



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

Sipos László¹, Nyitrai Ákos¹, Szabó Dániel¹, Dominek Márk², Urbin Ágnes², Nagy Balázs Vince²

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 színingerkülönbségű 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,

¹ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Árukezelési és Érzékszervi Minősítési Tanszék

² 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 alakitani 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, fás szárú, 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. Leveli egyszerűek, jellemzően tojásdad alakúak, csúcsaik hegyesek, szórta állók. A levelek bőrszerűek, fényesek, fiatalon szőrösök. 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 egyesével 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 találhatók, 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 határolhatók, 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 elérheti 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 elérheti a 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. Összességében 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

ISO 7513:1990 Instant tea insolidform -- Determination of moisture content (loss in mass at 103 degrees C)	90.93	67.140.10
ISO 7513:1990/Amd 1:2012	60.60	67.140.10
ISO 7514:1990 Instant tea insolidform -- Determination of total ash	90.93	67.140.10
ISO 7516:1984 Instant tea insolidform -- Sampling	90.93	67.140.10
ISO 9768:1994 Tea -- Determination of water extract	90.93	67.140.10
ISO 9768:1994/Cor 1:1998	60.60	67.140.10
ISO 9884-1:1994 Tea sacks -- Specification -- Part 1: Reference sack for palletized and containerized transport of tea	90.93	67.140.10 55.080
ISO 9884-2:1999 Tea sacks -- Specification -- Part 2: Performance specification for sacks for palletized and containerized transport of tea	90.93	67.140.10 55.080
ISO 10727:2002 Tea and instant tea insolidform -- Determination of caffeinecontent – Method using high-performance liquid chromatography	90.93	67.140.10
ISO 11286:2004 Tea -- Classification of grades by particle size analysis	90.93	67.140.10
ISO 11287:2011 Green tea -- Definition and basic requirements	90.93	67.140.10
ISO/TR 12591:2013 White tea -- Definition	90.92	67.140.10
ISO 14502-1:2005 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
ISO 14502-1:2005/Cor 1:2006	60.60	67.140.10
ISO 14502-2:2005 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
ISO 14502-2:2005/Cor 1:2006	60.60	67.140.10
ISO 15598:1999 Tea -- Determination of crude fibre content	90.93	67.140.10
ISO 19563:2017 Determination of theanine in tea and instant tea insolid for musinghigh-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 csoport 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, légcseré 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”) ízt kapunk, 95 °C-on 20 percig forralva pedig kellemtelen, 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 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) inger-specifikus 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 idegpályáin 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 (színdiszkrimináció), mind a színfelismerési képesség (színidentifikáció) jóval gyengébb, mint az ép látóknál. Az érzékszervi vizsgálatok a színtévesztés mérésére általában a pszeudo-izokromatikus tesztek alkalmazását (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 (elvárás hibát) 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 fagyalaltot 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 színin-gere ne befolyásolja a bírálók döntését. Ebből kifolyólag a színinger-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 következetlen 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 színinger-különbségeket, ennek a módszernek a gyengégsége 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 koncentrálására alkalmas szűkülő szájú, tulipán alakú sötét, átlátszatlan, jellemzően színezett üvegpoharakban mutatják be. Az olívaolajok teszteléséhez például kobalt színű (kékes), 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 értékítéllethez 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 zöltségek színe is [37]. A javasolt fénycsövek spektrális jellemzői sajnálatos módon nem teszik lehetővé a különböző színű és világosságú élelmiszer-minták színterjedelmében 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 termék típusra 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 bútorlemezéből 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 biztosítja 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].

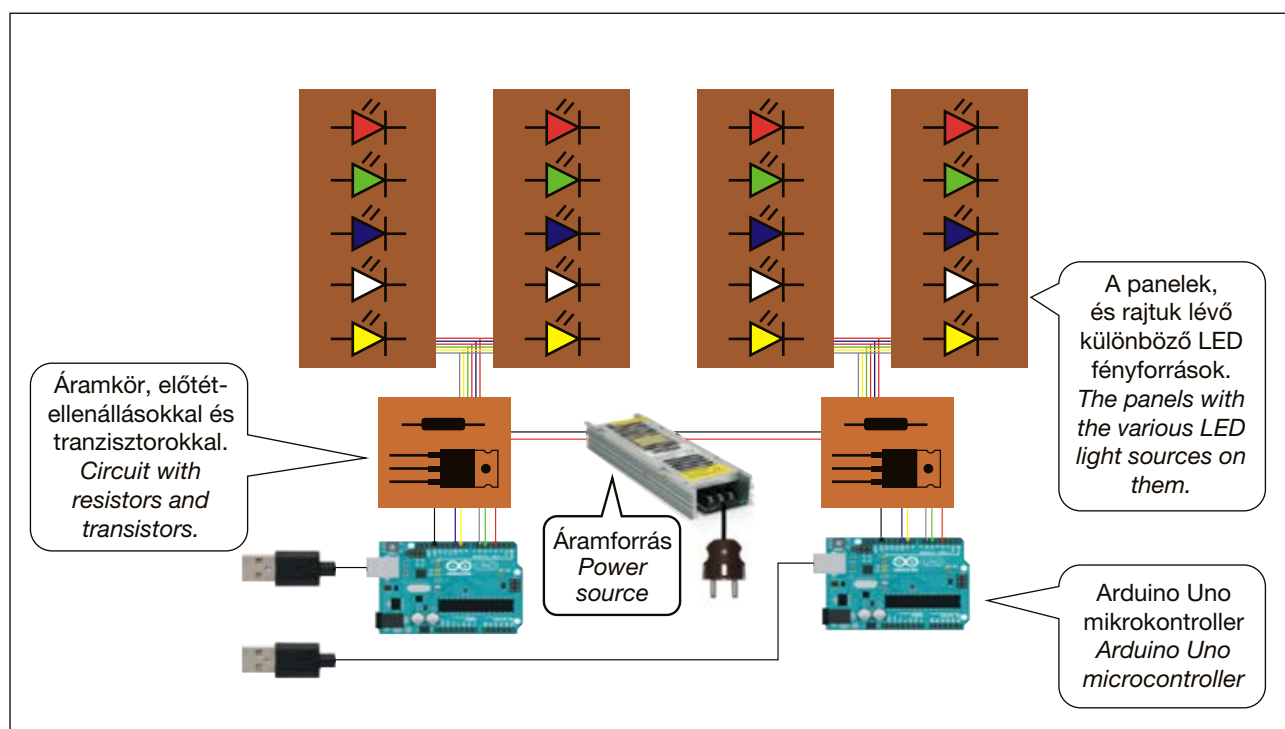
A bírálókat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és a Szent István Egyetem látó hallgatói közül választottuk ki. Az érzékszervi vizsgálatokhoz háromszög-tesztet alkalmaztunk, amely az egyik legérzékenyebb különbségvizsgálati módszer; kis különbségek kimutatására is alkalmas, és a bíráló érzékszerveinek 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 bírálók minden esetben három mintát kapnak. A feladat az eltérő minták azonosítása.

A vizsgálat során bizonyos teaitalokat hasonlítottunk össze. A bírálók egymástól időben elkülönítve, különböző megvilágítások alatt tesztelték a kúvetákban lévő teamintákat úgy, hogy az egyes kúveták 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 színhőmérsékletű (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 tealevelből készített főzetekhez képest: átlátszatlan és élénk világoszöld színű volt (2. ábra).

