vállalatban belül több telephelyen, több műszeren is kell mintákat mérni, és ezeket az eredményeket egymáshoz viszonyítva kell tudni értékelni, másrészt a minőségbiztosítási rendszerek a mért értékek folyamatos, hosszabb időszakot is felölelő összehasonlítását igénylik.

5. Új CIE technikai bizottság

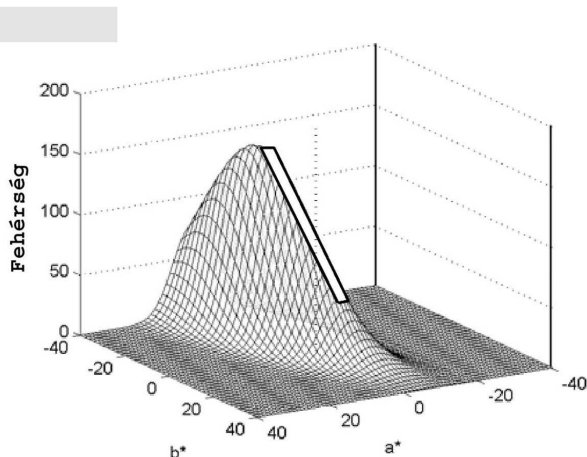
A CIE 2009-es budapesti ülésén a fehérség képletekkel kapcsolatos problémák felülvizsgálatára és lehetőség szerinti orvoslására új műszaki bizottságot (TC) hozott létre a következő témákban:

TC1-77 A CIE fehérség és színárnyalat képletek felülvizsgálata és továbbfejlesztése

- Érvényességi határok kiterjesztése.
- Alkalmazhatóság D65 mellett D50, ID65, ID 50 esetleg más (fénycső) megvilágításra.
- Mérési geometria (45/0 – d/8) és kalibrációs lánc (mérésügyi laboratórium → ipari laboratóriumok) felülvizsgálata.
- Ipari műszerek UV-kalibrációjának szabványosítása.

5.1. Érvényességi határok kiterjesztése

Mint már említettük a CIE képlet jelenlegi érvényességi határait vitatják, és a kiterjesztésükre több



11. ábra. A fehérség határai a jelenlegi (téglalap) és a javasolt új képlet szerint [Coppel et al., 2007 alapján], $L^*=95$ világossági szinten. A függőleges pontozott vonal az a^*-b^* diagram origóját jelzi ($a^*=b^*=0$).

javaslat is született. A legérdekesebb a Coppel et al. (2007) által javasolt módszer, amit a 11. ábra illusztrál. A TC1-77 egyik feladata az, hogy megvizsgálja, valóban érvényes-e, és ha igen, milyen feltételek mellett a javasolt képlet. Pozitív eredmény esetén a hivatalos CIE képlet ennek megfelelően módosul.

5.2. Alkalmazhatóság különböző megvilágításokra

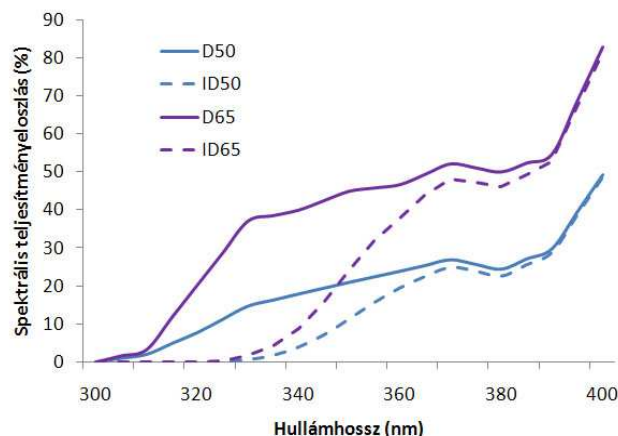
A CIE képletet maga a CIE csak D65 megvilágításra javasolja. Az AATCC és az ASTM szabványok, mint már említettük, megengedik a D50 esetleg a C megvilágítást is, de csak tájékoztató jelleggel. Nincs semmiféle tapasztalat arról, hogy egyéb megvilágítások (izzólámpa, fénycső) esetén alkalmazható-e a CIE képlet, és ha igen, milyen paraméterekkel.

