



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only  
Fotó/Photo: Shutterstock*



Sipos László<sup>1</sup>, Nyitrai Ákos<sup>1</sup>, Szabó Dániel<sup>1</sup>, Dominek Márk<sup>2</sup>, Urbin Ágnes<sup>2</sup>,  
Nagy Balázs Vince<sup>2</sup>

Érkezett: 2019. augusztus – Elfogadva: 2019. december

# Zöld és fekete tea (*Camellia sinensis* L.) főzeteire specifikált színelmaszkolási rendszer érzékszervi validálása

**KULCSSZAVAK:** LED, maszkolás, megvilágítás, elvárás-hiba, vizsgálati geometria, szintévesztés

## 1. ÖSSZEFOGLALÁS

Számos érzékszervi fókuszú kutatásban olvashatunk arról, hogy a vizsgált termék vizuális jellemzői preconcepciót (elvárás-hibát) okoznak a bírálóban, amely különböző mértékben torzítja a többi érzékszervi jellemző megítélését. Abban az esetben, ha a minősítés alapja nem a vizuális értékelés, akkor célszerű olyan vizsgálati körülményeket biztosítani, ahol kizárható, hogy a termékek színingere nem befolyásolja a bírálók döntését [1]. Ebből következően szükség van a színinger-érzékelés intenzitásának vagy az érzékelés minőségének csökkentésére, de leginkább elfedésére, elmaszkolására. A gyakorlatban elterjedt módszerek (szembekötés, színezett edényzet, színezett lencsék stb.) torzításokkal terheltek, éppen ezért a megfigyelés paramétereinek optimalizálásával, érzékszervi validálásával ezek kiküszöbölésére adhat megoldást az adott termék típusaira specifikált, spektrálisan állítható világítási rendszer. Az említett LED-mérőrendszer arduinóval (elektronikus eszközök kezelését megkönnyítő, nyílt forráskódú fejlesztőprogram – a szerk.) vezérelt, homogén fényeloszlású és spektrálisan hangolható.

Kutatásunkban zöld és fekete tea (*Camellia sinensis* L.) főzeteire specifikált színelmaszkolási rendszer érzékszervi validálását mutatjuk be. A kísérletben résztvevőket a nemzetközi előírásoknak megfelelően teszteltük [2, 3]; tesztjeink eredményei alapján ők minden tekintetben normál látással rendelkeztek. Az eredmények azt mutatták, hogy a legkisebb észlelhető küszöbérték színelmaszkolásával és a spektrális jellemzők meghatározásával a vizuális percepció különbségei bizonyos színinger-különbségű mintapárok között részben vagy egészen elfedhetők. Ennek köszönhetően a tökéletes maszkoló megvilágítás alatt a percepcióból adódó elvárás-hibák nem torzítják a teaitalok többi érzékszervi jellemzőinek (melyek az illat, az íz, az állomány és a szájbevonó) hatás-megítélését. A részleges elmaszkolás a színekülönbségeket több esetben eltünteti, a bírálók döntési idejét 4-8-szorosára növeli, ugyanakkor a világosságból adódó különbségek észlelhetők maradnak.

## 2. Bevezetés és szakirodalmi áttekintés

A teanövényt taxonómiai, rendszertani szempontból először Carl von Linné írta le a *Species Plantarum* című munkájában, 1753-ban. A teanövény tudományos megnevezése *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze.

Rendszertani értelemben a tea faj (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) természetesen szempontjából legfontosabb változatai a *Camellia sinensis* var. *sinensis* (kínai tea, származás: Jünnan tartomány, Kína) és a *Camellia sinensis* var. *assamica* (J. W. Masters) Kitamura (asszám tea, származás: Brahmaputra völgye,

<sup>1</sup> Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Árukezelési és Érzékszervi Minősítési Tanszék

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

India). A kereskedelmi teákat jellemzően ennek a két fajnak a változataiból készítik. A teanövény másik két változata kevésbé jelentős: *Camellia sinensis* var. *dehungensis* és *Camellia sinensis* var. *pubilimba* [4]. A *Camellia sinensis* var. *assamica* subspecies *lasiocalyx* (Planchon ex Watt.) az asszám tea egyik alfaja: a kambodzsai vagy déli típus. Ezek a levélméretük alapján különíthetők el: legnagyobb az asszám tea levele, méretben ezt követi a kambodzsai tea levele, a kínai tea levelei pedig a legkisebbek [5]. A teanövények rendszertani besorolása kezdetben azok alakotani bélyegeire, elsősorban külsőleg látszó morfológiai tulajdonságaikra fókuszált (a növény mérete, levelének alakja, szőrözöttsége, virágszirmainak száma, a termés jellege stb.). Később következett a belső struktúrák alapján történő rendszerezés (sejt- és szövettani felépítés), majd napjainkban a genetikai, DNS-vizsgálatokkal történik a rokonsági kapcsolatok meghatározása.

A tea faj (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) évelő, fászárú, örökzöld növény. A szubtrópusok és trópusi hegyvidék növénye Délkelet-Ázsiából származik. Elsősorban a trópusi-szubtrópusi éghajlati övet kedveli, Kína, India, Srí Lanka, Japán, de több afrikai és dél-amerikai területen is termesztik. Levelei egyszerűek, jellemzően tojásdad alakúak, csúcsaik hegyesek, szőrtan állók. A levelek bőrszerűek, fényesek, fiatalon szőrösek. A csúcsi részen elhelyezkedő levelek világoszöld, a lejjebb elhelyezkedők sötétebb zöld színűek. A levelek hornyos szélűek, 2-5 cm szélesek és 4-15 cm hosszúak. Erezetük a fonáki oldalon jól látható, a levelek nyelei rövidek. A kínai tea változatának levelei kisebbek, vastagabbak, durvább erezetűek, míg az asszám változat levelei vékonyabbak, finom erezetűek [6]. A teanövény virágai a levélnyélből fejlődnek ki, jellemzően egyszével vagy párosával. A virág szíromlevelei fehérek, rózsaszínes árnyalatúak, a porzók sárgák és két körben helyezkednek el. A külső körben levők részben összenőttek a szíromlevelekkel. A belső körben lévő porzók kisebbek, a bibe középen helyezkedik el. A virágzás jellemzően októbertől februárig tart, a gyümölcsstermelés augusztus és október között történik [7]. A teacserjék az ültetés után 5-6 évvel fordulnak termőre. A termések kezdetben kicsik és zöld színűek, a háromrekeszű toktermések 2-3 maggal rendelkeznek. A barna magok 10-16 mm átmérőjűek, gömbölydedek, kemények, lassan (többnyire 4-6 hét alatt) csíráznak ki. A magokból préseléssel teafa-olaj nyerhető ki [5].

A kínai változatot (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) Kínában és Japánban termesztik; jól ellenáll a hideg környezetnek. A jellemzően 2,7-4,5 méter magas teacserje akár 80-100 évig is hozza 4-6 cm hosszú leveleit. Az asszám változatot (*Camellia sinensis* var. *assamica*) a trópusi vidékeken termesztik; hajtásait 40-50 évig hozza. Felépítése robusztusabb, 14-18 méteres magasságával kisebb fa méretű, levelei is nagyobbak: 15-35 cm hosszúak. Az asszám változat déli alfaját (*Camellia sinensis* var. *assamica* subspe-

*cies lasiocalyx*) elsősorban a trópusi Kambodzsában termesztik, jellemzően 4-6 méter magasságú [8]. Egyes ültetvényeken akár 30-40 éves teacserjék is élhetnek. A legidősebb teafa Kínában található, 32 méter magas és a becslések alapján 1700 éves [9].

A teanövényt jellemzően az egyenlítőhöz közeli trópusi területeken termesztik, ahol 10-35 °C közötti a hőmérséklet, az évi csapadék 1200-2400 mm, valamint a tengerszint feletti magasság 300-2100 méter [10]. A beállt ültetvényt évente jellemzően 4-5 alkalommal szüretelik, a növény minden részét hasznosítják (rügy, levél, szár). A legértékesebb részek a rügyek, illetve a felső két friss levél. A gyakorlatban az intenzív termesztés-technológiájú ültetvényeken a szedések gyakorisága 15 nap, míg az extenzív termesztés-technológiájú ültetvényeken 45 nap. A gyakoribb szedések több munkát és energiát igényelnek, ám jobb minőséget, nagyobb hozamot eredményeznek. A ritkább szedések kevesebb szervezési feladattal járnak, de jobban kedveznek a kártevők és a kórokozók elterjedésének. A hozamokat az esetek többségében az időjárás (a csapadék mennyisége, egyenletessége, a napsugárzás, a talajmenti fagy) befolyásolja. A szüretelés kézzel vagy géppel végezhető. A magas minőségű teák szüretelése csak kézimunka alkalmazásával valósítható meg [9, 11].

A FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) – amely az agrártermeléssel és élelmiszerekkel kapcsolatos legfontosabb statisztikákat (FAOSTAT) gyűjti –, a tea esetében külön kormányközi csoportot hívott életre (*Intergovernmental Group on Tea*, IGGT), amelynek feladata a kormányközi konzultáció, valamint a tea termelésének, fogyasztásának, kereskedelmének, jelenlegi és jövőbeni piaci alakulásának az értékelése. A teával foglalkozó kormányközi csoport a jelentősebb teatermelő központokban szervezi kétévenként esedékes találkozóit; a legutóbbi (sorban a huszonharmadik) ülészatot 2018. május 17. és 20. között tartották Kínában, Hangzhou városában.

