



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**Pszichofizikai válaszok integrálása élelmiszerek érzékszervi
minősítési rendszereibe**

DOI: 10.54598/002090

Nyitrai Ákos Gábor

Budapest

2022

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: **Simonné Dr. Sarkadi Livia**

Egyetemi tanár, DSc

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Témavezetők: **Dr. Sipos László**

Egyetemi docens, PhD

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi Kar

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Árukezelési, Kereskedelmi, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési

Tanszék

A doktori iskola- és a témavezetők jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	1
1.1 A téma aktualitása, jelentősége.....	1
1.2 Célkitűzések.....	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	6
2.1 Érzékszervi vizsgálatok célja, felosztása, módszerei és szabványai.....	6
2.1.1 Szabványok és szabványosítás rendszere és felosztása	7
2.1.2 Rangsorolós vizsgálatok	9
2.1.3 Különbségvizsgálatok	11
2.1.4 Leíró tesztek	16
2.2 Érzékelés tényezői, keresztmodalitásai, tesztjei	19
2.3 Vizuális percepció	20
2.3.1 Színérzékelés és szintévesztés	20
2.3.2 Termékek szinkülönbségeinek eltüntetésére alkalmazott jelenlegi módszerek	27
2.4 Illat percepció	32
2.5 Pszichofizikai válaszokat mérő módszerek.....	35
2.5.1 Agyi anyagcsere aktivitást rögzítő eszközök	36
2.5.2 Agyi elektromos aktivitást rögzítő eszközök	36
2.5.3 Egyéb, agyi aktivitás rögzítés nélküli eszközök.....	37
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	39
3.1 Spektrálisan hangolható mérőállomás	39
3.2 Felhasznált anyagok.....	41
3.2.1 Szörpök	42
3.2.2 Csokoládéminták.....	42
3.2.3 Keresztmodalitás: csokoládék	43
3.2.4 Sörök	45
3.2.5 Meggyes illatanyag (EEG)	45
3.3 Alkalmazott módszerek	45
3.3.1 A színmaszkolás háttere	45
3.3.2 Szörpök vizsgálata	46
3.3.3 Csokoládéminták vizsgálata	54
3.3.4 Keresztmodalitás vizsgálata csokoládékkal	57
3.3.5 Sörök színének vizsgálata	59
3.3.6 EEG és Meggyes illatanyag	60
3.4 Különbségvizsgálatok pszichometriai függvényeinek leírása	62
3.5 Különbségvizsgálatok multikritériumos értékelésének menete.....	63
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	66
4.1 Szörpök vizsgálatának eredményei	66
4.1.1 Műszeres színmérés eredményei	66
4.1.2 Szörpök vizuális érzékszervi vizsgálatainak eredményei.....	67
4.1.3 A szörpökkel végzett kísérlet statisztikai kiértékelése	68
4.2 Csokoládéminták vizsgálatának eredményei.....	72
4.2.1 Csokoládék műszeres színmérésének eredményei	72

4.2.2	Érzékszervi bírálatok eredményei	74
4.3	Keresztmodalitás vizsgálatának eredményei	81
4.3.1	Anomaloszkópos mérések eredménye	81
4.3.2	A csokoládék vizuális tetrád tesztjének eredménye	81
4.3.3	A keresztmodalitás vizsgálatának érzékszervi eredményei.....	82
4.4	Sörök vizsgálatának eredményei	87
4.4.1	A sörök EBC és CIELAB színei	87
4.4.2	A színmeghatározás módszereinek összehasonlítása	89
4.5	Az EEG jelválaszok értékelése.....	91
4.5.1	Levegő (L) és meggy (M) illat összehasonlítása a kiváltott jel alapján	91
4.5.2	Illat hatásának blokkosított vizsgálata	93
4.5.3	Kérdőívek és EEG jelek összevetése	94
4.5.4	Neurális hálózatok alkalmazása az illatinger hatására	96
4.6	Különbségvizsgálati módszerek pszichometriai függvényei.....	99
4.7	Különbségvizsgálati módszerek multikritériumos értékelése	103
5.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	107
6.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	110
7.	ÖSSZEFOGLALÁS	114
8.	SUMMARY.....	116
9.	MELLÉKLETEK	118
M1	Melléklet: Irodalomjegyzék.....	118
M2	Melléklet: Ábrajegyzék	131
M3	Melléklet: Táblázat jegyzék.....	133
M4	Melléklet: Az ISO/TC 34 SC 12 Érzékszervi vizsgálat által kidolgozott nemzetközi szabványok.....	136
M5	Melléklet: A színek hatásai az érzékszervi kutatásokban.....	139
M6	Melléklet: A szörpök és az egyes megvilágítási környezetek túlélés görbéi	143
M7	Melléklet: Az EEG vizsgálatban alkalmazott kérdőívek	147
M8.	Melléklet: Az illatérzékenység, fáradtság és hanulat befolyásoló hatásai	150
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	152	

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

Rövidítés	Angol megfelelő	Magyar megfelelő
ASBC	<i>American Society of Brewing Chemists</i>	Amerikai Sörvegyészek Társasága
BIBD	<i>Balanced incompetes block design</i>	kiegyensúlyozott nem teljes blokk
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i>	Európai Szabványügyi Bizottság
CIE	<i>Comission International de L'Éclairage</i>	Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság
COI	<i>International Olive Council</i>	Nemzetközi Olíva Tanács
CRRN	<i>Compare Ranks with Random Numbers</i>	Rangsorszámok összehasonlítása véletlenszámokkal
EBC	<i>European Brewery Convention</i>	Európai Sörfőzési Egyezmény
EEG	<i>Electroencephalography</i>	Elektroencefalográfia
EMG	<i>electromiography</i>	Elektromiográfia
ERP	<i>Event related potential</i>	Eseményhez kapcsolódó potenciál
fMRI	<i>Functional magnetic resonance imaging</i>	Funkcionális mágneses rezonanciavizsgálatot
GPA	<i>Generalized Procrustes Analysis</i>	Általános Procrustes-analízis
ICS	<i>International Classification for Standards</i>	Nemzetközi osztályozási rendszer
IEC	<i>International Electrotechnical Comettee</i>	Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság
ISO	<i>International Standardization for Organization</i>	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
JAR	<i>Just about right scale</i>	optimumskála
MEG	<i>Magnetoencephalography</i>	Magnetoencefalográfia
MFSI-SF	<i>Multidimensional Fatigue Symptom Inventory-Short Form</i>	Többdimenziós fáradtságtünet-leltár – Rövid változat
MLFN	<i>Multilayer Feed Forward Net</i>	Többretegű előrecsatolt hálózat
OAS	<i>Odor Awareness Scale</i>	Illattudatosság skála
PANAS	<i>Positive Affect, Negativ Affect Scale</i>	Pozitív Hatás, Negatív Hatás Skála
Pc	<i>Proportion of correct answers</i>	Helyesen válaszolók aránya
Pd	<i>Proportion of distinguishers</i>	Megkülönböztetők aránya

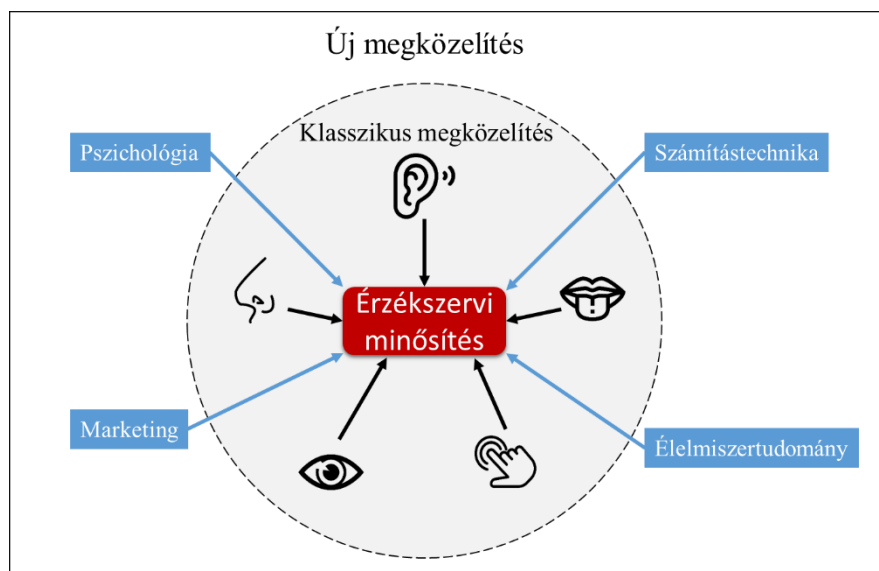
PET	<i>positron emission tomography</i>	Pozitron emissziós tomográfia
SRD	<i>Sum of Ranking Differences</i>	Rangszámkülönbségek összege
SRM	<i>Standard Reference Method</i>	Standard referencia módszer
TC	<i>Technical Comettee</i>	Műszaki bizottság
TDS	<i>Temporal dominance of sensations</i>	Érzetek időbeli dominanciája
TI	<i>Time-intensity</i>	Idő-intenzitás
TMS	<i>Transcranial magnetic stimulation</i>	Transzkraniális mágneses stimuláció
δ	<i>Sensory difference between samples</i>	Termékek közötti érzékszervi távolság

1. BEVEZETÉS

1.1 A téma aktualitása, jelentősége

Az érzékszervi vizsgálatok a termék érzékszervi tulajdonságainak, élvezeti értékének megállapítására irányuló értékelő, minősítő vizsgálatok, melyek során az élelmiszerek tulajdonságairól nyerünk információkat az emberi érzékszervek által. A termékek színének, illatának, ízének, textúrájának érzékszervi vizsgálata és minősítése – a műszeres és egyéb jellemzőkkel együtt – döntő fontosságú az élelmiszerek komplex értékelésénél. Az érzékszervi vizsgálatok magukban foglalják többek között az eltarthatósági idő vizsgálatát, a termék térképezést, specifikáció- és minőségellenőrzést, termékfejlesztést, termék mellékízének/illatának vizsgálatát, valamint a termék minőségi kategorizálását és osztályba sorolását (ISO 5492:2008; ISO 5492:2008/AMD 1:2016, Kókai & Sipos, 2020).

Az érzékelés az érzékleti modalitásokon, más szóval érzékelési csatornákon keresztül valósul meg: látás, szaglás, ízlelés, tapintás, hallás. Az érzékelési-észlelési szempontok szorosan kapcsolódnak az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságaihoz, ezért az érzékelési mechanizmusok és az érzékelési jellemzők ennek a kutatási területnek az alapját képezik. Míg korábban az egyes tudományterületek jellemzően külön fejlődési utakat jártak be, napjainkban a tudományok egymásra hatása következtében számos elméleti modell, vizsgálati módszer, gyakorlati eljárás és szoftver alkalmazása az érzékszervi minősítést egy interdiszciplináris tudománnyá tette (1. ábra).



1. ábra: Az érzékszervi minősítés klasszikus és új megközelítése (saját szerkesztés)

A nemzetközi érzékszervi vizsgálatok szabványokon alapulnak. Az érzékszervi tesztek alapján meghozott döntéseket az adatok minősége határozza meg elsősorban, amelyben kulcsszerepe van a szabványos vizsgálati módszereknek (ISO 6658:2017), a szabványos vizsgálati körülményeknek (ISO 8589:2007; ISO 8589:2007/AMD 1:2014) a szabványoknak megfelelő képességű és képzettségű bírálóknak (ISO 8586:2012) a szabványoknak megfelelő laboratórium személyzetnek (ISO 13300-1:2006), képzett bírálóvezetőknek (ISO 13300-2:2006) és a jó érzékszervi gyakorlatoknak (Kókai & Sipos, 2020).

A nemzetközi kutatási trendek azt mutatják, hogy a műszeres analitika és a humán érzékszervi eredményeket együttesen értékeli, melynek célja komplex mintázatok azonosítása és predikciós lehetőségek feltárása. A többváltozós statisztikai módszerek megoldást nyújthatnak a különböző élelmiszerek érzékszervi minőségének előrejelzésére. Számos kutatás bizonyította, hogy a műszeres analitikai eredmények és az emberi érzékelés paraméterei között nagyfokú korreláció adódik a termékek különböző összetevőire vetítve (Kang et al., 2014; Newman et al., 2014; Tian et al., 2014). A technológiai fejlődés új spektrumokat nyitott meg a kutatók előtt. Különösen igaz ez az érzékszervi tudomány területére. Bár legtöbbször módszertani és szoftveres innovációk jelennek meg az érzékszervi vizsgálatokkal kapcsolatban, néhány esetben a műszaki újítások segítik elő az érzékszervi kutatások fejlődését. Az újabb kutatásokban a humán pszichofizikai válaszokat integrálják az érzékszervi vizsgálatokba. Jellemzően a résztvevő érzékszervi bírálók különböző stimulusokra adott fiziológias válaszait, reakciót elemzik (élelmiszerek, kozmetikumok, videók, illatok, fogyasztási környezetek) (Domracheva & Kulikova, 2020; Songsamoe et al., 2019; Tavares Filho et al., 2020).

A szín kiemelt szerepével már régóta tisztában vannak a kutatók, mivel az élelmiszer tulajdonságai közül, annak *megjelenése* az, amely legelső impulzusként eléri a fogyasztót. A megjelenés során a *szín* játssza az egyik legfontosabb szerepet (Francis, 1995). Az élelmiszer színe több fontos tényezőt is befolyásol: az elvárt biztonságot, érzékszervi minőséget, esztétikát, preferenciákat és az élelmiszerek kiválasztását (Cardello, 1996; Clydesdale, 1993; Fernández-Vázquez et al., 2011; Tuorila et al., 2008), de szerepet játszik az élelmiszerek elfogadásában is, és a fogyasztási élményt is befolyásolja (Giusti & Wrolstad, 2003; Gössinger et al., 2009). A szín kiemelt fontosságát vették észre a sörfőzők is, mikor a XIX. század végén megállapították, hogy szükséges egy olyan színrendszer kidolgozása, mellyel a sörök színe szerte a világon összehasonlítható (Lovibond, 1897).

Számos érzékszervi fókuszú kutatás számol be arról, hogy a vizsgált termék vizuális jellemzői preconcepciót (elvárás hibát) okoznak a bírálóban, amely különböző mértékben torzítja a többi érzékszervi jellemző megítélését. Bár a színek torzító hatása jól ismert, a szakirodalomban

nem fordítanak elég figyelmet ennek kiküszöbölésére, annak ellenére, hogy valamilyen színmaszkolási technika az érzékszervi publikációk jelentős részében megtalálható. A legtöbb tanulmányban monokromatikus vörös fénnel próbálják meg eltüntetni a vizuális különbségeket, mivel az érzékszervi bírálófülkék kialakításáról szóló szabvány (ISO 8589:2007) javasolja, hogy a mesterséges napfény szimulálására alkalmazott (D65) fehér színű fény mellett speciális megvilágítást is tegyenek elérhetővé a bírálófülkékben a termékek színének maszkolásához. Ehhez szabályozható fényáramú fényforrásokat, színezett fényforrásokat, színezett szűrőket, fekete fényt, vagy monokróm fényforrásokat javasol a szabvány.

A színmaszkolást a gyakorlatban legtöbbször monokromatikus vörös fénnel próbálják megvalósítani. Azonban az egy spektrumon történő színmaszkolás technikája több szempontból sem megfelelő. Sajnos a gyakorlatban alkalmazott egyéb vizuális különbségek elfedésére irányuló módszerek – szembekötés, színezett edényzet, színezett minták, eltakarás, színezett szűrőlencsék – szintén hibákkal terheltek, és nem teljes körűen összehasonlíthatók. A színmaszkolásban megoldást jelenthetnének a hangolható LED-rendszerek, melyek technológiája már évek óta ismert, azonban az érzékszervi módszertanban széleskörűen nem alkalmazottak. Ennek egyik fő oka az lehet, hogy az ISO 8589:2007 szabvány nem említi a LED rendszerek alkalmazását.

A vizuális különbségek maszkolásának sikerességére vonatkozó vizsgálatoknál kiválóan alkalmazhatóak a különbségvizsgálati tesztek. Az érzékszervi szakirodalomban nagyszámú különbségvizsgálati módszerrel találkozhatunk (ISO 6658:2017), melyek közül az adott szituációra vonatkozó legmegfelelőbb eljárás kiválasztása számos tényező együttes mérlegelésével és csak nagy érzékszervi tapasztalattal valósítható meg megalapozottan. A módszer kiválasztása a kapott eredményt is befolyásolhatja, így a rosszul megválasztott különbségvizsgálati teszt alkalmazása akár hamis következtetésekhez vezethet. Ezért fontos, egy olyan különbségvizsgálati döntéstámogató rendszer kidolgozása, amely segítséget nyújt a panelvezetőknek egy konkrét esethez legmegfelelőbb különbségvizsgálati teszt kiválasztásában.

A színlátás, és a termékek megjelenésére adott válaszok mellett számos olyan pszichofizikai válasz mérhető, mely fontos információt szolgáltat a bíráló-stimulus összefüggéséről. Ezeknek a válaszoknak a mérése manapság egyre intenzívebben kutatott terület. Természetesen a pszichofizikai válaszokat mérő eszközök egyre könnyebb hozzáférhetősége – elérhető technológia, felhasználóbarát szoftverek, megfizethető költségek – nagyban hozzájárul az ilyen jellegű kutatások népszerűségéhez. Korábban a társadalomtudományi területeken vezették be a modern orvosi eszközök alkalmazását, de mára az érzékszervi tudományok területén is hasonló tendencia kezd elterjedni (Ammann et al., 2020). A nemzetközi trendek azt mutatják, hogy az érzékszervi minősítés jövőben a pszichofizikai válaszok mélyebb vizsgálatára fog fókuszálni. Az

élelmiszereket vizsgáló kutatásokban egyre gyakrabban jelennek meg különböző elektromos agyi aktivitást mérő műszerek (pl. EEG), egyéb pszichofizikai reakciókat mérő készülékek (pl. szemkamera) és virtuális valóságot megjelentető eszközök (pl. VR-szemüveg). Ezekben a kutatásokban a bírálók válaszreakcióit mérik egy adott ingerre vonatkozóan, ami érzékszervi kutatásokban általában valamilyen élelmiszertermék, vagy azok közötti választási feladat. Az érzékszervi kutatásokat segítő modern eszközök megfelelő és szakszerű implementálása kulcsfontosságú az új tudományos eredmények eléréséhez.

