



A kép illusztráció / Picture is for illustration only

Érzékszervi bírálók látásvizsgálati tesztjei - áttekintés

Kulcsszavak: látásélesség, kontrasztérzékenység, színlátás, szintévesztés, pseudo-izokromatikus színtesztek, anomaloszkóp, színíszkrimináció, színidentifikáció

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Az érzékszervi vizsgálatokon a bírálóknak jó általános egészségi állapottal kell rendelkezniük. Nem lehet semmilyen olyan hiányosságuk, amely hatással lehet érzékelésükre, vagy károsan befolyásolhatja érzékszervi teljesítőképességüket, és így hatással lehetnek bírálataik megbízhatóságára. A bíráló látását alapvetően három tényező határozza meg: látásélesség, kontrasztérzékenység és színlátás. Az érzékszervi vizsgálatok nemzetközi gyakorlatában általánosan a színlátást vizsgálják. A szintévesztés vizsgálatát jellemzően az Ishihara pseudo-izokromatikus színteszttel, míg a színíszkriminációs képességet pedig a Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt segítségével végzik [1]. A szintévesztők kiszűrésére legpontosabb eszköz az anomaloszkóp. A szintévesztők szűrése azért is fontos, mivel a szintévesztők egyben gyengébb szín-megkülönböztető képességgel és gyengébb szín-identifikációs képességgel rendelkeznek. A színlátással kapcsolatos on-line tesztek eredményeit jelentősen befolyásolja a megjelenítő eszköz és beállításai (monitor felbontása, színhelyes kalibráció), valamint a tesztelés körülményei: vizsgálati geometria (fényforrás, tesztkönyv és a szem relatív helyzete), fényforrás és monitor fotometrikus és spektrális jellege, valamint a szem adaptációs állapota. Sajnos, a szabványos érzékszervi vizsgálatok előírásai nem követelik meg külön az érzékszervi bírálók látásélesség és kontrasztérzékenység vizsgálatát, ugyanakkor e tulajdonságok nyilvánvalóan befolyásolják a vizuális érzékelést, így ezek tesztelése szükséges.

2. Látásélesség (visus)

A látásélesség az éles látás számszerűsített kifejezése. A látásélesség mérési egysége a látószög, ami alatt a tárgyról a szem optikai középvonalába húzódó sugarak által bezárt szöget értjük. Az ép szem feloldóképessége, vagyis az a szög, amely mellett a tárgyról jövő sugarak két szomszédos csapra vagy pálcikára esnek, normál esetben 1' (szögperc), azonban megfelelő világítás mellett akár 50" (szögmásodperc) is lehet. A látásélesség meghatározására a mindennapi gyakorlatban az úgynevezett optotípeket, különböző nagyságú betűket, számokat, gyűrűket (Landolt-gyűrű) tartalmazó táblákat használnak: Snellen-féle tábla, Csapody-féle tábla, Kettessy-féle tábla (**1-2. ábra**). A vizsgálat során egy tábláról kell leolvasni valamilyen

jeleket, betűket, vagy számokat, attól függően, hogy melyik látásélességi tesztet végzik.

A táblán a jelek, számok mérete minden esetben felülről lefelé csökken. Minden egyes ábra úgy van megszerkesztve, hogy meghatározott távolságból nézve az egész ábra 5', elemi részlete 1' alatt látszik. A vizsgálandó személy a jól megvilágított, falra függesztett táblától a fenti meghatározott távolságban, a következő példában 5 m-re foglal helyet. A betűket, egyéb ábrákat felülről lefelé olvastatják vele. A látásélesség jellemzésére a vizus képletét használják: $V=d/D$, ahol d a páciens olvasótáblától való távolsága, D pedig az a távolság, ahonnan a még felismert legkisebb ábra 5' alatt látszik. A vizsgálat elrendezésére jellemző tehát a d érték, míg a D értékkel az

¹ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Árukezelési, Kereskedelmi és Érzékszervi Minősítési Tanszék
² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

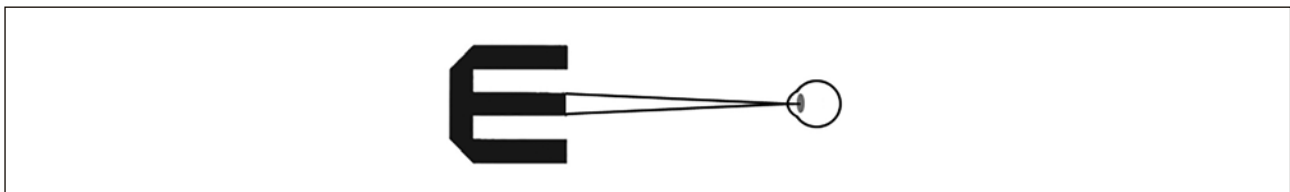
egyes ábrákat jellemezhetjük. Normál látásélességű egyén esetében: $V = 5/5$, azaz 5 méterről azt az ábrát is felismeri, amely 5 méter távolságból látható 5 szögperc alatt. Amennyiben a vízus értéke: $V = 5/10$, akkor a páciens azt az ábrát tudta még 5 méterről felismerni, amely 10 méterről látható 5 szögperc alatt, ez tehát jobb látásélességet jelent, mint az $5/5$ [2].

3. Kontrasztérzékenység

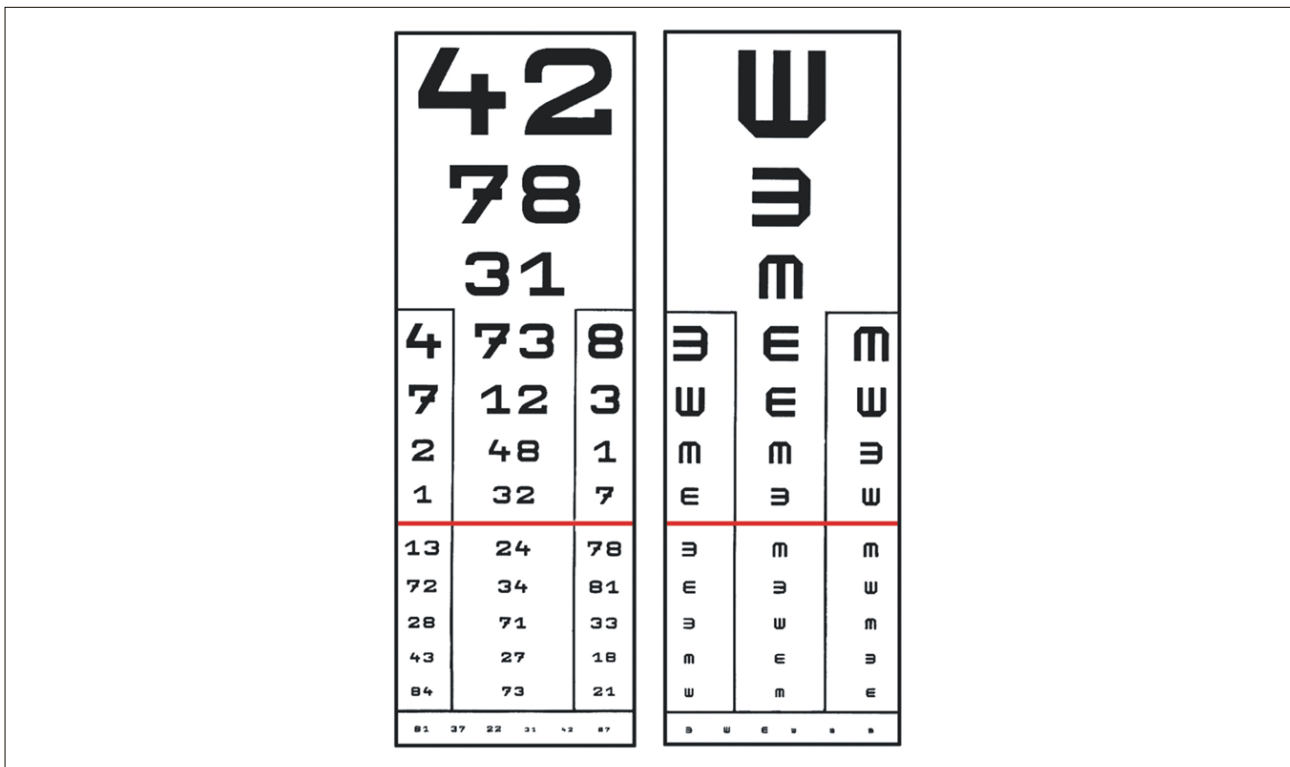
A kontrasztérzékelési teszt egy eszköz annak meghatározására, hogy a vizuális rendszer képes-e a térbeli és időbeli információk továbbítására vagy szűrésére a látott tárgyáról. Azt a legkisebb kontrasztot méri, amely szükséges a vizuális inger detektálásához [3]. A kontraszt érzékenységének vizsgálata szinusz-, vagy négyzethullámú rácsokkal hasznos kiegészítő lehet a látásvesztés értékelésében. Míg a hagyományos látásélesség vizsgálatoknál az ábrákon a felismerendő alakzat változik a kontraszt pedig nagy és változatlan, a kontrasztérzékenység vizsgálata során az alakzat nagyjából állandó, és a kontraszt értékek változnak. A legtöbb tesztben betűket, illetve ábrákat kell felismerni kis kontrasztérték mellett – Sloan-féle teszt vagy Pelli-Robson teszt (3. ábra) –, más teszt-

teknél pedig az a feladat, hogy az alany azonosítsa az egyre kevésbé kontrasztosan megrajzolt rácsokat vagy vonalakat, jellemzően Gábor-mintát (4. ábra). Fontos megjegyezni, hogy a kontrasztérzékenységi teszt soha nem helyettesítheti az látásélességi vizsgálatot, mivel szerepe csak azokra a helyzetekre korlátozódik, ahol az élesség normális vagy a normálérték közelében van [4]. A látóideg károsodása, és a makuladegeneráció csökkentheti a kontrasztérzékenységet. Az alacsony kontrasztú Sloan betűélesség-teszt rögzíti azt a minimális méretet, amelynél az egyének érzékelni tudják egy adott kontrasztszintű betűket (fehér alapon szürke árnyalatúak).

A Pelli-Robson tesztben mindkét szemet külön-külön vizsgálják. Az alany feladata, hogy azonosítsa az egyes sorok betűit, a diagram tetejétől kezdve. A kontrasztérzékenység küszöbértéke – log-értékben megadva – az a pont, ahol az alany elér egy olyan 3-betűből álló csoportot, melyet már nem tud azonosítani. Az alacsony kontrasztú Sloan betűélességi teszt hasonló elvet követ. A klinikai kutatásokban 2,5% ill, 1,25% kontrasztértéknél vizsgálják az alanyokat. A táblázatok bemutathatók kézi kártyákon vagy fényvisszaverő szekrényekben [4].