A tea a világon mindenhol a legnagyobb gyakorisággal fogyasztott italok közé tartozik, egyes becslések szerint a víz után a leggyakrabban fogyasztott folyadék a világon. A világ tea termelését négy fő kategóriába sorolják: fekete, zöld, instant, egyéb. A teatermelés az elmúlt évtizedben évente átlagosan 4,4%-kal nőtt, 2016-ban elérte az 5,73 millió tonnát. A világ két jelentős teatermesztő országa Kína (2,41 millió tonna) és India (1,25 millió tonna), amelyek a tea világtermelésének több mint a felét adják. A legnagyobb teatermelő országok sorrendben: Kína (2,41 millió tonna), India (1,25 millió tonna), Kenya (0,47 millió tonna), Srí Lanka (0,34 millió tonna), Törökország (0,24 millió tonna), Vietnám (0,24 millió tonna). A globális teatermelés növekedéséért elsősorban Kína felel: az elmúlt évtizedben az ország termelése több mint duplájára nőtt (2007: 1,17 millió tonna, 2016: 2,41 millió tonna). Ennek hátterében a belföldi fizetőképes kereslet növekedése, valamint olyan okok állnak, mint az egész-

ségtudatosság és a gyógynövényes italok fejlődése. A legnagyobb termőterületek jellemzően azokban az országokban találhatóak, amelyek a legnagyobb termelők is: Kína, India, Srí Lanka, Kenya, Vietnám, Indonézia, Mianmar, Törökország [12].

A változatlanul fennálló stabil árak és a zöld tea egészségügyi előnyei miatt az elmúlt évtizedben a fekete tea termelése 3,0%-kal, míg a zöld teáé 5,4%-kal nőtt globálisan és éves szinten egyaránt. A legnagyobb fekete tea-előállító országok: India (1260 millió tonna), Kenya (439 850 tonna), Törökország (310 500 tonna), Kína (310 000 tonna), Srí Lanka/Ceylon (1 527 437 tonna). A legnagyobb zöld tea-előállító országok: Kína (1 527 437 ezer tonna), Vietnám (94 200 tonna), Japán (76 667 tonna), Indonézia (34 013 tonna). Napjaink teatermesztésének területei jól körül határolhatóak, a tea termőterületeinek megoszlását a területi koncentrációk jellemzik (FAO, 2018). Az elmúlt évtizedben a tea világexportja évente 1,4%-kal nőtt, 2016-ban elérte a 1,75 millió tonnát. Két legnagyobb exportőre Kenya (2016: 475 300 tonna) és Srí Lanka (2016: 295 300 tonna). Amíg a kenyai export 18%-kal nőtt, addig a Srí Lanka-i export az időjárási viszonyok és a műtrágyák állami korlátozásának következtében 11%-kal csökkent. Indiában és Kínában az export mennyisége csak kis mértékben növekedett a belföldi kereslet növekedése miatt. A FAO fekete teára vonatkoztatott nemzetközi súlyozott átlagár-indexe 2016-ban 2,57 USD/kg volt, 2017-ben azonban 22,6%-kal 3,15 USD/kg-ra nőtt. Az árak a legnagyobb tea-aukciókon (Calcuttában, Cochinban, Colombóban és Mombasában) mind az ortodox-, mind a CTC-módon előállított teák esetében meredek emelkedésnek indultak. A nemzetközi tea-árakat természetesen számos tényező befolyásolja (termésmennyiség és -minőség: kártevők, betegségek, időjárási viszonyok; kiskereskedők, nagykereskedők, multinacionális vállalatok stb.). A keresleti oldalt is számos tényező alakíthatja: ár, jövedelem, demográfia, oktatás, foglalkozás, kulturális háttér, egészségtudatosság térhódítása, helyettesítő termékek stb. A kereslet jelentős növekedésnek indult az ázsiai, afrikai és latin-amerikai teagyártó országok esetében. Az Európai Unió országai hagyományosan importáló országok [12].

A dinamikus idősor-modelleken alapuló előrejelzések alapján a világ fekete tea termelése a várható évi 2,2%-os átlagos növekedési ütem mellett 2027-re eléri a 4,42 millió tonnát, ami jelentős növekedést eredményez Kínában, Kenyában és Srí Lankán. A zöld tea esetében 7,5%-os átlagos növekedés mellett a 2016-os évi 1,53 millió tonna 2027-re várhatóan 3,31 millió tonnára emelkedik. Ez a növekedési ütem feltehetően a megnövekedett termelékenységből (magasabb hozamú fajták, jobb mezőgazdasági gyakorlatok elterjedése stb.) adódik majd. 2027-re a fekete tea-fogyasztás éves szinten várhatóan 2,5%-kal 4,17 millió tonnára fog növekedni. Míg az afrikai országok esetében a fogyasztás magasabb mértékű növekedése (2-9%) várható, addig a nyugati orszá-

gokban csak kisebb mértékű fogyasztásnövekedést (0,2-1,4%) prognosztizálnak. A teafeldolgozó országokban a fogyasztás növekedéséhez hozzájáruló fő tényezők a következők: az egy főre jutó jövedelem növekedése; a teafogyasztás egészségügyi előnyei fokozott ismerete; a termékválaszték növekedési folyamata. A fekete tea exportja 2027-re várhatóan eléri az 1,66 millió tonnát, a legfontosabb exportáló országok kereskedelmi adatai változatlanok maradhatnak. A világ zöld tea exportja 2027-re várhatóan évi 5,0%-os emelkedéssel el fogja érni a 605 455 tonnát. Kína továbbra is uralhatja az exportpiacot (416 350 tonna), utána sorban Vietnám (148 493 tonna), Indonézia (12 889 tonna) és Japán (10 445 tonna) következnek. A legnagyobb dinamikával Japán (9,3%) és Vietnám (9%) zöld tea exportja nő, szemben Kína 4%-os növekedési ütemével. Mivel a teanövény (*Camellia sinensis*) nagyon érzékeny a termesztés körülményeinek változásaira, ezért a globális felmelegedés lokális hatásai nagyban befolyásolják a termelést. Ennek tükrében az előrejelzésekben megjelenő kereslet növekvő igényeit egyre nehezebb lesz kielégíteni. A tea fejlesztési stratégiáinak kidolgozásakor célszerű figyelmet szentelni az éghajlatváltozás következményeinek is [12].

A tea minőségének, piaci értékének meghatározására számos módszert dolgoztak ki, ugyanakkor élelmiszer-biztonsági, táplálkozás-biológiai és érzékszervi szempontból a nemzetközi szabványos módszerek az irányadók. A teák minősítéséhez célszerű – részben műszeres, részben érzékszervi jellemzők alapján – akkreditált vizsgáló laboratóriumok segítségét kérni. Az érzékszervi minősítéshez gyakran hozzátartozik a tealevél, a belőle készült ital és a kiáztatott tealevelek minőségi megítélése, a három jellemző pedig együttesen adja a végtermék minőségi besorolását.

A teával kapcsolatos szabványokat a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) Élelmiszeri Termékek Műszaki Bizottságának (TC 34) Tea Albizottsága (SC 8) készíti; nemzetközi rövidítéssel ISO/TC 34/SC 8. A Tea Albizottságot 1981-ben hozták létre, titkárságát a Brit Szabványügyi Intézet (*British Standards Institution* [BSI], 389 Chiswick High Road, London, United Kingdom), valamint a Kínai Szabványosítási Hivatal (*Standardization Administration of China* [SAC], No. 9 Madian Donglu, Haidian District, Beijing 100088, China) közösen vezeti. A Tea Albizottság (SC 8) területe a teával (*Camellia sinensis*) kapcsolatos szabványosítás, amely magában foglalja többek között a különböző típusú teák szabványosításának területét, az összetétel és az érzékszervi minőség vizsgálati módszereit és a helyes gyártási és szállítási gyakorlatot. A szabványosítás a tea minőségének nemzetközi kereskedelemben történő tisztázására szolgál azért, hogy a tea minőségével szembeni fogyasztói elvárások érvényesülhessenek. A Tea Albizottság (SC 8) a különböző részterületeket különböző munkacsoportokra (*working group*, WG) osztotta: 4-es munkacsoport (WG 4 *White tea*), 6-os munkacsoport



(WG 6 *Tea classification*), 7-es munkacsoport (WG 7 *Oolong tea*), 10-es munkacsoport (WG 10 *Green tea - Vocabulary*) stb. A Tea Albizottság jelenleg 18 résztvevő státuszú taggal (nemzeti szabványosítási testülettel) és 24 megfigyelő státuszú taggal (nemzeti szabványosítási testülettel) rendelkezik. A Tea Albizottság napjainkig 30 ISO-szabványt tett közzé, két további szabvány pedig fejlesztés alatt áll (**1. táblázat**).