A kutatásaim során több modalitás különböző pszichofizikai válaszainak hatását vizsgálom. A színlátás, a maszkoló hatás és annak eredményessége több kutatásom tárgyát képezi (csokoládék, szörpök, sörök). Az illatanyag és agyi jelek összefüggését validált kérdőíves módszertanok együttesével elemzem. Az illat, íz, és texturális tulajdonságokat pedig színes fénykörnyezetek keresztmodális hatásaival kapcsolódóan kerültek a fókuszba. A kutatásaim korlátaival tartozik, hogy az élelmiszerek és azok fogyasztásával kapcsolatos hangok percepcióját nem vizsgálom, mivel ezek a hangok csak nagyon speciális esetben relevánsak (például burgonyachipsek roppanóssága) (Drake, 1963; Dacremont & Colas, 1993; Zampini & Spence, 2004).

1.2 Célkitűzések

Fő tudományos célkitűzésem:

Olyan érzékszervi módszertanok fejlesztése, melyek segítségével a jelenlevő zavaró hatások kizárhatók, és magasabb minőségű, a valóságot jobban leíró eredmények érhetők el.

A fő tudományos célkitűzés alcélkitűzései:

1. Célom az érzékszervi vizsgálatokban alkalmazott különböző vizuális maszkolási módszerek összehasonlítása, valamint ezek alapján különböző élelmiszer termékcsoportok hatékony színmaszkolását megvalósítani.
2. A keresztmodális észlelés (interszenzoros koordináció) során az érzékelési csatornákon keresztül (látás, szaglás, ízlelés, tapintás, hallás) bejövő információk egymásra hatnak. Célom, hogy különböző színű fénykörnyezetek keresztmodális hatásait vizsgáljam táblás csokoládék esetében.
3. Célom egy, az emberi színérzékeléshez igazított műszeres színmeghatározási módszer kidolgozása sörökre, amellyel a továbbiakban objektíven és részletesen karakterizálhatók a sörök.
4. Célom a különbségvizsgálati módszerek összehasonlítására alkalmas paraméterek meghatározása, és egy különbségvizsgálati módszerek összehasonlítására alkalmazható multikritériumos döntéstámogató rendszer kidolgozása.
5. Célom egy élelmiszer aroma illatstimulus hatásának vizsgálata elektroencefalográf (EEG) kísérleti környezetben. Célom továbbá a hangulat, a fáradtság és az illatérzékenység hatásának értékelése, és az EEG jelek (delta, theta, alfa, béta, gamma csatornák) közötti mintázatok feltárása az illatstimulus és a referencia által kiváltott csatorna jelek összehasonlításával.
6. Célom egy betanított és tesztelt neurális hálózati modell kidolgozása, amely képes az EEG jelek alapján osztályozni az illatstimulusokat.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Érzékszervi vizsgálatok célja, felosztása, módszerei és szabványai

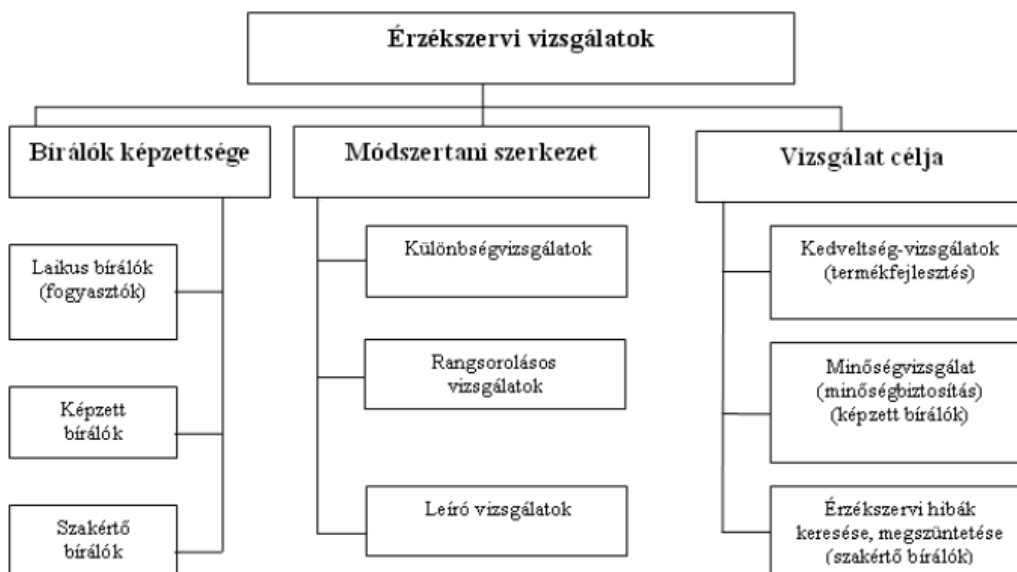
Az érzékelési tudományok alapját az érzékszervi mérések képezik, melyek az emberi érzékszerveket a mérések eszközeiként használják fel és lehetőséget nyújtanak a termékek tulajdonságainak értékelésére egy képzett panel vagy egy fogyasztói célcsoport segítségével. Az érzékszervi vizsgálat pontos definíciója megtalálható a releváns ISO szabványban: „*Olyan tudományterület, amely egy termék érzékszervi jellemzőinek érzékszervekkel végzett vizsgálatát foglalja magában*” (ISO 6658:2017). Az érzékszervi vizsgálat az emberi érzékszerveket a mérések eszközeiként fogja fel, melyek a termékek tulajdonságainak megállapítását végzik. Az érzékszervi tesztek eredményei alapján meghozott döntéseket nagyban befolyásolja az adatok minősége, ami pedig az alkalmazott módszertől, a vizsgálati körülményektől és a bírálóktól egyaránt függ (Amorim et al., 2010; Bi & Kuesten, 2012; Molnár, 1991).

A bírálókat képzettségük alapján három csoportba oszthatjuk: érzékszervi (laikus) bírálók, kiválasztott bírálók és érzékszervi szakértő bírálók. Az *érzékszervi bírálóknak* nem kell semmilyen előzetes kritériumnak megfelelni. A *kiválasztott bírálók* az ISO 5492:2008 szabványban meghatározott képesség-tesztek alapján kerülnek kiválasztásra. *Érzékszervi szakértő bírálóknak* azokat nevezzük, akik bizonyított érzékszervi érzékenységgel rendelkeznek, jelentős képzést kaptak, és nagy tapasztalattal rendelkeznek az érzékszervi vizsgálatokat illetően. Ezen felül képesek különböző termékek egységes és megismételhető érzékszervi értékelésére. A vizsgálat célja és a választott módszertan minden esetben determinálja, hogy milyen bírálók alkalmazhatók az adott teszthez (ISO 8586:2012; ISO 11132:2012).

Az érzékszervi vizsgálatok célkitűzései jellemzően három különböző típusú esetre fókuszálnak. Egyik esetben a vizsgálat célja a termékek kategóriába sorolása, sorrendbe állítása vagy leírása. Más esetben két vagy több termék közötti különbségtétel a cél. A harmadik kategóriát pedig azok a vizsgálatok képezik, ahol arra vonatkozóan keresnek biztosítékot, hogy a termékek kellőképpen hasonlóak ahhoz, hogy egymással felcserélhetőek legyenek (ISO 6658:2017).

Módszertani oldalról megkülönböztetünk rangsorolás-, különbségvizsgálati- és leíró teszteket. A rangsorolós tesztek segítségével a minták között fennálló, feltételezett vagy valós relációról bizonyosodhatunk meg. A különbségvizsgálati tesztek a minták közötti eltérések nagyságáról, illetve minőségéről szolgáltatnak információkat. A leíró tesztek – amelyek a minta specifikus érzékszervi tulajdonságainak mennyiségi és minőségi jellemzésén alapulnak – pedig számos területen alkalmazhatók, például a termékfejlesztésben vagy a minőségbiztosításban (ISO 6658:

2017). Az érzékszervi tesztek három alappillérenek (bírálok, módszertan, cél) helyes meghatározása elengedhetetlen a megfelelő vizsgálatok kivitelezéséhez (2.ábra).



**2. ábra: Az érzékszervi vizsgálatok csoportosítása
(ISO 6658:2017; Molnár, 1991) alapján**

2.1.1 Szabványok és szabványosítás rendszere és felosztása

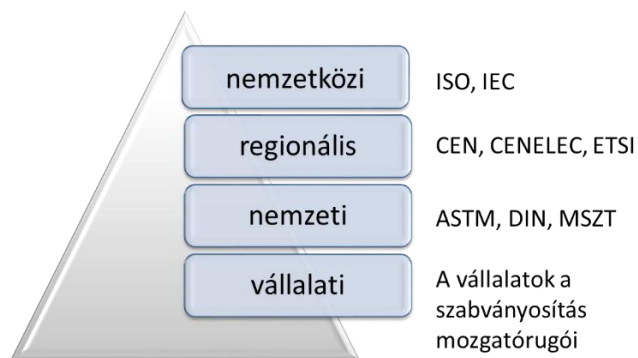
A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (*International Organization for Standardization*, ISO) egy független nemzetközi szervezet, mely az egyes a nemzeti szabványügyi testületek szövetségből áll. Az ISO a tagtestületeken keresztül összegyűjti egy adott tématerület szakértőit, hogy közösen dolgozzanak ki innovációt támogató és globális megoldásokat kínáló szabványokat. A pontos kidolgozást a műszaki bizottságok (*Technical Committee*, TC) végzik. Az elektrotechnikai szabványosítással kapcsolatos ügyekben az ISO gyakran dolgozik együtt a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottsággal (*International Electrotechnical Committee*, IEC). Ebben az esetben a szabványokat ISO/IEC szabályai szerint véglegesítik.

Az ISO meghatározott egy nemzetközi osztályozási rendszert (*International Classification for Standards*, ICS) a szabványok csoportosítására. A rendszernek három szintje van, melyek hierarchikusan épülnek fel:

1. szint: a tevékenység szakterülete (két számjegy)
2. szint: szakterület csoportja (három számjegy)
3. szint: alcsoporthi besorolás (két számjegy)

Az érzékszervi szabványok a 67. szakterület alá (Élelmiszer Technológia, *Food Technology*), azon belül pedig a 67.240 szakterület csoportba (Érzékszervi Minősítés, *Sensory Analysis*) tartoznak. Az osztályozás célja a könnyű és gyors azonosíthatóság, és kereshetőség. A szabványosítási

szervezet legkisebb alkotóelemei az albizottságok. Az albizottságokban szereplő nemzeti testületek lehetnek „résztvevő tagok” (az *ISO/TC 34/SC 12 Érzékszervi Albizottságban* ide tartozik a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) is) vagy „megfigyelő tagok”. A szabványosító szervezetek hierarchikus rendszert alkotnak, mely a 3. ábrán látható.



3. ábra: A szabványosító szervezetek hierarchikus rendszere

A nemzetközi (ISO) szinten meghatározott szabványok regionális átdolgozásáért vagy alkalmazásáért az Európai Szabványügyi Szervezetek (pl. az Európai Szabványügyi Bizottság, *Comité Européen de Normalisation*, CEN) felelnek. A CEN által jóváhagyott szabványok az Európai Unión belül érvényesek. A jelölések meghatározzák a szabvány jellegét: EN (európai szabvány), HD (harmonizált dokumentum), és ENV (európai előszabvány). A hierarchia következő szintjét a nemzeti szabványügyi szervezetek alkotják. Ezek olyan testületek, melyek a nemzeti szabványosítással összefüggő feladatokat látják el kormányzati felhatalmazás alapján, pl. Magyarországon az MSZT, Franciaországban az AFNOR vagy az USA-ban az ASTM. A szabványhierarchiának megfelelően új európai szabványok átvételekor a nemzeti szabványokat vissza kell vonni. Mivel Magyarország CEN tagtestület, ezért az EN jelölésű szabványokat minden esetben adott határidőn belül (jellemzően 6 hónap) be kell vezetnie MSZ EN előtaggal. Azokon a területeken, amelyek nincsenek szabályozva az Európai Szabványügyi Rendszer által, van lehetőség országos szintű szabványalkotásra. Az ISO szabványok átvétele önkéntes, kivéve akkor, ha azt már átvette az Európai szabványosítás.

Magyarországon a szabványosítást az 1995. évi XXVIII törvény szabályozza, amelynek értelmében: „*A szabvány elismert szervezet által alkotott vagy jóváhagyott, közmegegyezéssel elfogadott olyan műszaki (technikai) dokumentum, amely tevékenységre vagy azok eredményére vonatkozik, és olyan általános és ismételten alkalmazható szabályokat, útmutatókat vagy jellemzőket tartalmaz, amelyek alkalmazásával a rendező hatás az adott feltételek között a*

legkedvezőbb.” Hazánkban kizárólag az MSZT jogkörébe tartozik a szabványok közzététele. Az érzékszervi szabványokkal az MSZT-n belül az „Érzékszervi vizsgálatok és az élvezeti élelmiszerek” elnevezésű munkabizottság (MSZT/MB 612) hatáskörébe tartozik.

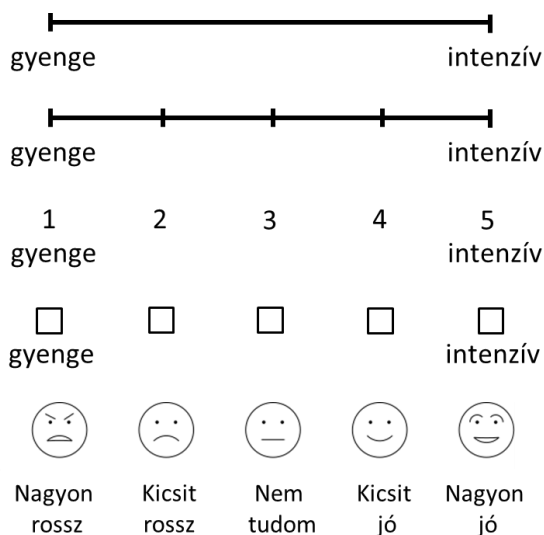
A szabványok előnye, hogy általános keretet határoz meg bizonyos tevékenységek esetén, mely objektív, megismételhető, mindenki számára azonos és – nem utolsó sorban – számonkérhető módon írja elő egy folyamat működését. A szabványok alkalmazása önkéntes, azonban ha az adott dokumentum hivatkozik rá, úgy betartása kötelező. A szabvány teljes hivatkozási számát (pl. MSZ EN ISO 8586:2014) három rész alkotja: a szabvány kibocsátói jel (a példában MSZ/EN/ISO), az azonosító szám (8586) és közzététel évszám (2014). Az érzékszervi vizsgálatok esetében a szabványok a reprodukálható vizsgálatok alapját képezik, és ezzel kapcsolatban jól meghatározható módon csoportosíthatók a szabványok: terminológiai szabványok, útmutató szabványok, módszertani szabványok, termékspecifikus edényzetre vonatkozó szabványok. A jelenleg az ISO által jóváhagyott érzékszervi szakterületű szabványok teljes jegyzéke az M4. Mellékletben látható.

2.1.2 Rangsorolási vizsgálatok

Az érzékszervi tesztek egyik alappillére a rangsorolási vizsgálatok alkotják. Ezekben a kísérletekben a bírálók egyidejűleg legalább két mintát kapnak, amelyek között sorrendet határoznak meg egy előre meghatározott jellemző intenzitása, egy meghatározott tulajdonság különleges jellemzője, vagy a teljes intenzitás alapján (ISO 8587:2014). Rangsorolási faktor lehet a kedveltség (preferencia) mértéke, vagy valamilyen speciális megjelenést, ízt, illatot, állományt, vagy globális intenzitást leíró tulajdonság is (Kókai & Sipos, 2020). Arra azonban figyelni kell, hogy minden esetben egyetlen, a bírálók által ismert és érzékelt tulajdonság alapján kell végrehajtani az értékelést. A különböző módszertanok közül a rangsorolási vizsgálatoknál van a legnagyobb jelentősége a mintaelrendezésnek. Legtöbbször a teljes blokk elrendezést alkalmazzák, mely során minden bíráló minden egyes terméket értékeli. Előfordulhat azonban, hogy a mintaszám nagysága, vagy egy bizonyos érzékszervi tulajdonság miatt nem célszerű a teljes kiosztás, ilyenkor „kiegyensúlyozott nem teljes blokk (*balanced incomplete block design*, BIBD) elrendezés alkalmazható, melyben a bírálók a teljes mintaszám egy meghatározott részét értékelik a speciális kísérleti terveknek megfelelően (ISO 8587:2014). A rangsorolási tesztek a gyakorlatban jellemzően két területen alkalmazzák: a termékek értékelésében (pl. alapanyagváltás, termékfejlesztés után), valamint a bírálók teljesítményének értékelésében. A tesztek vonatkozhatnak ismert/feltételezett vagy ismeretlen rangsorokra. Ennek függvényében egyoldali vagy kétoldali hipotézisvizsgálatot kell végezni (ISO 6658:2017; ISO 8587:2014).

A rangsorolási módszerekben belül három fő módszertani osztályt különböztetünk meg: az egyszerű rangsorolást, a – strukturált, strukturálatlan vagy kategória – skálán végzett rangsorolást és a páronkénti rangsorolást. Az *egyszerű rangsorolás* során a bírálók egy meghatározott érzékszervi tulajdonság alapján állítanak fel rangsort a kapott minták között úgy, hogy az egyes termékekhez helyezési számot (rangszámot) rendelnek (Kókai & Sipos, 2020). A *skálát alkalmazó tesztek* között különbséget tehetünk a skála jellegét tekintve. A strukturálatlan skála tulajdonképpen egy 90-150 mm hosszú vonal, melynek két végén leíró kifejezések szerepelnek. A bíráló feladata, hogy a skálán megjelölje az adott termék adott tulajdonságának érzékelt értékét, így minden egyes termék egy rangszámot kap a skálán elfoglalt pozíciója alapján.