1. ábra. A látószög bemutatása
Figure 1. Presentation of the visual angle



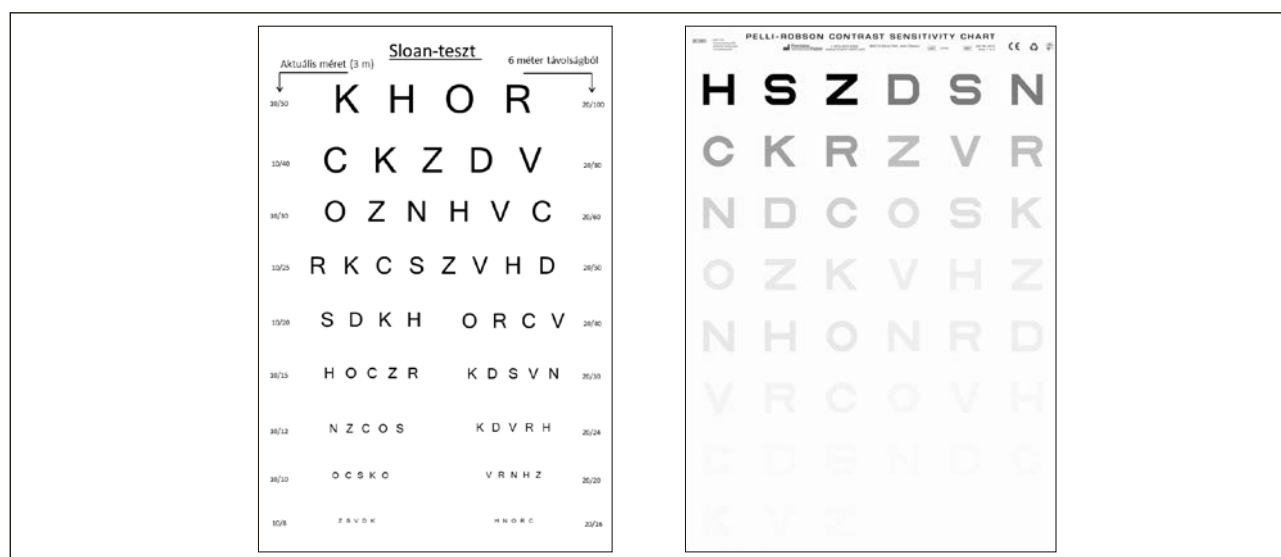
2. ábra. Kettessy-féle tábla
Figure 2. Kettessy chart

4. Színlátás

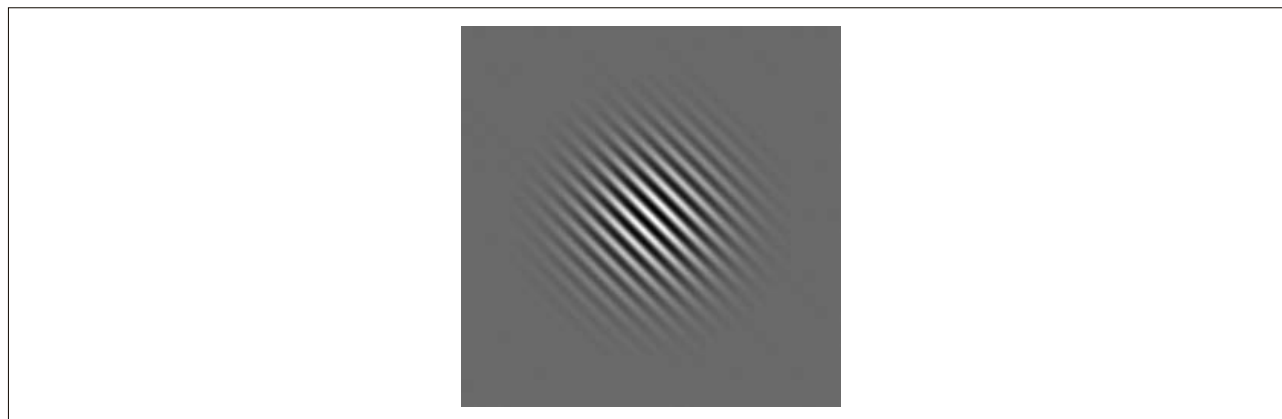
Színlátás vizsgálatának célja lehet egy csoport kiszűrése – erre tipikus példa a színtévesztés detektálására tervezett tesztek – de lehet egyfajta validáció is, az elvégzendő feladathoz – például egy adott termékcsoport vizsgálatához – illesztve. A személyek színlátását célszerű több módszerrel is vizsgálni, mivel az egyes tesztek nem biztosítanak teljes diagnózist. Gyakran előfordul, hogy a módszerek kombinációja adhat megfelelő képet. A színlátás vizsgálatára az alábbi szabványos módszerek terjedtek el az érzékszervi vizsgálatokban:

- színtévesztés azonosítása (pszeudo-izokromatikus teszt-könyvek) [6],
- színtévesztés típusának meghatározása (anomaloszkóp) [6],
- színárnyalat különbségtétel vizsgálata (Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt, színkeveréses módszer) [1],
- szürkeárnyalat különbségtétel vizsgálata (keveréses módszer) [1].

A színtévesztés azonosítására általában a látszólagos színegyenlő (pszeudo-izokromatikus) ábragyűjteményes teszt-könyvek terjedtek el. Ezek működésének alapelve, az hogy a kiszűrendő célcsoport úgynevezett konfúziós tengelyek mentén található színpárok közötti különbségeket nem, vagy nehezebben látják, mint az épszínlátók [7]. A színes, kerek vagy szabálytalan alakú pontokból összeállított pöttyös könyvek ábráinak és háttérének pontjai pszeudo-izokromatikus párok alkotnak, világosságuk és szín telítettségük azonos, viszont a színárnyalatuk különböző: a fent említett konfúziós tengelyek valamelyike mentén helyezkednek el. A pszeudo-izokromatikus tesztek közös vonása, hogy az ábrákon a háttérrel alkotó pontoktól elhatárolódik egy objektum. A különbség a fenti tulajdonságok miatt csak színezet alapján határozható meg. A pszeudo-izokromatikus tesztek alapja tehát a színdiszkriminációs képesség vizsgálata. Ezek az objektumok lehetnek számok, szimbólumok, betűk, és jól nyomkövethető minták. Az egyes vizsgálati lapokon a felismerendő elem változatos méretű, véletlenszerűen elhelyezett pontokba van ágyazva. A normál látók a vizsgálati lapokon betűket/számokat/alakzatokat azonosítanak, míg a színtévesztők nem képesek ezeket felismerni [8].



3. ábra. A Sloan-féle teszt (bal) 25% (felső) és 2,5 % kontrasztértéknél és a Pelli-Robson teszt (jobb) [5]
Figure 3. The Sloan test (left) at 25% (upper) and 2.5 % contrast values and the Pelli-Robson test (right) [5]



4. ábra. 100 % kontrasztértékű Gábor minta.
Figure 4. Gábor pattern with 100% contrast value

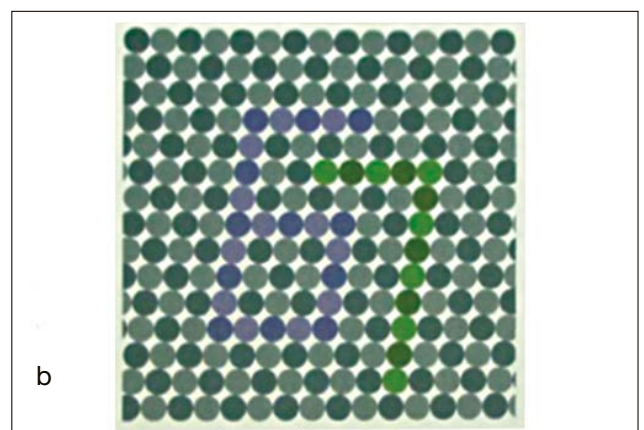
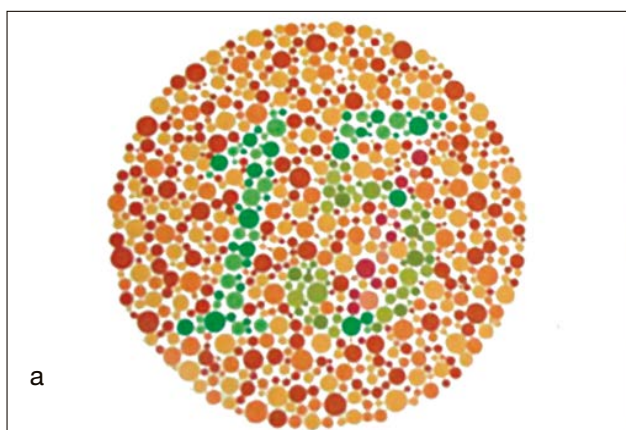
Az érzékszervi vizsgálatokban a bírálati személyek szintévesztésének szabványos szűrésére pszeudo-izokromatikus ábragyűjteményeket javasolnak: Ishihara- (Japán), Velhagen- (Németország), Rjabkin- (Oroszország) és Dvorine- (USA) pszeudo-izokromatikus teszt-könyvek [6].

Úgy a pszeudo-izokromatikus teszt-könyvekkel végzett, mint a további módszereket alkalmazó vizsgálatok során a körültekintően kell kialakítani a tesztelés körülményeit, mert a színárnyalatok megjelenésének megváltozása eltérést eredményezhet az eredményekben. A tesztelés körülményei: vizsgálati geometria (fényforrás, teszt-könyv és a szem relatív helyzete), fényforrás és minták fotometrikus és spektrális jellege, valamint a szem adaptációs állapota. Az ideális szemrevételezési környezet egy megfigyelő doboz, amelyet szín-összehasonlításra terveztek. A tesztelő szeme a mintától az adott tesztre jellemző távolságra kell, hogy legyen, olyan elrendezésben, hogy a minta síkja a látóvonalra merőleges legyen. Ezzel a $45^\circ/0^\circ$ -os vizsgálati geometriával biztosítható, hogy a fény 45° -osan esik a mintára, és a bíráló a mintát merőleges helyzetből nézi. A vizsgálati távolságot az határozza meg, hogy a felismerendő objektumnak mekkora látószög alatt kell látszani. Minden esetben el kell kerülni a minták csillogását, vagy a színes felületekről visszaverődő, kápráztató fényeket, mert zavarja az érzékelést. A vizsgálatához mérsékelt és egyenletes fényssűrűséget kell biztosítani (100 cd/m^2) [6].