A tea minőségét érzékszervi szempontból a szín-, a frissesség- és az aromakomponens, illetve azok intenzitása határozza meg. Általánosságban megállapítható, hogy minél fiatalabb a teanövény valamely része, annál értékesebb. Ennek megfelelően a növény egyes részei sorba rendezhetők. A sorrend a legértékesebb részekkel kezdve: zárt levélrügy, kinyílóban lévő levélrügy, legfelső zsenge levélpár, alsóbb levelek, még alsóbb levelek, szár. Összeségében elmondható, hogy minél magasabb a levél sorszám, annál alacsonyabb a tea minősége [9]. Osztályozási szempontból természetesen a levelek épsége is fontos. Ennek három fő kategóriája: 1. egész levelek; 2. tört levelek; 3. törmelék levelek és/vagy por. Az elkészítés módját az aprítottság foka befolyásolja. Minél kisebbek a részecskék, annál rövidebb ideig célszerű az áztatást/extrakciót végezni,

mert a viszonylagosan nagyobb felületen keresztül gyorsabban kioldódnak az illat- és aromakomponensek [13]. A teaitalokat jellemzően levélrügy, levelek és hajtások felhasználásával készítik, bizonyos teatípusokat azonban csak növényi szárrészekből állítanak elő. A betakarítás során elválasztott szárrészek japán zöld teája a *kukicha* (*boucha*: szár tea, *shiraore*: fehér nyáj). A kukicha aromaprofilját így nem a zöld teákra jellemző édeskés ízvilág, a virágos, fanyar jegyek jellemzik, hanem a szárrészekből kioldódó aromaanyagok mogyorós és krémes állaga [14].

A teanövény korábban is számos nemzetközi és hazai kutatás középpontjában állt, ám a kutatások elsősorban a bioaktív komponensekre és azok egészségre gyakorolt hatására, esetleg a teák élelmiszer-biztonsági kockázataira irányultak. Az élelmiszerként fogyasztott tea élvezeti értéke miatt kulcsfontosságú a szárított tealevél és a teaital érzékszervi minőségének jellemzése. A teaitalokban található komponenseket és a rajtuk keresztül az érzékszervi paramétereket befolyásoló tényezők a következők: alapanyag (faj/változat/fajta, termőhely, termesztés-technológia, teacserje kora); betakarítás (módszer, idő, betakarított részek növényen való elhelyezkedése); feldolgozás (idő, aprítottság, oxidációs állapot);

1. táblázat. A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) Élelmiszeri Termékek Műszaki Bizottsága (TC 34) Tea Albizottságának (SC 8) közvetlen felelőssége alá tartozó szabványok  
Table 1. Standards under the direct responsibility of the Subcommittee on Tea (SC 8) of the Technical Committee for Food Products (TC 34) of the International Organization for Standardization (ISO)

Szabványok (ISO/TC 34 SC 8) / Szabványok (ISO/TC 34 SC 8)	Stage code*	ICS**
ISO 1572:1980 Tea -- Preparation of ground sample of known dry matter content	90.93	67.140.10
ISO 1573:1980 Tea -- Determination of loss in mass at 103 degrees C	90.93	67.140.10
ISO 1575:1987 Tea -- Determination of total ash	90.93	67.140.10
ISO 1576:1988 Tea -- Determination of water-soluble ash and water-insoluble ash	90.93	67.140.10
ISO 1577:1987 Tea -- Determination of acid-insoluble ash	90.93	67.140.10
ISO 1578:1975 Tea -- Determination of alkalinity of water-soluble ash	90.93	67.140.10
ISO 1839:1980 Tea -- Sampling	90.93	67.140.10
ISO 3103:1980 Tea -- Preparation of liquor for use in sensory tests	90.92	67.140.10 67.240
ISO 3720:2011 Black tea -- Definition and basic requirements	90.93	67.140.10
ISO 6078:1982 Black tea -- Vocabulary	90.93	67.140.10
ISO 6079:1990 Instant tea in solid form -- Specification	90.93	67.140.10
ISO 6770:1982 Instant tea -- Determination of free-flow and compacted bulk densities	90.93	67.140.10

<u>ISO 7513:1990</u> Instant tea insolidform -- Determination of moisture content (loss in mass at 103 degrees C)	90.93	67.140.10
<u>ISO 7513:1990/Amd 1:2012</u>	60.60	67.140.10
<u>ISO 7514:1990</u> Instant tea insolidform -- Determination of total ash	90.93	67.140.10
<u>ISO 7516:1984</u> Instant tea insolidform -- Sampling	90.93	67.140.10
<u>ISO 9768:1994</u> Tea -- Determination of water extract	90.93	67.140.10
<u>ISO 9768:1994/Cor 1:1998</u>	60.60	67.140.10
<u>ISO 9884-1:1994</u> Tea sacks -- Specification -- Part 1: Reference sack for palletized and containerized transport of tea	90.93	67.140.10 55.080
<u>ISO 9884-2:1999</u> Tea sacks -- Specification -- Part 2: Performance specification for sacks for palletized and containerized transport of tea	90.93	67.140.10 55.080
<u>ISO 10727:2002</u> Tea and instant tea insolidform -- Determination of caffeinecontent – Method using high-performance liquid chromatography	90.93	67.140.10
<u>ISO 11286:2004</u> Tea -- Classification of grades by particle size analysis	90.93	67.140.10
<u>ISO 11287:2011</u> Green tea -- Definition and basic requirements	90.93	67.140.10
<u>ISO/TR 12591:2013</u> White tea -- Definition	90.92	67.140.10
<u>ISO 14502-1:2005</u> Determination of substances characteristic of green and black tea -- Part 1: Content of total polyphenols in tea – Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent	90.93	67.140.10
<u>ISO 14502-1:2005/Cor 1:2006</u>	60.60	67.140.10
<u>ISO 14502-2:2005</u> Determination of substances characteristic of green and black tea -- Part 2: Content of catechins in green tea – Method using high-performance liquid chromatography	90.93	67.140.10
<u>ISO 14502-2:2005/Cor 1:2006</u>	60.60	67.140.10
<u>ISO 15598:1999</u> Tea -- Determination of crude fibre content	90.93	67.140.10
<u>ISO 19563:2017</u> Determination of theanine in tea and instant tea insolid for musingshigh-performance liquid chromatography	60.60	67.140.10

\* Szakasz kód (stage code), például a 60.60 International Standard published (megtörtént a nemzetközi szabvány kibocsátása), vagy a 90.93 International Standard confirmed (nemzetközi szabvány megerősítése).

\*\* A szabványok nemzetközi osztályozási rendszere (International Classification for Standards, ICS), háromszintű és hierarchikus felépítésű. Az 1. szint a szabványosítási tevékenység szakterületét jelenti (két számjegyű szakjelzet). A 2. szint a szakterületek csoportját jelenti (három számjegyű csoportszám). A 3. szint a csoportok alcsoportját jelöli (két számjegyű alcsoportszám). Ezeket pont választja el egymástól. A rendszert az ISO (a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet) dolgozta ki abból a célból, hogy megkönnyítse a kommunikációt és az információcserét a szabványosítás területén. Például a 67. szakterület az Élelmiszer Technológia (Food Technology), a 67.140 szakterület csoportja a Tea, Kávé, Kakaó (Tea, Coffee, Cocoa), míg a 67.140.10 a Tea alcsoport (Tea). A 67.240 szakterület csoportja az Érzékszervi Minősítés (Sensory Analysis).

\* Stage code, for example 60.60 International Standard published or 90.93 International Standard confirmed.

\*\* International Classification for Standards (ICS), three-leveled with a hierarchical structure. Level 1 means the standardization activity field (two digits). Level 2 refers to the groups of specialties (three digit group number). Level 3 represents a subgroup of groups (two-digit subgroup number). These are separated by points. The system was developed by the International Organization for Standardization (ISO) to facilitate communication and the exchange of information in the field of standardization. For example, field 67 is Food Technology, specialty group 67.140 is Tea, Coffee, Cocoa, while 67.140.10 is subgroup Tea. The 67.240 specialty group is Sensory Analysis.

tárolás körülményei (hőmérséklet, páratartalom, idő, fényzárás); ital elkészítéséhez felhasznált víz (kémiai jellemzők, hőmérséklet); ital elkészítésének eljárásai (extrakciós idő, oldat koncentrációja) [14, 15].