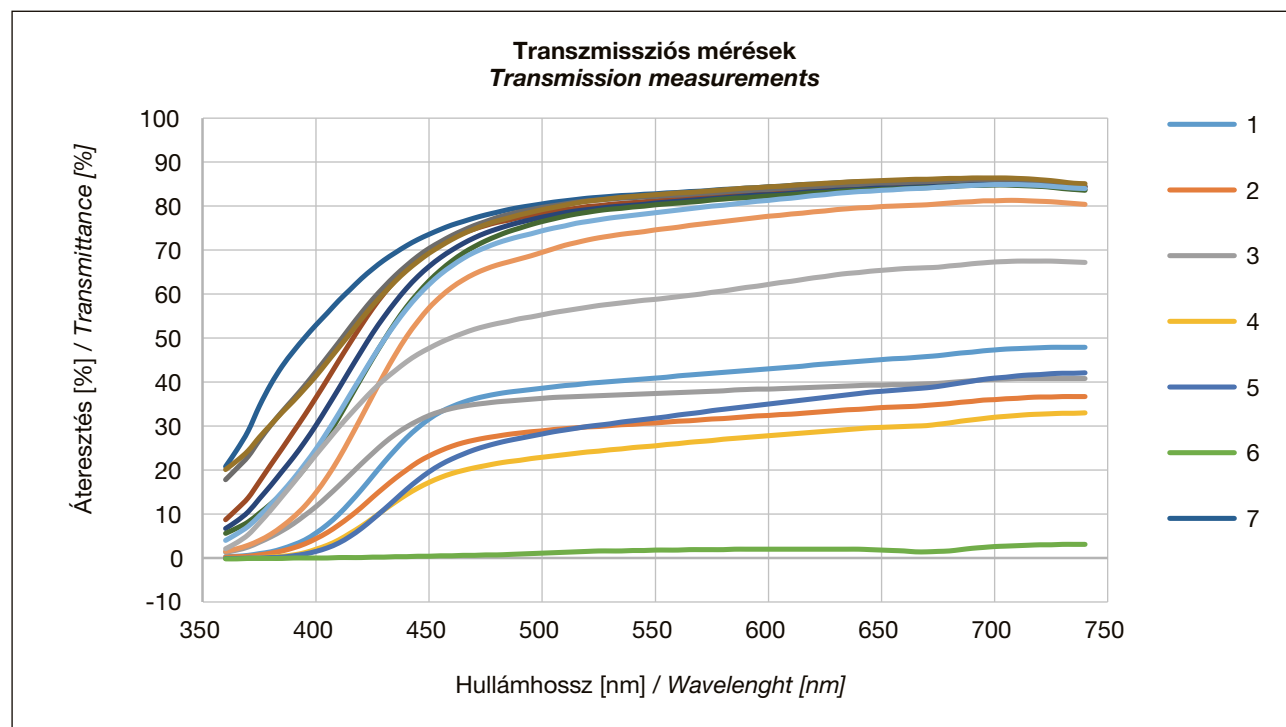


1. ábra. Spektrálisan hangolható mérőállomás sematikus felépítése
Figure 1. Schematic structure of the spectrally adjustable measuring station

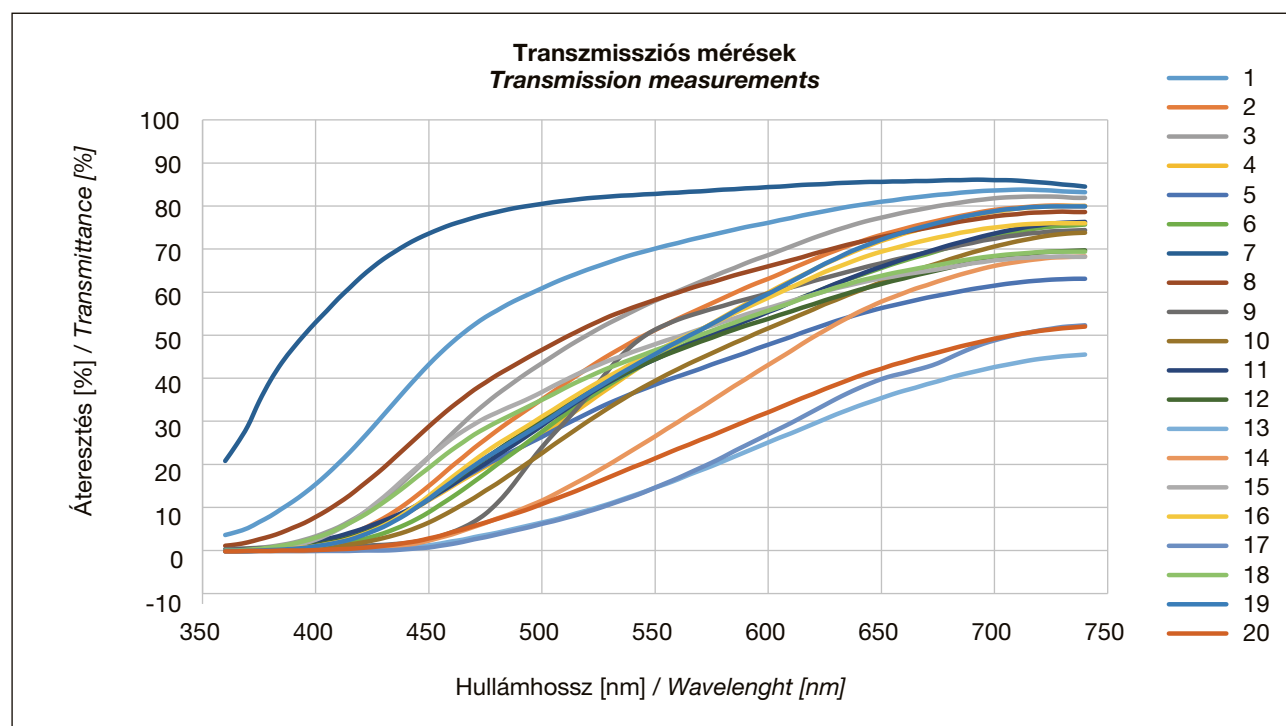
A transzmissziós spektrumok a fekete teák esetében is a hosszabb hullámhossztartományokon rendelkeztek nagyobb fényáteresztéssel, míg a rövidebb hullámhosszokon fokozatosan csökkent a transzmittanciájuk. A görbék jellege mindegyik mintánál hasonlóképpen alakult. Látható ugyanakkor, hogy a fekete teák esetében a színingerek 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 határegyenes 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 H₀-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 H₀-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-csatornát 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 H₀-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 színíngereiben közel áll egymáshoz, hiszen ebben a párosításban minden színes környezetben történt tévesztés.

Az elmaszkolás 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 színínger-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 különbséget pusztán a megvilágítás változtatásával nem lehetett eltüntetni. A zöld teák spektrumainak karakterisztikái a fekete teák saját transzmittancia-görbéihez képest egymáshoz jobban hasonló görbeseregből álltak. A zöld teák transzmissziós görbéi általában a fényáteresztés mértékében különböztek egymástól, de csaknem párhuzamosak voltak. A fekete teák esetében viszont a színíngerek 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 teszteket 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 Pettygalla (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 elvárás hibák nem torzítják a teaitalok egyéb érzékszervi jellemzőinek (illat, íz, állomány és szájbevonó) hatás-megítélését. A részleges elmaszkolás a színkülönbségeket több esetben eltünteti, 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 érjük 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.