A strukturált skála abban különbözik ettől, hogy az előre meghatározott osztásokat (struktúra pontokat) tartalmaz. Ebben az esetben előfordulhat, hogy egy osztáshoz több mintát is rendel a bíráló. A kategória skála szintén egy strukturált rendszerű skála, azonban itt minden struktúra pont egy kategóriát jelöl, mely mellett egy kifejezés szerepel. Ilyen teszteknel a bírálók a minta egy bizonyos érzékszervi tulajdonságát értékelik úgy, hogy megjelölik az ítéletüknek legjobban megfelelő kifejezést. A skála jellemzően 3-11 tagból áll, és az adott tulajdonság intenzitás-értékeit sorrendben leíró kifejezéseket tartalmazza. Létezik egy speciális, úgynevezett optimum skála (*just-about-right, JAR*), melynek sajátossága, hogy a „pont jó” kategória a skála közepén található, a két széle felé pedig a vizsgált tulajdonság növekvő/csökkenő intenzitású kategóriái jelennek meg („*túl gyenge*” illetve „*túl intenzív*”). A *páronkénti rangsorolás* (páros összehasonlítás/páros preferencia) során minden mintát minden mintával összehasonlítanak a bírálók, melynek köszönhetően kialakul egy egyértelmű rangsor (O’Sullivan, 2016).

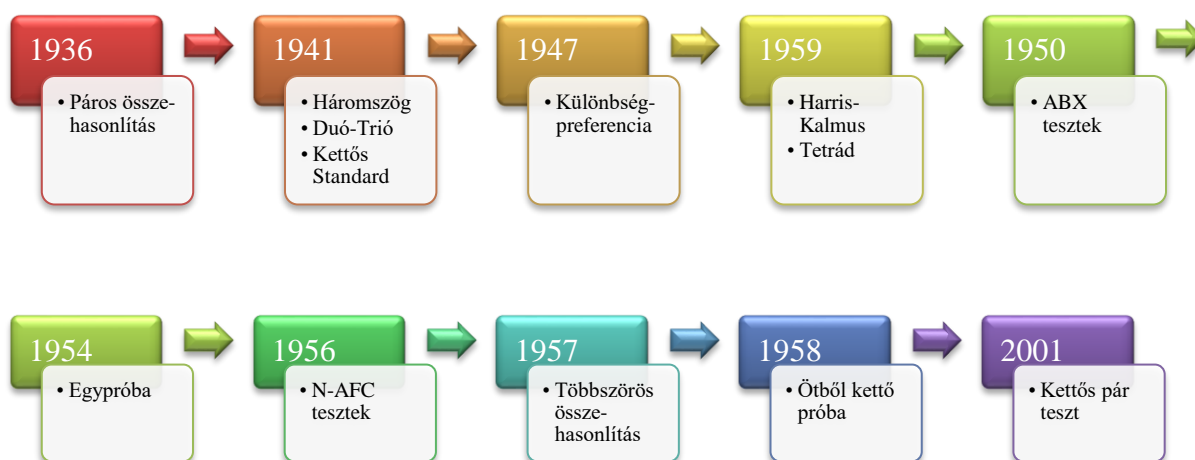


4. ábra: Példák strukturálatlan, strukturált és kategóriaskálára (ISO 4121:2003)

A rangsorolási vizsgálatok eredménye egy, a bíráló által felállított rangsor, melyben minden egyes minta saját rangszámmal rendelkezik. A rangszámösszegek alapján statisztikai vizsgálatok végezhetők annak eldöntésére, hogy a minták szignifikánsan különböznek-e valamilyen tulajdonságban (ISO 8587:2014).

2.1.3 Különbségvizsgálatok

A különbségvizsgálatok alkalmas eszközök, amennyiben két minta közötti különbséget, illetve annak mértékét kell meghatározni. A különbségvizsgálati módszerek időrendi fejlődése az 5. ábrán, a leggyakrabban alkalmazott módszerek, és jellemző paramétereik az 1. táblázatban láthatóak.



5. ábra: Néhány fontosabb különbségvizsgálati teszt nevét és publikálásának dátumát bemutató idővonal (Rogers, 2017a alapján saját szerkesztés)

Az *egypróba* (vagy *A-notA test*) során a bíráló megismerkedik a referenciamintával (A-minta). Ezután egyesével (monadikusan) kapja kézhez a soron következő mintákat, melyekről el kell döntenie, hogy megegyeznek-e a referenciával, vagy sem. A tesztnek több változata létezik, attól függően, hogy a referenciaminta mindvégig a bírálónál van-e, vagy nem; a nem-A minták származhatnak-e különböző (B, C, D...) mintákból, vagy csak egy (B) mintából; illetve, hogy a bíráló megismeri-e B mintát a vizsgálat előtt vagy sem. Az egyszerű összehasonlítás, mint a neve is mutatja, az egyik legkevesebb erőforrást igénylő különbségvizsgálati teszt. A bíráló két terméket kap, melyekről el kell döntenie, hogy azonosak-e.

A *páros összehasonlítás* során is két mintát vizsgál a bíráló, azonban ebben az esetben a két minta mindig különböző, és egy tulajdonságra vagy kedveltségre irányuló kérdésben kell döntést hoznia. A vizsgálat lehet egyoldalú, amennyiben létezik előre ismert helyes válasz (pl. a kérdés a *sósságra* vonatkozik, és tudjuk, hogy A minta több sót tartalmaz, mint a B minta), vagy kétoldalú,

amennyiben nincs előzetes feltételezésünk a különbség irányáról (általában kedveltség vizsgálatakor: „*melyiket kedveli jobban?*”).

A *Duó-trió próba* során a bíráló kap egy referenciamintát, valamint két másik mintát, melyek közül az egyik a megegyezik a referenciával. A bíráló feladata a referenciával azonos minta megjelölése. A legismertebb és leggyakrabban alkalmazott különbségvizsgálati teszt a *háromszögpróba*. Ennek során a bíráló három mintát kap, melyek közül kettő azonos, egy pedig eltérő. A bíráló feladata az eltérő minta megtalálása, és a különbség okának megnevezése, vagy annak jelzése, hogy csak tippelt.

A *tetrád teszt*, vagy *négyből kettő próba* során 4 minta kerül kiosztásra, melyekből 2-2 azonos. A bíráló feladata a megfelelő csoportosítás. A teszt előnye, hogy kisebb bírálósám mellett megbízhatóbb eredményt ad, mint a háromszögpróba, ezért az elmúlt években egyre népszerűbb ez az eljárás (Rogers, 2017a).

Az *ötből kettő próba* öt mintát igényel, melyekből 2 illetve 3 azonos. A feladat itt is a megfelelő csoportosítás. A próba előnye, hogy viszonylag kicsi a véletlen eltalálás valószínűsége (10%), azonban hátránya, hogy a teszt nagy érzékszervi terheléssel jár, így célszerű elsősorban vizuális vagy olfaktometriás mérések során alkalmazni. Az *R-index teszt* az egypróba elvét követi, azonban ahhoz hozzáad egy valószínűségi változót. A bírálónak nem csak az azonos/nem-azonos lehetőségekből kell kiválasztaniuk a szerintük helyes megoldást, hanem meg kell jelölnie, hogy az éppen vizsgált minta „*biztosan megegyezik A mintával*”, vagy „*valószínűleg megegyezik A mintával*” illetve „*biztosan nem egyezik meg A mintával*”, vagy „*valószínűleg nem egyezik meg A mintával*”.

Az érzékszervi szakirodalomban fellelhetőek egyéb különbségvizsgálati tesztek is, melyek az európai gyakorlatban nem bevettek, mivel a vonatkozó ISO szabvány (ISO 6658:2017) nem ismerteti ezeket, valamint egyik nemzetközi hatályos szabványban sem szerepelnek. Ennek ellenére az érzékszervi tudomány különbségvizsgálatai módszerei közé tartoznak, ezért érdemes megemlíteni a következő teszteket is:

- **ABX teszt:** Hasonló a duó-trió próbához: a bíráló megismeri A és B mintát, és az ismeretlenről kell eldönteni, hogy melyik referenciához hasonló (Lawless & Heymann, 2010).
- **4-AFC (4 Alternatives forced choice):** A tesztben nem szerepel referenciaminta. Egy megadott szempont szerint kell 4 minta közül kiválasztani azt, amelyik legjobban teljesíti a megadott feltételt. Ennek a módszernek a 2 illetve 3 termékes változatával (2-AFC, 3-

AFC) gyakran találkozhatunk a szakirodalomban (pl. Angulo et al., 2007; Romano et al., 2009).

- **Kettős Standard teszt** (*Dual Standard test*): A tesztben 2-2 *A* és *B* minta szerepel. A bíráló megismeri *A* és *B* referenciamintát, és 2 ismeretlen mintáról kell eldöntenie, hogy melyik hasonló *A*, ill. *B* mintához (Lawless & Heymann, 2010).
- **Kettős pár teszt** (*Dual pair test*): A tesztben 3 *A* és 1 *B* minta szerepel. A bíráló 2 mintapárt kap, egyikben 2 *A* minta, másikban 1 *A* és egy *B* minta szerepel. A bíráló feladata, hogy meghatározza azt a mintapárt, amelyikben eltérő minták vannak (Lawless, 2013)
- **Négyből egy próba** (*One out of four test*): Hasonló a háromszögteszthez. A bírálónak 4 minta közül kell kiválasztania azt, amelyik nem hasonló a többihez (Bi, 2015).
- **Többszörös standard teszt** (*Multiple Standards*): A bíráló *N* számú mintát kap, ezek közül *N-1* minta valamiben hasonló (*A1*, *A2*, *A3* stb.). A bíráló feladata, hogy kiválassza a „legkülönbözőbb mintát” (*B*) (Peryam, 1958).

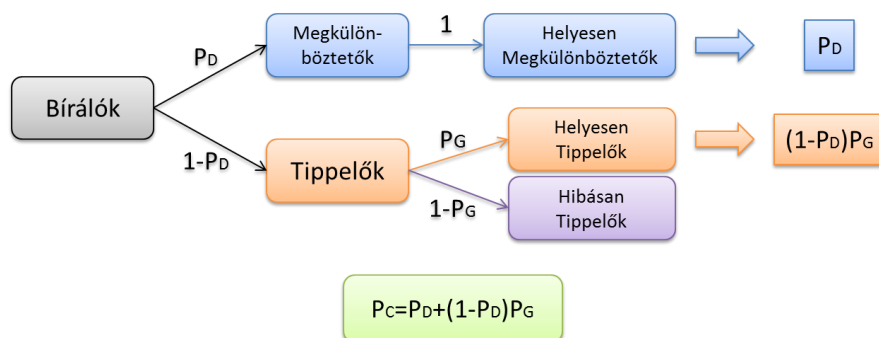
1. táblázat: Néhány különbségvizsgálati módszer összehasonlítása

Teszt neve	Egy tesztben étékelt minták száma	Referenciák száma	Véletlen eltalálás valószínűsége	Mentális terhelés mértéke
Egypróba („A” – „nem A” teszt)	1	1 (A) vagy 2 (A,B)	50% (1/2)	Mintaszámfüggő
Egyszerű összehasonlítás	2	0	50% (1/2)	Kicsi
Páros összehasonlítás	2	0	50% (1/2)	Kicsi
Páros preferencia vizsgálat	2	0	-	Kicsi
Duó-trió próba	3	1	50% (1/2)	Kicsi
Háromszög-próba	3	1	33% (1/3)	Közepes
Tetrád teszt	4	2	33% (1/3)	Közepes
Ötből kettő próba	5	0	10% (1/10)	Nagy
R-index teszt	1	1 (A) vagy 2 (A,B)	50% (1/2)	Mintaszámfüggő

Azonban a különbségvizsgálatok előnye, hogy rendkívül széles körben használhatóak, – illetve korlátlanul alkalmazhatóak bármilyen minták összehasonlítása esetén – bonyodalmat okozhat. A

számos választható különbségvizsgálati eljárás más-más sajátossággal bír, ezért a bírálatvezető feladata és felelőssége, hogy minden szempontot figyelembe véve a megfelelő módszerrel végezze a kutatást. Azonban sem a kiválasztási tényezőkben, sem azok mérlegelésére vonatkozóan nincsen objektív előírás, ráadásul az egyes szempontok szerinti optimális kísérleti tervek gyakran átfednek, vagy ellentmondanak egymásnak. A megfelelő módszer alkalmazása ugyanakkor kulcskérdés a kutatásokban, mivel a módszerek különböző érzékenységgel rendelkeznek, és előfordulhatnak olyan esetek, hogy míg az egyik módszer különbséget mutat ugyanazon a szignifikancia szinten, addig a másik nem. Természetesen ez ritkán szokott kiderülni, mivel nem gyakran végeznek két eltérő különbségvizsgálati tesztet ugyanazokkal a mintákkal.

A különbségvizsgálatokban két különböző elvi modell terjedt el: a Guessing és a Thurstone modell. A Guessing modellt, vagy „*Megkülönböztetők aránya (Proportion of distinguishers, P_d)*” modellt részletesen Lawless & Heymann (2010) mutatja be. E szerint a megközelítés szerint minden kísérletben vannak olyan bírálók, akik valóban észlelik a különbséget (megkülönböztetők, *distinguishers*) és vannak azok a bírálók, akik nem észlelik a különbséget, ezért tippelnek (tippelők, *guessers*). A *Megkülönböztetők*, mivel észlelik a különbséget, kizárólag helyes válaszokat adnak (6. ábra).

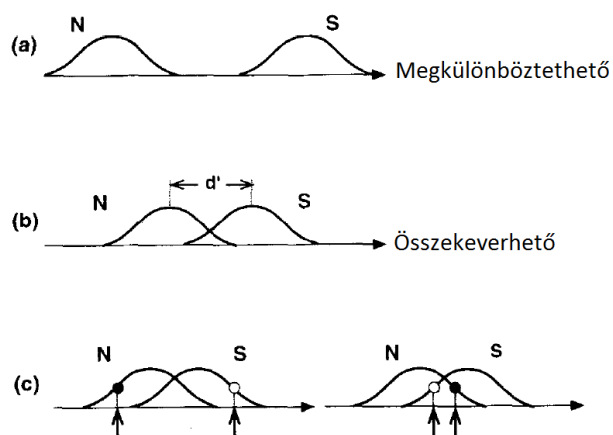


6. ábra: A Guessing-modell sematikus ábrája (Jesionka et al., 2014 alapján)

A *Tippelők*, mivel nem észlelik a különbséget, olyan arányban adnak helyes válaszokat, amekkora a véletlen eltalálás valószínűsége az adott különbségvizsgálati tesztben. A véletlen eltalálás esélye a próba mintaszámától, pontosabban a válaszadási lehetőségek számától függ (pl. tetrád teszt esetén négy mintát értékel a bíráló, de csak három különböző csoportosítás valósítható meg, ezért a véletlen eltalálás esélye épp úgy $1/3$, mint háromszögpróba esetén, ahol csak három mintát kap a bíráló.) Így valószínűsíthető, hogy a *Tippelők* között háromszögpróba esetén $1/3$, ötből kettő próba esetén $1/10$ arányú helyes válasz lesz. A *Guessing modell* azért is közkedvelt, mert a helyes válaszok arányából következtetni lehet a valódi *Megkülönböztetők* számára, ami komoly információértékkel bírhat egy termékfejlesztésnél.

A Thurstone modell egy, látszólag a különbségvizsgálatoktól független, információfeldolgozásról szóló elméleten alapul, melyet Thurstone (1927) publikált, a XX. század elején. Véleménye szerint nem a beérkező ingerek mennyisége vagy minősége fontos, hanem csupán azok, melyek valóban stimulálnak bizonyos receptorokat, és ingerületet közvetítenek az agyba. A többi információ zajként kiszűrődik. Ezt az elméletet Ura (1960) alkalmazta először érzékszervi különbségvizsgálati tesztekre (háromszög és duó-trió próba) vonatkoztatva.

A Thurstone-modell azon az elgondoláson alapul, hogy minden egyes alkalommal, amikor egy bíráló egy terméket megkóstol, eltérő íz-intenzitást fog tapasztalni. Ennek a különbözőségnek számos oka van, többek közt szerepet játszik a bíráló pszichológiai állapota és adott termékcsoporthoz való érzékenysége, de befolyásolhatja az érzékszervi adaptáció, vagy a termékek inhomogenitása is. Azaz, hogy egy bíráló a neki bemutatott minta adott tulajdonságát mennyire fogja intenzívnek érezni legjobban egy **eloszlással** becsülhető. A modell megköveteli, hogy meghatározzunk egy paramétert, ami két adott minta közötti érzékszervi távolságáról ad információt. Ez a delta (δ) érték, amely a két minta eloszlásának átlaga közötti érzékszervi távolságot jelöli, szórás-egységekben mérve (O'mahony et al., 1994). Két eloszlás, amelyek átlagai két szórásnyira vannak egymástól ($\delta = 2$), kevésbé fednek át, és így könnyebben megkülönböztethetőek, mint két olyan eloszlás, amelyek átlagai csak egy szórással vannak egymástól ($\delta = 1$). A rossz válaszok száma nagyban függ attól, hogy a két termék mennyire különbözik, azaz mennyire fednek át az eloszlásgörbéik. Ha két termék között nagy a különbség, azaz az eloszlásuk között nincs átfedés, akkor a különbség minden bíráló számára egyértelműen észlelhető lesz, mivel az függetlenül attól, hogy az eloszlásgörbén hol helyezkedik el a termék intenzitása, a két termék közti különbség megmarad (7. ábra). Azonban, ha a különbség olyannyira kicsi, hogy a valószínűsíthető eloszlásuk átfed, akkor előfordulhatnak hibás válaszok az átfedés mértékének függvényében.