A tealevelek biológiai potenciálját a teanövény genetikai adottságai (tea faj/alfaj/változat/fajta) határozzák meg. A környezeti feltételek azonban befolyásolhatják, hogy a genetikai lehetőségekből milyen minőségű teacerje növekszik. A teaitalra az élelmiszerekhez hasonlóan jellemző, hogy jó minőségű teaitalt csak jó minőségű alapanyagokból lehet előállítani. A teaital két legfontosabb alapanyaga a teafű és a víz. A teafű érzékszervi tulajdonságait befolyásoló tényezők a következők: földrajzi elhelyezkedés; időjárási viszonyok (hőmérséklet, csapadék, napfény mennyisége, eloszlása); talaj/termesztőközeg; tengerszint feletti magasság; tea faj/alfaj/változat/fajta; termesztés módja (üvegház, fóliaház, szabadföld, árnyékolás hossza, párasítás, légcserre stb.); mezőgazdasági gyakorlat; betakarítás módja és ideje; teacerje kora; begyűjtött tealevél elhelyezkedése a növényen; tealevelek morfológiája és bioaktivitása; feldolgozás módja (fermentálás módja és foka: fehér, zöld, sárga, fekete, oolong, sötét); tárolási körülmények (hőmérséklet, páratartalom, idő, fényzárás) [16, 17]. A teaital elkészítéséhez felhasznált víz legfontosabb tulajdonságai a következők: víz típusa (keménység, pH, ásványianyag-tartalom stb.); víz hőmérséklete (áztatás kezdeti hőmérséklete, hőmérsékletének csökkenési üteme); áztatási/kivonási/extrakciós idő; koncentráció (felhasznált teafű/víz mennyisége); teaital/főzet-elkészítési eljárások. A kis keménységű ( $\leq 8 \text{ nk}^\circ$ ), lágy vízzel készült ital esetében a tealevelekből származó aromakomponensek legtöbbször jól kioldódnak, így a tea jellegzetességei, karaktere megfelelően hangsúlyozható. A víz/áztatás kezdeti hőmérsékletét jellemzően 60-80 °C között célszerű megválasztani. A tea csersavjai a 100 °C-os forró víz hatására azonnal kioldódnak, az italban a keserű ízanyagok dominanciája érezhetővé válik. A nagyon magas hőmérséklet hatására a tea fitonutriens anyagai (vitaminok, tápanyagok, antioxidánsok stb.) is károsodnak. A forrázóvíz optimális hőmérséklete éppen ezért 80 °C körüli érték. Az áztatási idő növelésével (30 mp - 150 mp) beállíthatók az íz és az aromakomponensek arányai is. A víz hőmérsékletének csökkenési ütemét a külső hőmérséklet, vagyis az itallal közvetlenül érintkező levegő és az edényzet hőmérséklete határozza meg. Minél nagyobb az edényzet felülete, annál fontosabb, hogy az edényzet ugyanolyan hőmérsékletű legyen, mint a víz kezdeti hőmérséklete. Ezt az esetek többségében előmelegítéssel és hőmegtartással valósítják meg.

Lee és Chambers kutatásaikban [18] a zöld tea ízét befolyásoló főzési módszereket vizsgálták. Tanulmányuk célja az volt, hogy leírja a zöld teából készült ital ízének változását abban az esetben, ha azt különböző vízhőmérséklettel és főzési idővel állítják elő. A zöld tea-mintákat három különböző hőmérsékleti szinten főzték (50, 70 és 90 °C-on), ahol az

extrakciós időt szisztematikusan változtatták 1, 2, 5 és 20 perc között. Összesen tizenkét főzési hőmérséklet- és időkombinációt vizsgáltak, három különböző, Koreából származó zöld tea segítségével. A képzett bírálók leíró jellegű érzékszervi elemzésben vettek részt egy korábban kifejlesztett zöld tea-lexikon segítségével. A kísérlet során a teákat tizenkét különböző főzési hőmérsékleten és -időkombinációban vizsgálva a kutatók kimutatták, hogy a főzési idő és a vízhőmérséklet növekedésével párhuzamosan a barna és a barna jellegű tulajdonságok (hamus, kormos, égetett/perzselt), valamint a keserűség és a fanyarság erősödik, a zöld és a zöld jellegű tulajdonságok (zöldbab, spenót) viszont gyengülnek. A zöld tea ízét a benne található anyagok alakítják ki, ugyanakkor a vízoldható komponensek mennyiségét jelentősen befolyásolhatja a kivonási (extrakciós) hőmérséklet és kivonási (extrakciós) idő. A zöld tea ízéhez elsősorban olyan összetevők járulnak hozzá, mint a katechinek, amelyek a keserűség és a fanyarság 70-75%-áért felelősek [19, 20].

A teában található koffein keserű [21], míg a tanninok erősen összehúzó vagy csípős ízt eredményeznek [22]. A lédús ízért az aminosavak felelnek, a szabad cukrok pedig hozzájárulnak az édes ízjelleghez [23]. A víz hőmérsékletének és a főzés idejének növelésével a zöld teában a tannin, a szabad cukor és az összes nitrogén mennyisége egyaránt megnövekszik [24]. A víz hőmérsékletének növekedésével a zöld tea koffeintartalma, azzal együtt pedig a keserűsége is nő [25]. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a víz hőmérséklete és a kioldási idő a zöld tea táplálkozásbiológiai jellemzőit is erőteljesen befolyásolja. A teában található antioxidáns-hatásért felelős katechinek mennyisége függ a főzés módjától. Táplálkozásbiológiai szempontból zöld teák esetében éppen ezért a forró vízben történő 3-5 percig tartó főzés javasolható, amelynek eredményeképpen keserű és fanyar zöld teát kaphatunk [16, 26].

Egyes kutatók korábban arra törekedtek, hogy zöld tea-filterek és zöld tea-levelek segítségével meghatározzák az optimális főzési feltételeket. A teafilter használatával megállapították, hogy a zöld teában lévő oldható szilárd anyagok (fenolok és flavonoidok) száma a víz hőmérsékletének és a főzés idejének emelkedésével megnövekedett. A fizikai-kémiai és elfogadhatósági adatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az optimális főzési módszer a 73-83 °C-os vízzel és az 5,3-6,3 perc idejű főzéssel valósítható meg [27, 28]. A különböző vízhőmérséklettel és főzési idő-hosszúsággal rendelkező módszerek különböző ízeket eredményeznek a zöld tea főzetek esetében. Amennyiben a fogyasztók 50-70 °C-os vízben 1-5 percig főzik az adott zöld teát, akkor inkább zöld, kevésbé barna jellegű ízük fog dominálni, keserűségük pedig alacsony vagy mérsékelt lesz. A zöld tea 5 percnél hosszabb ideig történő elkészítése és/vagy 95 °C-os víz használata erősebb, barna színű aromát és kesernyés, fanyar ízt eredményezhet. Bizonyos zöld teák esetében 95 °C-on vagy



5 percnél hosszabb főzés esetén penészes („új bőr”) íz kapunk, 95 °C-on 20 percig forralva pedig kellemetlen, gyógyszeres mellékíz jelentkezik. Ezekből a tapasztalatokból következik, hogy a fogyasztók számára javasolható a zöld tea 70 °C-on 1 vagy 2 perc áztatással történő előállítás, illetőleg az 50 °C-os hőmérsékleten 2 vagy 5 percen keresztül történő főzése. Az eredmények alapján megfigyelhető, hogy a víz hőmérsékletének növelésével nő a keserűség és a fanyarság is, magas hőmérsékleten megjelennek a barna ízjegyek, hosszú áztatási idővel kombinálva pedig a dohos jegyek is. A zöld tea készítése során általában 50-70 °C-os vizet használva 1-5 perc főzési idővel célszerű számolni, amely attól függően alakítható, hogy a tea mely íztulajdonságait akarjuk kiemelni [18].

A különböző érzékszervi vizsgálatok során a tea íze és a teaitalok érzékszervi tulajdonságait bíráló csoportok értékelik, minősítik, jellemzően érzékszerveik segítségével. A percepció, érzékelés folyamata során először az egyes érzékszervek (szem, fül, orr, nyelv, bőr) ingerspecifikus receptorai regisztrálják a termékekből, mintákból érkező ingereket. Ezután az ingerek aktiválják a receptorokat, így az információ immáron ingerület formájában halad tovább az idegrendszer központi részei: a gerincvelő és az agy irányába. Az érzékelés valójában az érzékszervi inger(ek) hatásának észlelése [29]. A fénytechnikai terminológia szerint a szín jól példázza az inger-ingerület-érzékelés hármasát azért, mert fizikai értelemben egy meghatározott hullámhosszúságú, emberi szem által érzékelhető fényinger (380-780 nm); fiziológiai szempontból a színes látás érzékszervében, a szemben egy vagy több fénysugár által kiváltott ingerület; míg pszichológiai szempontból a látószerv ideg pályáin továbbított ingerületek által az agykérgi látóközpontban létrejött színérzet [30].

Az érzékszervi eredmények megbízhatóságát három kulcsfontosságú határozza meg: a bírálók megfelelősége, a kísérletterv és az érzékszervi módszer, kísérlet körülményei, valamint az érzékszervi tesztek megvalósítása. A bírálók megfelelőségét kiválasztásuk és képzésük biztosítja, teljesítményük nyomon követésével pedig azonosíthatóvá válik nemmegfelelőségük, meghatározhatók egyéni fejlesztési területeik [2, 31]. Az érzékszervi vizsgálatok során kulcsfontosságú a bírálók érzékszerveinek megfelelősége. Emiatt a vizsgálati személyek színtévesztésének a szűrése is fontos szempont, mert színtévesztők esetében mind a színárnyalat megkülönböztető-képesség (szindiszkrimináció), mind a színfelismerési képesség (színidentifikáció) jóval gyengébb, mint az éplátóknál. Az érzékszervi vizsgálatok a színtévesztés mérésére általában a pszeudo-izokromatikus teszteket alkalmazzák (Ishihara, Stilling, Velhagen), ugyanakkor pontosabbak a műszeres anomaloszkópos vizsgálatok, amelyek pontos és számszerű mérési eredményt adnak a színtévesztés fokáról és típusáról [3]. A kísérletterv, valamint a megfelelő érzékszervi módszer kiválasztása minden esetben a

kutatási kérdésből indul ki, az adott lehetőségek figyelembevételével.