A tesztek kiértékelésének helyességéhez fontos figyelembe venni a vizsgált személyek adaptációs állapotát, amit elsősorban a megvilágítás spektrális tartalma határoz meg. A kromatikus adaptáció az a mechanizmus, amely segítségével látórendszerünk folyamatosan alkalmazkodik a környezeti megvilágítás változásaihoz. A színlátást vizsgáló tesztek fejlesztésekor jellemzően D65 megvilágítást megközelítő fényforrások használatát feltételezik, amelyek szórt fényűek, közepes világossági értékűek, széles spektrumú, átlagos nappali fényt adó színhőmérsékletűek. Ha a vizsgálat körülményei ezektől eltérnek, a vizsgált személyeknek minimum 2-3 perc időt kell

biztosítani az adaptációra a teszt elvégzése előtt, valamint az eredmények kiértékelésekor figyelembe kell venni az adaptációs állapotot és annak hatásait. A vizsgálat alatt a teszt paramétereit állandó szinten kell tartani. Szükség esetén a páciens figyelmeztetni kell arra, hogy, hogy mozgásával ne változtassa vizsgálati geometriát, mert módosítja az érzékelését. A vizsgálatokon kívül a pszeudo-izokromatikus ábrák teszt-könyveit zárva kell tartani, és minden külső hatástól védeni szükséges: külső fény, tesztelők érintése, mechanikai hatások (gyűrődés, benyomódás, foltok stb.). A pszeudo-izokromatikus teszt-könyvek gyakorlatban történő alkalmazása egyszerű, diagnosztikában elterjedtek [9,10].

Az Ishihara tesztet Dr. Ishihara Shinobu (1879-1963) japán orvos alkotta meg (1918), aki a japán császári hadsereg sebésze, majd szemésze lett (5. ábra). Később a katonai orvostudományban végzett munkája során kérték fel, hogy dolgozzon ki a katonák szűréséhez egy színlátás tesztet. Az első Ishihara tányérokat kézzel festette meg vízfestékekkel, a japán fonetikus szótagírás (hiragana) szimbólumait felhasználva. Jelen formájában az Ishihara teszt-könyv 38 lapból áll. Az első oldalon egy kontroll lap áll, amelyet minden vizsgálati személy azonosítani tud, függetlenül a személy diszkromatográfiájától. A könyvben levő minden egyes fekete papírlapon ($14,5 \text{ cm} \times 19 \text{ cm}$) középre helyezetten egy fehér papírmégyzet ($12,2 \text{ cm} \times 12,2 \text{ cm}$) található, melynek közepében van a „pötytyös” körtányér ($\varnothing=9 \text{ cm}$). Minden tányér különböző nagyságú és színű pszeudo-izokromatikus pontokból áll, amelyeken a normál színlátók számára egy-, vagy kétjegyű számok rajzolódnak ki. A szintévesztőknek egyes tányérokon levő számok azonosítása nehezen megy, vagy egyáltalán nem sikerül. A tesztel azonosítható, hogy a vizsgált személy vörös-zöld tévesztő, vagy sem, de a tévesztés mértékének megállapításához műszeres anomaloszkópos vizsgálat szükséges. Az Ishihara teszt-könyv más színek, például a kék, vagy a sárga színek szín-tévesztéséről nem ad információt. Összefoglalóan az Ishihara teszt-könyv segítségével egy, könnyen megérthető, egyszerűen és gyorsan elvégezhető vizsgálatot lehet végrehajtani, amellyel kiszűrhetők és azonosíthatók a



5. ábra. Ishihara teszt (a) és Hardy Rand Test (b) egy-egy tesztábrája [13,14]
Figure 5. One test figure each for the Ishihara test (a) and the Hardy Rand Test (b) [13,14]

vörös-zöld színtévesztő egyének. Napjainkban ez a legszélesebb körben alkalmazott színtévesztési teszt a napi klinikai gyakorlatban. Megjelenése óta az eredeti Ishihara teszt számos adaptációját hozták létre írástudatlan gyerekek számára [11], illetve készítek kelet-arab számos változatot is [12].

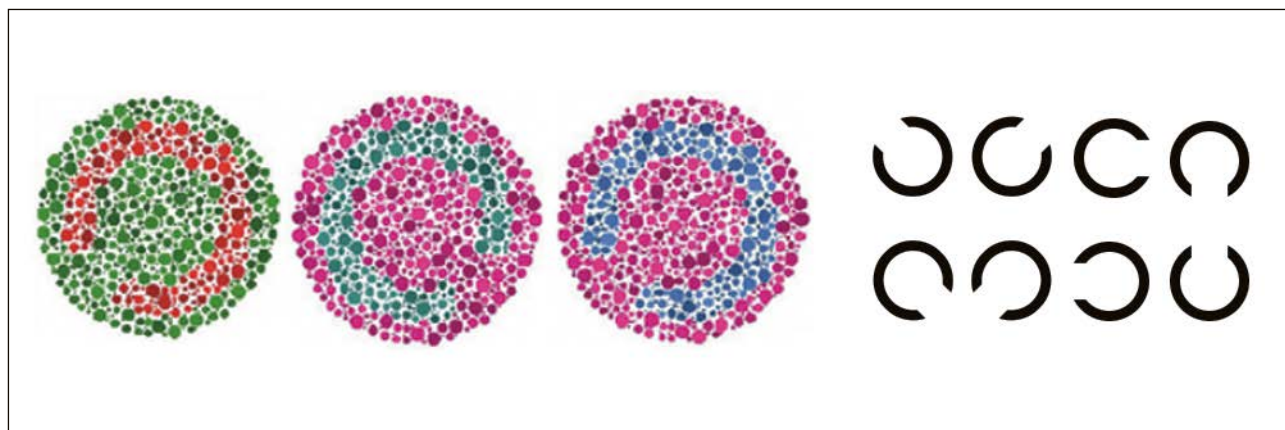
A szabványos módszereken túl is léteznek további pszeudo-izokromatikus tesztek. A pszeudo-izokromatikus ábrák alkalmazásának feltétele, hogy a vizsgálati személy ismeri a felismerendő objektumokat, ezért a gyerekek, vagy analfabéták színlátásának tesztelésére módosított vagy speciális tesztek hoztak létre: geometriai formák (Neitz colour vision worksheet), ismerős tárgyak (Kojima–Matsubara Test), geometriai formák és ismerős tárgyak (Colour Vision Testing Made Easy (CVTME) [15], írástudatlanoknak (Velhagen Pflugert Trident, Ishihara test for Unlettered Persons) [9, 16]. A nemzetközi gyakorlatban elterjedtek még az alábbi pszeudo-izokromatikus tesztek: American Optical Hardy-Rand-Rider plates (AOHRR, Amerikai Egyesült Államok) (5. ábra), ColorLite színlátás vizsgáló teszt (Magyarország), Cambridge Colour Test (Egyesült Királyság), Standard Pseudoisochromatic Plates (SPP) (Amerikai Egyesült Államok).

Az Ishihara teszthez a vizsgálat módszerét tekintve nagyon hasonló a Hardy Rand Ritter Test (HRR). A nyomtatott pszeudo-izokromatikus tesztönyvben, a háttértől egyszerű geometriai alakzatokat: kört, három-szöget vagy X-et kell megkülönböztetni. A teszt a vörös-zöld színtévesztésen (protanomálián – vörösszín-tévesztés – és deutéranomálián – zöldszín-tévesztés) túl a tritanómália (kékszín-tévesztés) meghatározására is alkalmazható, továbbá a színtévesztés mértékéről is információt ad, ezért az Ishihara teszt kiegészítőjeként is ajánlott a használata [17].

A Colorlite színlátás vizsgáló teszt szintén egy nyomtatott, pszeudo-izokromatikus ábragyűjtemény, amelynek segítségével meghatározható, hogy a vizsgált személy ép színlátó, vagy színtévesztő-e. A teszt képes megkülönböztetni deutéranomál és protanomál személyeket, valamint a színtévesztés mértékét 3 kategóriába besorolni. A tesztönyvben

színes sorozatok találhatók: vörös-zöld sorozat (16 db ábra), lila-zöld sorozat (11 db ábra), lila-kék sorozat (11 db ábra). A vizsgálatot mindhárom sorozattal el kell végezni. Minden egyes sorozat a legnagyobb kontrasztú (legkönnyebb) feladattal kezdődik, amely lépésről lépésre nehezedik. A sorozatokon belül az egyes oldalakon egy Landolt-C ábra látható, amely színében különbözik a háttér színétől. A teszt során egy egyszerű feladatot kell elvégezni a páciensnek. A vizsgálati személy feladata, hogy meghatározza, hogy hol szakad meg a gyűrű (C-betű) a tesztábrán. Az ábrák egymást követve nehezednek, így a vizsgálati személy helyes válaszai után egyre nehezebb ábrákat lát, egészen addig, amíg már nem tud helyes választ adni. A teszt gyors, objektív és egyszerű, és a diagnózis mindösszesen 5-10 percet vesz igénybe. A teszt segítségével rendellenesség esetén súlyos, közepes és enyhe deutéranomál vagy protanomál kategóriákba sorolhatóak az alanyok (6. ábra) [18].

Colorlite színlátás vizsgálati rendszer kiegészül egy korrigáló rendszerrel is. A komplett felszerelés 10 pár különböző színezett korrekciós szemüveglencsét tartalmaz. A szembe érkező színinger spektrumát színes lencsékkel meg lehet változtatni, ezért a színes lencse a színtévesztést korrigáló technológia sajátja. A lencsék speciális, thermodiffúziós eljárással készülnek a legmegfelelőbb hatás elérése érdekében. A lencsétet próbakeretbe lehet behelyezni, amellyel a színvizsgálat elvégezhető. A színtévesztést korrigáló mechanizmusnak fontos és szükséges feltétele az, hogy a szem alkalmazkodni, adaptálódni tudjon az adott színes lencséhez és a környezeti fényviszonyokhoz. A lencsék viselésekor a kromatikus adaptáció jól megvilágított környezetben 2-3 perc alatt bekövetkezik, aminek jele, hogy a színes lencsén keresztül egy fehér lap ismét fehérnek látszik. Amennyiben színtévesztés lehetősége áll fenn, a leírás alapján kiválasztott színes lencse segítségével a pszeudo-izokromatikus színtesztet meg kell ismételni. A korrekciós lencsékkel való visszamerés segít a leghatásosabb korrekciós lencse kiválasztásában, és ellenőrizhető a lencsék színlátásjavító hatása. A hatás ellenőrzését a Colorlite teszt mellett célszerű az Ishihara teszttel is elvégezni. A színes korrekciós rétegek felvihetők dioptria nélküli napszemüvegekhez



6. ábra. Colorlite pszeudo-izokromatikus színteszt három teszt sorozatának legkönnyebb ábrái és a 8 megoldási lehetőség [18]
Figure 6. Easiest images of the three test series of the Colorlite pseudo-isochromatic color test and the 8 possible solutions [18]

hasonló úgynevezett "plano" lencsére, valamint dioptriás lencsére egyaránt, azaz a színtévesztő alany a már meglévő szemüvegét is korrigálhatja [18].