7. ábra: Két termék (N és S) gyakorisági eloszlásának bemutatása megkülönböztethető, illetve összekeverhető különbségek esetén (O'Mahony, 1994)

A Guessing és a Thurstone modell közötti legfontosabb különbségeket a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat: A Guessing- és Thurstone modell összehasonítása

	Guessing-modell	Thurstone-modell
Elv	Egyszerű modell, melynek alapja az a feltételezés, hogy a bíráló <i>különbőségtevő</i> vagy <i>tippelő</i>	Fejlett modell, melynek alapja az a feltételezés, hogy a termékek észlelete követ egy bizonyos eloszlást (pl: normál)
Megközelítés	Bíráló-központú elv	Termék-központú elv
Szoftver	Nincs szükség szoftveres alkalmazásra	Speciális szoftver szükséges a „ δ ” érték meghatározásához
Becsült paraméter	P_G	δ
Paraméter jellemzője	Arányos azon bírálók számával, akik valóban képesek különbséget tenni a minták között	Arányos a zajjal terhelt, termékek közti észleletek eloszlásainak átlagos távolságaival
Számítás módja	Lineáris kapcsolat P_G és P_C között	Pszichometria függvények: P_C és δ
Fix eljárás	Erős és jól meghatározott	Erős
Módszer specifitás	Nem stabil (módszer-specifikus)	Stabil (nem módszer-specifikus)
Interpretáció	Könnyű megjeleníthetőség és kommunikálhatóság	Nehézkesebb megjeleníthetőség és kommunikálhatóság
Rögzített, segítő táblázatok	Léteznek meghatározott, jól kiszámított táblázatok, melyek segítik a felhasználót	Jelenleg nincs előre rögzített táblázat, ami segítené a felhasználót

2.1.4 Leíró tesztek

Az érzékszervi vizsgálatok harmadik csoportjába a leíró tesztek tartoznak. Ezek során a vizsgált minták viszonylag nagyszámú jellemzőjét minősítik képzett vagy szakértő bírálók. A széleskörű tulajdonságlista alapján a kapott eredmény leírja a vizsgált mintákat érzékszervi szempontból. A leíró vizsgálatok fontos eleme, hogy kizárólag képzett vagy szakértő bírálók vehetnek részt a teszten, mivel ennek során a bíráló mérőműszerként funkcionál, ahol egyik cél a szubjektivitás kiszűrése. Ugyanakkor az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt kapnak az olyan innovatív törekvések és módszertani fejlesztések, melyekben lehetővé teszik a képzetlen, fogyasztó bírálók bevonását. Természetesen a bírálók termékspecifikus képzettsége jelentős mértékben meghatározhatja az eredmények pontosságát és megbízhatóságát. Az egyik legnépszerűbb módszer, a profilanalízis esetén előfordul, hogy több hetes előzetes képzés előzi meg a valódi értékelést (ISO13299:2016).

A leíró vizsgálatok megfelelő kivitelezése és értékelése a legkomplexebb folyamat az érzékszervi módszerek közül. Ezért érdemes előzetesen meggyőződni a végrehajtás és az értékelés pontos részleteiről, mielőtt egy leíró módszert a gyakorlatban alkalmaznánk. A nemzetközi publikációk segítséget nyújtanak az eredmények értékelésének és értelmezésének meghatározásában. A módszerek összetettsége miatt gyakran speciális statisztikai programcsomag szükséges a precíz értékeléshez. A szoftverek közül néhány ingyenes (pl. R-project), azonban használatukhoz némi programozói jártasság igényelt. Amennyiben érzékszervi célszoftverrel (pl. Red Jade, CompuSense) történik a teszt értékelése, figyelmet kell fordítani a megfelelő feltételek (hardverigény, információbiztonság, hálózati protokoll stb.) teljesülésére (Lawless & Heymann, 2010).

Az érzékszervi szakirodalom számos leíró vizsgálati módszert tart számon. Az egyik legtöbbet alkalmazott módszer a *profilanalízis*. Az eljárás elve, hogy a vizsgált termék lebontható különálló tulajdonságjegyekre (megjelenés, íz, illat, állomány), melyek külön-külön értékelhetők. Ezen tulajdonságjegyek megjelenését és intenzitását vizsgálva kialakítható a termékprofil. A módszert akkor alkalmazzák, amikor a mintákban található érzékszervi jellemzők, és az azokban mutatkozó különbségek pontos meghatározása a cél. A profilanalízis előnye, hogy részletes információt ad mind kvalitatív, mind kvantitatív oldalról. Kvalitatív szempontból megkapjuk a mintában érzékelhető jellemzők listáját, kvantitatív megközelítés pedig azt, hogy az egyes jellemzők milyen intenzíven érezhetők, és mely minták között van szignifikáns eltérés. A módszer hátránya, hogy időigényes az érzékszervi profil kialakítása, valamint érzékeny a bírálócsoport képzettségére (különösen termékspecifikus szempontból). A végeredmény egy termékspecifikus érzékszervi profil, mely grafikusan egy úgy nevezett pókháló diagrammon jeleníthető meg. Ennek segítségével egyszerűen megállapítható a profilok hasonlósága vagy eltérő jellege, melyet a párhuzamosan elvégzett statisztikai értékelés támaszt alá. A grafikonon a vizsgált tulajdonságok sugár irányban helyezkednek el az egyazon origóból kiinduló tengelyeken. Az egyes minták profiljait egymásra vetítve vagy külön ábrákon megjelenítve is lehet ábrázolni (Kókai & Sipos, 2020).

Egy másik leíró vizsgálati kategória a *pontoszamos módszerek* családja. Ezek alapelve az, hogy létezik egy ideális, érzékszervileg hibamentes termék, amihez hozzárendeljük a maximális pontszámot. A valódi vizsgálat során az egyes termékeknek minden megjelenő érzékszervi hiba esetén levonunk egy bizonyos pontszámot. A tesztelés végén így minden minta egy adott pontszámmal fog állni, mely alapján osztályba, kategóriába (extra, I. osztály, II. osztály, stb.) tudjuk sorolni, vagy a megfelelőségét tudjuk vizsgálni egy előre felállított kritériumhoz (minimum

pontszám) képest. A pontozásos módszereket jellegükből fakadóan termékversenyegekben (borok, párlatok) és a minőségbiztosításban (tételminősítés) alkalmazzák (Kókai & Sipos, 2020).

Az érzékszervi kutatások fejlődésével párhuzamosan felmerült az igény olyan vizsgálatok kialakítására, melyeknél a fogyasztóktól is részletesebb válasz kapható az egyszerű preferenciánál. Erre kínál megoldást a *szabad fogyasztói profilanalízis (Free Choice Profiling)*. A módszer legjellemzőbb tulajdonsága és legnagyobb előnye, hogy nem köti meg az egyes bírálók által alkalmazott minősítési rendszert, ugyanakkor képes azok adatait együttesen értékelni. A vizsgálat során a bíráló egy gyakorlatilag üres táblázatot kap, melynek soraiba ő maga írja be azokat az érzékszervi jellemzőket, amelyeket a mintákban érzékel, valamint ő határozza meg azok határértékeit is. A minősítés során felvett tulajdonságok körét és számát tekintve teljes szabadsága van a bírálónak (innen ered az elnevezés is, szabad fogyasztói profilanalízis). Csak egyetlen megkötés van: amennyiben egy jellemző felkerült a papírra, úgy azt szisztematikusan minden minta esetében értékelni kell. Az elemzés a módszer kötetlenségéből adódóan speciális eljárással, úgynevezett Procrustes-analízissel (*Generalized Procrustes Analysis, GPA*) történik (O’Sullivan, 2016).

A leíró vizsgálatok legújabb kutatási iránya az *időbeli* változásokat vizsgálja. A hagyományos statikus érzékszervi módszerek nem képesek értékelni az érzékelésben bekövetkező finom változásokat a termék fogyasztása során (Oliver et al., 2018). A dinamikus, időfüggő érzékszervi módszerek az érzékszervi jellemzők változását követik nyomon egy adott időintervallum alatt. Az idő-intenzitás módszerek előnyösebbek más leíró profilalkotási módszerekkel szemben, mivel bemutatják az ingerek észlelésének – aroma, íz és textúra – keresztmodális kölcsönhatásait és azt, hogy az interakciók hogyan változnak fogyasztás közben. Egyik legfontosabb módszere az *idő-intenzitás vizsgálat (time-intensity, TI)*, ami a leíró vizsgálatok egy speciális típusa. A vizsgálat során adott érzet(ek) intenzitását mérik az idő függvényében. A cél annak meghatározása, hogy adott inger hatására egy bizonyos érzet milyen módon erősödik vagy gyengül, vagyis milyen dinamikával változik. Másik legfontosabb módszere idő-intenzitás vizsgálati eljárás az *érzetek időbeli dominanciája (temporal dominance of sensations, TDS)*. A vizsgálat célja, hogy a bírálók a termék kóstolási ideje alatt észlelt jellemző érzetek sorrendjét rögzítsék. A TDS egy viszonylag új módszer, mely lehetőséget ad több domináns érzékszervi tulajdonság alakulásának leírására egy élelmiszer vagy ital kóstolása során (Schlich & Pineau, 2017). A vizsgálat eredménye a domináns érzetek sorrendjének lenyomata a teljes termékvizsgálati idő alatt. A leíró érzékszervi szabványos módszereket az ISO 13299:2016 szabvány foglalja össze részletesen.

2.2 Érzékelés tényezői, keresztmodalitásai, tesztjei

Az ISO 5492:2008 szabvány szerint az *érzékszervi modalitás* (fn.) az „*érzékszervi rendszer által közvetített érzet, például hallás, ízlelés, szaglás, érintés, somesthesia vagy vizuális modalitás*”. Keresztmodális észlelésnek nevezzük azt az idegrendszeri folyamatot, mely során különböző érzékszerveinken keresztül bejövő információkat egymással kapcsolatba hozzuk (Spence, 2011). Ez a jelenség számos elvárási hiba alapját képezi, például Roth és munkatársai (1988) munkájában, ahol a fogyasztók az élénkpiros üdítőt édesebbnek vélték, mint a halványabbakat. A keresztmodalitás jelensége annak köszönhető, hogy természetes körülmények között nem csak egy érzékszerv működik, hanem azok az érzékelés során egymással kölcsönhatásban állnak (Shimojo & Shams, 2001). Keresztmodalitás felléphet bármely két érzékszerv között. Ennek szemléltetésére jó példa a közönséges nyelvhasználat, amelyben megtalálhatóak keresztmodalításra utaló kifejezések, mint például *hideg- és meleg színek*, vagy *éles és magas hangok* (Király, 1957).

A keresztmodalitás területén végzett első kísérlet Wolfgang Köhler (1929) pszichológus nevéhez fűződik. Kutatásában megkérte a résztvevőket, hogy két síkbeli forma közül (8. ábra) válasszák ki, hogy melyikre illik inkább a „*Tekete*” név és melyikre „*Baluba*” szó. Az eredmény azt mutatta, hogy az alanyok egyértelműen a szögletes ábrának adták a „*Tekete*” és a gömbölyded formának a „*Baluba*” nevet. Ez volt az első eredmény, mely bizonyította, hogy a különböző érzékszerveinkből származó információk nem függetlenek egymástól.



8. ábra: „*Tekete*” vagy „*Baluba*” (Köhler, 1929 alapján)

Mára a nemzetközi szakirodalomban rengeteg tanulmány jelent meg, melyek a keresztmodalitás témakörével foglalkoznak. Az élelmiszerekkel kapcsolatos keresztmodális vizsgálatok számos nemzetközi kutatás fókuszában állnak. A tanulmányokat megvizsgálva két fő kutatási módszertan különböztethetünk meg. Az egyik típusú kísérletben egyetlen modalitást változtatnak meg mesterségesen, miközben egy másik modalitással kapcsolatban tesznek fel kérdéseket (például: színezékekkel elmaszkolják az üdítők valódi színét és a bírálóknak meg kell határozni a kapott minta ízét). A másik típusú módszertan során megkérlik a bírálókat, hogy intuitív megérzések alapján párosítsák az egyik érzékszerv ingerét egy másik modalitásához (például: „*A hallott szót melyik élelmiszermintához párosítaná inkább?*”).

A különböző nemzetközi szakirodalomban fellelhető kutatások széles perspektívát nyújtanak a keresztmodalitás lehetőségeiről és az emberi érzékelés sokszínűségéről. A 3. táblázatban néhány különböző élelmiszer-fókuszú kutatás látható, melyek különböző egyedi módszerekkel vizsgálják a témakört. A táblázat rámutat arra, hogy mennyi különböző típusú keresztmodalitás létezik, amelyeknek nem biztos, hogy tudatában vagyunk.

3. táblázat: Néhány keresztmodális érzékelést vizsgáló, élelmiszer-fókuszú kutatás

	<i>Illatok</i>	<i>Hangok</i>	<i>Formák</i>	<i>Színek</i>	<i>Textúra</i>
<i>Ízek (Ízlelés)</i>	Nasri et al., 2011; Delwiche & H., 2005;	Gallace et al., 2011; Ngo et al., 2011	Deroy & V. (2011)	Maga, 1974; Roth et al. 1988;	Slocombe et al. (2016)
<i>Illatok (Szaglás)</i>	-	Seo et al., 2014	Heatherly et al., 2019 Hanson-Vaux et al., 2013	Gilbert et al. (1996); Koza et al. (2005)	Koizumi et al., 2011; Visschers et al., 2006
<i>Hangok (Hallás)</i>	-	-	Ngo et al., 2011	Ward et al. (2006)	Zampini & Spence (2004);

A keresztmodalitással kapcsolatos eredmények értelmezése nem egyszerű, mivel az asszociációk tanult és rögtönzött pszichológiai folyamatok eredményei. Ezért számos tanulmány megemlíti, hogy a kapott kutatási eredmények csak egy adott kulturális vagy lokális közösségre vonatkoztathatók, mivel a származás és a tanult válaszok nagy szerepet játszanak keresztmodalitás kialakulásában (Seo & Hummel, 2017).

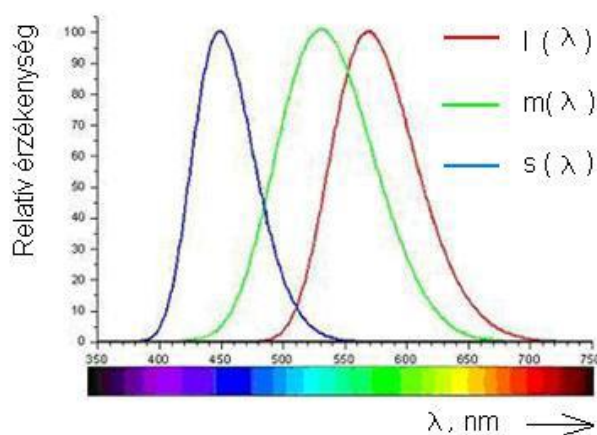
2.3 Vizuális percepció

2.3.1 Színérzékelés és színtévesztés

Az érzékszervi vizsgálatok során a kiválasztott/képzett és szakértői bírálók érzékszerveinek megfelelősége kiemelten fontos. Ez magában foglalja többek közt a vizsgálati személyek színtévesztésének szűrését, mivel a színtévesztőknél mind a színárnyalat megkülönböztető képesség (színárnyalat diszkrimináció), mind a színfelismerési képesség (színidentifikáció) gyengébb az épszínlátókhöz viszonyítva. Abban az esetben, ha a minősítés alapja nem a vizuális értékelés, a nemzetközi szabványok előírják, hogy olyan vizsgálati körülményeket szükséges biztosítani, ahol a környezet – megvilágítás, bírálófülke – a termékek, a monitor színekalibrációja vagy az edényzet színingere nem befolyásolja a többi érzékszervi jellemzőt (illat, íz, állomány) (ISO 8589:2007; ISO 6658:2017; EA-4/09:2017).

Ahhoz hogy átfogó képet kaphassunk arról, hogy milyen hatása lehet színeknek az érzékszervi vizsgálatokra, két irányból is közelíthetünk. Az első módszer, ha olyan kísérletek tapasztalatait tekintjük át, amelyekben a szín egy változó volt, és így annak függvényében kaphatunk képet a kísérletben elvégzett érzékszervi vizsgálat eredményére vonatkozó hatásáról. A másik irány a színlátás működésének és paramétereinek áttekintése, és a hatások ezek alapján történő vizsgálata. Ezen belül is különösen fontos az épszínlátók és a megváltozott színérzékeléssel bíró személyek megkülönböztetése, továbbá annak mérés technikája, hiszen az érzékszervi bírálók által végzett vizsgálatok esetében színlátásuk lényegében mérőműszerként funkcionál.

A színek észleletét az emberi szem érzékelési rendszere határozza meg. A fényinger érzékelésében az ideghártya (retina) játssza a legfontosabb szerepet, melyben a fényre érzékeny receptorok és idegvégződések találhatók. A látóideg végződései (pálcikák és csapok) a retinarétegben keverten helyezkednek el, és számos paraméterben különböznek egymástól: méret, spektrális érzékenységi tartomány, fényelnyelő pigmentek, mennyiség, térbeli eloszlás. Míg a csapok a nappali fény mennyiségre és színlátásra differenciálódtak, addig a pálcikák a világosságkülönbségek meghatározására alkalmasak, és a szürkületi látást segítik. A receptorok működésének alapjául szolgáló fényérzékeny anyag (pigment) a rodopszin. Az épszínlátók esetében a spektrális érzékenységi görbék alapján három különböző csaptípust határozhatunk meg: tritos (S – short, 441 nm kék színinger), deuterós (M – medium, 541 nm zöld színinger), és a protos (L – long, 566 nm vörös színinger) (9. ábra).

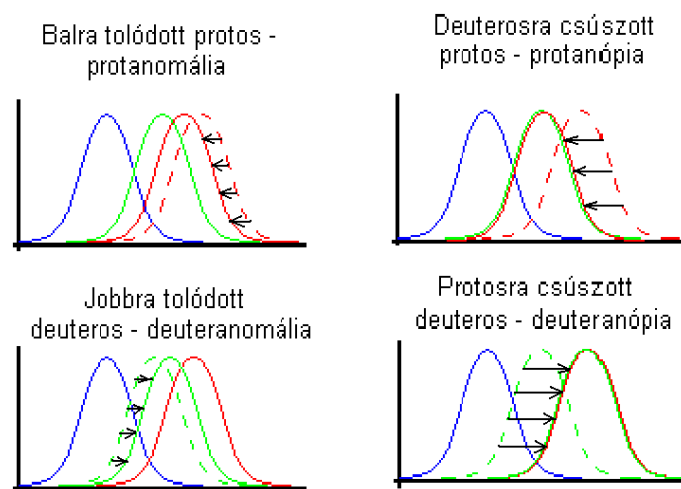


9. ábra: A tritos – s (λ), deuterós – m (λ) és protos – l (λ) spektrális érzékenysége (Wenzel, 2013)

Az agyi szín-észleletet egyszerre legalább két különböző, de jellemzően mindhárom érzékelő csap különböző mértékű ingerlése határozza meg (Gegenfurtner & Sharpe, 2001). A

pálcikák és csapok között keresztkapcsolatok jönnek létre a horizontális sejteken keresztül, amivel elkezdődik a látási információ feldolgozása. A színlátás egy összetett működés eredménye, ezért a szín meghatározása is ezt az összetett megközelítést mutatja. A Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (*International Commission on Illumination* vagy *Comission International de L'Éclairage* (CIE, 2004), megközelítése alapján a szín fizikai értelemben egy fényinger-eloszlás a 380-780 nm közötti hullámhossztartományban. Fiziológiai szempontból szín nem más, mint a színes látás érzékszervében, a szemben egy vagy több fénysugár által kiváltott ingerület, míg pszichológiai szempontból a szín a látószerv idegpályáin továbbított ingerületek által az agykérgi látóközpontban létrejött színérzet (Wenzel, 2013).