Számos érzékszervi kutatás beszámol arról, hogy a vizsgált termék vizuális jellemzői preconcepciót (elvárásbát) okoznak a bírálóban, mert különböző mértékben torzítják a többi érzékszervi jellemző megítélését. A sötétebb vörösbort már a tesztelés megkezdése előtt testesebbnek, a feketébb csokoládét keserűbbnek, a sötétebb árnyalatú sört aromásabbnak, a sárgásabb fagyaltot krémesebb állagúnak feltételezik a bírálók; fent említett jellemzők jelentős mértékben befolyásolhatják az íz, az illat és az állomány objektív megítélését [32]. Abban az esetben, ha a minősítés alapja nem a vizuális értékelés, akkor célszerű olyan vizsgálati körülményeket biztosítani, ahol kizárható, hogy a termékek színíngere ne befolyásolja a bírálók döntését. Ebből kifolyólag a színínger-érzékelés intenzitásának vagy az érzékelés minőségének csökkentését, de leginkább elfedését, elmaszkolását biztosítani kell.

Ennek egyik megoldása lehet az, hogy a bírálók be-kötött szemmel tesztelnek, és minden egyes bírálót segédszemélyzet segít a tesztelésben. Korábbi kísérletünkben ezzel szemben azt tapasztaltuk, hogy látó emberek szemük bekötésének a hatására következtelen ítéleteket hoztak [33]. Ezt a módszert azonban nem csak emiatt, hanem túlzott humán erőforrás-igénye miatt is ritkán alkalmazzák. Megoldás lehet a problémára színszűrős lencsékkel ellátott szemüvegekkel elfedni a termékek között érzékelhető színínger-különbségeket, ennek a módszernek a gyengesége azonban az emberi kíváncsiság: a bírálók ritkán tudják megállni, hogy ne pillantsanak ki a szemüveg alól, vagy ne vegyék le azt, így ez a módszer sem bizonyul megfelelő eszköznek a szín-különbségek elfedésére [34]. (Ez a módszer emiatt, valamint technikai, előállítási nehézségei miatt sem terjedt el a gyakorlatban.). A harmadik lehetséges megoldás az, hogy a mintákat italok teszteléséhez használatos, az illatanyagok koncentráálására alkalmas szűkülő szájú, tulipán alakú sötét, átlátszatlan, jellemzően színezett üvegpoharakban mutatják be. Az olívaolajok teszteléséhez például kobalt színű (kék), bizonyos esetekben piros poharakat alkalmaznak. A mintákat a kóstoló pohárhoz készült átlátszó üvegtetővel fedik le, hogy a gőztérben az aromák feldúsulhassanak. A nemzetközi szabvány külön kiemeli, hogy a tesztelő pohár nem az olívaolajok színének vagy állományának az elemzésére szolgál [35]. A megoldás legnagyobb hibája, hogy a bírálók szinte kivétel nélkül belenéznek a pohárba, észlelik a termék eredeti vizuális jellemzőit, és ez torzított értékítélre vezet. Fenti okok miatt ez a módszer is csak egy-egy speciális élelmiszer szigorú felügyelet mellett történő vizsgálatára alkalmazható, általánosításra semmiképpen sem. Számos termék kategória (frissensültek, pékáruk, csokoládék stb.) esetében ugyanis lehetetlen és életidegen a színezett üvegen keresztül való értékelés.



Egyes kutatókban felmerült a minták nedves színezőanyagokkal történő összekeverése. Ennek alkalmazása azonban korlátozott, hiszen összetett élelmiszer-mátrixok esetén a hozzáadott színezőanyagok más-más érzékszervi tulajdonságokat befolyásolhatnak, értelmetlenné téve ezáltal magát az érzékszervi vizsgálatot. Ugyanakkor az érzékszervi laboratóriumok jellemzően késztermékeket tesztelnek, amelyekbe nem is keverhetnek semmilyen élelmiszer-színezéket [34]. Az érzékszervi vizsgálatok módszertanát és általános irányelveit bemutató nemzetközi szabvány szerint a színekülönbségek hatása a színekülönbséget minimálisra csökkentő megvilágítással részben elfedhető [1]. A megvilágítás elrejtheti a színekülönbségeket és más megjelenési tényezőket azért, hogy a bírálók csupán az egyéb érzékszervi jellemzőkre vagy az adott vizsgálati anyag jellemzőinek vizuális jelek nélkül történő befogadására koncentrálhassanak [36]. A leggyakrabban a vörös fény maszkoló hatását emelik ki, amellyel hatékonyan elfedhetők például a főtt húsok árnyalatának különbségei, a sült termékek héja és egyes gyümölcsök vagy zöldecségek színe is [37]. A javasolt fénycsövek spektrális jellemzői sajnálatos módon nem teszik lehetővé a különböző színű és világosságú élelmiszer-minták szinterjedelmében található különbségek elfedését. A gyakorlatban alkalmazott színes fénycsövek színe (spektrális összetétele) és fényerőssége, színhőmérséklete nem változtatható.

A szakirodalmi eredmények alapján megállapítható, hogy az érzékszervi vizsgálatok esetében egyelőre nem beszélhetünk a vizuális különbségek hatékony elfedésére alkalmazható megfelelő módszerről.

Az eddigiekben felsorolt problémák kiküszöbölésére a megfigyelés paramétereinek optimalizálásával (szemrevételezési geometria, fényforrás fotometrikus és spektrális jellege, szem adaptációs állapota) és érzékszervi validálásával az adott terméktípusra specifikált, spektrálisan állítható világítási rendszer adhat teljesskörű megoldást.

#### A kutatás célkitűzései:

1. Érzékszervi bírálók színlátásának tesztelése: színlátás helyesség, színárnyalat-vizsgálat, kontrasztérzékenység, színdiszkriminációs képesség vizsgálata;
2. Zöld és fekete tea (*Camellia sinensis* L.) főzeteinek spektrális tulajdonságainak meghatározása;
3. Maszkolás hatásának tesztelése; bírálók színdiszkriminációs képességének (legkisebb észlelhető küszöbérték) meghatározása a termékcsoporthoz kapcsolódó referencia színpontokhoz képest, a maszkoló világítás mellett, illetve anélkül.

#### 3. Anyag és módszer

A vizsgálatba bevont mintáknál az volt a célunk, hogy az egyes teatermesztő országok és teatermelő területek a jelentőségük súlyának megfelelően legyenek reprezentálva (2. táblázat, 3. táblázat).

A teaminták transzmissziós értékeit spektrofotometriás mérésekkel határoztuk meg (UV-1600/VIS, AOE Instruments). A transzmissziós méréseket a látható tartományban 360-760 nm-ig tartó hullámhosszokon

2. táblázat. A vizsgálatba vont zöld tea-minták  
Table 2. Green tea samples included in the study

Sorszám No.	Tea neve Tea name	Ország Country	Tartomány Province
1	Fukamushi Sencha	Japán / Japan	Uji
2	Gyokuro Jikagise	Japán / Japan	Uji
3	Gyokuroh Gokoh	Japán / Japan	Uji
4	Gyokuro Karigane	Japán / Japan	Uji
5	Sencha Shiruki	Japán / Japan	Uji
6	Matcha Jikagise	Japán / Japan	Uji
7	Mengding Ganlu	Kína / China	Sichuan
8	Xihu Longjing	Kína / China	Zhejiang
9	Formosa Bi Luo Chun	Taiwan	Ismeretlen / Unknown
10	GABA Green	Taiwan	Ismeretlen / Unknown
11	Tien Shan Maojian	Kína / China	Jianshu
12	Lu Shan Yun Wu	Kína / China	Jianshu
13	Yunnan Bi Luo Chun	Kína / China	Yunnan
14	Green Jade	Kína / China	Fujian
15	Qing Zhen (Zöld tűk / Green needles)	Kína / China	Yunnan

végeztük, 5 nm-es felbontással. A tea főzeteit a nemzetközi szabványnak megfelelő módon készítettük el [38]. A tea főzetek elkészítése után a teamintákat 5 ml-es küvetákba pipettáztuk, majd küvettafedővel lefedtük. A spektrofotometriás mérésekhez minden mintából öt párhuzamos mintát készítettünk, amelyeket az érzékszervi tesztekhez is felhasználtunk.

A bírálók színlátásának tesztelésekor a releváns nemzetközi szabványok előírásai voltak irányadók [2, 3]. Ezeknek megfelelően hígítási soros színtesztet, pszeudo-izokromatikus színfelismerés tesztet (Ishihara), színárnyalat megkülönböztető-képesség tesztet, műszeres színlátás vizsgálatot (OCULUS 47700 Heidelberg MultiColor anomaloszkóp), valamint kontrasztérzékenység és általános színdiszkriminációs-képesség tesztet (Cambridge Research System, Visage-rendszer) végeztünk.

A spektrálisan hangolható mérőállomás a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékén épült meg. A mérőállomás öt különböző csúcs-hullámhosszú LED-fényforrást – vöröset (640 nm), zöldet (530 nm), kéket (460 nm), borostyánt (590 nm), semleges fehérét – tartalmaz. Minden egyes

LED-csatorna intenzitás-értéke 0-255 között állítható, így lényegében tetszőleges számú megvilágítás tesztelhető. Az 1,5 x 1 x 1 méter befoglaló méretekkel rendelkező installációban négy rögzített panelre szerelve ötféle teljesítménytípusú LED található. A doboz 1 cm anyagvastagságú diffúz, nagy reflexiót biztosító fa bútorlemezről készült. A panelek forgathatók, két ajtó segítségével hozzáférhetőek. A dobozban megtalálható további két terelő elem is, ezek a fényforrásokat takarják el a betekintésnél, valamint javítják az alsó lap homogenitását. A rendszer sematikus felépítését az alábbi, **1. ábra** mutatja.