AUTOMATA ELEMENALIZÁTOROK

C · H · N · S · O · Cl TIC · TOC · TN · TP

A MIKRO ANALITIKÁTÓL ... A MAKRO ELEMZÉSIG
ELEMENALIZÁTOROK & TÖMEGSPEKTROMÉTEREK
110 év gyártói tapasztalatával

vario sorozat: univerzálisan alkalmazható multi elemalazítók
 MICRO - FÉLMACRO - MACRO beméréssel

trace sorozat:
 nyomelemzés



rapid sorozat: Rutin kezelésű berendezések dedikáltan egyes felhasználói területekre optimalizálva analízis költség, mérési idő és érzékenység tekintetében

N / fehérje analizátorok

speciális elemalazítók



Természetes izotóp arány és elemösszetétel mérő analizátorok:
 Termékeredet vizsgálat, kriminológia, drog- és dopping felderítés, geológia



TOC / TIC / TC analizátorok:
 ppm és ppb tartomány, össz-N és össz.-P mérés

INDUCTAR sorozat:
 elemalazítás fémekben és kerámiákban



SZÉLESKÖRŰ ALKALMAZÁSI TERÜLET



AGRÁR
MÉRÉSEK



KÉMIAI
ÖSSZETÉTEL



ENERGIA
IPAR



KÖRNYEZET-
VÉDELEM



KRIMINOLÓGIA
EREDET MÉRÉS



ANYAG-
VIZSGÁLAT



elementar
 Analysensysteme GmbH
 EXCELLENCE IN ELEMENTS
 www.elementar.de



AKTIV INSTRUMENT Kft.
 ANALITIKAI BERENDEZÉSEK, AUTOMATA ANALIZÁTOROK
 1145 Budapest Pétervárad u. 14.
 Tel.: (1)-789-2778, Fax: (1)-785-8489
 Mail: kozpont@aktivinstrument.hu
 web: www.aktivinstrument.hu

László Sipos¹, Ákos Nyitrai¹, Dániel Szabó¹, Márk Dominek², Ágnes Urbin²,
Balázs Vince Nagy²

Received: August 2019 – Accepted: December 2019

*Organoleptic validation of a color masking system specified for green and black tea (*Camellia sinensis* L.) brews*

KEYWORDS: LED, masking, illumination, expectation error, test geometry, color blindness

1. SUMMARY

Numerous studies focusing on organoleptic tests have shown that the visual characteristics of the product under study cause a preconception (expectation error) in the judge, which distorts the perception of the other sensory characteristics to varying degrees. In cases where the rating is not based on visual judgment, it is advisable to ensure test conditions where it can be ruled out that the color stimulus of the product does not influence the decision of the judges [1]. Consequently, it is necessary to reduce the intensity of color sensation or the quality of the sensation, but most of all to mask them. The methods widely used in practice (blindfolding, colored vessels, colored lenses, etc.) are subject to distortions, therefore, a spectrally adjustable lighting system specified for the types of the given product can provide a solution to eliminate these by optimizing the parameters of the observation and by the sensory validation of them. The said spectrally adjustable LED measuring system with a homogeneous light distribution is controlled by arduino (an open-source electronic prototyping platform enabling users to create interactive electronic objects – ed.).

In our study, the organoleptic validation of a color masking system specified for green and black tea (*Camellia sinensis* L.) brews is presented. Participants of the experiment were tested according to international standards [2, 3]; based on our test results, they had normal vision in all respects. The results showed that, by color masking the smallest detectable threshold value and by determining the spectral characteristics, differences in visual perception between sample pairs with a certain difference in color stimulus can be partially or completely masked. As a result, under perfectly masking illumination, expectation errors due to perception do not distort the judgment of the other organoleptic characteristics (such as smell, taste, texture and mouth coating) of tea brews. Partial masking eliminates color differences in many cases, increases judgment time 4 to 8-fold, however, differences due to brightness remain observable.

2. Introduction and literature review

From a taxonomy point of view, the tea plant was first described by Carl von Linné in his work titled

Species Plantarum in 1753. The scientific name of the tea plant is *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. In a taxonomic sense, the most important varieties of the tea species (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) from

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

a cultivation point of view are *Camellia sinensis* var. *sinensis* (Chinese tea, origin: Yunnan province, China) and *Camellia sinensis* var. *assamica* (J. W. Masters) Kitamura (Assam tea, origin: Brahmaputra Valley, India). Commercial teas are typically made from variants of these two species. The other two varieties of the tea plant are less significant: *Camellia sinensis* var. *dehungensis* and *Camellia sinensis* var. *pubilimba* [4]. *Camellia sinensis* var. *assamica* subspecies *lasiocalyx* (Planchon ex Watt.) is a subspecies of Assam tea: the Cambodian or southern type. They can be distinguished based on their leaf size: the leaves of Assam tea are the largest, followed in size by the leaves of Cambodian tea, and the leaves of Chinese tea are the smallest [5]. Initially, the taxonomic classification of tea plants focused on their morphological features, primarily on their externally appearing characteristics (plant size, leaf shape, its hairiness, the number of flower petals, the nature of the fruit, etc.). This was followed later by classification based on internal structures (cellular and histological structure), while nowadays relationships are determined using genetic and DNA tests.

The tea species (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) is a perennial, evergreen woody plant. It is a plant of the subtropical regions and tropical highlands, originating in Southeast Asia. It prefers tropical and subtropical climates, and is cultivated in China, India, Sri Lanka and Japan, as well as in several African and South American areas. Its leaves are simple, typically ovoid in shape, with pointed, scattered tips. The leaves are leathery, shiny and hairy when young. The leaves at the apex are light green, those below are darker green. The leaves have a serrated edge, they are 2 to 5 cm wide and 4 to 15 cm long. The veins are clearly visible on the back side, the stalks of the leaves are short. The leaves of the Chinese version of tea are smaller, thicker, coarser-veined, while the leaves of the Assam version are thinner, with finer veins [6]. The flowers of the tea plant develop from the petiole, typically singly or in pairs. The petals of the flower are white with a pinkish tinge, the stamens are yellow and are arranged in two circles. Those in the outer circle are partially fused with the petals. The stamens in the inner circle are smaller, with the stigma located in the middle. Flowering typically occurs from October to February, with fruit production taking place between August and October [7]. The tea shrubs take 5 to 6 years to begin producing. The fruits are initially small and green in color, the trilobular capsules have 2 or 3 seeds. The brown seeds are 10 to 16 mm in diameter, they are round, hard and germinate slowly (usually within 4 to 6 weeks). Seeds can be extruded to obtain tea tree oil [5].

The Chinese variety (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) is grown in China and Japan; it exhibits good resistance to cold environment. The tea shrub, which is typically 2.7 to 4.5 m tall, bears 4 to 6 cm long leaves for up to 80-100 years. The Assam variety (*Camellia sinensis* var. *assamica*) is grown in tropical regions;

its shoots grow for 40-50 years. Its structure is more robust, with a height of 14 to 18 m its size is similar to that of a smaller tree, and its leaves are also larger: they are 15 to 35 cm long. The southern subspecies of the Assam variety (*Camellia sinensis* var. *assamica* subspecies *lasiocalyx*) is predominantly grown in tropical Cambodia, it is typically 4 to 6 m in height [8]. Some plantations may have tea shrubs that are up to 30 to 40 years old. The oldest tea tree is found in China, it is 32 meters tall and is estimated to be 1,700 years old [9].