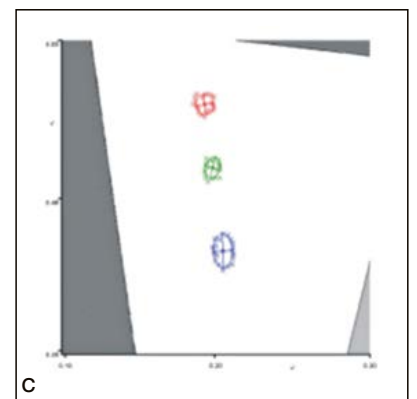
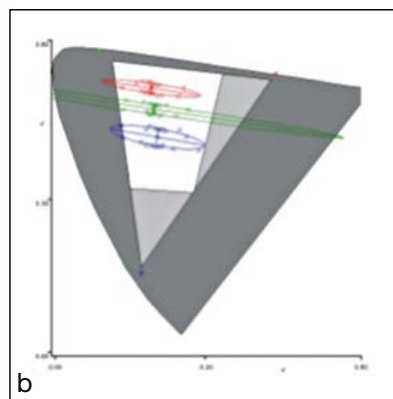
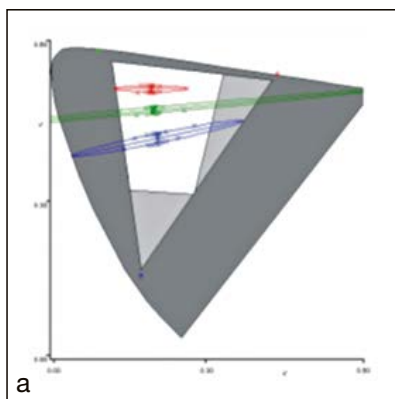
A pseudo-izokromatikus tesztek elterjedt, számítógépes adaptációja a Cambridge Colour Test (CCT), melynek az eddig bemutatott tesztekhez képest egyik legnagyobb előnye az, hogy nem előre festett ábrákkal dolgozik, hanem a monitoron megjeleníthető, lényegesen több színkombinációval. A vizsgálati körülmények emiatt bővülnek: rendkívül fontos, hogy minden esetben kalibrált monitoron kell elvégezni a méréseket, továbbá a tesztnek speciális hardver igénye van, ami a színmegjelenítésben általános 8 bites színmélységnél jobb felbontásra képes, ezzel mérhetővé téve akár épszínlátó személyek eredményei között különbségeket is. A vizsgálat során a Colorlite teszthez hasonlóan Landolt-C ábrák orientációját kell felismerni, annyi különbséggel, hogy itt csak 4 opció van: fent, lent, jobbra, illetve balra (7. ábra) [19].

A tesztet sötét szobában kell elvégezni olyan módon, hogy vizsgált személy 1° látószög alatt lássa a Landolt-C ábrán megjelenő szakadást. A teszt eredményként a vizsgált személy által észlelhető legkisebb

színkülönbség egy referencia színhez képest a CIE 1976 egyenletes színdiagrammban meghatározott irányok mentén. A referencia szín a pseudo-izokromatikus ábrák háttérének színe. A teszt adaptív: a vizsgált személy válaszai alapján folyamatosan csökken vagy nő a különbség a háttér és a minta színe között, így meghatározva végül a legkisebb észlelhető küszöbértéket. A tesztnek két modulja van: a Tritan teszt elvégzésével a három irány mentén végezhetünk gyors (2-3 perces) vizsgálatot, míg az Ellipszis teszt hosszabb (20-30 perc), 3 db referenciaponthoz képest több irányban végzett mérések alapján a küszöbértékekre illesztett ellipszissel jellemezhetőek azok a területek a referencia színpontok körül, amelyekben belül a vizsgált személy nem tud színárnyalatokat megkülönböztetni. A Tritan teszt 3 vizsgálati irányának alapbeállítása a 3 konfúziós irány, amelyek mentén a deutéranomál, protanomál vagy tritanomál színtévesztők színdiszkriminációs képessége lényegesen rosszabb az épszínlátókénál. A teszt készítői semleges referencia pontban (0,1977; 0,4689) a protán illetve deután irányban 100×10^{-4} , míg a tritán irányban 150×10^{-4} u'v' értékben határozták meg a színtévesztés határát [19], de a szakirodalomban fellelhető ennél szigorúbb ajánlás is [20].



7. ábra. A Cambridge Colour Test kettő tesztábrája [19]
Figure 7. Two test images of the Cambridge Color Test [19]



8. ábra. Cambridge Colour Test Ellipszis teszteredmények egy protanomál (a), deutéranomál (b) és egy ép színlátó (c) személy esetében. Az ép színlátó személy eredményein a tengelyeken más a lépték, összehasonlításként: az ellipszisek középpontjai a három ábrán megegyeznek [20]
Figure 8. Cambridge Color Test Ellipse test results for a protanomalous (a) and a deuteranomalous (b) individual and a person with normal color vision (c). In the case of the results of the person with normal color vision, the scales of the axes are different, and for comparison, the centers of the ellipses are the same in the three figures [20]

A CCT eredményeinek értékelésekor figyelembe kell venni, hogy a színdiszkriminációs képesség életkorfüggő [21], illetve azt, hogy a CCT natív színrendszere, a CIE 1976 színdiagram színérzékelés szempontjából nem tökéletesen egyenletes, ezért a referencia szín változtatása az eredmények várható értékének változását eredményezik. Az ellipszis teszt eredményeire illesztett ellipszisek a szintévesztés típusára jellemző konfúziós irány mentén jelentősen megnyúlnak (8. ábra).

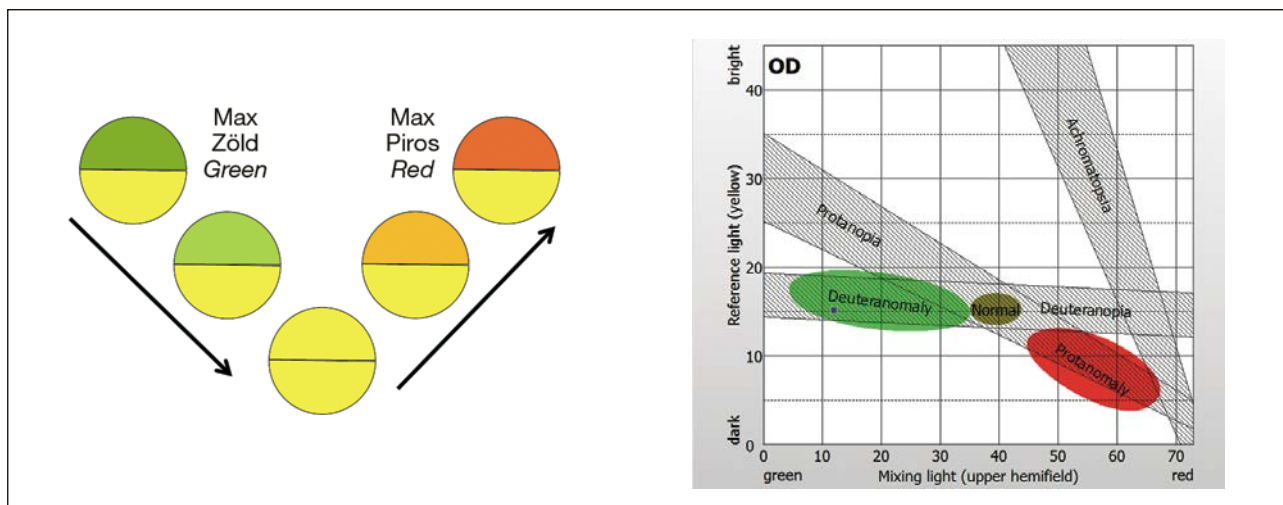
A CCT referencia pontjainak, a pszeudo-izokromatikus ábrákra jellemző fénysűrűség szinteknek és a mérési irányoknak változtathatóságával, valamint a 8 bitet meghaladó színmélységgel a szintévesztés szűrésén és kategorizálásán kívül lehetőséget biztosít arra is, hogy feladat-specifikus, például a vizsgálandó termékek színeihez és a vizsgálati körülmények adaptációs állapotához igazított kísérleti tervhez illesztve, akár épszínlátó megfigyelők eredményeit is összehasonlítsuk.

A szintévesztés típusa meghatározásának legpontosabb módszere a műszeres, anomaloszkópos vizsgálat. A Nagel-féle anomaloszkóp a színegyeztetés módszerét alkalmazza. A 2°-os látótérben egy kör van ketté osztva egy felső és egy alsó kör részre. A feladat mindig ugyanaz, a felső félkörre vetített vörös (R) és zöld (G) monokromatikus fényt kell összekeverni úgy, hogy az alsó félkörre vetített cél színnel (sárga monokromatikus fénnel (Y) azonosnak tűnjön. A felső félkör színkeverésével valójában additív színkeverés valósul meg, az alsó félkör fényereje változtatható mindaddig, amíg a vizsgálati személy mindkét félmezőt egyformának (egyezőnek) nem látja színében és fényerejében is (9. ábra). A vizsgálati eredmények alapján a vizsgálati személyek a különböző területekre (színlátó típusokba és altípusokba) sorolhatók: normál színlátás, protanomália, protanópia (vöröszsín-vakság), deuteranomália (zöldszín-vakság), deuteranópia, akromatopszia (csak szürkeárnyalatos)

látás. Az anomaloszkópos vizsgálat ismétlésével, az eredmények bizonytalanságából meghatározható a szintévesztők úgynevezett színstabilitása is, ami a szintévesztés típusa mellett egy fontos jellemző és bizonyos munkakörökben ez alapján határoznak meg kritériumokat [10].