Abban az esetben, ha egy vagy több csap spektrális érzékenysége eltér az épszínlátók érzékenységétől, szintévesztésről beszélhetünk. A szintévesztőket a színérzékenységi görbék helyzete alapján tipizálják: az alacsonyabb hullámhossz tartomány felé eltolódó érzékenységű protos esetén protanomáliáról, míg a magasabb hullámhossztartomány felé tolódott érzékenységű deuterios esetén deuteranomáliáról beszélhetünk (Ábrahám, 2006). Ha két receptor érzékenységi görbéje fedésbe kerül, protanópia vagy deuteranópia esete áll fenn (dikromátok). A monokromát személyek esetében mindhárom receptor érzékenységi görbéje fedi egymást (10. ábra).



10. ábra: A színérzékelő receptorok spektrális eltolódásai (Wenzel, 2013)

Az akromát típusú személyek retináján a csapok érzékelése nem működik, így ők nem látnak színeket, csak az észlelt fény mennyiségét tudják megkülönböztetni a szem retinájában lévő pálcikák segítségével. A típusok további altípusokba sorolhatók, mely a színlátás torzulásához vezet különböző mértékben érintve a női és férfi populációt (4. táblázat).

4. táblázat: Az öröklött szintévesztés főbb típusai és előfordulásuk a populációban (Kolb et al., 1995 alapján)

Típus	Altípus	Receptorok elhelyezkedése	Színlátás torzulása	Előfordulás (férfiak)	Előfordulás (nők)
Monokromát	atipikus monokromát	általában mindhárom érzékenységi görbe egymásra csúszott	monokromatikus (esetleg vörös) látás	ritka	ritka
	pálcika monokromát	csak pálcika receptoros látás	monokromatikus látás	ritka	ritka
	csap monokromát	csak csap receptoros látás	monokromatikus látás	nagyon ritka	nagyon ritka
Dikromát	tritanóp	a kék érzékenységi görbe a zöldre tolódott	csak a türkiztől vörösig látás	1%	0,01%
	deuteranóp	a zöld érzékenységi görbe a vörösre tolódott	kék – sárga látás	1,50%	0,01%
	protanóp	a vörös érzékenységi görbe a zöldre tolódott	csak a kéktől sárgáig látás	0,01%	0,01%
Anomál trikromát	tritanomál	a kék érzékenységi görbe a zöld felé tolódott el	széles türkiz tartomány, a zöld helyett is türkiz	1%	0,01%
	deuteranomál	a zöld érzékenységi görbe a vörös felé tolódott el	széles türkiz, ill. széles sárga tartomány	5%	0,40%
	protanomál (csak szerzett)	a vörös érzékenységi görbe a zöld felé tolódott el	széles sárga tartomány, a zöld helyett is sárga	ritka	ritka

Fiziológiai alkalmasság vizsgálata során a legfontosabb cél a bírálói képességek tesztelése, feltárása és fejlesztése, rendszeres időközönként végzett tesztek (színfelismerés, szaglóképesség, ízfelismerés, ízküszöbérték, koncentráció különbség) segítségével. A szűrési vizsgálatok típusai alapján a vizsgálat célja a következő lehet:

- a csökkent képesség meghatározása;
- az érzékelés erősségének meghatározása;
- az érzékszervi tulajdonság leíróképességének értékelése.

A színlátás vizsgálatára az alábbi szabványos módszerek terjedtek el az érzékszervi vizsgálatokban:

- színtévesztés azonosítása (pszeudo-izokromatikus teszt-könyvek) (ISO 11037:2011),
- színtévesztés típusának meghatározása (anomaloszkóp) (ISO 11037:2011),
- színárnyalat vizsgálat (Farnsworth-Munsell 100 színárnyalat teszt, színkeveréses módszer) (ISO 8586:2012),
- kontrasztérzékenység vizsgálat, szürkeárnyalatos különbségtétel vizsgálat (keveréses módszer) (ISO 8586:2012).

A színtévesztés vizsgálatára a pszeudo-izokromatikus ábragyűjtemények megfelelőek: Isihara- (Japán), Velhagen- (Németország), Rjabkin- (Oroszország) és Dvorine- (Amerika) teszt-könyvek. A színes, kerek vagy szabálytalan alakú pontokból összeállított pöttyös ábrákon található minta és a háttér pontjai pszeudo-izokromatikus párokat alkotnak, világosságuk és szín telítettségük azonos, de a színárnyalatuk különböző. Ezeken a képeken az épszínlátók képesek megkülönböztetni a mintát (betűk/számok/alakzatok) a háttértől, míg a színtévesztők nem képesek ezeket felismerni. A vizsgálatot megfelelő világítási környezetben szükséges elvégezni (a világítás szórt fényű, közepes világossági értékű legyen, a teszt-ábra csillogása vagy más kápráztató elem ne zavarja az érzékelést, célszerű széles spektrumú fényforrásokat alkalmazni). A pszeudo-izokromatikus teszt-könyv viszonylag olcsó (60 USD dollár) és a gyakorlatban történő alkalmazása egyszerű (Wenzel, 2013).

2.3.1.1 Sörök színmérése és színe

Színtani szempontból a sör kiemelt élelmiszerkategóriát képez, mivel saját színmeghatározási rendszerrel rendelkezik. A sörök esetében már nagyon korán felismerték, hogy szükség van egy olyan rendszerre, ami alapján a sörök színe objektíven összehasonlítható. Az első modern színmeghatározási eljárás a Lovibond-módszer volt, amelyben a bírálónak különböző színes összehasonlító korongok alapján kellett szabványosított fényforrások mellett a sör színét meghatározni (Lovibond, 1897). Elmélete nagyban hasonlított a ma is alkalmazott RAL-skálákhoz. Az eljárás hátránya a szubjektivitás, mivel a teszt eredményét nagymértékben befolyásolja a vizsgáló személy színlátása, továbbá a korongok előregedése, kifakulása és a nem megfelelő tárolás színeltolódást okozhat (Sharpe et al., 1992). Ennek ellenére a Lovibond-módszert napjainkban is használja néhány sörfőző. Bár több javaslat is született a több hullámhosszon történő mérésekre – pl: Brandon (1957) a 460 nm-en és 560 nm-en mért abszorbanca arányát, míg Nyborg és Trolle (1948) a 430 nm és 530 nm-es értékek használatát javasolta – a század közepén mégis az egy hullámhosszon történő spektrofotometriás módszert vezették be. Az ASBC (*American Society of Brewing Chemists*) és az EBC (*European Brewery Convention*) a $\lambda = 430$ nm-t szabványosította mérési hullámhossznak, mivel a világos (*pale*) sörök ezen a hullámhosszon mutatták a legnagyobb eltérést. Az Egyesült Királyságban $\lambda = 530$ nm-t

használtak, mivel az ebben a régióban elterjedt borostyán színű sörök ezen a hullámhosszon különböztek a legnagyobb mértékben. Később az Egyesült Királyságban is átvették a 430 nm-es referenciaértéket. Azóta két fő szabványosított módszer terjedt el a sörök színeinek mérésére.

Az ASBC által kifejlesztett *Standard Reference Method* (SRM), valamint az EBC módszer (Hughes, 2011). Mind a két eljárás abszorbancia alapján határozza meg a sörök közötti színkülönbséget. Napjainkra azonban a kézműves sörfőzés forradalmával, és a nemzetközi sörgyártó cégek palettájának bővülésével az abszorbancián alapuló színmérési módszerek elavulttá váltak, mivel azokat évtizedekkel ezelőtt a hagyományos sörökre fejlesztették ki. Ennek ékes példája, hogy egyre nagyobb számban léteznek olyan termékek, amelyek $\lambda = 430$ nm-en azonos abszorbanciával rendelkeznek, de vizuálisan különböznek, pl. vöröses és barna sörök (Smedley, 1995). Az újabb típusú sörök (pl. gyümölcsösörök és a söralapú kevert italok) sokféle színben jelennek meg, ezért a hagyományos színmérési módszerek, mint az SRM vagy az EBC téves eredményeket adhatnak esetükben, mivel a karamellizáláson, pirolízisen és Maillard reakciótermékeken kívül más színező komponenseket is tartalmaznak (Shellhammer & Bamforth, 2008).

A végtermék színe elsősorban a sörfőzés során felhasznált különböző alapanyagoknak köszönhető, és főként azok minőségétől és a technológiai folyamatoktól függ (Bamforth, 2016). Másodlagos tényező a malátából és a komlóból származó polifenolok oxidációja a tárolás és az érlelés során. A fő fenolos komponensek, amelyek hozzájárulnak a sör oxidációja miatt bekövetkező színváltozáshoz, a flavan-3-ol monomerek és a proantocianidin oligomerek (Aron & Shellhammer, 2010). A söralapú vegyes italok és a gyümölcsösörök különféle, gyümölcsökből kioldott színező komponenseket tartalmaznak, amelyek befolyásolják a színt: a feketerybizli és a meggy fő színezőanyaga az antocianin, míg a citrom és a grapefruit naringint, heszperidint és eriocitrint tartalmaz (Damar & Ekşi, 2012; Mattila et al., 2011; Peterson et al., 2006).

2.3.1.2 A színek befolyásoló hatása az élelmiszerek érzékszervi minősítésében

A színek multidiszciplináris megközelítését jól mutatja, hogy számos nemzetközi folyóirat vizsgálja ezt a területet. Az újságok tudományos fókuszai sokszor átfednek, de feloszthatók három jellemző csoportra:

1. Az észlelés, érzékelés, megismerés és jelfeldolgozás szintani kérdéseire fókuszáló folyóiratok (*Brain and language, Chemical senses, Chemical Senses and Flavor, Chemosensory Perception, Human Perception and Performance, Journal of the American Oil Chemists' Society*),

2. A szín pszichológiai vonatkozásait vizsgáló folyóiratok (*American Journal of Psychology, Bulletin of the Psychonomic Society*),
3. Az élelmiszer és fogyasztó szempontjából vizsgáló folyóiratok (*Appetite, Ciência e Agrotecnologia, Flavour, Food Chemistry, Food quality and preference, Foods, Journal of dairy science, Journal of food science, Journal of Marketing Theory and Practice, Journal of Sensory Studies, Meat science, Postharvest biology and technology, The Marketing Management Journal*).

A színek hatásait tekintve kiterjedt szakirodalmat találhatunk, melyek a fogyasztói vizsgálatokra vonatkoznak, azonban a képzett és szakértői bírálókra gyakorolt hatások – a szabványos előírásokon túlmutatóan – kevéssé kutatottak. A nemzetközi publikációkban egyértelmű kutatási területeket, mintázatot lehet azonosítani, melyek a színek befolyásoló szerepét vizsgálják. Ilyen területek az alapízekre, az íz identifikációra, az íz/illat intenzitásra, a tesztelési környezetre, a kínáló edényzetre, a csomagolásra, az elfogyasztott étel mennyiségére és a kedveltségre vonatkozó kutatások.

A szín inger-befolyásoló hatását már korán felismerték. Az egyik első releváns kutatás beszámol arról, hogy a megkérdezett fogyasztók 97%-a a fehér vaját “olajos margarinként”, míg a sárga margarint “vajnak” azonosította (Cheskin, 1957). Az kezdeti kutatásokban az alapszínek befolyásoló hatásait tesztelték az alapízek ízküszöb-tesztjeire (Maga, 1974). Ezen vizsgálatok fókuszában főként alkoholmentes italok álltak, mivel a különböző koncentrációkkal és színezékekkel könnyen megvalósíthatók voltak a kísérletek. A színezett üdítők a mai napig számos kísérletben szerepelnek (pl. Dubose et al., 1980; Garber et al., 2000; Zellner & Durlach, 2003), de előszeretettel alkalmaznak különböző borokat is a vizsgálatokhoz (pl. Morrot et al., 2001; Wang & Spence, 2019). A további kutatások egyik iránya a szín és az érzékelt íz/illat intenzitás kapcsolatait vizsgálta (pl. Johnson & Clydesdale, 1982). Az eredmények alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a fogyasztók az erősebb színintenzitásokhoz jellemzően magasabb íz/illat értékeket rendelnek (Johnson & Clydesdale, 1982; Roth et al., 1988). Megfigyelhető, hogy az érzékszervi tudomány fejlődésével a vizsgálatok egyre kiterjedtebbé váltak, köszönhetően a kísérlettervezési és statisztikai módszerek elterjedésének. Számos olyan publikáció jelent meg, mely a kínáló edényzet színének hatásaira fókuszál, például üdítők (Guéguen, 2003), forró csokoládék (Piqueras-Fiszman & Spence, 2012), kávék (Van Doorn et al., 2014) vagy ásványvizek (Risso et al., 2015) kóstolása során. A kutatások új szintjét jelentette, amikor már nem a termék színét módosították, hanem a szemrevételezési (tesztelési) környezetet. Ezekben a kutatásokban gyakorlatban alkalmazzák a termékek közötti színíngerek elmaszkolását, legtöbbször piros fénnel (pl. Ross et al., 2008; Oberfeld et al., 2009).

A felsoroltakon kívül számtalan koncepcióban lehet vizsgálni a színek fogyasztókra gyakorolt hatásait. Ilyenek lehetnek: a színezett fények hatásai az elfogyasztott élelmiszer mennyiségére (Cho et al., 2015), a prezentált élelmiszer háttérszínének befolyása (Schifferstein et al., 2017), a csomagolás színének hatása (Wardy et al., 2017). Egy, a szín befolyásoló hatásáról készített nemzetközi szakirodalmi összefoglaló táblázat az M5 Mellékletben található.

2.3.2 Termékek színkülönbségeinek eltüntetésére alkalmazott jelenlegi módszerek

2.3.2.1 Szembekötés

Néhány esetben a kutatók a bírálók szemének bekötését választják, így kizárva a vizuális ingerekből fakadó torzítást. A módszer hatékony olyan szempontból, hogy az alany teljesen mentesül a vizuális ingerektől, viszont zavart, torzított percepciót okoz, ha egy látó bíráló nem tudja használni az egyik legfontosabb érzékszervét, a szemét. Számos esetben, a tesztben résztvevők beszámoltak arról, hogy a bekötött szemmel végzett vizsgálat során kényelmetlenül, sőt egyesek kifejezetten rosszul érzik magukat. Ezen felül számolni kell azzal is, hogy az ilyen vizsgálatoknál minden bíráló mellé egy, a tesztelést segítő személyzet jelenléte szükséges (Sipos et al., 2011).

A hátrányok ellenére, mégis számos kutatást találhatunk, melyekben a szembekötés módszerét alkalmazták. A hivatkozásokat a kísérletekben vizsgált élelmiszertermékek alapján mutatom be: sajtok (Scanlon, 1985), narancslevek (Barbary et al., 1993), sajtos chipsek (Osterholt et al., 2007), édesburgonyák (Leksrisompong et al., 2012), sós és édes kekszek (Havermans & Mallach, 2014), színezett joghurtok (Harrar & Spence, 2013), hideg tea italok (Tu et al., 2015), jégkrémek (Renner et al., 2016), rovar alapú burgerek (Schouteten et al., 2016), zöldségek (van Stokkom et al., 2018), szárított halak (Meyer-Rochow & Hakko, 2018), fermentált szójababkrémek (Kim & Lee, 2018), sajtok (Santagiuliana et al., 2019), gombák, paradicsomok, friss and konzerv őszibarackok (Nederkoorn et al., 2019), olasz sajtok (Loi et al., 2020), teaitalok (Wang et al., 2020), sütemények (Isaskar et al., 2021).

2.3.2.2 Színezett edényzet

Az érzékszervi minősítés gyakorlatában ismert néhány olyan termék, amelyeknél egyhangúlag elfogadott, hogy vizuális jellemzők erősen befolyásolhatják a többi érzékszervi tulajdonságot. Ennek kiküszöbölése érdekében termékspecifikusan alkalmaznak különböző módon színezett edényzeteket. Erre tipikus példa az olíva olaj kósoltópohár, amelynek fizikai paramétereit nemzetközi szabvány rögzíti (ISO 16657:2006). A pohár egy szűkülő szájú, tulipán alakú, talp nélküli üvegedény. Anyaga sötét, nem átlátszó, így megakadályozza, hogy a bíráló értékítéletét befolyásolja az olaj színe. A Nemzetközi Olíva Tanács (*Consejo Oleícola Internacional*, COI) számos szabványt bocsátott ki az olívaolaj analitikai

mérésével, illetve érzékszervi tesztelésével kapcsolatban. Ezek a javaslatok is megerősítik a sötétített üvegedények alkalmazását az érzékszervi vizsgálatokban (COI Norma T.20/Doc., No. 5, 2007). Tanulságos, hogy sem az ISO sem a COI nem ad iránymutatást az edényzet színét illetően. A nemzetközi publikációkban a legelterjedtebben a kékes, kobalt színű edényzetet alkalmazzák (Borràs et al., 2016; Di Giovacchino et al., 1996; Melgosa et al., 2009). 2017 óta már piros színezetű poharak is elérhetőek a piacon, azonban ezek előnyeit tudományosan még nem bizonyították. A megfelelően felszerelt érzékszervi laboratóriumok általában rendelkeznek fekete, nem-átlátszó műanyag poharakkal. Ezeket leggyakrabban gyümölcslevek (Stolzenbach et al., 2016), borok (Girard et al., 2001; González-Centeno et al., 2016; Sáenz-Navajas et al., 2018) és egyéb alkoholos italok (Ickes & Cadwallader, 2018) minősítésekor alkalmazzák. A nemzetközi szakirodalomban több kutatást is találni, melyek a legkülönbözőbb színezett edényekkel igyekeznek kiküszöbölni a problémát: instant tea (Bakota et al., 2015), citromolaj (Guneser & Yilmaz, 2017), kiwi gyümölcs (Jaeger et al., 2019), almalé (Arroyo & Arboleda, 2021). A felsorolt kutatások alapján megállapítható, hogy folyadékminták esetében létezik néhány megoldás a termékek színének elmaszkolására. Gyakori tapasztalatunk azonban, hogy a színezett edényzetek alkalmazása során sok esetben a bírálók önkéntelenül felülről beletekintenek a pohárba, kikerülve ezzel a maszkolást. Valamint könnyen belátható, hogy számos termék kategóriánál lehetetlen vagy kiemelten zavaró a színezett üvegen keresztül való értékelés (például: frissensültek, pékáruk, csokoládék stb.).