Tea plants are typically grown in tropical areas near the equator, where the temperature is between 10 and 35 °C, the annual rainfall is 1200 to 2400 mm and the altitude is between 300 and 2100 meters [10]. The established plantation is typically harvested 4-5 times a year, and all parts of the plant (bud, leaf, stem) are utilized. The most valuable parts are the buds and the top two fresh leaves. In practice, at plantations with intensive cultivation technologies, harvesting frequency is 15 days, while at plantations with extensive cultivation technologies it is 45 days. More frequent picking requires more work and energy, but results in better quality and higher yields. Less frequent picking requires less organizational work, but is more conducive to the spread of pests and pathogens. In most cases, yields are influenced by the weather (amount and evenness of rainfall, sunlight, ground frost). Harvesting can be performed manually or by machine. Harvesting of high quality teas can only be achieved by hand picking [9, 11].

The FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), which collects the most important statistics on agricultural production and foodstuffs (FAOSTAT), has set up the *Intergovernmental Group on Tea* (IGGT), the task of which is intergovernmental consultation, as well as the evaluation of the production, consumption, trade, and the current and future market trends of tea. The Intergovernmental Group on Tea organizes its biennial meetings at major tea-producing centers; the last (twenty-third) session was held between May 17 and 20, 2018, in China, in the city of Hangzhou.

Tea is one of the most frequently consumed drinks all over the world, and according to certain estimations, it is the most commonly consumed liquid after water. World tea production is divided into four main categories: black, green, instant and other. Over the last decade, tea production has been increasing by an average of 4.4% per year, reaching 5.73 million tonnes in 2016. The world's two largest tea-producing countries are China (2.41 million tonnes) and India (1.25 million tonnes), accounting for more than half of world tea production. The largest tea-producing countries are China (2.41 million tonnes), India (1.25 million tonnes), Kenya (0.47 million tonnes), Sri Lanka (0.34 million tonnes), Turkey (0.24 million tonnes) and Vietnam (0.24 million tonnes). China is primarily responsible for the increase in global tea production:

the production of the country has more than doubled over the past decade (2007: 1.17 million tonnes, 2016: 2.41 million tonnes). This is due to the growth of domestic demand, as well as other reasons such as health awareness and the development of herbal drinks. The largest areas of cultivation are typically found in the countries that are the largest producers: China, India, Sri Lanka, Kenya, Vietnam, Indonesia, Myanmar, Turkey [12].

With stable prices and the health benefits of green tea, global black tea production increased by 3.0% and that of green tea by 5.4% over the last decade, both globally and annually. The largest black tea producing countries are India (1,260,000 tonnes), Kenya (439,850 tonnes), Turkey (310,500 tonnes), China (310,000 tonnes) and Sri Lanka/Ceylon (305,000 tonnes). The largest green tea producing countries are China (1,527,437 tonnes), Vietnam (94,200 tonnes), Japan (76,667 tonnes) and Indonesia (34,013 tonnes). Today's tea-growing areas are well defined, and the distribution of tea-producing areas is characterized by a territorial concentration (FAO, 2018). Over the past decade, world exports of tea have increased by 1.4% annually, reaching 1.75 million tonnes in 2016. The two largest exporters are Kenya (2016: 475,300 tonnes) and Sri Lanka (2016: 295,300 tonnes). While Kenya's export increased by 18%, the export of Sri Lanka fell by 11% due to weather conditions and state restrictions on fertilizers. Exports by India and China increased only slightly due to the increase in domestic demand. The FAO International Weighted Average Price Index for black tea was 2.57 USD/kg in 2016, but rose by 22.6% to 3.15 USD/kg in 2017. At the largest tea auctions (in Calcutta, Cochin, Colombo and Mombasa) prices have risen steeply for tea produced by both the orthodox and the CTC method. Of course, international tea prices are influenced by numerous factors (crop quantity and quality, pests, diseases, weather conditions, retailers, wholesalers, multinational companies, etc.). The demand side can also be shaped by many factors, such as price, income, demographics, education, occupation, cultural background, health awareness, substitute products, etc. Demand has started to increase significantly in the case of Asian, African and Latin American tea-producing countries. The countries of the European Union are traditionally importing countries [12].

With forecasts based on dynamic time series models, world black tea production is projected to reach 4.42 million tonnes by 2027, with an expected average annual growth rate of 2.2%, resulting in significant growth in China, Kenya and Sri Lanka. In the case of green tea, the 1.53 million tonnes in 2016 is expected to increase to 3.31 million tonnes in 2027, with an average growth rate of 7.5%. This growth rate is expected to be due to increased productivity (higher yield varieties, the spreading of better agricultural practices, etc.). By 2027, black tea consumption is expected to grow by 2.5% annually to 4.17 million

tonnes. While higher consumption growth (2-9%) is expected in African countries, only a slight consumption growth (0.2-1.4%) is expected in Western countries. The main factors contributing to increased consumption in tea-processing countries are as follows: increase in per capita income, increased awareness of the health benefits of tea consumption and XXX, widening of the product range. Black tea exports are expected to reach 1.66 million tonnes by 2027, while trade figures for major exporting countries may remain unchanged. World green tea exports are expected to reach 605,455 tonnes by 2027, with an annual growth rate of 5.0%. China will continue to dominate the export market (416,350 tonnes), followed by Vietnam (148,493 tonnes), Indonesia (12,889 tonnes) and Japan (10,445 tonnes). Most dynamically will grow the green tea exports of Japan (9.3%) and Vietnam (9%), as opposed to the 4% growth of China. Since the tea plant (*Camellia sinensis*) is very sensitive to changing growing conditions, therefore, the local effects of global warming greatly influence production. In light of this, the growing demand in the forecasts will be increasingly difficult to meet. When considering tea development strategies, the consequences of climate change should also be considered [12].

Although several methods have been developed to assess the quality and market value of tea, but there are normative internationally standardized methods in terms of food safety, nutritional physiology and organoleptic testing. For the qualification of teas, based partly on instrumental and partly on organoleptic characteristics, it is advisable to seek the assistance of accredited testing laboratories. Organoleptic testing often includes the judging of the quality of the tea leaf, the beverage made from it and the soaked tea leaves, and the three attributes together give the quality classification of the finished product.

Tea-related standards are produced by the Subcommittee on Tea (SC 8) of the Technical Committee for Food Products (TC 34) of the International Organization for Standardization (ISO), with its international acronym being ISO/TC 34/SC 8. The Subcommittee on Tea was established in 1981, its secretariat is headed jointly by the *British Standards Institution* (BSI, 389 Chiswick High Road, London, United Kingdom) and the *Standardization Administration of China* (SAC, No. 9 Madian Donglu, Haidian District, Beijing 100088, China). The field of the Subcommittee on Tea (SC 8) is standardization related to tea (*Camellia sinensis*), which includes, inter alia, the standardization of the various types of tea, testing methods of composition and organoleptic quality, as well as good manufacturing and transport practices. Standardization is aimed at the clarification of the quality of tea in international trade in order to meet consumer expectations for tea quality. The Subcommittee on Tea (SC 8) assigned different subfields to different *working groups* (WG): WG 4 *White tea*, WG 6 *Tea classification*, WG 7 *Oolong tea*, WG 10 *Green tea – Vocabulary*, etc. The Subcommittee on Tea currently

has 18 members (national standardization bodies) and 24 observers (national standardization bodies). To date, the Subcommittee on Tea has published 30 ISO standards and two other standards are under development (**Table 1**).