A színárnyalat különbségtétel vizsgálatára egyik legáltalánosabban alkalmazott szabványos módszer a Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt (Farnsworth-Munsell colour hue test, FM-100 HUE). A tesztet Dean Farnsworth fejlesztette ki az 1940-es évek elején, más osztályozó tesztekkel együtt – D-15 panel, B-20 és H-16 –, amelyek azonban nem terjedtek el széles körben. A Farnsworth-Munsell-100 teszt a Munsell-színárnyalat, színintenzitás és Munsell értékek állandóságán alapul. Az eljárást az teszi különlegessé, hogy az alkalmazott színek Munsell-értéke, valamint azok intenzitása megegyező, mindössze a színárnyalatban térnek el egymástól [8, 23]. Kezdetben 100 korongból álló tesztek készültek, a kutatások során azonban bebizonyosodott, hogy a 100 korong sorbarakása túlzottan nehéz feladat a bírálók számára, ezért 85-re csökkentették a teszt korongjainak számát. A Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt így a mai formájában csak 85 színárnyalatból áll, amely négy különböző, de hasonló árnyalatú szín-sort tartalmaz. A színes tesztkorongok (Ø=2,54 cm) kívül fekete szegélyűek, belül színesek. A színsorok vége le van rögzítve, a feladat a közöttük lévő színárnyalatok sorba rendezése úgy, hogy minden korong a két, hozzá leghasonlóbb korong közé kerüljön. A keretben levő számok a rögzített korongokat jelölik, amelyek a skála végpontjai (10. ábra) [24].

A színlátás zavarait egyszerűen a hibák összegzésével lehet értékelni, valamint a színárnyalat választott és tényleges helyének különbségeivel is. A rendszer több változata interneten is elérhető, jellemzően a korongok helyett kis négyzeteket kell sorba rendezni, de a monitoros vizsgálatoknál fontos megjegyezni,



9. ábra. Az anomaloszkóp látómezejének különböző beállításai és a Heidelberg-féle anomaloszkóp kiértékelő felülete [22]
 Figure 9. Different setting of the field of view of the anomaloscope and the evaluation surface of the Heidelberg anomaloscope [22]

hogy kalibráció nélkül az eredmény helyessége nem garantálható. A teszt nagy előnye, hogy az értékelés kifejezetten egyszerű: a hibákat értékelni lehet egyszerűen a tévesztések összegzésével, vagy akár a színárnyalat választott és tényleges helyének különbségeivel is. A bírálati eredmények alapján három kategóriába sorolhatók a tesztelők [25]:

- Kiváló (jó) eredmény: Ehhez az szükséges, hogy színsorozatonként legfeljebb 4 felcserélés típusú tévesztés történhet, azaz összesen 0-16 hibapont közötti eredmény esetén. A népesség ~16 %-a tartozik ebbe a kategóriába;
- Átlagos (normál) eredmény: 16-100 hibapont közötti eredmény esetén. Az emberek ~66 %-a tartozik ebbe a kategóriába;
- Gyenge (csökkent) eredmény: 100 hibapont feletti eredménynél. Ezeknél az eredményeknél érdemes további látási, illetve szintévesztési vizsgálatokat folytatni. A népesség ~16 %-a tartozik ebbe a kategóriába;.

A számítógéppel végzett tesztek kiértékelése egy látványos kördiagram formájában hívható le. Az ábra két koncentrikus körből áll. A nagyobb körvonal mentén az egyes színek nevei és számai láthatók (1-85). A kisebb körben a színek nevének kezdőbetűi olvashatók, a külső körvonalnak megfelelően. A tévesztés mértékét egy önmagába visszatérő fekete görbe jelzi. Ahol a fekete görbe a belső, kisebb kör

körvonalára illeszkedik, ott a bíráló helyes választ adott, azaz jó helyre tette a színekorongot. Ahol viszont a fekete görbe a külső kör irányába mutat, ott tévesztés történt. A tévesztés mértéke abból látható, hogy milyen mértékben közelíti meg a külső kör körívét a fekete vonal. Minél nagyobb mértékű tévesztésről van szó, a fekete jelölő annál jobban eltávolodik a belső körvonalától (11. ábra) [24].

A színárnyalat-különbségtétel vizsgálatára elsősorban a színkeveréses módszert alkalmazzák. A tesztekhez első lépésben törzsoldatokat készítenek, amelyekhez analitikai minőségű vegyszereket kell felhasználni: víz (ioncserélt vagy desztillált), sárga (kinolinsárga) színanyag, kék (patentkék V) színanyag, piros (karmazsinpiros) színanyag, grafit és kukoricakeményítő. A kész színskála így kémcsövekben bemutatott két 11 tagú színes sorozat. Az egyik sorozat a sárgától zöldön át a kékig tart, a másik pedig a vöröstől a lilán keresztül a kékig terjed. A feladat az egyes színek kiválogatása és sorba rendezése. A sorozatokban 2 hiba megengedett. A szürkeárnyalat különbségtétel vizsgálatára a keveréses módszert alkalmazzák. A kémcsövekben bemutatott 10 tagú szürkeárnyalatos teszt során a folyamatosan csökkenő mennyiségű kukoricakeményítőhöz folyamatosan növekvő mennyiségű grafitport adunk. A kémcsöveket véletlen sorrendben kell bemutatni. A feladat a szürkeárnyalatok sorbarendezése [1].



Piros Red	Sárga Yellow			Zöld Green					
84	1	2	3	....	18	19	20	21	22
Zöld Green	Kék Blue			Lila Purple					
21	22	23	24	....	39	40	41	42	43
Zöld Green	Zöld Green			Zöld Green					
42	43	44	45	....	60	61	62	63	64
Lila Purple	Rózsaszín Pink			Piros Red					
63	64	65	66	....	81	82	83	84	85

10. ábra. A Farnsworth-Munsell-100 teszt és színsorozatai [24]
Figure 10. The Farnsworth-Munsell 100 hue test and its color series [24]

A leíró érzékszervi módszerek segítségével elvégzett termékprofilozások minősége elsősorban a bírálók érzékelésétől és leíró képességétől függ. A termékek színének leírásával kapcsolatban szükséges a színidentifikáció, azaz a termék színmegnevezéseinek meghatározása. Attól függetlenül, hogy a leíróképesség az objektív színmegnevezéshez nélkülözhetetlen, a nemzetközi előírások ezzel kapcsolatban nem tartalmaznak semmiféle követelményt sem tesztelés, sem módszertan tekintetében. A különböző nyelvekben szereplő megnevezések közül 11 nevezhető általánosan alkalmazottnak az angol elnevezéseket véve alapul (Red – piros, Yellow – sárga, Green – zöld, Blue – kék, Purple – ibolya, Brown – barna, Orange – narancs, Pink – rózsaszín, Black – fekete, White – fehér, Gray – szürke). A színidentifikációval foglalkozó legtöbb kutatás is a fenti megnevezéseket veszi alapul [26]. A legtöbb kutatás a színíngereket a különböző színábrázolási rendszerekben vett színkoordinátáik alapján azonosítja (Munsell (World Color Survey), Natural Colour System, DIN-system, NF-AFNOR-system) [27]. A színidentifikációs tesztet lényegében ma már kalibrált digitális kijelzőkön keresztül alkalmazzák. Az emberi színidentifikáció egyik lehetséges megközelítése az ingerek spektrális megkülönböztetése és színfogalmi kategóriákba sorolása, melynek segítségével megadhatók a színekhez tartozó színészlelet hullámhossz-tartományok, amelyek színenként eltérő bizonytalansági sávokkal jellemezhetők [28].

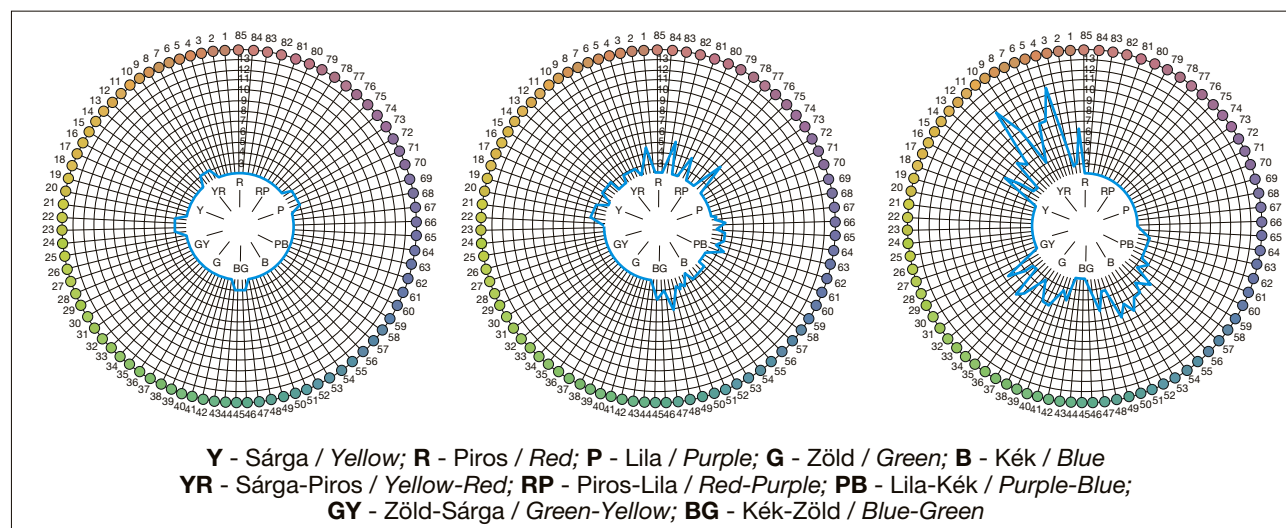
A normál színes látás tesztelésére számos on-line teszt és applikáció készült, sokszor az eredeti tesztek adaptálásával. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy a számítógépes színlátással kapcsolatos online tesztek nem alkalmasak klinikai diagnózisra. Az eredeti ábragyűjtemények, korongok, nyomtatott tesztek gyakran nem ugyanazt az eredményt adják, mivel a tesztek eredményét számottevően befolyásolja a megjelenítő eszköz és beállításai (monitor felbontása, színhelyes kalibráció), valamint a tesztelés körülményei: vizsgálati geometria (fényforrás, tesztkönyv és a szem relatív helyzete), fényforrás és monitor fotometrikus és spektrális jellege, valamint a szem adaptációs állapota [6].