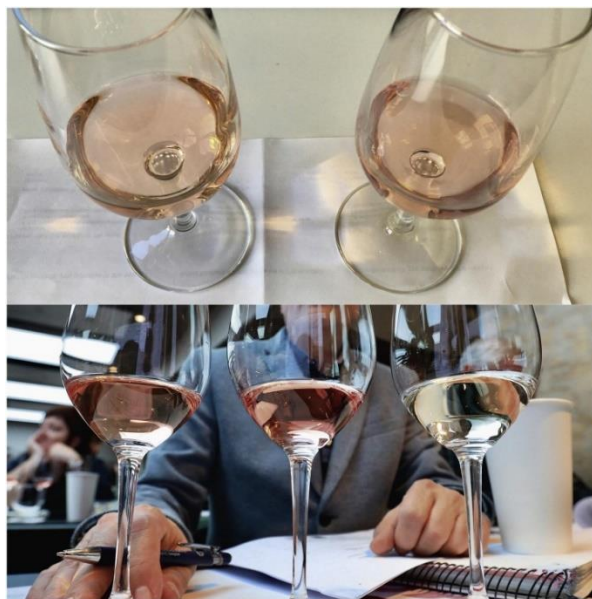


11. ábra: Piros és kobaltkék olívaolaj kóstolócsészék [1]

2.3.2.3 Színezett minták

A nemzetközi kutatásokban időnként a termékek vizuális különbségeinek elmaszkolását a mintákhoz adott íz és illatmentes színezőanyagokkal valósítják meg. Ez a gyakorlatban több nehézséget is okoz. Amennyiben erre a színezőanyagra úgy tekintünk, mint adalékanyag, akkor valószínűsíthető, hogy az élelmiszer mátrix egyéb érzékszervi tulajdonságait is befolyásolja (pl. állomány). A tesztelési gyakorlatban az előkészítés műveletét megnehezíti a színezőanyagok utólagos hozzáadása, ami megfelelően színmaszkoló élelmiszerszínezékeket, valamint plusz idő- és energiaráfordítást igényel. További kérdésként merül fel, hogy hogyan igazolt az, hogy melyik

élelmiszerszínezék lesz a megfelelő maszkolás szempontjából, valamint azt is figyelembe kell venni, hogy az atipikus színű élelmiszerek elfogadása és kedveltsége lényegesen alacsonyabb (Paakki et al., 2016). Ráadásul ez a módszer néhány termékcsoporthoz nem megvalósítható (pl. pékáruk). Ennek ellenére néhány termékcsoporthoz már alkalmazták: gyümölcsös üdítők és torták (Dubose et al., 1980; Gous et al., 2019), borok (Morrot et al., 2001; Wang & Spence, 2019), extrudált gabonapelyhek (Camire et al., 2002), édesburgonyák (Leksrisompong et al., 2012), joghurtok (Harrar & Spence, 2013), desszertek (Jantathai et al., 2014), burgonyák (Paakki et al., 2016), alma ciderek (Sugrue & Dando, 2018).



12. ábra: Rozé és színezett fehérbor (Wang & Spence, 2019)

2.3.2.4 Eltakarás

Előfordul, hogy a színínger különbségek eltüntetését a termékek eltakarásával valósítják meg. Folyékony élelmiszerek esetében elképzelhető, hogy a pohár tetejét alumínium fóliával fedik le, a termékeket pedig nem átlátszó szívószál segítségével kóstolják meg a bírálók. Annak ellenére, hogy ez a módszer elfed minden vizuális jellemzőt, több szempontból mégis hátrányos. Nincs lehetőség egyazon vizsgálat keretei között értékelni az íz- és illatjellemzőket, továbbá a megfelelő fedőfóliázás nem valósítható meg mindenhol (Bourneow & Toontam, 2019; Hough, 2010). Szilárd termékek állománytesztelésére alkalmazzák a hosszában meghajlított fehér kartonlapot, amelyet a termék fölé helyeznek. A bíráló nem látja a terméket viszont két oldalról a kezével tapintás útján mégis értékelni tudja az állományjellemzőket (kenyérbélzet rugalmassága, chipsek törhetősége, gyümölcsök keménysége).

2.3.2.5 Színezett szűrőlencsék

A színínger-különbségek elrejtésének egy újabb megközelítése, amikor nem a terméket vagy az edényzetet, hanem a vizsgáló személy észlelését befolyásoljuk. Ezt a gyakorlatban sokszor színezett szemüveglencsékkel valósítják meg. A módszer előnyei közé tartozik, hogy egyszerűen és gyorsan alkalmazható a tesztelés során. Ugyanakkor hátránya, hogy egy adott lencse csak egy adott színíngerkülönbség elmaszkolására alkalmas, így egy szemüveg csak néhány – hasonló színű – termékcsoporthoz elmaszkolására megfelelő. Egy szélesebb termékpaletta lefedésére egy teljes lencsesorozattal kell rendelkezni, melynek előállítása vagy beszerzése időigényes és költséges. További problémaként merül fel, hogy a tesztelések során megfigyelték, hogy a bírálók gyakran kipillantanak a szemüveg mögül, vagy félretolják, esetleg leveszik azt.

Ennek megfelelően, csak elvétve találni publikált kutatást a szakirodalomban, melyben alkalmazzák a színezett szemüveglencsét: főtt marhahúsok (zöld lencsék) (Leod & Coppock, 1978), gyümölcsös üdítők (piros lencsék) (Dubose et al., 1980), barackok (piros lencsék) (Schweingruber et al., 1981), narancslevek (lilas-piros lencsék) (O'mahony et al., 1985), burgonyák (piros lencsék) (F. W. Martin & Rodríguez-Sosa, 1985), petrezselyem (zöld lencsék) (Böhm et al., 2002), alkoholos italok (piros lencsék) (Stevenson et al., 2007), tejek (piros lencsék) (Misawa et al., 2016).

2.3.2.6 Monokromatikus fénycsövek

Az érzékszervi laboratóriumok kialakítása nemzetközi szabványok által szabályozott (ISO 8589:2007). Az érzékszervi bírálófülkék kialakításához javasolja a szabvány, hogy a mesterséges napfény szimulálására alkalmazott (D65) fehér színű fény mellett speciális megvilágításokat is alkalmazzanak a termékek színmaszkolásához: állítható fényáramú eszközt, színezett fényforrásokat, színezett szűrőket vagy monokróm fényforrásokat.

A leggyakrabban alkalmazott módszer az érzékszervi színkülönbségek elrejtésére a monokromatikus fénycsövek alkalmazása. A módszer azért is terjedt el a gyakorlatban, mert egyszerűen megvalósítható a legtöbb érzékszervi fülkében. A színes fények közül leggyakrabban a piros fénycsöveket alkalmazzák, de ezen kívül egyes kísérletekben találkozhatunk kék, zöld, sárga maszkoló megvilágításokkal is. Ezekkel a fénycsövekkel ugyanaz a probléma, mint a színszűrős lencsékkel: a színíngerkülönbségek egy bizonyos, szűk spektrumát képesek csupán lefedni, valamint a fényáramkülönbségből fakadó eltérések maszkolására alkalmatlanok. Stone (2020) egyenesen úgy fogalmaz, hogy *„több problémát okoz, mint amennyit megold”*. Felhívja a figyelmet arra, hogy attól függetlenül, hogy egy színezett fénycsövet maszkolásra szeretnénk használni, lehet, hogy pont az ellenkezőjét érjük el, azaz a kis vizuális különbségeket kiemeljük. Az iménti kritikákat összevetve arra jut a szerző, hogy *„a színmaszkoló világítások használata nem*

ajánlott”. A nemzetközi szakirodalomban számos más kutató is hangsúlyozza a színes fénnel történő maszkolás lehetőségét, sajnos pontos gyakorlati útmutatás nélkül (pl: Carpenter et al., 2012; Taylor & Linforth, 2012). A legjobban kidolgozott írásokban sem találunk konkrétabb megfogalmazást, minthogy „*a vörös fény hatékonyan elfedheti a főtt húsok árnyalatának variációit, a sült termékek héját és a gyümölcs vagy zöldség színét*” (Rogers, 2017b). Főként ehhez hasonló félmondatok szerepelnek az érzékszervi szakirodalomban: „*a termékeket fekete üvegben kell bemutatni, vagy vöröses maszkoló-fény alatt kell bírálni a vizuális jelekből adódó hibák kiszűrése céljából*” (Taylor & Linforth, 2012). „*A vizuális különbségek elfedését gyakran színes fények vagy nem átlátszó csészék és fedelek segítségével lehet elérni*” (Carpenter et al., 2012). „*A hagyományos fehér fények mellett különféle színeket, pl. piros és sárga fényeket kellene telepíteni. Ezek felhasználhatók az élelmiszerminták közötti színekülönbségek elfedésére*” (Watts, 1989). „*A megvilágítás elrejtheti a színekülönbségeket és más megjelenési tényezőket, hogy a bírálók más érzékszervi jellemzőkre vagy vizuális jelek nélküli elfogadásra koncentrálhassanak.*” (Moskowitz et al., 2012).

Minden kritika ellenére, a szakirodalomban mégis a monokromatikus fényforrás alkalmazása a leggyakrabban alkalmazott módszer. A publikációkat összegezve arra a következtetésre jutunk, hogy a színmaszkolást szinte minden élelmiszer kategóriánál alkalmazták már, függetlenül a termék színétől. Ráadásul a kutatásokban a maszkolást szinte minden esetben piros színű fénycsövekkel valósítják meg. Számos kutatásban találkozhatunk a monokromatikus megvilágítás módszerével, amelyekből csak néhányat sorolok fel, a teljesség igénye nélkül: körtelevé (Cornwell & Wrolstad, 1981), marhahúsok (Carmack et al., 1995), tejek (Phillips et al., 1995), répák (Howard & Dewi, 1996), kakaóitalok (Hough et al., 1997), csokoládés jégkrémek (Prindiville et al., 1999), cseresznyék (Esti et al., 2002), brownies sütemények (Wu et al., 2002), mézek (Ferreira et al., 2009), olívaolajok (Nenadis et al., 2010), kenyerek és kekszek (Challacombe et al., 2011), szárazkolbászok (Braghieri et al., 2016), borok (Smith & McSweeney, 2019), sörök (Elgaard et al., 2019), almák (Harker et al., 2019), eperlekvárok (Korzeniowska-Ginter, 2019), gyógynövény teák (Malongane et al., 2020), sajtok (Serrapica et al., 2020).

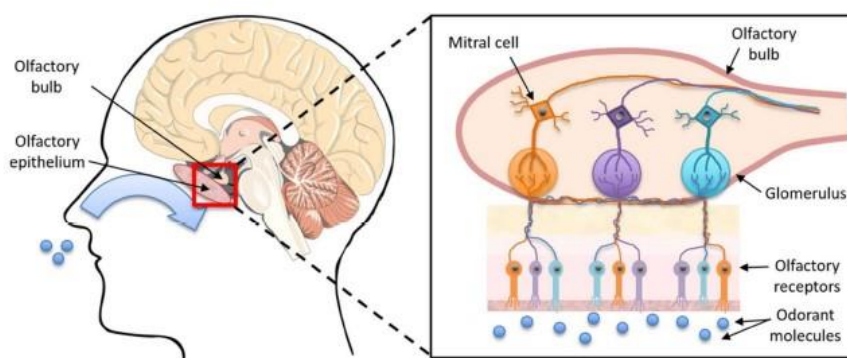


13. ábra: Piros maszkolófény egy érzékszervi fülkében

2.4 Illat percepció

Az illatérzékelés egy egyedi és komplex folyamat eredménye (McGinley & McGinley, 1999). Sajátossága abban áll, hogy a szaglás során több ezer illatanyag kombinációját vagyunk képesek érzékelni, míg az ízlelés során csak 5-6 érzékszervi csatornával rendelkezünk (Courtiol & Wilson, 2017). Szaglaskor illatanyag-molekulák tapadnak meg az orr szaglóhám sejtjeinek szőreire, és ingerlik az itt található idegvégződéseket (Szalai, 2014). A szaglóhám a szaglóreceptorok sokaságából áll, melyek egyenként 10-25 millió szaglősejttel rendelkeznek. A szaglőideg (első koponyaideg) az illatok kémiai észleléséért felelős, míg a trigeminális ideg az illatanyagok által kiváltott irritációból nyer információt (McGinley & McGinley, 1999). Az illatok memóriába való eltárolása pedig a halántéklebenyi részben található memóriasejtek segítségével megy végbe (Szalai, 2014).

Az illatérzékelésnek számos feltétele van. A legfontosabb, hogy a levegő mechanikai akadály (orrmnyálkahártya duzzanat, krónikus arcüreggyulladás stb.) nélkül érhesse el a szaglóhámot. A másik lényeges tényező, hogy a szaglás ingerülete a szaglópályákon továbbítódjon. Bár az orrban rendkívül nagy számban találhatóak szaglősejtek, azok mind specifikusak, azaz csak bizonyos molekula-típusokra képesek ingert kiváltani. Ezen felül szükséges, hogy az adott anyag illékony komponenseket tartalmazzon, mert annak párolgásakor gázmolekulák szabadulnak fel, melyeket az orr érzékel. Végül, a kibocsátott molekulák zsírdékonyak kell, hogy legyenek, mivel zsírszerű anyag veszi körül az orr kapcsolódó receptorsejtjeit (Szalai, 2014).



14. ábra: A szaglőrendszer (Kotecha et al., 2018)

Az illatérzékelés első lépése a lélegzetvétel. A beszippantott levegőből az illatmolekulák a szaglóhámra kerülnek, ahol a hám a felszínén található támasztősejtek által termelt váladék révén „csapdába” kerülnek. Ezután az illatmolekulák – többek között a vízzoldhatóságuk mértéke szerint – feloldódnak, és átkerülnek a nyálkahártyára. A tömegkoncentráció függvényében ekkor reakció jön létre, mely során a szaglősejtek kémiai illatanyagot kapnak. A szaglőidegekben minden egyes

levegővétel elektromos válasszal jár, melyek összegzése során *akciós potenciál* jön létre. Ha ez az amplitúdó eléri a küszöbpotenciált, akkor a jel az idegeken keresztül terjed, és szinapszisba kerül a szaglőreceptorral. Ezek a jelek a szaglógumóban találkoznak, ami az információt két eltérő agyi részre továbbítja: a limbikus rendszerbe, amely a test érzelmét és memóriaválaszát dolgozza fel, illetve a frontális kéreg felé, ahol a tudatos érzések zajlanak. A teljes illatérzékelési folyamat, az orrlyuktól az agyi jelig mindössze fél másodperc alatt lezajlik (McGinley & McGinley, 1999).

Érzékszervi szempontból különbséget kell tenni *ortonazális* és a *retronazális* érzékelés között. Ortonazális vagy közvetlen érzékelés során az illékony anyagok az orron keresztüli direkt belélegzéssel jutnak el a szaglősejtekig, míg retronazális érzékelésnél az élelmiszer-aromaanyagok a szájban történő feloldódás során szabadulnak fel, és jutnak el kilégzéskor a száj-torok-orr kapcsolaton keresztül az orr szaglőhámjához. A két illatérzékelési módszer között számos különbség felfedezhető (lásd: 5. táblázat). Jellemzően retronazális illatérzet tapasztalható pl. mentolos rágógumi rágásakor, vagy gyümölcsös pálinka kóstolása után.

5. táblázat: Az ortonazális és a retronazális illatérzékelés összehasonlítása (Rozin, 1982 nyomán)

	Ortonazális illatérzékelés	Retronazális illatérzékelés
Az illat útja	Külső orr-rész	Szájüregből a garaton keresztül
Információ	Külső világból származó ingerek	Rágott, emésztett anyagok, pl. élelmiszerek
Illatérzékenység	Ortonazális érzékelés > Retronazális érzékelés, Az ortonazálisan érzékelt illatok intenzívebbek	
Illat azonosítás	Alacsony koncentrációnál az ortonazális érzékelés pontosabb, magas koncentrációnál a különbség nem számottevő	
Különbségek az idegi aktiválásban	Előkészítő fázis, például elérhető élelmiszer	Beteljesítő/jutalom fázis, például elfogyasztott élelmiszer

Az illatérzékelés egy olyan érzékszervi folyamat, mely a légzés által minden pillanatban aktív. Az illatok, és annak hatásaival foglalkozó kutatások nem korlátozódnak le csupán az érzékszervi minősítés területére, több különböző tudományterületen is találkozhatunk szaglás-fókuszú publikációkkal. Ezeket a kutatásokat elemezve két vezető irányvonalat különböztethetünk meg. Az egyik, az illat hatására végbemenő pszichofizikai változásokat elemzi, míg a másik a mért agyi jelek alapján az agyi funkciók változásait. Ezt a két irányvonalat néhány publikációs eredménnyel szemléltetve mutatom be a következőkben.

Az illat hatására végbemenő pszichofizikai változásokkal kapcsolatban megállapították többek között, hogy a rózsaoaj belégzése 40%-kal csökkenti a szimpatikus idegrendszer aktivitását (Haze et al., 2002), hogy a rozsmaring illata a memória javulását segíti elő (Moss et al., 2003) illetve, hogy a narancs illatú váróteremben jobb a hangulat (Lehrner et al., 2005). A másik kutatási irány esetén általában EEG jelek alapján következtetnek az agyi funkciók változásaira. Az illatok és azok hatásainak vizsgálatára megfelelő eszközök az agyi aktivitást rögzítő műszerek, amelyeknél az illatra adott pszichofizikai válaszokat nem torzítják a „tudatos” hatások, mint az önbevallásos tesztek esetében.