From an organoleptic point of view, the quality of the tea is determined by its color, freshness and aroma components and their intensities. In general, the younger the certain part of the tea plant is, the more valuable it is. Accordingly, the individual parts of the plant may be arranged in a series. The order, starting with the most valuable part is: closed leaf bud, opening leaf bud, top young pair of leaves, lower leaves, even lower leaves, stem. Overall it can be stated that the higher the rank number of the leaf, the lower the quality of the tea is [9]. Of course, the integrity of the leaves is also important for classification purposes. There are three main categories: 1. whole leaves; 2. broken leaves; 3. leaf debris and/or dust. The method of preparation is influenced by the size of the particles. The smaller the particles, the shorter the time recommended for soaking/extraction, because fragrance and aroma components dissolve more rapidly through a higher specific surface area [13]. Tea beverages are typically made using leaf buds, leaves and shoots, but certain types of tea are made only from plant stem parts. The Japanese green tea made from the stem parts separated during the harvest is the *kukicha* (*boucha*: stem tea, *shiraore*: white flock). Thus, the aroma profile of *kukicha* is not characterized by the sweet taste and floral, sour notes typical of green teas, but the nutty and creamy texture of the aromas released from the stem parts [14].

The tea plant has previously been the focus of many international and domestic studies, however, research has been aimed primarily at the bioactive components and their effects on health, and possibly at the food safety risks of teas. Because of the enjoyment value of the tea consumed as food, it is crucial to characterize the organoleptic quality of dried tea leaves and the tea beverage. Factors that influence the components found in tea beverages and, through them, the organoleptic parameters are as follows: starting material (species/variant/variety, growing area, technology of cultivation, age of the tea shrub); harvesting (method, time, location of the harvested parts on the plant); processing (time, particle size, oxidation state); storage conditions (temperature, humidity, time, light exclusion); water used for the preparation of the beverage (chemical properties, temperature); beverage preparation processes (extraction time, solution concentration) [14, 15].

The biological potential of tea leaves is determined by the genetic characteristics of the tea plant (tea species/subspecies/variant/variety). However, environmental conditions may influence the quality of the tea shrub that grows from the genetic possibilities. Similarly to foods, it is also true for tea beverages that

high quality tea can only be made from high quality ingredients. The two most important ingredients of the tea beverage are tea and water. Factors influencing the organoleptic properties of tea are as follows: geographical location; weather conditions (temperature, precipitation, amount and distribution of sunlight); soil/growing medium; altitude; tea species/subspecies/variant/variety; cultivation type (greenhouse, plastic greenhouse, open field, shading length, humidification, air exchange, etc.); agricultural practices; harvest time; age of the tea plant; location of the collected tea leaves on the plant; morphology and bioactivity of the tea leaves; method and time of harvest; method of processing (type and degree of fermentation: white, green, yellow, black, oolong, dark); storage conditions (temperature, humidity, time, light exclusion) [16, 17]. The most important properties of the water used to make a tea beverage are as follows: type of water (hardness, pH, mineral content, etc.); water temperature (initial soaking temperature, rate of temperature decrease); soaking, leaching, extraction time; concentration (amount of tea/water used); tea beverage/brew preparation procedures. In the case of beverages made using soft (≤ 8 °dH) water, the aroma components usually dissolve from the tea leaves well, so the features and the character of the tea can be properly emphasized. The recommended initial temperature of the water/soaking is typically between 60 and 80 °C. When using hot water with a temperature of 100 °C, the tannic acids in the tea dissolve immediately, and the bitter substances will dominate the beverage. Very high temperatures also damage the phytonutrients of the tea (vitamins, nutrients, antioxidants, etc.). The optimal temperature of the brewing water is therefore around 80 °C. By increasing the soaking time (30 mp - 150 mp), the proportions of the flavor and aroma components can also be adjusted. The rate of decrease in water temperature is determined by the external temperature, that is, the temperature of the air in direct contact with the beverage and the temperature of the vessel. The larger the surface of the vessel, the more important it is for the vessel to have the same temperature as the initial temperature of the water. In most cases this is accomplished by preheating and heat retention.

In their research [18], Lee and Chambers investigated the brewing methods that influence the taste of green tea. The purpose of their study was to describe the change in the taste of green tea when it is made with different water temperatures and brewing times. Green tea samples were brewed at three different temperature levels (50, 70 and 90 °C), where the extraction time was systematically varied between 1, 2, 5 and 20 minutes. A total of twelve brewing temperature and time combinations were investigated using three different green teas from Korea. Trained judges participated in a descriptive sensory analysis using a previously developed green tea lexicon. In the course of the experiment, investigating teas at twelve dif-

ferent brewing temperature and time combinations, the researchers found that as the brewing time and temperature increased, brown and brownish properties (ash/sooty, burnt/scorched), as well as bitterness and astringency increased, while green and greenish properties (green beans, spinach) decreased. The flavor of green tea is formed by the substances it contains, but the amount of water-soluble components can be significantly influenced by the extraction temperature and the extraction time. Ingredients that contribute primarily to the taste of green tea include catechins, which are responsible for 70 to 75% of bitterness and astringency [19, 20].

Caffeine in tea is bitter [21], while tannins produce a strongly astringent or pungent taste [22]. Amino acids are responsible for juicy taste, while free sugars contribute to sweet taste [23]. With increasing water temperature and brewing time, the amount of tannin, free sugar and total nitrogen all increase in green tea [24]. As the water temperature increases, the caffeine content of green tea, together with its bitterness, also increases [25]. However, it should be emphasized that water temperature and extraction time also strongly influence the nutritional properties of green tea. The amount of catechins, responsible for the antioxidant effect of tea, depends on the brewing method. Therefore, from a nutritional point of view, it is recommended that green teas are brewed in hot water for 3 to 5 minutes, resulting in a bitter and sour green tea [16, 26].

Some researchers have previously sought to determine the optimal brewing conditions using green tea bags and green tea leaves. When using tea bags, it was found that the amount of soluble solids (phenols and flavonoids) in green tea increased with increasing water temperature and brewing time. Based on the physico-chemical and acceptability data, it was concluded that the optimal brewing method can be achieved with water at 73-83 °C and a brewing time of 5.3-6.3 minutes [27, 28]. Methods with different water temperatures and brewing times result in green tea beverages with different flavors. If consumers brew the given green tea in water with a temperature of 50-70 °C for 1-5 minutes, then its green, not brown taste will be dominant, and bitterness will be low to moderate. When brewing green tea for more than 5 minutes and/or using water with a temperature of 95 °C, the beverage will have a stronger, brown aroma and a bitter, sour taste. Some green teas produce a moldy ("new leather") when brewed at 95 °C or for more than 5 minutes, and an unpleasant, drug-like taste is produced when boiled at 95 °C for 20 minutes. It follows from these experiences that it is advisable for consumers to make green tea by soaking at 70 °C for 1 or 2 minutes, or brewing at a temperature of 50 °C for 2 to 5 minutes. Based on the results it can be stated that both bitterness and astringency increases with increasing water temperature, brown flavors appear at high temperatures, as well as moldy notes when combined with long soaking times. When

making green tea, it is usually advisable to use water with a temperature of 50-70 °C and a soaking time of 1-5 minutes, which can be adjusted depending on the taste properties of the tea we would like to highlight [18].

During the various organoleptic tests, the organoleptic properties of tea and tea beverages are evaluated and classified by the judging teams, typically with the help of their sense organs. In the process of perception, first the stimuli-specific receptors of the individual sense organs (eyes, ears, nose, tongue, skin) register the stimuli coming from the products or samples. The stimuli then activate the receptors, so that information is now being transmitted to the central nervous system, the spinal cord and the brain, in the form of a signal. Perception is actually the observation of the effects of sensory stimuli [29]. According to light engineering terminology, color exemplifies the triad of stimulus-signal-sensation because, in the physical sense, it is a light stimulus of a certain wavelength (380-780 nm) that can be detected by the human eye, in a physiological sense, it is a signal caused by one or more rays of light in the eye, the organ for color vision, whereas in a psychological sense, it is a sensation of color in the cerebral cortex induced by signals transmitted through the neural pathways of the organ of sight [30].