A fényforrások a mérőállomás egy-egy sarkában helyezkednek el, az emittált fény többszörös reflexió után, a fehér falakról kerül a munkatérbe. A homogenitás miatt a panelek a falakkal 45°-ot zárnak be. Szemből nézve az installáció elülső felületén egy nagy nyílás található, ez biztosít hozzáférést a szerkezet belsejében lévő munkatérhez. A tágas munkatérben a panelek pozicionálása okán a fény-sűrűség eloszlása mind a vízszintes alsó felületen, mind a hátsó falon egyenletes. Ebbe kényelmesen behelyezhetőek a teaminták, a megfelelő megvilágítás mellett pedig azok színei is vizsgálhatók. A vezérlés két darab Arduino Uno mikrokontroller segít

3. táblázat. A vizsgálatba vont fekete tea-minták  
Table 3. Black tea samples included in the study

Sorszám No.	Tea neve Tea name	Ország Country	Tartomány Province
1	GABA Black	Taiwan	-
2	Jin Xuan Black	Taiwan	-
3	Alishan Black	Taiwan	-
4	Assam Black	Taiwan	-
5	Fuliangi vörös / <i>Fuliang red</i>	Kína / <i>China</i>	Fujian
6	Yixingi vörös / <i>Yixing red</i>	Kína / <i>China</i>	Jianshu
7	Bai Lin Gongfu	Kína / <i>China</i>	Fujian
8	Lapsang Souchong (édes / <i>sweet</i> )	Kína / <i>China</i>	Fujian
9	DaYaYin	Kína / <i>China</i>	Yunnan
10	Simao Aranyfonál / <i>Simao Golden thread</i>	Kína / <i>China</i>	Yunnan
11	Yongde Öregfás Vörös / <i>Yongde Old wood red</i>	Kína / <i>China</i>	Yunnan
12	Golden Monkey	Kína / <i>China</i>	Fujian
13	Darjeeling MONIPUR Assam	India	Monipur Assam
14	Darjeeling TINDERET	Kenya	Tinderet
15	HIMALAYA Darjeeling	India	Himalaya
16	NUWARA Eliya	Sri Lanka	Nuwara Eliya
17	UVA Highlands UVA Pekoe	Sri Lanka	UVA Highlands
18	Darjeeling Naaibaizi	India	Naaibaizi
19	Sri Lanka Pettyagalla	Sri Lanka	Pettyagalla
20	Assam Golden leaf (blend)	India	Assam



ségével történik. A programban a LED-eket 0-255-ig terjedő skálán lehet beállítani, amit a mikrokontroller impulzusszélesség-modulációval valósít meg, azaz a LED-ek fényerejének állítása a kitöltési tényező változtatásával történik. A megvalósított LED-mérőrendszer arduinóval vezérelt, homogén fényeloszlású, spektrálisan hangolható [40]. Élelmiszerek színének észlelésével kapcsolatban több kutatócsoport közleménye is felhívja a figyelmet a multispektrális megközelítés szükségességére [41], valamint a hiperspektrális képalkotó módszerek relevanciájára [42, 43, 44].

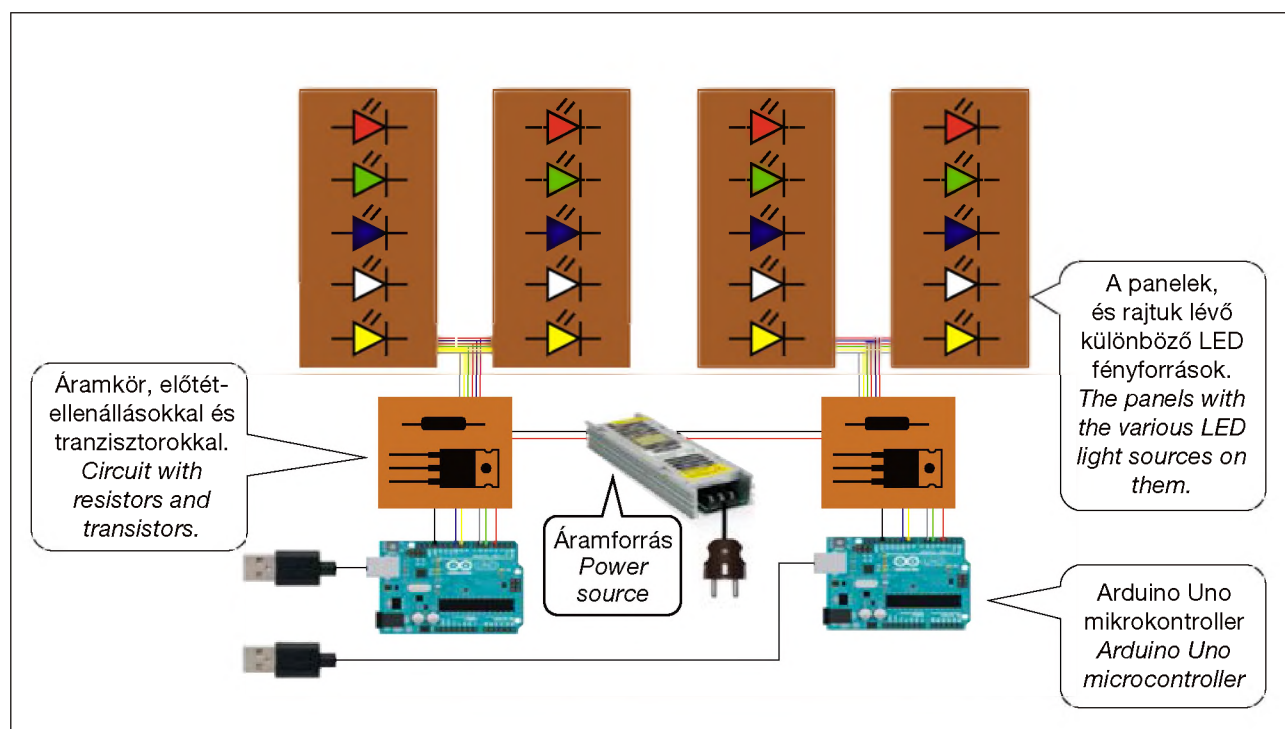
A bírálókat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és a Szent István Egyetem látó hallgatói közül választottuk ki. Az érzékszervi vizsgálatokhoz háromszög-tesztet alkalmaztunk, amely az egyik legérzékenyebb különbségvizsgálati módszer; kis különbségek kimutatására is alkalmas, és a bíráló érzékszerveinek mérsékelt igénybevételét feltételezi. A háromszög-próba logikája az „itt a piros hol a piros”-elvet követi két minta (A és B) különbözőségének vagy hasonlóságának a megállapítására, ahol a bíráló minden esetben három mintát kapnak. A feladat az eltérő minták azonosítása.

A vizsgálat során bizonyos teaitalokat hasonlítottunk össze. A bíráló egymástól időben elkülönítve, különböző megvilágítások alatt tesztelték a kuvettákban lévő teamintákat úgy, hogy az egyes kuvetták 6 cm-re helyezkedtek el egymástól. Az eredményeket Microsoft Excel programba rögzítettük, majd a vonatkozó szabvány szerint kiértékeljük. Az értéke-

léshez a binomiális tételt és a szekvenciális eljárást alkalmaztuk [38, 39]. Első lépésben a teamintákat az érzékszervi vizsgálatok módszertanait és általános irányelveit bemutató nemzetközi szabvány által javasolt mesterséges napfénynek megfelelő szín-hőmérsékletű (D65) megvilágítás mellett teszteltük [1]. Második lépésben a különböző maszkoló megvilágításokat állítottuk össze és azok hatékonyságát ellenőriztük. Az érzékszervi vizsgálatok során természetesen csak azokat a mintapárokat vizsgáltuk maszkoló fény alatt, amelyek a szabványos („mesterséges napfény”) fényforrás (D65) alatt különbözőséget mutattak.

#### 4. Eredmények és következtetések

A tea-főzetek transzmissziós értékeinek átlagát mind a zöld teákra, mind a fekete teákra vonatkozóan ábrázoltuk. A zöld teák spektrumainak karakterisztikái nagyon hasonlóak voltak: fényt elsősorban a nagyobb hullámhosszokon engedtek át, míg az alacsonyabb hullámhosszokon kevésbé vagy egyáltalán nem. A különböző típusokat maximális áteresztés szerint csoportosítottuk. Egyesek maximális transzmissziója 80 és 90% között mozgott, másoké 30-50% közötti értéket mutatott. A teaminták általában a transzmisszió mértékében különböztek. A japán Uji tartományból származó Matcha Jikagise teát (6. minta) őrleményből készítettük, emiatt színében és állagában jelentős eltérést tapasztaltunk a tealevélből készített főzetekhez képest: átlátszatlan és élénk világoszöld színű volt (2. ábra).