A szakterületen végzett egyik első élelmiszer-fókuszú kutatásban azt mutatták be, hogy a fűszeres alma illata szignifikánsan kisebb theta aktivitást váltott ki mint a levendula illat, ráadásul az alanyokban kisebb feszültséget és szorongásérzetet keltett (Lorig et al., 1990). Kline és munkatársai (2000) az illatok hatására változó homloklebenyi aktivitást mérték kellemes (vanília), kellemetlen (valerián), és semleges (víz) szagok esetén. Murao és társai (2013) EEG vizsgálatokkal támasztották alá, hogy a zöld tea illatának stresszcsökkentő hatása van. Az elmúlt évekből számos olyan tanulmánnyal találkozhatunk, amelyek agyi aktivitást mérő műszer segítségével vizsgálták azt, hogy hogyan befolyásolja egy adott illatinger az alany fizikai és mentális állapotát (pl: Churchill & Behan, 2010; Kline et al., 2000; Lorig et al., 1990). Más kutatásokban az illatok nyugtató hatásának vizsgálata került a fókuszba (Masago et al., 2000; Sanders et al., 2002; Dong & Jacob, 2016). A legújabb kutatásokban már kombinált stimulusokat alkalmaznak: Omam és kollegái (2021) különböző élelmiszerillatok (ananász, banán, vanília, citrom) belégzése közben rögzítettek EEG és bőrellenállás adatokat, melyek között erős korrelációt állapítottak meg. Pakniyat és munkatársai (2021) ugyanerre jutottak az EEG és a szív működést vizsgáló ECG (elektrokardiogram) kombinált mérési eredményeinek analízise során. Dong & Jacob (2016) illatok (citrom, levendula és borsmenta) és fények szinergikus hatását vizsgálták az alanyok hangulatváltozására. A különböző illatokra adott agyi válaszokat vizsgáló kutatások jelentős részében illóolajokat alkalmaznak stimuláló anyagnaként, és csak kisebb arányban találhatóak élelmiszerillatok, habár tágabb értelemben véve az illóolajok egy része funkcionálhat élelmiszerillatként (pl. levendula vagy citromfű). Az élelmiszerillatok vizsgálata kiemelt figyelmet érdemel, mivel kutatások bizonyítják, hogy létezik az agyunkban egy neurális mintázat, amely azt sugallja, hogy az emberi agy különösen hozzá van igazítva az élelmiszerszagokhoz (Ferreira & Saraiva, 2019).

Gyakran vizsgált kutatási terület a kellemes és kellemetlen szagok által kiváltott agyi jelek elkülönítése és osztályozása. Kroupi és kollegái (2016) különböző illatanyagok (többek közt csokoládépor, fokhagymapor és főtt brokkoli) belégzése mellett vizsgálták, hogy elkülöníthetők-

e a kellemes, a semleges és a kellemetlen illatokra adott EEG válaszjelek. Az eredmények azt mutatták, hogy a kellemetlen szagok által kiváltott jelek elkülöníthetők voltak a kellemes és a semleges illatok belégzése során kapott válaszoktól. Egy másik kutatásban ugyanezt az osztályozást *Support Vector Machine (SVM)* segítségével próbálták megvalósítani, mellyel 99,9%-os osztályozási sikert értek el (Becerra et al., 2018). A téma aktualitása miatt a vonatkozó szakirodalom folyamatosan bővül, mely tanulmányokban egyre pontosabb osztályozásokat tudnak megvalósítani. Hou és munkatársai (2020) az általuk fejlesztett osztályozási módszerrel 98,9 %-os osztályozási pontosságot értek el 13 különböző illat osztályozásakor, Zhang és kollegái (2021) által fejlesztett szoftver pedig 100%-ban helyesen osztályozta a főleg élelmiszerillatok (többek között: kakaó, menta, fokhagyma) által kiváltott EEG válaszjeleket.

2.5 Pszichofizikai válaszokat mérő módszerek

A nemzetközi kutatások tendenciái egyértelműen azt mutatják, hogy napjainkban a klasszikus érzékszervi vizsgálatok mellett más, műszeres módszerekkel kombinálják a vizsgálatokat. Az élelmiszertudományi kutatások során számos esetben az érzékszervi méréseket műszeresen is alátámasztják vagy kiegészítik. A legújabb kutatásokban pedig az orvosi gyakorlatban alkalmazott módszereket, eszközöket is hasznosítják, amelynek lehetőségével egyre inkább lehetőség nyílik a fogyasztói magatartás tudatalatti tényezőinek feltárására a pszichofizikai jelek egyidejű rögzítésével.

Számos kutatás bizonyítja, hogy a fogyasztók agytevékenységének változása és a bemutatott termék kedveltsége között erős korreláció áll fenn (Aurup & Akgunduz, 2012; Choi et al., 2013). Az egyszerre, egy időben alkalmazott műszerekből nyert információk által nagyságrendekkel pontosabb és megbízhatóbb eredmények kaphatók (Choi et al., 2013). A mai tudományos technológia segítségével már számos különböző eszközt lehet alkalmazni az emberi jelválaszok mélyebb megismerésére. Talán nem meglepő, hogy a legtöbb ilyen műszer az orvostudományból kerül át a marketing vagy az érzékszervi minősítés területére.



**15. ábra: Pszichofizikai reakciókat vizsgáló eszközök
(saját szerkesztés Olteanu, 2012 alapján)**

2.5.1 Agyi anyagcsere aktivitást rögzítő eszközök

Az agyi anyagcsere aktivitásán alapuló eljárások legnagyobb részét a funkcionális *mágneses rezonanciavizsgálat* (fMRI) és a *pozitron emissziós tomográfia* (PET) képezi. Ezek, az úgy nevezett *hemodinamikus* eszközök elvi alapját az alkotja, hogy egy-egy megoldandó feladat idegi aktivitást indukált, amely az adott agyi területen végbe menő véráram- és oxigén anyagcsere változással áll összefüggésben. A keringési rendszer ilyen jellegű információi alapján indirekt módon következtetni lehet az agyi aktivitásra (Calvert & Thesen, 2004). Az fMRI akkor is lehetővé teszi az agyi mélyebb struktúrák megfigyelését az agyi aktivitás mérésével, mikor a vizsgált személyek bizonyos feladatokat végeznek vagy akár érzékszervi ingereknek vannak kitéve (Zurawicki, 2010). A *pozitron emissziós tomográfia* (PET) módszerével hasonló térbeli fiziológiás képeket lehet kinyerni, azonban ez abban különbözik az fMRI-től, hogy a képalkotás az alanyak beadott vegyi anyag pozitron-emissziójából származó sugárzás rögzítésével érhető el (Zurawicki, 2010). Gyakorlatban egyik műszert sem alkalmazzák gyakran érzékszervi kutatásokban, mivel az eljárás és a berendezések rendkívül költség- és erőforrásigényesek.

2.5.2 Agyi elektromos aktivitást rögzítő eszközök

Az érzékszervi vizsgálatokban gyakrabban alkalmazott eszközök nem az agy véráramlatait, hanem az apró elektromos idegi aktivitásokat mérik. Ilyen módszerek többek között a *magnetoenkefalográfia* (MEG), a *transzkraniális mágneses stimuláció* (TMS), és az *elektroenkefalográfia* (EEG). A magnetoenkefalográfia (MEG) egy olyan agyi képalkotó eljárás, amely az agy elektromos aktivitása által létrehozott mágneses térből nyer információkat, illetve

regisztrálja azt, különlegesen érzékeny detektorokkal (Zurawicki, 2010). Az agyban elhelyezkedő neuronok összehangolt működése apró mágneses tereket hoz létre, amelyek többcsatornás magnetométerekkel jól érzékelhetők, ráadásul teljesen noninvazív módon (Proudfoot et al., 2014). A transzkraniális mágneses stimuláció (TMS) hasonlít az fMRI-hez, azonban annál jóval egyszerűbb ráadásul egy kisebb méretű eszközzel is megvalósítható. Ennél a vizsgálatnál a készülék mágneses mezőt bocsát ki, amely áthaladva az agyon, lehetővé teszi az agyban bekövetkező változások rögzítését (Curtin et al., 2019). Az egyik legnépszerűbb módszertan, az elektroencefalográfia (EEG) valójában egy pszichofiziológiai eljárás, amely segítségével az idegsejtek elektromos aktivitásának rögzítése valós időben történik (Calvert & Thesen, 2004). A mérőeszköz segítségével az elektródák közötti potenciálkülönbség mérhető, így az idegsejtek elektromos aktivitását valós időben lehet nyomon követni (Nyoni & Bonga, 2017). A különböző éberségi állapotokban kimutatható hullámok amplitúdójukkal és frekvenciájukkal jellemezhetők: Gamma-hullám (30-100 Hz), Béta-hullám (18-25 Hz), Alfa-hullám (8-12 Hz), Théta-hullám (4-7 Hz), Delta hullám (1-4 Hz). Az EEG előnye, hogy milliszekundumos pontossággal követhetjük az agyban lejátszódó elektromos potenciálváltozásokat és az elektromos kisüléseket direkt módszerekkel tudjuk mérni, viszont hátránya, hogy az összegzett neuronaktivitás forrása nehezen azonosítható (Zurawicki, 2010). A fogyasztói tudományokban a 16 csatornás rendszerek terjedtek el, mivel relatíve egyszerűen használhatók, szoftveres támogatással kiegészítettek, valamint kis ráfordítás igényűek. Méréstechnikai szempontból az EEG alkalmazása limitált, mert a vizsgálatokat nagyban befolyásolja az izomműködés és a mozgás – még a rágás is – túl erős jelválaszt vált ki, ami elfedi az eredményeket. Ezért az EEG megbízhatóan az izommozgást nem igénylő vizsgálatokban alkalmazható (illatolás, hallás).

A felsorolt műszerek közül az EEG-t alkalmazzák leggyakrabban az érzékszervi kutatásokban (pl. Davies & Gavin, 2007; Gonzalez Viejo et al., 2019; Songsamoe et al., 2019). A tendenciák azt mutatják, hogy a jövőben egyre nagyobb szerep fog jutni a pszichofizikai válaszokat mérő eszközöknek, valamint a módszerek kombinációjával (pl. EEG + szemkamera) végzett kutatásoknak.

2.5.3 Egyéb, agyi aktivitás rögzítés nélküli eszközök

Számos olyan eljárás is létezik, melynek fókuszában nem az emberi agy vizsgálata, hanem más pszichofizikai paraméterek mérése áll. A leggyakrabban alkalmazott ilyen módszer a *szemmozgás vizsgálata* szemkamera segítségével. A módszer népszerűsége azzal magyarázható, hogy a szemmozgás követése olyan eredményeket szolgáltat, melyek számos tudományterületen értékes információval bírnak. Ráadásul a legtöbb mérőműszer kicsi, kompakt és egyszerűen használható. Előnyei miatt az érzékszervi kutatásokban is jelentős a szemmozgással kapcsolatos

publikációk száma (pl: Brunyé & Gardony, 2017; Gere et al., 2017; Torrico et al., 2018). A módszer multidiszciplináris jellegét jól mutatja, hogy a kutatások céljai változatosak, legyen szó akár az élelmiszerek egészségességének fogyasztói megítéléséről (Graham et al., 2012) vagy a szemmozgás és fogyasztói választás összefüggéséről (Duerschmid & Danner, 2018).

Az *elektromiográfia* (EMG) az izmok aktivitásának méréséből nyer információt. Érzékeli, felerősíti és rögzíti az izomrostok által generált apró elektromos impulzusokat (Ohme et al., 2011). Alkalmas eszköz érzelmek megfigyelésére, mivel az elektródákat az arcon rögzítik, amelyek így valós idejű reakcióadatokat szolgáltatnak. A műszer képes felismerni a nem szándékos, vagy elrejtteni próbált érzelmeket is (Nyoni & Bonga, 2017). Ehhez hasonló az arckódolás (*facial coding*) technikája, mely szintén az arc mikroérzelmeit vizsgálja. A különbséget az jelenti, hogy ebben az esetben az arcra helyezett elektródák helyett nagyfelbontású videokamerával pásztázzák az alany arcvonásait. A megfelelő szoftver segítségével a nem-tudatos érzelmek megjelenései is felismerhetők (Oltenau, 2012).

Az emberi bőr vezetőképességének megvan az a különleges tulajdonsága, hogy viszonylag rövid idő alatt változik, és ez a változás szorosan összefügg a pszichológiai folyamatokkal, mivel az kapcsolatban áll az autonóm idegrendszerrel, ami kiemelten fontos szerepet játszik az érzelmekben és motivációkban (Schulte-Mecklenbeck et al., 2011). Ezért a *bőrellenállás mérése* alkalmas eszköz az érzelmek és bizonyos ingerek hatásainak vizsgálatára, ahogyan azt több kutatásban is bizonyították (Christopoulos et al., 2019; Khalfa et al., 2002).

Végül meg kell említenünk az úgynevezett *fiziológiai válaszok mérését*. Ebben a folyamatban – akár csak a modern hazugságvizsgálatoknál – az érzelmeket kísérő autonóm idegrendszer aktivitásváltozásait figyelik. Az stressz, vagy más inger hatása számos fiziológiai megnyilvánulás révén mérhető: a bőr vezetőképessége (izzadás hatására, izgalmi szint mérése), a bőr vérárama (a kapillárisokban folyó véráram apró változásai az érzelmi reakciók dinamikáját követik), légzőszervi paraméterek (légzésintenzitás), az arcizmok összehúzódása (érzelmek kifejezése) vagy a szív működése (a szív elektrosztatikus aktivitásának rögzítése vagy a pulzusszám-változás mérése) (Methven et al., 2016). Az ingerekre adott biológiai reakciók minden pillanatban információkat szolgáltathatnak az alany érzelmi reakcióiról.

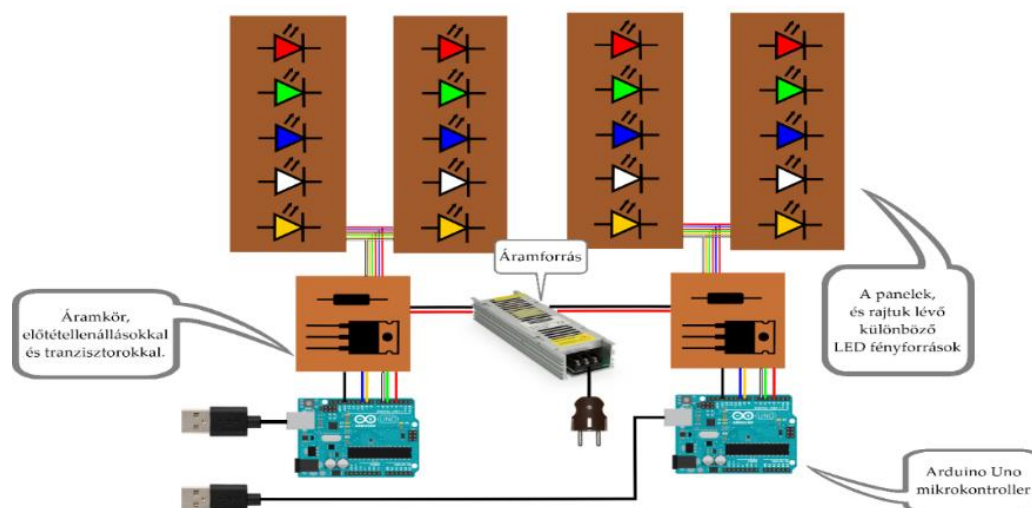
Általánosságban megjegyezhető, hogy habár ezek az eszközök önmagukban is képesek a releváns információt nyújtani, a gyakorlatban legtöbbször valamilyen agyi készülékkel (fMRI, EEG) együtt szokták őket alkalmazni.

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

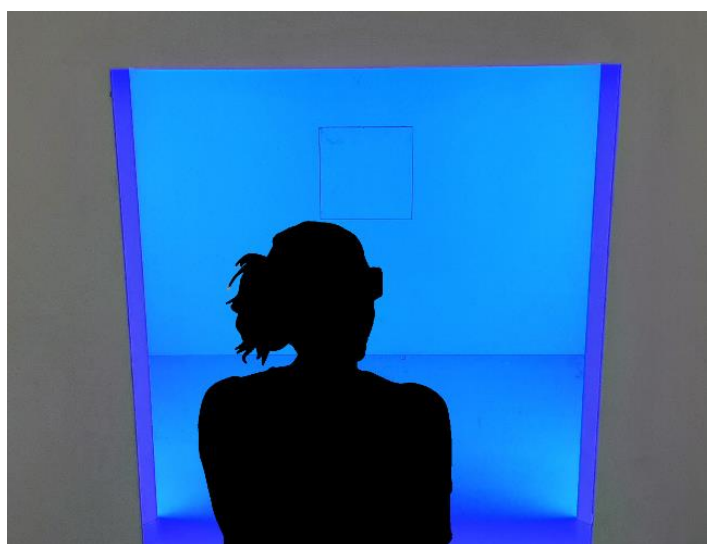
A következőkben bemutatom a kitűzött cél érdekében végzett kutatásaimat. Először a spektrálisan hangolható mérőállomás felépítését és működését mutatom be részletesen, majd a fénykabin érzékszervi alkalmasságát vizsgáló, különböző színű szörpmintákkal végzett kutatásomat. Harmadszor, a termékspecifikusan kiválasztott minták (csokoládék) összehasonlítását végző kísérletet részletezem. Negyedszer, a színes megvilágítás keresztmodális hatásait vizsgáltam. Ötödször, a jelenleg hatályos, sörökre vonatkozó színrendszer problémáival foglalkozom. Hatodszor, a meggyes illatanyag szaglása közben kapott agyi válaszok változásait mutatom be. Hetedszer pedig a különbségvizsgálatok multikritériumos összehasonlítását ismertetem.