The reliability of organoleptic results is determined by three key factors: the adequacy of the judges, the experimental design and the circumstances of the organoleptic method or experiment, and the implementation of the organoleptic tests. The adequacy of the judges is ensured by their selection and training, and by tracking their performance, their inadequacies and areas of personal development can be identified [2, 31]. In organoleptic testing, the adequacy of the judges' organs is crucial. For this reason, screening for color blindness of the judges is also an important consideration, since both color discrimination and color identification are much less pronounced in color blind subjects than in people with normal sight. Organoleptic tests generally use pseudo-isochromatic tests to measure color blindness (Ishihara, Stilling, Velhagen), while instrumental anomaloscopic examinations are more accurate, giving accurate and quantitative measurement results on the degree and type of color blindness [3]. In all cases, the selection of the experimental design and the appropriate organoleptic method is based on the research question, taking into account the given possibilities.

Numerous organoleptic studies report that the visual characteristics of the product under investigation cause a preconception (expectation error) in the judges, because they distort the perception of other sensory characteristics to varying degrees. Judges assume, even before starting the tests, that darker red wine is more full-bodied, that darker chocolate is more bitter, that beer with a darker shade is more aromatic, that yellowish ice cream is more creamy; the

above-mentioned characteristics can significantly influence the objective perception of taste, smell and texture [32]. In cases where rating is not based on visual judgment, it is advisable to provide test conditions where it can be ruled out that the color stimulus of the product affects the decision of the judges. For this reason, the intensity of the perception of the color stimulus or the quality of sensation must be reduced, or even masked.

One solution to this may be for the judges to perform testing blindfolded, and each of the judges is assisted by a support staff. In our previous experiment, however, we have seen that people with normal sight make inconsistent judgments as a result of blindfolding [33]. This method is rarely used not only for this reason, but also because of its excessive human resource requirement. A solution to this problem may be to hide the color stimulus differences between the products using glasses with color filter lenses, but the weakness of this method is human curiosity: judges can rarely help not to look under the under the glasses or remove them, so this method does not prove to be an appropriate means of masking color differences either [34]. (Because of this, and due to technical and production difficulties, this method is not widespread in practice.) The third possible solution is to present the samples dark, opaque, typically colored glass cups with a narrow mouth and a tulip shape, which are used in testing beverages and can concentrate aroma components. For example, cobalt-colored (bluish) or, in certain cases, red glasses are used for the testing of olive oils. The samples are covered with a transparent glass lid prepared for the tasting cup, so that the aromas can be enriched in the headspace. The international standard states in particular that the test cup is not for the analysis of the color or the texture of the olive oils [35]. The biggest fault of this solution is that the judges almost invariably look into the glass and detect the original visual characteristics of the product, leading to a distorted judgment. For the above reasons, this method can only be used for the strictly controlled examination of a specific foodstuff, and in no way in a general sense. For many product categories (roasted meats, bakery products, chocolates, etc.) it is impossible and unrealistic to judge through colored glass.

Some researchers have raised the issue of mixing samples with wet coloring substances. However, the use of this method is limited, since in the case of complex food matrices, the added coloring substances may affect different organoleptic properties, thus rendering the organoleptic examination itself meaningless. At the same time, organoleptic laboratories typically test finished products to which they cannot add any food colorings [34]. According to the international standard describing the methodology and general principles of organoleptic examinations, the effect of color differences can be partially obscured by illumination that minimizes color difference [1]. Illumination

may hide color differences and other appearance factors, so that judges can focus on other organoleptic features or the reception of the characteristics of the particular test sample without visual cues [36]. Most often, the masking effect of red light is emphasized, which can effectively mask, for example, the differences in shade of cooked meats, the crust of baked goods or the color of some fruits and vegetables [37]. Unfortunately, the spectral characteristics of the recommended fluorescent lamps do not allow for the masking of the differences in the color range of food samples of different colors and brightness. The color (spectral composition), luminous intensity and color temperature of the colored fluorescent lamps used in practice cannot be adjusted.

Based on the results found in the literature it can be stated that in the case of organoleptic tests there is no suitable method for the effective masking of visual differences. To eliminate the problems listed above, a complete solution can be provided by a spectrally adjustable lighting system specified for the types of the given product by optimizing the parameters of the observation (visual geometry, photometric and spectral character of the light source, eye adaptation state) and by the sensory validation of them.

Objectives of the research:

1. Testing the color vision of sensory judges: color vision correctness, hue test, contrast sensitivity, color discrimination test;
2. Determination of the spectral properties of green and black tea (*Camellia sinensis* L.) brews;
3. Testing the effect of masking; determination of the color discrimination ability (minimum detectable threshold) of judges with respect to the reference color points associated with the product groups, with or without masking light.

3. Materials and methods

Regarding the samples included in the study, our goal was to represent each tea-producing country and tea-producing area according to their importance (**Tables 2 and 3**).

Transmission values of the tea samples were determined by spectrophotometric measurements (UV-1600/VIS, AOE Instruments). Transmission measurements were carried out in the visible range between wavelengths 360 and 760 nm, with a resolution of 5 nm. Tea infusions were prepared in accordance with international standards [38]. After the preparation of the tea infusions, tea samples were pipetted into 5 ml cuvettes, and then they were covered cuvette lids. For the spectrophotometric measurements, five replicates were prepared from each sample, and these were also used for the organoleptic tests.

When testing the color vision of the judges, the requirements of the relevant international standards were used as a guidance [2, 3]. Corresponding to these, serial dilution color test, pseudo-isochromatic color recognition test (Ishihara), hue discrimination test, instrumental color vision test (OCULUS 47700 Heidelberg MultiColor anomaloscope), as well as contrast sensitivity and general color discrimination tests (Cambridge Research System, Visage system) were performed.

The spectrally adjustable measuring station, containing five different wavelength LED sources (red (640 nm), green (530 nm), blue (460 nm), amber (590 nm) and neutral white), was built at the Department of Mechatronics, Optics and Mechanical Engineering Informatics of the Budapest University of Technology and Economics. The intensity value of each LED channel is adjustable from 0 to 255, so virtually any number of illuminations can be tested. The 1.5 x 1 x 1 meter installation has five types of power LEDs mounted on four fixed panels. The box is made of 1 cm thick diffuse wood furniture board ensuring high reflection. The panels are rotatable and are accessible via two doors. In the box there are also two baffles, which obscure the light sources when viewed and improve the homogeneity of the bottom plate. The schematic structure of the system is shown in **Figure 1** below.

The light sources are located in each corner of the measuring station, and after multiple reflections, the emitted light enters the work area from the white walls. Because of the homogeneity, the angle between the panels and the walls is 45°. Viewed from the front, there is a large opening on the front surface of the installation, providing access to the working space inside the device. Due to the positioning of the panels in the spacious working space, the distribution of the light density is uniform on both the horizontal bottom plate and the rear wall. It can comfortably accommodate the tea samples and their colors can be examined with proper illumination. Control is performed using two Arduino Uno microcontrollers. In the program, the LEDs can be set from 0 to 255, which is achieved by the microcontroller by pulse width modulation, i.e., the brightness of the LEDs is adjusted by changing the fill factor. The implemented LED measurement system is arduino-controlled, has a homogeneous light distribution and can be spectrally tuned [40]. Regarding the perception of the color of foods, several research groups have emphasized the need for a multispectral approach [41], as well as relevance of hyperspectral imaging techniques [42, 43, 44].