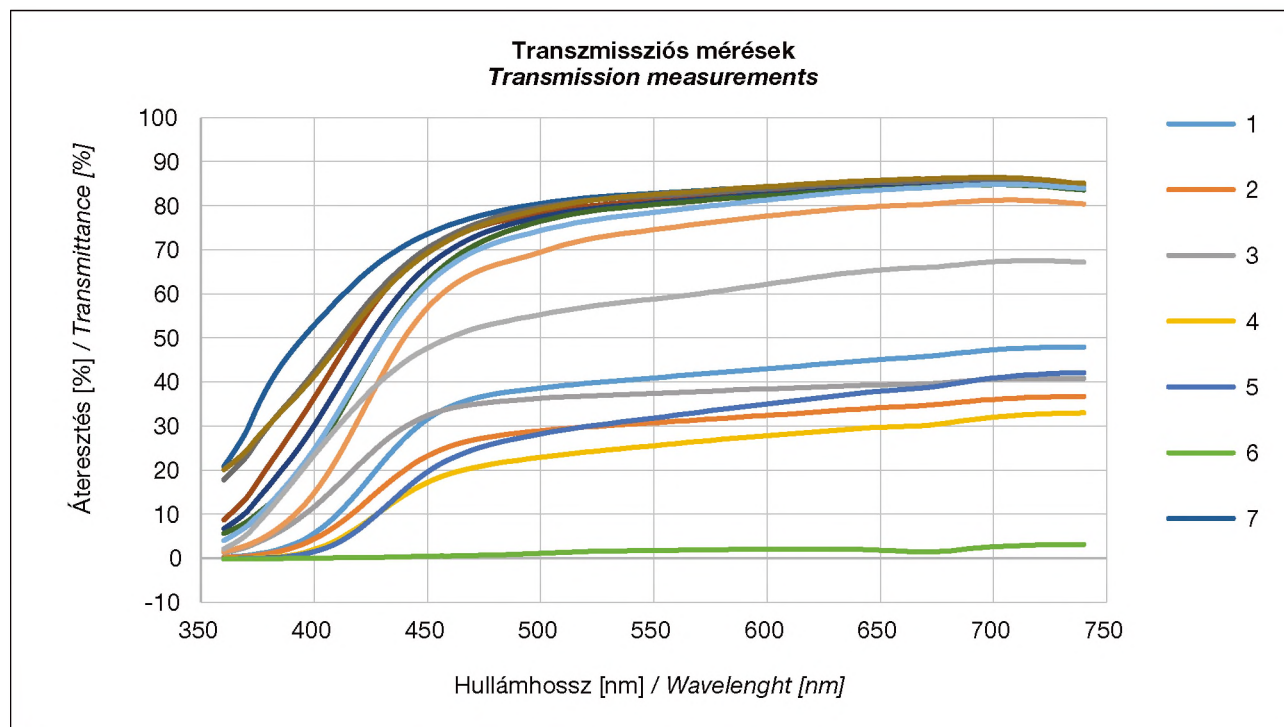


1. ábra. Spektrálisan hangolható mérőállomás sematikus felépítése  
Figure 1. Schematic structure of the spectrally adjustable measuring station

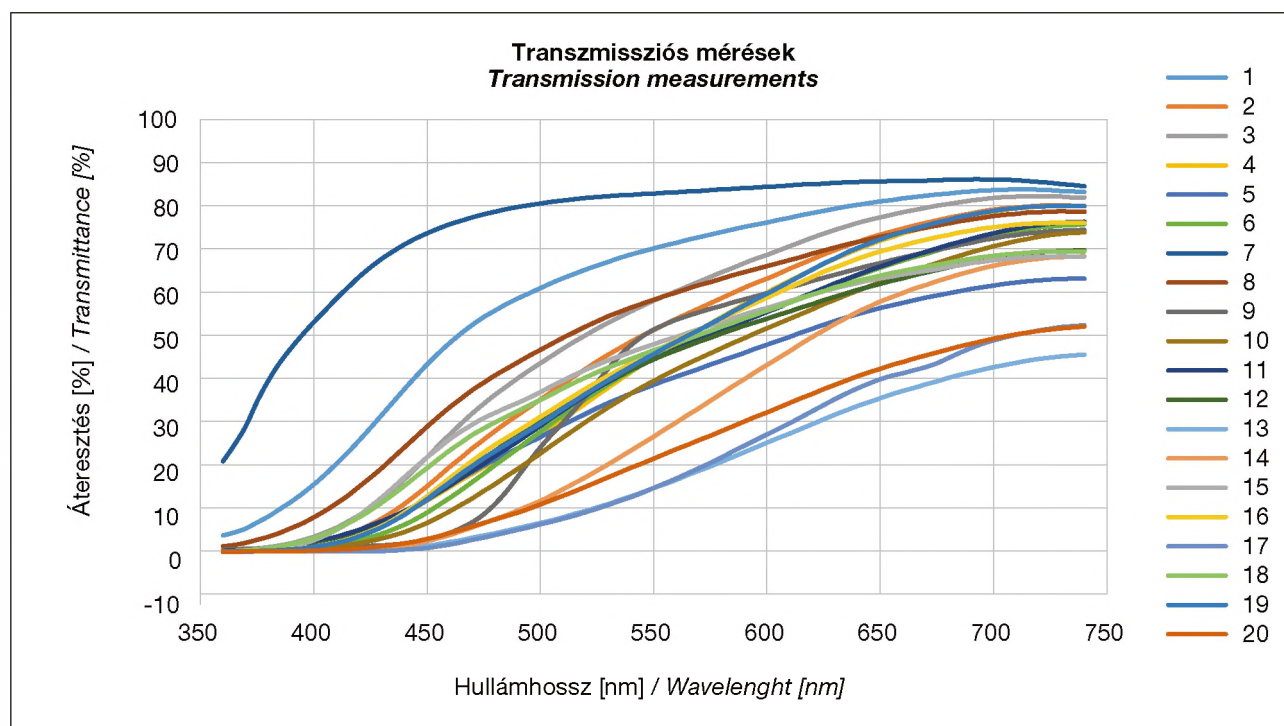
A transzmissziós spektrumok a fekete teák esetében is a hosszabb hullámhossztartományokon rendelkeztek nagyobb fényáteresztéssel, míg a rövidebb hullámhosszokon fokozatosan csökkent a transzmittanciájuk. A görbék jellege mindegyik mintánál hasonlóképpen alakult. Látható ugyanakkor, hogy a fekete teák esetében a színigerek között többféle variáció létezik, a spektrumvonalak pedig keresztezik egymást (3. ábra).

A kísérletben résztvevő érzékszervi bírálók normál látással rendelkeztek, így az összes résztvevő folytathatott minden további érzékszervi vizsgálatot.

A zöld teák esetében valamennyi mintapár (5-14, 14-11, 4-7, 3-9, 1-10) a D65-ös megvilágítás alatt mutatott különbséget (4-5. táblázat). A szekvenciális (grafikus) kiértékelés alapján az összes helyes válasz száma az elutasítási határegyenestől fölé esett. A bino-



2. ábra. A zöld teák transzmissziós spektrumai  
Figure 2. Transmission spectra of green teas



3. ábra. A fekete teák transzmissziós spektrumai  
Figure 3. Transmission spectra of black teas



miális eljárás eredménye szerint a kiszámított valószínűségi érték a meghatározott 0,05 alá esett, ezért a H<sub>0</sub>-t (null-hipotézist) elutasítva 95%-os valószínűséggel állíthatjuk, hogy látó bírálók esetében a két minta között statisztikailag igazolható érzékszervi különbség adódott. A háromszög-próba során 95%-os szignifikancia szintnél a maszkolás beállításainak elfogadhatósága érdekében 27 vizsgálatból legalább 14 helytelen válasz szükséges (ami ebben az esetben azt jelenti, hogy a bíráló helytelenül választja ki az eltérő mintá[ka]t).

A tökéletes maszkolás azt jelenti, hogy mind színárnyalatban, mind világosságban sikerült elmaszkolni a minták közötti különbségeket. Ez a 2. beállítás segítségével az 5-14-es mintapár esetében valósult meg. A szekvenciális kiértékelés alapján az összes helyes válasz száma az elfogadási határegyenes alá esett. A binomiális eljárás eredménye szerint a számított valószínűségi érték a meghatározott 0,05 felett volt, ezért a H<sub>0</sub>-t elfogadjuk, azaz 95%-os valószínűséggel állíthatjuk, hogy normál látó bírálók esetén nem adódott statisztikailag igazolható érzékszervi különbség a két teaminta között. Az 5-14 és a 14-11-es mintapárok esetében az 1. és a 3. beállítás részben elmaszkolta a különbségeket.