5. Összefoglalás

Az érzékszervi vizsgálatokon a bírálóknak jó általános egészségi állapottal kell rendelkezniük. Nem lehet olyan hiányosságuk, amely hatással lehet érzékelésükre, vagy károsan befolyásolhatja érzékszervi teljesítőkéességüket, és így hatással lehet bírálataik megbízhatóságára. A bíráló látását alapvetően három tényező határozza meg: látásélesség, kontrasztérzékenység és színlátás. Az érzékszervi vizsgálatok nemzetközi gyakorlatában általánosan a színlátást vizsgálják. A szintévesztés vizsgálatát jellemzően az Ishihara pszeudo-izokromatikus színteszttel, míg a színdiszkriminációs képességet pedig a Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt segítségével végzik [1]. A szintévesztők kiszűrésére legpontosabb eszköz az anomaloszkóp. A szintévesztők szűrése azért is fontos, mivel a szintévesztők egyben gyengébb szín-megkülönböztető képességgel és gyengébb szín-identifikációs képességgel rendelkeznek. A színlátással kapcsolatos on-line tesztek eredményeit jelentősen befolyásolja a megjelenítő eszköz és beállításai (monitor felbontása, színhelyes kalibráció), valamint a tesztelés körülményei: vizsgálati geometria (fényforrás, tesztkönyv és a szem relatív helyzete), fényforrás és monitor fotometrikus és spektrális jellege, valamint a szem adaptációs állapota. Sajnos, a szabványos érzékszervi vizsgálatok nem említik külön az érzékszervi bírálók látásélesség és kontrasztérzékenység vizsgálatát, ugyanakkor ezen tulajdonságok nyilvánvalóan befolyásolják a vizuális érzékelést, ezért ezek tesztelése szükséges.

6. Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Bolyai János kutatási ösztöndíj támogatásával készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005). Nyitrai Ákos és Szabó Dániel köszönetét fejezi ki az Élelmiszertudományi Doktori Iskola részére.



11. ábra. A Farnsworth-Munsell-100 teszt kiváló, átlagos és gyenge eredménye [24]
 Figure 11. Excellent, average and poor results of the Farnsworth-Munsell 100 hue test [24]

Vision tests of sensory judges - review

Keywords: visual acuity, contrast sensitivity, color vision, color blindness, pseudo-isochromatic color tests, anomaloscope, color discrimination, color identification

1. SUMMARY

In sensory examinations, judges must be in good general health. They should not have any deficiencies that could affect their perception or adversely affect their sensory performance, and thus can affect the reliability of their judgments. The vision of a judge is basically determined by three factors: visual acuity, contrast sensitivity and color vision. In the international practice of sensory analyses, color vision is generally examined. Color blindness is typically tested using the Ishihara pseudo-isochromatic color test, while color discrimination ability is examined using the Farnsworth-Munsell 100 hue test [1]. The most accurate tool to detect color blind people is the anomaloscope. Screening for color blind people is important because they have both poorer color discrimination abilities and poorer color identification abilities. The results of online color vision tests are significantly affected by the display device and its settings (monitor resolution, color-correct calibration), as well as test conditions: test geometry (relative position of the light source, the test book and the eye), photometric and spectral nature of the light source and the monitor, and the adaptation state of the eye. Unfortunately, the specifications for standard sensory tests do not require the visual acuity and contrast sensitivity testing of sensory judges, however, these properties obviously affect visual perception, so testing them is necessary.

2. Visual acuity (visus)

Visual acuity is a quantified expression of vision sharpness. The unit of measurement for visual acuity is the visual angle, which is the angle between the rays coming from the object and passing through the optical center of the eye. The resolution of a healthy eye, i.e., the angle at which the rays from the object fall on two adjacent rods and cones, is normally 1' (arc minute), but with adequate lighting it can even be 50" (arc seconds). In everyday practice, boards containing so called optotypes, letters, numbers or rings (Landolt rings) of different sizes are used to determine visual acuity: Snellen chart, Csapody chart, Kettesy chart (**Figures 1. and 2.**). During the test, certain signs, letters or numbers have to be read from a board, depending on which visual acuity test is performed.

The size of the signs or numbers on the board always decreases from top to bottom. Each figure is designed so that when viewed from a certain distance, the entire figure is seen at an angle of 5', its elemental details at an angle of 1'. The person to be tested is placed at the distance specified above from the well-lit wall-mounted board, which will be 5 m in the following example. Letters and other figures are read from top to bottom. To characterize visual acuity, the formula for visus is used: $V = d/D$, where d is the distance of the patient from the reading board and D is the distance from which the smallest figure still recognizable is seen at an angle of 5'. Thus, the test arrangement is characterized by the value of d , while the value of D can be used to characterize the individual figures. For an individual with normal visual acuity, $V = 5/5$, i.e., he or she recognizes the figure from 5 meters that can be seen at an angle

¹ Szent István University, Faculty of Food Science, Department of Postharvest Science and Sensory Evaluation

² Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics, Optics and Mechanical Engineering Informatics

of 5 arc minutes from a distance of 5 meters. If the value of visus is $V = 5/10$, then the patient was able to recognize the figure from 5 meters, which can be seen at an angle of 5 arc minutes from 10 meters, so this means a better visual acuity than 5/5 [2].

3. Contrast sensitivity

The contrast sensitivity test is a tool for determining whether the visual system is capable of transmitting or filtering spatial and temporal information about the objects seen. It measures the minimum contrast required to detect a visual stimulus [3]. Examination of contrast sensitivity with sine or square wave grids can be a useful auxiliary tool in the assessment of vision loss. While in conventional visual acuity tests the shape to be recognized on the figures changes and the contrast is large and unchanged, in the contrast sensitivity test the shape roughly remains the same and the contrast values change. In most tests, letters or figures must be recognized at low contrast values (Sloan test or Pelli-Robson test (Figure 3), and in other tests, the task is for the subject to identify grids or lines drawn with increasingly less contrast, typically the Gábor pattern (Figure 4). It is important to note that the contrast sensitivity test can never replace the visual acuity test, as its role is limited to situations where sharpness is normal or close to normal [4]. Damage to the optic nerve and macular degeneration can reduce contrast sensitivity. The low-contrast Sloan letter sharpness test records the minimum size at which individuals can perceive letters with a given contrast level (shades of gray on a white background).

In the Pelli-Robson test, the two eyes are examined separately. The task of the subject is to identify the letters in each row, starting at the top of the chart. The threshold value of contrast sensitivity as a log value is the point at which the subject reaches a group of three letters that he or she can no longer identify. The low-contrast Sloan letter sharpness test follows a similar principle. In clinical studies, subjects are examined at 2.5% and 1.25% contrast values, respectively. The tables can be presented on hand cards or in reflective cabinets [4].

4. Color vision

The purpose of a color vision test can be to screen a group (a typical example of this are tests design to detect color blindness), but it can also be a form of validation, tailored to the task to be performed, such as testing a particular product group. It is advisable to test the color vision of individuals in several ways, as a single test does not ensure a complete diagnosis. It is often the case that a combination of methods provides an adequate picture. The following standard methods for examining color vision have been used widely in sensory examinations:

- identification of color blindness (pseudo-isochromatic test books) [6],
- determination of the type of color blindness (anomaloscope) [6],
- hue discrimination test (Farnsworth-Munsell 100 hue test, color mixing method) [1],
- grayscale discrimination test (mixing method) [1].

Apparent color-equal (pseudo-isochromatic) image collection test books have generally been used to identify color blindness. The basic principle for their operation is that for the target group to be screened it is impossible, or at least more difficult, to see the differences between color pairs along so-called confusion axes, than it is for people with normal vision [7]. The dots in the figures and background of polka dot books composed of colored, round or irregularly shaped dots form pseudo-isochromatic pairs, with the same brightness and color saturation, but with different hues: they are located along one of the above-mentioned confusion axes. A common feature of pseudo-isochromatic tests is that an object is separated from the background points in the figures. Due to the above properties, the difference can only be determined on the basis of hue. Thus, pseudo-isochromatic tests are based on the examination of color discrimination ability. These objects can be numbers, symbols, letters or easily traceable patterns. On each test sheet, the element to be recognized is embedded in randomly placed dots of various sizes. People with normal vision identify letters/numbers/shapes on the test sheets, while color blind people are able to recognize them [8]. For the standard screening of judges participating in sensory examinations, pseudo-isochromatic image collections are recommended: Ishihara- (Japan), Velhagen- (Germany), Rjabkin- (Russia) and Dvorine- (USA) pseudo-isochromatic test books [6].

In both examinations using pseudo-isochromatic test books and those using other methods, test conditions should be designed carefully because changes in the appearance of hues may result in discrepancies in the results. Test conditions include the test geometry (relative position of the light source, the test book and the eye), the photometric and spectral characteristics of the light source and the samples, as well as the adaptation state of the eye. The ideal visual environment is an observation box designed for color comparison. The eye of the person tested must be at a distance from the sample characteristic of the given test, in an arrangement so that the plane of the sample is perpendicular to the line of sight. This $45^\circ/0^\circ$ geometry ensures that light falls on the sample at an angle of 45° and the sample is viewed by the judge from a perpendicular position. The test distance is determined by the visual angle at which the object to be recognized should be viewed. In all cases, glistening of the samples or dazzling light

reflected from colored surfaces should be avoided, as these interfere with perception. A moderate and uniform luminance (100 cd/m²) must be ensured for the test [6].

For the evaluation of the tests to be correct, it is important to take into account the adaptation state of the persons examined, which is primarily determined by the spectral content of the illumination. Chromatic adaptation is the mechanism by which our visual system is constantly adapting to changes in ambient lighting. When developing color vision tests, the use of light sources approaching D65 illumination is assumed, which are diffuse with medium brightness and their color temperature corresponds to average daytime light. If the study conditions differ from these, the person examined should be allowed a minimum of 2 to 3 minutes to adapt before performing the test, and the adaptation state and its effects should be taken into account when evaluating the results. During the test, the test parameters must be kept constant. If necessary, subjects should be warned not to change the test geometry with their movement, because it modifies their perception. When not performing tests, the test books of the pseudo-isochromatic diagrams must be kept closed and protected from all external influences: external light, touches by the testers, mechanical effects (creasing, indentations, stains, etc.). The application of pseudo-isochromatic test books in practice is simple, they are widespread in diagnostics [9,10].

The Ishihara test was developed (1918) by Dr. Ishihara Shinobu (1879-1963), a Japanese physician, who was a surgeon and then an ophthalmologist in the Japanese Imperial Army. Later, during his work in military medicine, he was asked to develop a color vision test to screen soldiers. The first Ishihara plates were painted by hand in watercolor, using the symbols of Japanese phonetic syllable writing (hiragana). In its present form, the Ishihara test book consists of 38 pages. On the first page, there is a control sheet that can be identified by all subjects, regardless of that person's dichromatography. Each black sheet of paper in the book (14.5 cm x 19 cm) has a white paper square (12.2 cm x 12.2 cm) in its center, in the middle of which there is a „polka dot” round plate (Ø=9 cm). Each plate consists of pseudo-isochromatic dots of different sizes and colors, which present single or double-digit numbers to people with normal color vision. Color blind people find it difficult or impossible to identify the numbers on certain plates. The test can be used to identify whether or not the subject is red-green color blind, but an instrumental anomaloscopic examination is required to determine the extent of the color blindness. The Ishihara test book does not provide information on color blindness involving other colors, such as blue or yellow. In summary, the Ishihara test book can be used to perform an easy-to-understand, simple and quick test to screen for and identify red-green color blind individuals. Today, this is the most widely used

color blindness test in daily clinical practice. Since its publication, many adaptations of the original Ishihara test have been developed for illiterate children [11], as well as several versions in Eastern Arabic [12].