Judges were selected from among the students of the Budapest University of Technology and Economics and Szent István University who had good sight. For the sensory examinations, a triangle test was used, which is one of the most sensitive methods of difference analysis; it is suitable for the detection of

small differences and requires moderate use of the sense organs of the judges. The logic of the triangle test follows the shell game principle to determine the difference or similarity between two samples (A and B), where the judges are given three samples in each case. The task is to identify the different samples.

During the study, certain tea beverages were compared. Under different illuminations, the tea samples in the cuvettes were tested by the judges separately, with the cuvettes spaced 6 cm apart. The results were recorded in Microsoft Excel and evaluated according to the relevant standard. The binomial theorem and the sequential procedure were used for the evaluation [38, 39]. In the first step, the tea samples were tested under illumination with a color temperature corresponding to artificial sunlight (D65), as recommended by the international standard describing the methodology and general principles of organoleptic tests [1]. In the second step, different masking illuminations were assembled and tested for effectiveness. Of course, during the organoleptic tests, only those pairs of samples were examined under masking light that differed under the standard („artificial sunlight”) light source (D65).

4. Results and conclusions

The mean transmission values of the tea infusions are plotted for both green teas and black teas. The characteristics of the spectra of green teas were very similar: light was transmitted primarily at higher wavelengths, while less or no light was transmitted at lower wavelengths. The different types were grouped by maximum transmission. Some samples had a maximum transmission between 80 and 90%, while for others it was between 30 and 50%. The tea samples generally differed in the extent of transmission. The Matcha Jikagise tea (Sample 6) from Uji Province, Japan, was made from a ground material, resulting in a significant difference in color and texture compared to infusions made from tea leaves: it was opaque and bright light green (**Figure 2**).

In the case of black teas, the transmission spectra also had a higher light transmission at longer wavelengths, while their transmittance gradually decreased at shorter wavelengths. The nature of the curves was similar for each sample. However, it can be seen that, in the case of black teas, there are a number of variations in color stimuli and the spectral lines intersect (**Figure 3**).

The judges participating in the experiment had normal vision, so all participants could perform any further sensory examination.

In the case of green teas, all sample pairs (5-14, 14-11, 4-7, 3-9, 1-10) showed differences under D65 illumination (**Tables 4 and 5**). Based on the sequential (graphical) evaluation, the number of all correct answers fell above the rejection line. According to

the results of the binomial procedure, the calculated probability value was below the specified 0.05, therefore rejecting the H₀ (null hypothesis) we can state with 95% probability that in the case of judges with normal vision, there was a statistically verifiable sensory difference between the two samples. During the triangle test, at the 95% significance level, for the acceptability of the masking settings, 14 incorrect answers in 27 trials are required (which in this case means that the judge incorrectly chooses the differing sample(s)).

Perfect masking means that the differences between the samples are masked both in terms of hue and brightness. This was achieved with setting 2 for sample pair 5-14. Based on the sequential evaluation, the number of all correct answers fell below the acceptance line. According to the result of the binomial procedure, the calculated probability value was above the specified 0.05, so the H₀ was accepted, i.e., it can be stated with a 95% probability that, in the case of judges with normal vision, there was no statistically verifiable sensory difference between the two tea samples. For sample pairs 5-14 and 14-11, settings 1 and 3 partially masked the differences.

For black teas, a logic similar to that of green tea tests was used. Triangle tests of the sample pairs were performed first with illumination D65 and then with the different masking illuminations (**Tables 6 and 7**). While in the case of green teas multiple LED channels were used to create the illumination, for black teas, it seemed sufficient to use a single spectrum, so only the red, green, blue and amber LEDs were used for masking. For black teas, each sample pair (11-15, 3-4, 2-12, 1-9, 7-19, 14-20) showed a difference under illumination D65. Based on the sequential (graphical) evaluation, the number of all correct answers fell above the rejection line. According to the result of the binomial procedure, the calculated probability value was below the specified 0.05, therefore, rejecting H₀, it can be stated with a 95% probability that, in the case of judges with normal vision, there was a statistically verifiable sensory difference between the two samples. During the triangle test, at the 95% significance level, for the acceptability of the masking settings, 14 incorrect answers in 27 trials are required (which in this case means that the judge incorrectly chooses the differing sample(s)).

Perfect masking was achieved for sample pair 14-20 under blue illumination, while in the case of sample pair 3-4 under red illumination; this fact was confirmed by the sequential evaluation and the evaluation of the binomial theorem. It was instructive that the 14-20 tea infusion pair was close to each other in color stimulus, as mistakes were made in each color environment for this pair.

In several cases, masking eliminated the color differences, while increasing the decision time of the

judges 4- to 8-fold. Differences due to brightness remained noticeable. The research results have shown that if the color stimulus difference between the samples is significant, then the masking effect cannot be realized. Partial masking may result from the fact that not only the masking of color, but also the masking of brightness is necessary; this should be tested in the future using different levels of illumination.

A masking light meeting all needs could not be created for green and black tea samples, because the difference between the samples was not in color or saturation, but in brightness. This difference could not be eliminated simply by modifying the illumination. Characteristically, the spectra of the green teas were a set of curves more alike than the transmittance curves of the black teas. Generally, the transmission curves of the green teas differed in the extent of light transmission, but they were almost parallel. However, in the case of black teas, there were several variations in terms of color stimuli, the spectra crossed each other. Instrumental color measurements have also confirmed the assumption that the color parameters of teas change relatively quickly, so it is advisable to carry out the tests as soon as possible after the preparation of the tea infusion.

5. Summary

In summary, it is possible, in the case of beverages prepared from tea plants of different origin (*Camellia sinensis* L.), to partially or completely hide the visual perception differences between sample pairs with certain color stimulus differences by color masking the minimum detectable threshold specified for judges with normal vision and by determining the spectral characteristics. As a result, under perfect masking illumination, expectation errors due to perception do not distort the judging of other organoleptic properties of tea beverages (smell, taste and mouth coating). Partial masking eliminates color differences in many cases and increases the decision time of the judges 4- to 8-fold, but differences in brightness are still noticeable. Based on the results of the research, it is recommended that the instrument is further developed by splitting its test area into parts. In the individual spaces thus formed, the luminous intensity of the LED types can be adjusted from the software in order to achieve the same color stimulus effect at each relative control value.

The results can be immediately utilized in international, domestic and accredited food testing practices of organoleptic tests, as they help to ensure that other organoleptic characteristics of the food under examination are not influenced by its visual properties. By the color masking of the spectrally adjustable measuring station and the application of the sensory judging panel, spectral characteristics can be determined in a product-specific way for other food and product types (ketchups, barbecue sauces, mustards, yo-

gurts, white, rosé and red wines, beers, milk chocolates, liquid eggs, etc.).

6. Acknowledgement



This research was supported by the János Bolyai Research Fellowship and the ÚNKP-18-4 New National Excellence Program of the Ministry of Human Capacities. Ákos Nyitrai would like to thank the Doctoral School of Food Science.