A CIE 2009-ben újabb két nappali megvilágítást fogadott el (CIE, 2009), amelyek „beltéri nappali megvilágítást” (indoor daylight) reprezentálnak, aminek első sorban az optikai fehéritővel kezelt papír minták esetében van nagy jelentősége. Az ID50 és az ID65 abban különbözik a már korábban elfogadott D50 ill. D65 megvilágításoktól, hogy figyelembe veszi egy átlagos üveglak UV-elnyelési tulajdonságát, vagyis kisebb az UV tartalma (12. ábra). Ezekre az új megvilágításokra sem tudjuk, hogy a CIE képlet alkalmazható-e.

A TC1-77 vizsgálni fogja, hogy a D65 megvilágításon túl milyen megvilágításokra milyen feltételekkel alkalmazható a CIE fehérség képlet.

5.3. Mérési geometria korrekció

Az integráló gömbös színmérő műszerek csak korlátozottan alkalmasak fluoreszkáló minták mérésére (Alman és Billmeyer, 1976), ezért a nemzeti mérésügyi laboratóriumok erre a célra 45/0 geometriájú spektrofotométereket alkalmaznak. A jelenleg széles körben elterjedt, UV-kalibrációra is képes ipari spektrofotométerek túlnyomó többsége azonban d/8 vagy d/0 (vagyis integráló gömbös) geometriájú, mindössze egyetlen gyártó kínál olyan 45/0 geometriájú ipari műszert, amelyben Gaertner-Griesser szűrő van, tehát alkalmas fluoreszkáló minták mérésére is. Az ipari műszerek UV kalibrálásához használt etalonok névleges értéke tehát 45/0 geometriára vonatkozik, és ez csak megfelelő korrekció után alkalmazható integráló gömbös műsze-



12. ábra. D50 és ID50 ill. D65 és ID 65 megvilágítások spektrális energia-eloszlása az UV tartományban. (A spektrum látható tartományában a D és ID megvilágítások görbéi gyakorlatilag azonosak.)

rekre. A TC1-77 feladata itt az, hogy felülvizsgálja a kalibrációs láncot, és dolgozzon ki egy korrekciós módszert, aminek segítségével a 45/0 geometriával kalibrált etalonok alkalmazhatók lesznek integráló gömbös műszerekhez.

5.4. Ipari műszerek UV-kalibrációjának szabványosítása

Az ipari gyakorlatban használt spektrofotométereket rendszeresen (általában naponta egyszer vagy kétszer) „kalibrálni” kell, vagyis a műszer fotometriai skáláját egy megfelelő fehér etalon névleges értékeinek felhasználásával ki kell igazítani. Ha a műszert fluoreszkáló minták mérésére akarjuk használni (és az erre alkalmas), akkor ezen túlmenően a megvilágítás energia eloszlásának UV/látható arányát is ellenőrizni kell, és amennyiben a névleges értéktől a megengedettnél nagyobb mértékben eltér, változtatni kell az UV szűrő helyzetén. Ehhez az „UV-kalibráláshoz” a papíriparban az ISO által akkreditált laboratóriumok bocsátanak ki megfelelő (papír) etalonokat, a textiliparban azonban nem akkreditált, ipari laboratóriumok (textil) etalonjait használják (Hirschler, 2010). Ez önmagában is megkérdőjelezhető, és a CIE TC1-77 feladata, hogy ennek megoldására tegyen javaslatot.

Még bonyolultabb a helyzet a Ganz-Griesser módszer (elsősorban a textiliparban széleskörű) alkalmazásával. A módszerről egyetlen részletes leírás jelent meg (Griesser, 1994), de ez sem ad egyértelmű eligazítást a módszer gyakorlati alkalmazásáról. Az ipari laboratóriumok a műszergyártó cégektől kapnak útmutatást arról, hogy hogyan kell a módszert alkalmazni, de ez teljesen műszerfüggő. Willis (2002) szerint akár 20 CIE WI egységnyi különbségek is előfordulhatnak különböző műszereken mért azonos minták között, amit azonban megfelelő kalibrációval néhány egységre lehet csökkenteni. A Ganz-Griesser kalibrációhoz textil etalonokat kibocsátó Hohenstein Institute BAM-tól leszármaztatható mérési adatai és az eredeti BAM adatok között egyes etalonokon 9 Ganz-Griesser egységnyi különbséget is találtak, ugyanakkor több gondosan kalibrált műszer adatai között a különbség csak néhány CIE egységnyi volt (Hirschler et al., 2003). A TC1-77 bizottságnak széleskörű kísérletek alapján el kell döntenie, hogy alkalmas-e a Ganz-Griesser módszer