In addition to standard methods, there are other pseudo-isochromatic tests. The condition for using pseudo-isochromatic diagrams is that the subject knows the objects to be recognized, therefore, modified or special tests have been developed to test the color vision of children or illiterate people: geometric shapes (Neitz color vision worksheet), familiar objects (Kojima-Matsubara Test), geometric shapes and familiar objects (Color Vision Testing Made Easy (CVTME) [15], for the illiterate (Velhagen Pflugertrident, Ishihara test for Unlettered Persons) [9, 16]. The following pseudo-isochromatic tests are also widely used in international practice: American Optical Hardy-Rand-Rider plates (AOHRR) (USA), ColorLite color vision test (Hungary), Cambridge Color Test (UK), Standard Pseudoisochromatic Plates (SPP) (USA).

The Hardy Rand Ritter Test (HRR) is very similar to the Ishihara test in terms of the test method. In the printed pseudo-isochromatic test book, simple geometric shapes must be distinguished from the background: circles, triangles or Xs. In addition to red-green color blindness (protanomaly – red color blindness – and deuteranomaly – green color blindness), the test can also be used to determine tritanomaly (blue color blindness), and it also provides information on the extent of color blindness, so it is recommended as a supplement to the Ishihara test [17].

The Colorlite color vision test is also a printed collection of pseudo-isochromatic images that can be used to determine whether a subject has normal color vision or is color blind. The test is able to distinguish between people with deuteranomaly and protanomaly, and to classify the extent of color blindness into 3 categories. In the test book, there are color series: a red-green series (16 images), a purple-green series (11 images) and a purple-blue series (11 images). The test must be performed with all three series. Each series begins with the highest contrast (easiest) task and becomes harder with each step. Within the series, each page shows a Landolt C image that is different in color from the background. During the test, the subject has to perform a simple task. The task of the subject is to determine where the break is in the ring (letter C) in the test image. The images become progressively harder, so after the test subject's correct answer, they see increasingly difficult images, until they can no longer give a correct answer. The test is quick, objective and simple, and the diagnosis takes only 5 to 10 minutes to establish. In case of a disorder, the test can be used to classify subjects into categories with severe, moderate or mild deuteranomaly or protanomaly (**Figure 6**) [18].

The Colorlite color vision test system is complemented by a correction system. The complete set includes 10 pairs of differently tinted corrective eyeglass lenses. The spectrum of the color stimulus that reaches the eye can be altered with colored lenses, so colored lenses are a feature of color loss correction technology. The lenses are made by a special thermodiffusion process to achieve the most appropriate effect. The lenses can be placed in a test frame to perform the color test. An important and necessary condition of the color blindness correction mechanism is that the eye can adapt to the given color lens and ambient light conditions. When wearing the lenses, chromatic adaptation occurs within 2 to 3 minutes in a well-lit environment, a sign of which is that a white sheet appears again white when viewed through the colored lens. If there is a possibility of color blindness, the pseudo-isochromatic color test must be repeated using the colored lens selected on the basis of the description. Reassessment with corrective lenses helps to select the most effective corrective lenses and the color vision enhancing effect of the lenses can be checked. In addition to the Colorlite test, it is advisable to check the effect with the Ishihara test as well. The colored correction layers can be applied to so-called "plano" lenses similar to no diopter sunglasses, as well as to lenses diopter lenses, i.e., the existing glasses of a color blind subject can also be corrected [18].

A common computer adaptation of pseudo-isochromatic tests is the Cambridge Color Test (CCT), one of the biggest advantages of, compared to the tests presented so far, is that it does not work with pre-painted images, but with images that can be displayed on the monitor, with significantly more color combinations. For this reason, the list of test conditions is longer: it is extremely important that the measurements be performed using a calibrated monitor, and the test has special hardware requirements, meaning a resolution that is better than the standard 8-bit color depth, making it possible to measure even differences between people with normal color vision. Similar to the Colorlite test, the orientations of Landolt C images have to be recognized during the examination, with the difference that there are only 4 options here: top, bottom, right and left (**Figure 7.**) [19].

The test should be performed in a dark room in such a way that the person performing the measurement sees the break in the Landolt C image at a visual angle of 1°. The result of the test is the smallest color difference observed by the subject compared to a reference color along the directions defined in the CIE 1976 uniform color chart. The reference color is the background color of the pseudo-isochromatic images. The test is adaptive: based on the subject's responses, the difference between the color of the background and the sample is continuously decreasing or increasing, thus ultimately determining the lowest detectable threshold. The test has two

modules: by performing the Tritan test, we can carry out a fast (2 to 3 minutes) examination along the three directions, while the Ellipse test is longer (20 to 30 minutes), the areas around the reference color points within which the subject cannot distinguish between color shades can be characterized by an ellipse fitted to the threshold values, based on measurements in several directions compared to the 3 reference points. The default setting for the 3 test directions of the Tritan test are the 3 confusion directions, along which the color discrimination abilities of deuteranomalous, protanomalous and tritanomalous color blind people are significantly worse than that of people with normal vision. The limit of color blindness was determined by the preparers of the test at the neutral reference point (0.1977; 0.4689) in the protan and deutan directions at 100×10^{-4} , while in the tritan direction at 150×10^{-4} u'v' value [19], but more stringent recommendations can also be found in the literature [20]. When evaluating CCT results, it should be taken into account that the color discrimination ability is age-dependent [21], and also that the native color system of CCT, the CIE 1976 color chart is not uniform in terms of color perception, therefore, a change in the reference color leads to a change in the expected value of the results. The ellipses fitted to the results of the ellipse test elongate significantly along the confusion direction characteristic of the type of color blindness (**Figure 8.**).

With the variability of its reference points and the luminance levels and measurement directions characteristic of the pseudo-isochromatic images, as well as its color depth exceeding 8 bits, in addition to screening for and categorizing color blindness, CCT also provides an opportunity to compare the results of people with normal color vision, with a task-specific experimental design, such as one fitted to the colors of the products to be tested and the adaptation state of the test conditions.

The most accurate method for determining the type of color blindness is the instrumental examination with an anomaloscope. Nagel's anomaloscope uses the color matching method. In the field of view of 2°, a circle is divided into an upper and a lower part. The task is always the same, the red (R) and green (G) monochromatic light projected on the upper semicircle must be mixed so that it appears to be the same as the target color projected on the lower semicircle (yellow monochromatic light, Y). Color mixing in the upper semicircle actually results in additive color mixing, and the brightness of the lower semicircle can be adjusted until the subject sees both semicircles as the same (identical) both in terms of color and brightness. Based on the test results, subjects can be classified into different areas (color vision types and subtypes): normal color vision, protanomaly, protanopia (red color blindness), deuteranomaly (green color blindness), deuteranopia, achromatopsia (grayscale only) vision. By repeating the anomaloscope examination, the so-

called color stability of color blind people can also be determined from the uncertainty of the results, which is an important characteristic in addition to the type of color blindness and in some jobs criteria are defined on the basis of this [10].

One of the most commonly used standard methods for testing color hue discrimination is the Farnsworth-Munsell 100 color hue test (FM-100 HUE). The test was developed by Dean Farnsworth in the early 1940s, along with other classification tests, such as the D-15 panel, B-20 and H-16, which, however, have not gained widespread use. The Farnsworth-Munsell-100 test is based on the consistency of the Munsell hue, the color intensity and the Munsell values. What makes the procedure special is that the colors used have the same Munsell value and intensity, they only differ from each other in hue [8, 23]. Initially, tests consisting of 100 disks were constructed, but research has shown that arranging 100 disks is too difficult a task for the judges, so the number of disks was reduced to 85. Thus, today the Farnsworth-Munsell 100 color hue test consists of only 85 hues, containing four different color series of similar hue. The colored test disks ($\varnothing=2.54$ cm) have black edges on the outside and a colored inner part. The ends of the color series are fixed, the task is to arrange the hues between them, so that each disk is between the two disks most similar to it. The numbers in the frame indicate the fixed disks, which are the endpoints of the scale (Figure 10.) [24].

Disorders of color vision can be assessed simply by summing up the errors, as well as by the differences between the chosen and actual locations of the color hues. several versions of the system are available on the internet, typically small squares have to be arranged instead of disks, but in the case of tests performed using monitors, it is important to note that the accuracy of the results cannot be guaranteed without calibration. The great advantage of the test is that the assessment is extremely simple: errors can be evaluated simply by summing up the mistakes or even by the differences between the chosen and actual locations of the color hues. Based on the evaluation results, judges can be classified into three categories [25]:

- Excellent (good) result: This requires that a maximum of 4 swapping type of errors can occur in each color series, i.e., the number of errors is in the 0-16 range. ~16 % of the population falls into this category.
- Average (normal) result: a result between 16 and 100 errors. ~66% of people fall into this category.
- Poor (reduced) result: a result above 100 errors. In the case of these results, it is recommended to perform further vision and color blindness tests. ~16% of the population falls into this category.

The evaluation of computer-based tests can be called up in the form of an impressive chart. It consists of two concentric circles. Along the larger circle, the colors and numbers of each color disk are displayed (1-85). The smaller circle shows the initials of the colors, corresponding to the outer circle. The degree of error is indicated by a black curve returning to itself. Where the black curve fits the outline of the inner, smaller circle, the judge gave the correct answer, i.e., the color disk was placed in the right place. Where, on the other hand, the black curve points in the direction of the outer circle, a mistake has been made. The degree of error is shown by the extent to which the black line approaches the arc of the outer circle. The greater the degree of error, the further away the black marker is from the inner circle (Figure 11.) [24].

The color mixing method is mainly used to examine color hue discrimination. The first step in the tests is the preparation of stock solutions using analytical grade chemicals: water (deionized or distilled), yellow color substance (quinoline yellow), blue color substance (patent blue V), red color substance (crimson red), graphite and corn starch. The finished color scale is thus two color series of 11 members each presented in test tubes. One of the series ranges from yellow through green to blue, while the other from red through purple to blue. The task is to select the colors and arrange them in order. Two errors are allowed in each series. For the examination of grayscale distinction, the blending method is used. During the 10-member grayscale test presented in test tubes, a continuously increasing amount of graphite powder is added to a continuously decreasing amount of corn starch. The test tubes are presented in a random order. The task is to put the shades of gray in order [1].