7. References

- [1] MSZ ISO 6658:2018 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Általános útmutató
- [2] 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)
- [3] MSZ ISO 11037:2014 Érzékszervi vizsgálat. Irányelvek a termékek színének érzékszervi bírálatára
- [4] Ming, T., 1992. A revision of *Camellia* sect. *Thea*. *Acta Botanica Yunnanica*. 14 (2), 115-132.
- [5] Mondal, T. K. (2014): *Breeding and Biotechnology of Tea and its Wild Species* New Delhi: Springer India.
- [6] Velich, I., Nagy, E. (1983): *Nálunk is megeterem. Históriak és tanácsok egzotikus gyümölcs- és fűszernövények neveléséhez* Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 84. p.
- [7] Min, T., Bartholomew, B. *Theaceae: Flora of China* 12, 364-366. http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=10882 (Hozzáférés / Aquired 15.10.2019)
- [8] Pettigrew, J. (2007): *Ínyencek kézikönyve - Tea*. London: Apple Press.
- [9] Kiss, M. (2007): *Teakalauz. A tea kultúrtörténete*. Budapest, HVG könyvek.
- [10] Williges, U. (2004): *Status of organic agriculture in Sri Lanka with special emphasis on tea production systems (Camellia sinensis (L.) O. Kuntze)*. Fachbereich Pflanzenbau der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- [11] Gaylard, L. (2015): *Nagy teakönyv*. HVG Kiadói Zrt. Budapest, pp. 224.
- [12] FAO (2018): *Current market situation and medium term outlook*. The Twenty-third Session of the Intergovernmental Group on Tea 17/05/2018 - 20/05/2018 (Hangzhou, China) p. 1-16.
- [13] Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009): *Tea and Tea-Like Products Food Chemistry* (pp. 951-958). Berlin: Springer-Verlag
- [14] Ahmed, S., Stepp, J. (2012): *Green Tea: The Plants, Processing, Manufacturing and Production*. *Tea in Health and Disease Prevention*.
- [15] Zhen, Y.S. (2002): *Tea: Bioactivity and Therapeutic Potential*. Taylor and Francis, London. *Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles*.
- [16] Kumar, N., Titus-Ernstoff, L., Newcomb, P.A., Trentham-Dietz, A., Anic, G. and Egan, K. M. (2009): *Tea consumption and risk of breast cancer*. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 18(1), 341-345.
- [17] Schuh, C., & Schieberle, P. (2006): *Characterization of the key aroma compounds in beverage prepared from Darjeeling black tea: Quantitative differences between tea leaves and infusion*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (3), 916-924.
- [18] Lee, J., Chambers, D. H. (2009): *Sensory descriptive evaluation: brewing methods affect flavour of green tea*. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 427-439.
- [19] Chen, Z.M., Wang, H.F., You, X.Q. and Xu, N. (2002): *The chemistry of tea nonvolatiles*. In: *Tea bioactivity and therapeutic potential*, Zhen Y.S. Chen Z.M., Cheng, S.J., Chen M.L. (Editors), 57-88. Taylor & Francis, New York, NY, USA.
- [20] Choi, S.H. (2002): *Korean Tea, World Tea: Get to Know and Drink*. JungAng Publisher, Seoul, Korea (in Korean).
- [21] Yaminishi, T. (1990): *Bitter compounds in tea*. In: *Bitterness in foods and beverages; developments in food science* 25, Rousseff R. L. (Editor), 160-167. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, NY, USA.
- [22] Ukers, W.H. (1935): *All about tea. The tea and coffee trade journal company*, New York.
- [23] Nakagawa, M. (1975): *Contribution of green tea constituents to the intensity of taste element of brew*. *Nihon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 22, 59-64.
- [24] Lee, M.G., Lee, S.W., Kim, S.S., Lee, S.H. and Oh, S.L. (1989): *Changes in tasting constituents (tannin, free sugar, total nitrogen) of green tea by leaching condition*. *Korean Journal of Dietary Culture*, 4 (4), 411-416.

- [25] Kwon, I.B., Lee, S.Y., Woo, S.K., Lee, C.Y. and Suh J.G. (1990): A study on the determination of caffeine in coffee, black tea and green tea by high performance liquid chromatography. *Korean Journal of Food Hygiene*, 5, 213-218.
- [26] Hara, Y. (2001): *Green tea: health benefits and applications*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL USA
- [27] Jang, M.J., Ha, H.J., Yoon, S.R., Noh, J.E. and Kwon, J.H. (2006): Prediction of optimal leaching conditions for green tea. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*, 35 (6), 747-753.
- [28] Lee, S.M., Chung, S.J., Lee, O.H., Lee, H.S., Kim, Y.K. and Kim, K.O. (2008): Development of sample preparation, presentation procedure and sensory descriptive analysis of green tea. *Journal of Sensory Studies*, 23, 450-467.
- [29] MSZ EN ISO 5492:2009 Érzékszervi vizsgálatok. Szakszótár (ISO 5492:2008), MSZ EN ISO 5492:2009/A1:2017 Érzékszervi vizsgálat. Szakszótár. 1. módosítás (ISO 5492:2008/ Amd 1:2016)
- [30] MSZ 9620:1990 Fénytechnikai terminológia.
- [31] MSZ ISO 11132:2013 Érzékszervi vizsgálatok. Módszertan. Általános irányelvek a leíró vizsgálatot végző bírálóbizottság teljesítményének mérésére.
- [32] Carpenter, R.P., Lyon, D.H., Hasdell, T.A. (2012): *Guidelines for sensory analysis in food product development and quality control*. Springer Science & Business Media,.
- [33] Sipos, L., Király, I., Bábel, L., Kókai, Z., Tóth, M. (2011): Role of sight in flavour perception: Sensory assessment of apple varieties by sighted and blind panels. *Acta Alimentaria*, 40 (1) pp. 198–213.
- [34] Hough, Guillermo (2010): *Sensory shelf life estimation of food products*. Crc Press, 2010.
- [35] ISO 16657:2006 Sensory analysis – Apparatus – Olive oil tasting glass
- [36] Moskowitz, Howard R., Jacqueline H. Beckley, and Anna V. A. Resurreccion (2012): *Sensory and consumer research in food product design and development*. John Wiley & Sons.
- [37] Rogers, Lauren, (ed.) (2017): *Discrimination Testing in Sensory Science: A Practical Handbook*. Woodhead Publishing.
- [38] MSZ ISO 3103:1991 Teafőzet-készítés érzékszervi vizsgálatához.
- [39] MSZ EN ISO 4120 MSZ EN ISO 4120:2007 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Háromszögpróba (ISO)
- [40] Dominek, M. (2017): *Világító doboz tervezése és kalibrációja*. BME, MOGI, szakdolgozat. pp. 1-49.
- [41] Koren, D., Hegyesné Vecseri, B., Kun-Farkas, G. Urbin, Á., Nyitrai Á., Sipos, L. (2020): How to objectively determine the color of beer? *J Food Sci Technol*. 57 (1) 1-7.
- [42] Vetrekar, N.T., Gad, R.S., Fernandes, I. (2015): Non-invasive hyperspectral imaging approach for fruit quality control application and classification: case study of apple, chikoo, guava fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (11) 6978–6989.
- [43] Islam, M.N., Nielsen, G., Stærke, S., Kjær, A., Jørgensen B., Edelenbos, M. (2018): Novel non-destructive quality assessment techniques of onion bulbs: a comparative study. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (8) 3314-3324.
- [44] Asrey, R., Kumar, K., Sharma, R. R., Meena, M. K. (2019): Fruit bagging and bag color affects physico-chemical, nutraceutical quality and consumer acceptability of pomegranate (*Punica granatum L.*) arils *Journal of Food Science and Technology*, 56 (1): 1-7.