arra, hogy nemzetközi szabvány legyen, és ha igen, akkor ennek milyen feltételei vannak. Ellenkező esetben javaslatot kell tenni arra, hogy a módszert ne használják.

6. Összefoglalás

Mind a vizuális fehérség-értékelés mind a műszeres fehérségmérés területén még számos nyitott kérdés van. Jelenleg szabványos módszerekkel csak relatív mérések végezhetők: a CIE fehérség képletét csak azonos műszeren, közel azonos időben mért, hasonló árnyalatú és fluoreszcenciájú mintákra lehet alkalmazni, és vitatottak érvényességi határai is. A Ganz-Griesser képletet és módszert nemzetközileg még nem szabványosították, előnyei a CIE képlettel szemben vitatottak.

A CIE új technikai bizottsága (TC1-77) várhatóan 4-6 éven belül tud majd választ adni a nyitott kérdésekre (vagy azok egy részére).

Irodalom

- Alman DH és Billmeyer FW (1976), *Integrating Sphere Errors in the Colorimetry of Fluorescent Materials*, Color Res. Appl. 1, 141-145
- CIE (2004), *Colorimetry*, CIE 15:2004 Third edition, Commission Internationale de l'Éclairage, Vienna
- CIE (2009), *Indoor Daylight Illuminants*, CIE 184:2009, Commission Internationale de l'Éclairage, Vienna
- Coppel L, Lindberg S és Rydefalk S (2007), *Whiteness assessment of paper samples at the vicinity of the upper CIE whiteness limit*, Proceedings CIE 26th Session, Vol. 1, D1 - 10-14, International Commission on Illumination, Beijing
- Ganz E (1979), *Whiteness perception: individual differences and common trends*, Appl Opt, 18, 2963-2970 doi:10.1364/AO.18.002963
- Griesser R (1994), *Assessment of whiteness and tint of fluorescent substrates with good interinstrument correlation*, Color Res Appl, 19, 446-460, doi: 10.1002/col.5080190605
- Hirschler R, Gay JK, Oliveira DF és Gomes JC (2003), *Practical daylight simulators for the colour measurement of fluorescent substrates*, Proceedings CIE 25th Session, Vol. 1, D2-14 - D2-17, International Commission on Illumination, San Diego
- Hirschler R és Oliveira DF (2007), *Visual colour control – are we standardized?*
- AIC 2007 Color Science for Industry, Hangzhou, 12-14 July 2007 Proc. Guanrong YE and Haisong XU (eds.) pp. 14-17
- Hirschler R (2010), Visual and instrumental evaluation of whiteness and yellowness, in: Gulrajani ML (ed.): *Colour measurement: principles, advances and industrial applications*, Woodhead Publishing Ltd: Cambridge (előkészületben)
- Judd DB és Kelly LK (1967), *The ISCC-NBS Method Of Designating Colors and a Dictionary of Color Names*, NBS Circular, Washington: U.S. Department of Commerce
- MacAdam, DL (1935), *Maximum Visual Efficiency of Colored Materials*, J. Opt. Soc. Am. **25**, 11, pp. 361-367 doi:10.1364/JOSA.25.000361
- Stenius ÅS (1977), *Results of the visual assessment of the whiteness samples by pair comparison and ranking*, Farbe, 26, 63-88
- Willis RF (2002), *The color measurement of textiles which contain FWA's*, AATCC Proc Internat Conference and Exhibition, Charlotte, NC, American Association of Textile Chemists and Colorists
- Wittgenstein L (1977), *Remarks on colour*, Oxford, Basil Blackwell
- Wyszecki G és Stiles WS (2000) *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, 2nd Edition, New York, NY, John Wiley and Sons