The quality of product profiling performed using descriptive sensory methods depends primarily on the perceptions and descriptive abilities of the judges. In connection with the description of the color of the products, color identification, i.e., the determination of the color description of the product is necessary. Even though descriptive ability is essential for objective color designation, international standards do not contain any testing or methodology requirements in this regard. Based on English names, 11 of the designations in the different languages can be considered as commonly used (Red, Yellow, Green, Blue, Purple, Brown, Orange, Pink, Black, White, Gray). Most research on color identification is also based on the above designations [26]. Most research identifies color stimuli based on their color coordinates in different color rendering systems (Munsell (World Color Survey), Natural Color System, DIN-system, NF-AFNOR-system) [27]. Color identification tests today are essentially used through calibrated digital displays. One possible approach to human color identification is spectral differentiation of stimuli and classifying them into color concept categories, which can be used to specify color

perception wavelength ranges associated with the colors, which can be characterized by different uncertainty bands for each color [28].

A number of online tests and applications have been developed to test normal color vision, often by adapting the original tests. However, it is important to stress that computerized online color vision tests are not suitable for clinical diagnosis. The original image collections, disks, printed tests give different results, because the results of the tests are significantly influenced by the display device and its settings (monitor resolution, color-correct calibration), as well as the testing conditions: the test geometry (relative position of the light source, the test book and the eye), the photometric and spectral nature of the light source and the monitor, and the adaptation state of the eye [6].

5. Summary

In sensory examinations, judges must be in good general health. They should not have any deficiencies that could affect their perception or adversely affect their sensory performance, and thus can affect the reliability of their judgments. The vision of a judge is basically determined by three factors: visual acuity, contrast sensitivity and color vision. In the international practice of sensory analyses, color vision is generally examined. Color blindness is typically tested using the Ishihara pseudo-isochromatic color test, while color discrimination ability is examined using the Farnsworth-Munsell 100 hue test [1]. The most accurate tool to detect color blind people is the anomaloscope. Screening for color blind people is important because they have both poorer color discrimination abilities and poorer color identification abilities. The results of online color vision tests are significantly affected by the display device and its settings (monitor resolution, color-correct calibration), as well as test conditions: test geometry (relative position of the light source, the test book and the eye), photometric and spectral nature of the light source and the monitor, and the adaptation state of the eye. Unfortunately, standard sensory tests do not specifically mention the visual acuity and contrast sensitivity testing of sensory judges, however, these properties obviously affect visual perception, so testing them is necessary.

6. Acknowledgment

The research was supported by the János Bolyai research bursary. The project is supported by the European Union, co-supported by the European Social Fund (ESF) (grant agreement number: EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005). Ákos Nyitrai and Dániel Szabó express their gratitude to the Doctoral School of Food Science.

7. References

- [1] MSZ EN ISO 8586:2014 Érzékszervi vizsgálat. Általános útmutató a kiválasztott bírálók és az érzékszervi szakértő bírálók kiválasztásához, képzéséhez, valamint folyamatos ellenőrzéséhez (ISO 8586:2012 2014-06-15-i helyesbített változat).
- [2] Davson, H. (1980): Front Matter. Physiology of the Eye, iii. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-206745-7.50001-4>. (Hozzáférés / Acquired: 12.07.2020)
- [3] Jindra, L. F., Zemon, V. (1989): Contrast sensitivity testing: a more complete assessment of vision. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 15(2), 141-148.
- [4] Liu, G. T., Volpe, N. J., Galetta, S. L. (2019): The Neuro-Ophthalmic Examination. Liu, Volpe, and Galetta's Neuro-Ophthalmology, 7-36. doi:10.1016/b978-0-323-34044-1.00002-x (Hozzáférés / Acquired: 09.09.2020)
- [5] Schinzel, J., Zimmermann, H., Paul, F., Ruprecht, K., Hahn, K., Brandt, A. U., & Dörr, J. (2014): Relations of low contrast visual acuity, quality of life and multiple sclerosis functional composite: a cross-sectional analysis. *BMC neurology*, 14(1), 31.
- [6] MSZ ISO 11037:2014 Érzékszervi vizsgálat. Irányelvek a termékek színének érzékszervi bírálatára.
- [7] Luo, M. R. (2016): Encyclopedia of Color Science and Technology. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3>. (Hozzáférés / Acquired: 25.09.2020)
- [8] Dain, S. J., (2004): Clinical colour vision tests. *Clinical and Experimental Optometry*, Volume 87, Issue 4-5, 276-293.
- [9] Birch, J. (2001): *Diagnosis of Defective Colour Vision*, 2nd edn. Butterworth Heinemann, Oxford.
- [10] Wenzel, K. (2013): Színtan. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék. 1-192.
- [11] Choi, S.Y., Hwang, J. (2009) : Ishihara test in 3- to 6-year-old children. *Jpn. J. Ophthalmol.* 53, 455-457.
- [12] Heidary, F., Gharebaghi, R. (2013): A modified pseudoisochromatic ishahara colour vision test based on eastern arabic numerals. *Med. Hypothesis Discov. Innov. Ophthalmol.* 2(3):83-5.
- [13] Schiefer, U., Wilhelm, H., Hart, W., & Editors. (2007): *Clinical Neuro-Ophthalmology - A Practical Guide*. Springer.
- [14] <https://lombartinstrument.com/store/ishihara-38-plate-book-test> (Hozzáférés / Acquired: 22.04.2020)

- [15] Neitz, M., Neitz, J. (2001): A new mass screening test for color-vision deficiencies in children. *Color Res. Appl.* 26, S239–49.
- [16] Velhagen, K., Broschmann, D. (2002): Tafeln und Prüfung des Farbensinnes. 29 Auflage. (Színlátásvizsgáló táblák). Budapest, Medicina.
- [17] Birch, J. (2010): Identification of red-green colour deficiency: Sensitivity of the Ishihara and American Optical Company (Hard, Rand and Rittler) pseudo-isochromatic plates to identify slight anomalous trichromatism. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30(5), 667–671. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2010.00770.x>. (Hozzáférés / Acquired: 04.15.2020)
- [18] <https://www.colorlitelens.com/> (Hozzáférés / Acquired: 17.05.2020)
- [19] Mollon, J. D., & Regan, B. C. (2000): *Handbook of the Cambridge Colour Test*. London, UK.
- [20] Ventura, D. F., Silveira, L. C. L., Rodrigues, A. R., De Souza, J. M., Gualtieri, M., Bonci, D., & Costa, M. F. (2010): Preliminary Norms for the Cambridge Colour Test. In John D Mollon, J. Pokorny, & K. Knoblauch (Eds.), *Normal and Defective Colour Vision*.
- [21] Paramei, G. V, Oakley, B. (2014): Variation of color discrimination across the life span. *Journal of the Optical Society of America A: Optics and Image Science, and Vision*, 31(4), A375–A384.
- [22] Samu, K. (2005): Világosság észlelet kompenzált színlátás-vizsgáló tesztek megvalósítása számítógéppel vezérelt CRT képernyőn. Doktori értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 1-103.
- [23] Farnsworth, D. (1943): The Farnsworth-Munsell 100-hue and dichotomous tests for color vision. *JOSA*, 33(10), 568-578.
- [24] <https://munsell.com/faqs/what-does-score-farnsworth-munsell-100-hue-test-mean/> (Hozzáférés / Acquired: 19.10.2020)
- [25] Lausegger, G., Spitzer, M., & Ebner, M. (2017): Omnicolor—a smart glasses app to support colorblind people. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5), 161-177.
- [26] Le Rochellec, J., Viénot, F. (1995): Contribution of two colour opponent mechanism to Fechner-Benham subjective colours. In B. Drum (Ed.), *Colour Vision Deficiencies XII. Documenta Ophthalmologica Proceedings Series, vol 57.*, (pp. 251–258): Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0507-1_30 (Hozzáférés / Acquired: 16.05.2020)
- [27] Kay, P., Berlin, B., Maffi, L., Merrifield, W. R., Cook, R. (2009): *The world color survey*. Stanford: Centre for the Study of Language & Information.
- [28] Nagy, B.V., Németh, Z., & Ábrahám, Gy. (2009): Human wavelength identification testing and numerical analysis. *Periodica Polytechnica*, 52(2), 77–81. <https://doi.org/10.3311/pp.me.2008-2.07>. (Hozzáférés / Acquired: 14.04.2020)

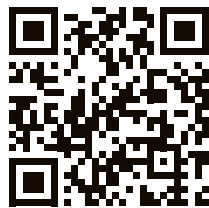
Tisztelt Olvasóink!

A WESSLING Hungary Kft. immáron több mint 25 éve biztosít innovatív megoldásokat, megbízható vizsgálatokat, személyre szabott tanácsadást a környezetvédelmi és az élelmiszerbiztonsági elemzésektől kezdve a munkahelyi- és a gyógyszervizsgálatokon, valamint a gyógyszer-fel szabadításon át egészen a törvényi követelményeknek való megfelelésig.

A fenti szolgáltatások mellett Újpest szívében található laboratóriumunk Tudásközpontként is funkcionál, ahol a különböző vizsgálatok mellett nagy hangsúlyt fektetünk oktatói, kutatói tevékenységeinkre is. Figyelmükbe ajánljuk éppen ezért a WESSLING Hungary Kft. alábbi online kommunikációs csatornáit, amelyeket böngészve bővebb információkat, felvilágosítást, valamint érdekes és értékes cikkeket és tájékoztató anyagokat találnak.



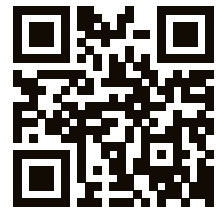
laboratorium.hu



mikromuanyag.hu



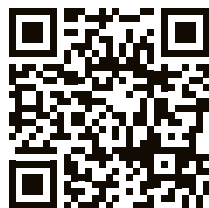
doppingmentes.hu



eviko.hu



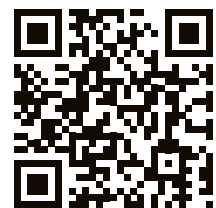
biomi.hu



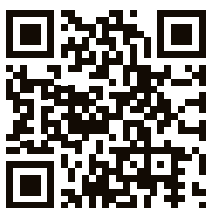
elvalasztastechnika.hu



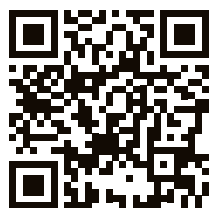
wirec.hu



hungalimentaria.hu



qualcoduna.hu



happyfishhungary.hu



wessling.hu

**WESSLING
Hungary Kft.**

1045 Budapest,
Anonymus u. 6.
+36 1 872 36 00

info@wessling.hu