A fekete teák esetében a zöld tea-vizsgálatok hasonló logikáját alkalmaztuk. Először D65 megvilágítás, majd különböző maszkoló megvilágítások mellett végeztük a mintapárok háromszög-próbáit (6-7. táblázat). Míg a zöld teák esetében több LED-csatomát használtunk a megvilágítás létrehozásához, addig a fekete teák esetében elegendőnek tűnt egy-egy spektrum alkalmazása, ezért a maszkolásra csupán vörös, zöld, kék és borostyánsárga LED-eket használtunk. A fekete teák esetében minden mintapár (11-15, 3-4, 2-12, 1-9, 7-19, 14-20) a D65-ös megvilágítás alatt mutatott különbséget. A szekvenciális (grafikus) kiértékelés alapján az összes helyes válasz száma az elutasítási határegyenes fölé esett. A binomiális eljárás eredménye szerint a számított valószínűségi érték a meghatározott 0,05 alatt volt, ezért a H<sub>0</sub>-t elutasítva 95%-os valószínűséggel állíthatjuk, hogy látó bírálók esetén a két minta között statisztikailag igazolható érzékszervi különbség adódott. A háromszög-próba során 95%-os szignifikancia szintnél a maszkolás beállításainak elfogadhatósága érdekében 27 vizsgálatból legalább 14 helytelen válasz szükséges (ami ebben az esetben azt jelenti, hogy a bíráló helytelenül választja ki az eltérő mintá[ka]t).

4. táblázat. A zöld teák maszkolási hatékonyságának jellemzése a helytelen válaszok segítségével (maszkoló beállítások mellett)

Table 4. Characterization of the masking effectiveness of green teas with the help of incorrect answers (with masking settings)

Mintapárosítások Sample pairs	D65	1. beállítás (110-0-0-160) Setting 1 (110-0-0-160)	2. beállítás (255-0-0-45) Setting 2 (255-0-0-45)	3. beállítás (155-0-55-065) Setting 3 (155-0-55-065)	4. beállítás (205-25-25-0-0) Setting 4 (205-25-25-0-0)	5. beállítás (90-120-230-255-90) Setting 5 (90-120-230-255-90)
Sencha Shiruki - Green Jade (5-14)	3 db 3 pcs	12 db / 12 pcs	24 db* 24 pcs*	9 db / 9 pcs	9 db / 9 pcs	3 db / 3 pcs
Tien Shan Maojian - Green Jade (11-14)	3 db 3 pcs	12 db / 12 pcs	9 db / 9 pcs	9 db / 9 pcs	12 db / 12 pcs	3 db / 3 pcs
Gyokuro Karigane - Mengding Ganlu (4-7)	0 db 0 pcs	0 db / 0 pcs	3 db / 3 pcs	3 db / 3 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs
Gyokuroh Gokoh - Formosa Bi Luo Chun (3-9)	0 db 0 pcs	0 db / 0 pcs	6 db / 6 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs
Fukamushi Sencha - GABA Green (1-10)	0 db 0 pcs	3 db / 3 pcs	3 db / 3 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs

\*A maszkolás hatása szignifikáns (95%-os) szignifikancia szint mellett

\*Effect of masking at a significant (95%) significance level

5. táblázat. A zöld tea-főzetekre alkalmazott maszkoló fények (0-255)

Table 5. Masking lights applied to green tea infusions (0-255)

	Vörös Red	Zöld Green	Kék Blue	Fehér White	Borostyán Amber
1. beállítás / Setting 1	110	0	0	0	160
2. beállítás / Setting 2	255	0	0	0	45
3. beállítás / Setting 3	155	0	55	0	65
4. beállítás / Setting 4	205	25	25	0	0
5. beállítás / Setting 5	90	120	230	255	90

A tökéletes maszkolást a 14-20-as mintapár esetében a kék megvilágítás mellett, valamint a 3-4-es mintapár esetében a vörös megvilágítás mellett sikerült megvalósítani; ennek tényét a szekvenciális kiértékelés és a binomiális tétel kiértékelése is alátámasztotta. Tanulságos volt, hogy a 14-20-as tea-főzet-pár színingerben közel áll egymáshoz, hiszen ebben a párosításban minden színes környezetben történt tévesztés.

Az elmaszkolások több esetben eltüntették a színkülönbségeket, a bírálók döntési idejét pedig 4-8-szorosára növelték. A világosságból adódó különbségek észlelhetők maradtak. A kutatási eredmények rávilágítottak arra, hogy amennyiben a minták közötti színinger-különbség számottevő, úgy a maszkolóhatás nem valósítható meg. A részleges elmaszkolás abból eredhet, hogy nem csak a színmaszkolás, hanem a világosság elmaszkolása is szükséges; ezt a jövőben különböző erősségű megvilágításokkal célszerű tesztelni.

A zöld-, illetve a fekete tea-mintákra azért nem lehetett minden igényt kielégítő maszkoló fényt összeállítani, mert a minták között nem színezetben vagy telítettségben adódott különbség, hanem világosságban; ezt a különbözőséget pusztán a megvilágítás változtatásával nem lehetett eltüntetni. A zöld teák spektrumainak karakterisztikái a fekete teák saját transzmittancia-görbéihez képest egymáshoz jobban hasonlító görbeseregből álltak. A zöld teák transzmissziós görbéi általában a fényáteresztés mértékében különböztek egymástól, de csaknem párhuzamosak voltak. A fekete teák esetében viszont a színigerek között több variáció adódott, a spektrumok keresztezték egymást. A műszeres szín-mérések igazolták azt a feltevést is, miszerint a teák színparaméterei relatíve gyorsan változnak, ezért a tesztek a teaital elkészítése után célszerű a lehető legrövidebb időn belül elvégezni.

6. táblázat. A fekete teák maszkolásának hatékonyságának jellemzése a helytelen válaszok segítségével (maszkoló beállítások mellett)

Table 6. Characterization of the masking effectiveness of black teas with the help of incorrect answers (with masking settings)

Mintapárosítások Sample pairs	D65	1. beállítás vörös LED Setting 1 red LED	2. beállítás zöld LED Setting 2 green LED	3. beállítás kék LED Setting 3 blue LED	4. beállítás borostyán LED Setting 4 amber LED
Yongde Öregfás Vörös - HIMALAYA Darjeeling (11-15) Yongde Old wood red - HIMALAYA Darjeeling (11-15)	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs
Alishan Black - Assam Black (3-4)	0 db / 0 pcs	15 db* / 15 pcs*	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	3 db / 3 pcs
Jin Xuan Black - Golden Monkey (2-12)	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	3 db / 3 pcs	9 db / 9 pcs
GABA Black - DaYaYin (1-9)	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs
Bai Lin Gongfu - Sri Lanka Pettyagalla (7-19)	0 db / 0 pcs	3 db / 3 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	12 db / 12 pcs
Darjeeling TINDERET - Assam Golden leaf (blend) (14-20)	0 db / 0 pcs	12 db / 12 pcs	3 db / 3 pcs	18 db* / 18 pcs*	12 db / 12 pcs

\* A maszkolás hatása szignifikáns (95%-os) szignifikancia szint mellett

\* Effect of masking at a significant (95%) significance level

7. táblázat. A fekete tea főzetekre alkalmazott maszkoló fények (0-255)

Table 7. Masking lights applied to black tea infusions (0-255)

	Vörös Red	Zöld Green	Kék Blue	Fehér White	Borostyán Amber
1. beállítás / Setting 1	255	0	0	0	0
2. beállítás / Setting 2	0	255	0	0	0
3. beállítás / Setting 3	0	0	255	0	0
4. beállítás / Setting 4	0	0	0	0	255
5. beállítás / Setting 5	0	0	0	0	0



## 5. Összegzés

Összefoglalásképpen megállapítható, hogy a különböző származású teanövényből (*Camellia sinensis* L.) előállított italok esetében a látó bírálók számára specifikált legkisebb észlelhető küszöbérték színelmaszkolásával, valamint a spektrális jellemzők meghatározásával a vizuális percepció-különbségek bizonyos színinger-különbségű mintapárok között részben vagy egészen elfedhetők. Ennek köszönhetően a tökéletes maszkoló megvilágítás alatt a percepcióból adódó elváráshibák nem torzítják a teaitalok egyéb érzékszervi jellemzőinek (illat, íz, állomány és szájbevonó) hatás-megítélését. A részleges elmaszkolás a színekülönbségeket több esetben el-tünteti, a bírálók döntési idejét 4-8-szorosára növeli, ugyanakkor a világosságból adódó különbségek továbbra is észlelhetők. A kutatás eredményei alapján ajánlott a műszer vizsgálati terének részekre bontásával történő további fejlesztése. Az így kialakított egyes térrészekben szoftver segítségével állítható a LED-típusok fényerőssége annak érdekében, hogy minden relatív vezérlési értéken ugyanazt a színinger-hatást érzük el.

Az eredmények az érzékszervi vizsgálatok nemzetközi, hazai és akkreditált élelmiszervizsgálati gyakorlatában azonnal hasznosíthatók, hiszen segítségükkel lehetővé válik, hogy a vizsgált élelmiszer vizuális jellemzői ne befolyásoljanak más érzékszervi jellemzőket. A spektrálisan hangolható mérőállomás színelmaszkolásával, valamint az érzékszervi bíráló-csoport együttes alkalmazásával további élelmiszer- és terméktípusokra (ketchupok, barbecue szószok, mustárok, joghurtok, fehér-, rozé- és vörös borok, sörök, tejszokoládék, tojáslevek stb.), termékspecifikusan határozhatók meg a spektrális jellemzők.

## 6. Köszönetnyilvánítás



A kutatás a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával, valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-4 Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült. Nyitrai Ákos köszönetét fejezi ki az Élelmiszertudományi Doktori Iskola részére.