3.1 Spektrálisan hangolható mérőállomás

Az irodalmi áttekintésben említett színmaszkolási pontatlanságok elkerülése végett egy saját fejlesztésű spektrálisan hangolható mérőállomást (továbbiakban: fénykabin) építettünk, melyben tetszőleges színű megvilágítások egyszerűen és pontosan beállíthatók. A fénykabin a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékén épült meg. A téglatest alakú installáció 1,5 x 1 x 1 méter befoglaló méretekkel rendelkezik, melyben 4 db rögzített panelre szerelve 5 különböző típusú (vörös, kék, zöld, fehér és borostyán) LED-csoport található. Azért választottunk ezt a megoldást, mert a vezérelhető diódák sok előnnyel rendelkeznek: vonalas színspektrumuk van, hosszú élettartamúak, alacsony fogyasztásúak, minimális a hőkibocsátásuk, alacsony áram mellett is erős fényt adnak, strapabírók, gyors kapcsolási reakcióval rendelkeznek, valamint egyszerűen és gyorsan vezérelhetők, programozhatók (Pulli et al., 2015). A doboz anyaga fehér burkolatú fa (bútorlemez) mely diffúz, és nagy reflexiót biztosít. A panelek kézzel forgathatóak, illetve két ajtó mentén egyszerűen hozzáférhetőek. Ezek mellett két terelő elem is található a fülkében, melyek a fényforrásokat takarják el, és az alul fekvő lap homogenitását is javítják. A LED-ek a kabin sarkaiban vannak installálva, egy-egy függőleges lapra úgy, hogy a diódák direkt fénye a fehér falakra vetüljön, és így az emittált fény többszörös visszaverődés után kerül a munkatérbe. A fénykabin hozzáférhetőségét az előlő felületen elhelyezkedő nyílás biztosítja. A kabin tágas és kényelmes munkatérrel biztosít a bírálónak. Kiemelt fontosságú volt a kialakítás során, hogy a panelek pozíciói úgy helyezkedjenek el, hogy a fénysűrűség eloszlása egyenletes legyen mind a vízszintes alsó felületen, mind a falakon. A rendszer sematikus felépítését az 16. ábra mutatja, míg a 17. ábrán a fénykabin munkatere látható kék megvilágítás mellett.



16. ábra: Spektrálisan hangolható mérőállomás sematikus felépítése (Dominek & Nagy, 2017.)

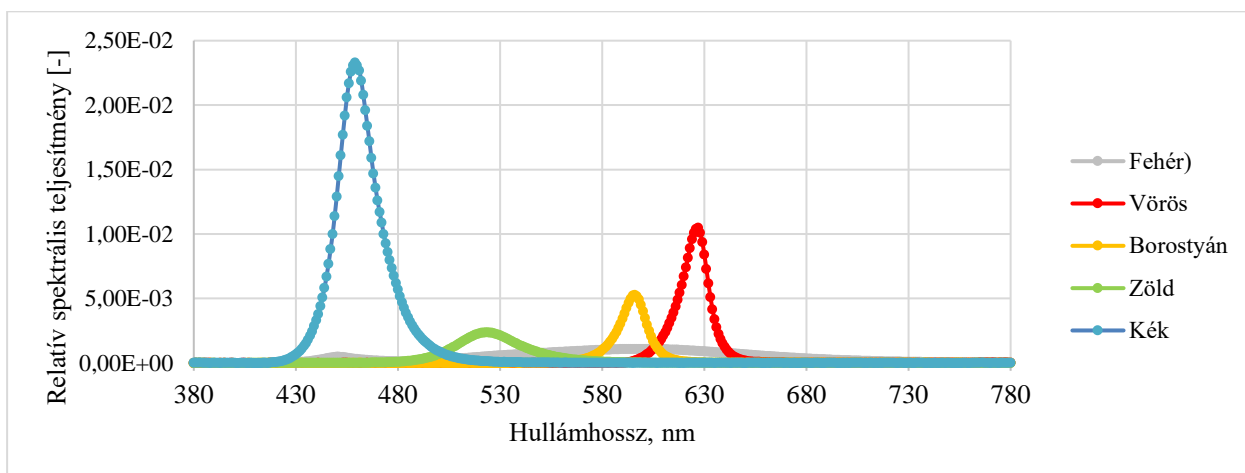


17. ábra: A fénykabin munkatere (kék megvilágítás mellett)

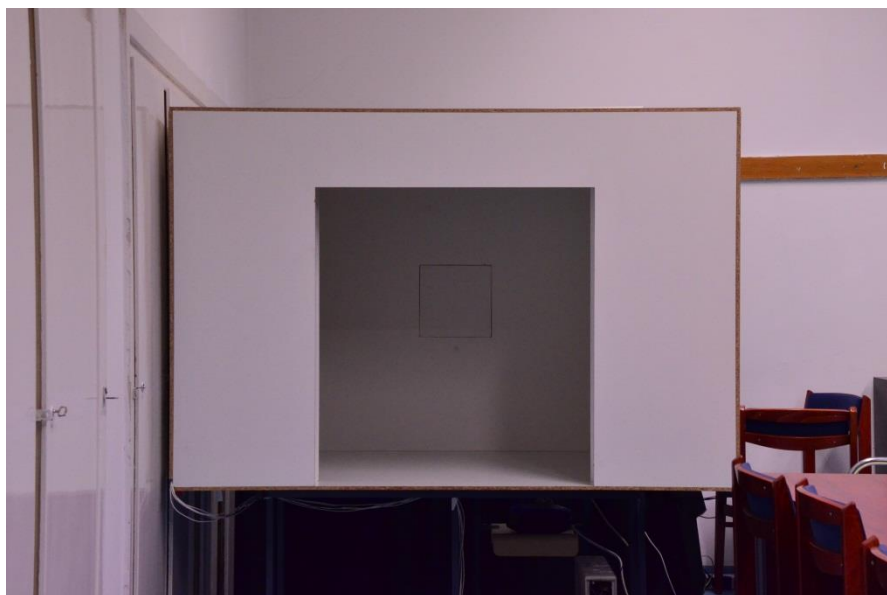
A rendszer vezérlése két Arduino Uno mikrokontroller által valósul meg. A LED csatornák fényáramát 0-255-ig terjedő relatív vezérlési értékekre lehet beállítani, ezek alapján a mikrokontroller impulzusszélesség modulációval valósítja meg a megvilágítást. A diódák fényerejének állítása a kitöltési tényező változtatásával történik. Az egyes LED-ek általában egy-egy sáv tartománnyal jellemezhetők, ahol a teljesítményük legnagyobb részét leadják. A félvezető technológiának köszönhetően ezek a sáv szélességek meglehetősen szűkek, ezért jól megadható egy jellemző hullámhossz, ahol a teljesítményük maximuma található. A kabinban alkalmazott LED-ek adatai az első táblázatban láthatóak (6. táblázat), a fénykabin relatív spektrális teljesítményét a 18. ábra mutatja be.

6. táblázat: a spektrálisan hangolható mérőállomás LED csatornáinak jellemző csúcshullámhosszai

LED csatorna	Csúcshullámhossz, nm
Red (vörös)	627
Green (zöld)	523
Blue (kék)	460
Neutral White (semleges fehér)	-
Amber (borostyán)	596



18. ábra: A fénykabin relatív spektrális teljesítménye az emberi szem által látható hullámhosszokon



19. ábra: A fénykabin kívülről, kikapcsolt állapotban, nyílással az elülső felén

3.2 Felhasznált anyagok

A következő fejezetekben bemutatom, hogy milyen anyagokat, eszközöket és módszereket alkalmaztam a kutatásaim során.

3.2.1 Szörpök

Az első kísérletben a mérőállomás által biztosított megvilágítási környezetek minél szélesebb skáláját igyekeztem tesztelni. Ehhez szörpöket választottam, mert a hígított színezett italok kiváló modelltermékek. A különböző koncentrációjú mintákat egyszerű előállítani, mivel egy teljes hígítási sor előállításához mindössze a térfogatarányokat kell változtatni. Az érzékszervi szakirodalomban is számos tanulmányban alkalmaztak a kísérletekhez szörpöket, illetve üdítőitalokat (Dubose et al., 1980; Koch & Koch, 2003; Zellner & Durlach, 2003). Kutatásomban négy különböző színű szörpöt vizsgáltam. A szörpök egymástól jól elkülöníthető színűek voltak: sárga (Ági Citrus mix szörp), kék (Pölöskei Blue málnaszörp), zöld (Auchan Kiwi gyümölcszörp) és piros (Piroska Málnaszörp). Minden színből 10 tagú hígítási sort készítettem a 7. táblázatban szereplő arányok alkalmazásával. A pontos szörpmennyiségek kimérését automata pipettával biztosítottam, a víz esetében mérőlombikot használtam. A teljes sort a 20. ábra szemlélteti.



20. ábra: 10 tagú hígítási sor

7. táblázat: A hígítási sor

Sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hígítási arány	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4

A mintákat az elkészítés után légmentesen lezártam, hogy a párolgás ne befolyásolja a koncentrációkat.

3.2.2 Csokoládéminták

Az első kísérlet után, ahol a fókusz a fénykabin színbeállításainak vizsgálata volt, a második lépésben egy adott élelmiszertermékre (táblás csokoládé) specifikált maszkolókönyezet megtalálását tűztam ki célul. A kísérlethez táblás tejszokoládét választottam, mivel a tesztelés legfontosabb kritériumainak megfelelt: homogén színű (érezékszervi színmaszkolás feltétele), relatíve stabil (nincsenek vizuális változások a terméken) és színhelyesen elkészíthető (ismert

receptúra alapján a színskálaszerű minták elkészíthetők). Célom egy 10 elemű, növekvő kakaótartalmú táblás tejsokoládé mintasorozat elkészítése volt. A csokoládék színét egyértelműen meghatározó kakaópor mennyiségét az első táblánál 3,00%-ban határoztuk meg. A sorozat legvilágosabb elemének összetevői: cukor (46,50%), kakaóvaj (33,93%), zsíros tejpor (16,00%), kakaópor (DE7800) (3,00%), napraforgó lecitin (0,50%), PGPR (0,05%), kristály vanilin (0,02%). A sorozat többi eleménél minden egyes táblában 0,75%-kal növeltük a kakaópor mennyiségét. Az összetevők lineáris változtatásától azt reméltük, hogy a táblák színíngerekülönbségei (ΔE_{ab}) közel egyenletesek lesznek. Az egyes minták receptjeiben kizárólag a cukor és a kakaópor mennyisége változott, minden más összetevő mennyisége változatlan maradt. Természetesen a kakaópor mennyiségi növekedése ugyanolyan arányú cukor csökkenést eredményezett.

Minden mintát ugyanolyan technológiai lépések mentén készítettünk el. A gyártás során a kakaóvaját felolvasztottunk, majd a többi alapanyaggal együtt egy 4 kg-os műanyag vödörbe öntöttünk. Ehhez hozzáadtuk a kimért összetevőket, és az egészet egy masszává kevertük. A homogenizálás után a masszát golyósmalomba öntöttük (Wiener, 4kg kapacitású), amely 45°C-on 45 percet őrlött. A golyósmalom csonkján gyakran számottevő cukormennyiség marad vissza, ezért 300 gramm csokoládémasszát visszacirkuláltattunk a malomba, így segítve a teljes kioldódást. Következő lépésként ismét egy 45 perces őrlést végeztünk, mely eredményeként a massa szemcseátmérője 19-22 μm közé csökkent. A szemcseméret ellenőrzését egy kézi mikrométerrel (Borletti micrometer, LT-BOR-000699) végeztük. Ezután temperálás következett, mely során a masszából kimértünk 1 kg-ot, és azt egy melegszekrénybe helyeztük 4 órára. A szekrény stabilan 43°C-ot tart, ezért megfelelően alkalmazható temperálásra. A melegítés után egy márványasztalra öntöttük a melegített csokoládémassza $\frac{3}{4}$ részét, melyet a megfelelő besűrűsödés céljából fa spatulával mozgattunk. Ennek elérésekor a temperált, hűvösebb (26°C) masszát visszahelyeztük az edénybe. Ezután a teljes kakaómasszát megkevertük, hogy az edényben maradt meleg 250 g anyag felmelegítse a kivett és besűrített 750 g masszát. Amikor elértük a kívánt 32°C-ot, a csokoládét táblákba öntöttük, és a hűtőszekrényben tettük (9°C, 60 perc). A szilárdulás után az elkészült táblás csokoládékat becsomagoltuk és a vizsgálatig szobahőmérsékleten tároltuk.

3.2.3 Keresztmodalitás: csokoládék

A színezett megvilágítás, habár képes gyengíteni vagy akár el is tüntetni a minták közötti vizuális különbségeket, befolyásolhat más érzékszervi jellemzőket. A szín okozta keresztmodális hatásokról számos nemzetközi tanulmány született, de az eredmények sokfélesége miatt általánosan elfogadott trendeket meglehetősen nehéz megállapítani. Ezért úgy döntöttünk, hogy a táblás csokoládék minősítéséhez javasolt maszkolási környezetek keresztmodális hatásait egy

újabb kísérletben fogjuk vizsgálni. A táblás csokoládé a jelen vizsgálati kritériumoknak is megfelel:

- homogén színű és felületű, azaz a fényeloszlás egyenletes a termék felületén,
- színhelyesen elkészíthető, mivel a termék színéért szinte kizárólag az alkalmazott kakaópor mennyisége, ill. minősége felel,
- érzékszervileg és kémiaiilag stabil, azaz nem kell tartani a tárolás során bekövetkező érzékszervi vagy mikrobiológiai változásoktól,
- általánosan ismert élelmiszer, tehát valószínűtlen, hogy bármely bíráló előtt ismeretlenek legyenek a tulajdonságjegyek,
- egyszerű recept különleges hozzávalók nélkül, ezért a cukorbetegeken kívül mindenki biztonsággal bírálhatja a terméket.

A vizsgálatunkhoz saját magunk által meghatározott, speciális receptúrájú mintákat gyártottunk. A csokoládékban két paramétert változtattunk szisztematikusan: az édesítőszer mennyiségét és minőségét (cukor vagy maltitol) valamint a kakaópor-tartalmat (8. táblázat). 6 különböző csokoládét készítettünk, 3 cukros, és három maltitolos mintát. A 3-3 csokoládéminta kakaó szárazanyag-tartalma 50%, 60% és 70% volt. Így 6 olyan mintát kaptunk, melyek között mindössze maximum két paraméterben jelent meg különbség, minden más (technológia, előállítás menete, egyéb alapanyagok) azonos volt.

8. táblázat: Az elkészített csokoládék jelölései

		Jelölés	
		Cukros	Maltitolos
Kakaótartalom	50%	50C	50M
	60%	60C	60M
	70%	70C	70M

Az 50C minta összetevői és azok mennyiségi arányai: 49,39% cukor, 21,0% kakaóvaj, 21,0% kakaómassza, 6,0% natúr kakaópor, 2,0% alkalikus kakaópor, 0,5% napraforgó lecitin, 0,1% PGPR, 0,01% kristályvanilin. Az összesített kakaótartalmat (50%), a kakaóvaj, a kakaómassza, a natúr kakaópor és az alkalikus kakaópor együttes aránya adja meg. A maltitol édesítőértéke 1 (Lugasi, 2016), ezért az édesítőszeres mintákat pontosan a cukorral megegyező mennyiségű maltitollal készítettük el. A 60% és 70% kakaótartalmú mintáknál az alkalikus kakaópor mennyiségét növeltük szisztematikusan 10%-kal, és a cukor/maltitol mennyiségét csökkentettük ugyanilyen arányban. A gyártási mechanizmus megegyezett a korábbi táblás csokoládék elkészítési procedúrájával (3.2.2. fejezet).

3.2.4 Sörök

A sörökkel végzett kísérlet célja az volt, hogy meg tudjuk, alkalmas-e a hatályban levő EBC színrendszer az összes kereskedelemben kapható sör színének pontos és objektív meghatározására. A termékek színének számszerűsítése, és a köztük levő különbségek kiszámítása érdekében 39 különböző, magyar kiskereskedelemben kapható sört vizsgáltunk. A sörök osztályozása a *Beer Judge Certification Program* (Strong & England, 2015) sörstílus-irányelvei alapján történt. A teljes vizsgálati palettát három alkoholmentes *pale lager*, három alkoholmentes *sör alapú ital*, három *sör alapú ital*, két *strong pale lager*, kilenc európai *pale lager*, két cseh *pilsner*, egy amerikai *adjunct lager*, két *schwarzbier*, egy stout, egy ír stout, egy altbier, négy weissbier (szüretlen búzasör), egy *international amber lager*, egy belga *strong pale ale*, egy ír *red ale*, egy *dunkles bock* és három különleges gyümölcsös sör alkotta. A kiválasztott mintákkal igyekeztünk minél szélesebb sávot lefedni a piacon található választékból.

3.2.5 Meggyes illatanyag (EEG)

Ebben a kísérletben azt vizsgáltuk, hogy hogyan változik az agyi aktivitás egy ismert élelmiszerillat (meggy) hatására, valamint, hogy ezek a kiváltott jelek kapcsolatban állnak-e az alany aktuális fizikai és mentális állapotával (fáradtság, hangulat, illatérzékenység). A kutatást a nemzetközi szakirodalomban többszörösen validált (Ekanayake, 2010; Berčík et al., 2015) Emotiv EPOC+ EEG készülékkel végeztük. Ennek az eszköznek az előnye, hogy a jelfeldolgozó rendszer bluetooth segítségével számítógéppel összeköthető, azaz nem vezetékes, ami nagyban javította a mérések kényelmét mind az alany, mind a mérésvezető számára. Az eszközhöz tartozó szoftver (EmotivPRO) segítségével, milliszekundumos pontossággal, online módon követhettük az agyban lejátszódó elektromos potenciálváltozásokat és az elektromos kisüléseket. Segítségével az ismert 5 hullámhosszon (delta: 0,5–4 Hz; theta: 4-7 Hz; alfa 7-13 Hz; béta: 13-30 Hz és gamma: 30-49 Hz) levő változásokat is figyelhettük. Az Emotiv EPOC+ eszköz 256 Hz-es mintavételi frekvenciával dolgozik, és a következő EEG csatornákat képes rögzíteni (10-20-as sztenderd EEG csatorna elrendezések elnevezései): AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4. A felvételeken egy 49 Hz-es aluláteresztő szűrőt alkalmaztunk, így a magas frekvenciás zajokat eltávolítottuk. Az alkalmazott illatinger egy élelmiszeripari aromaanyag volt (meggy aroma, *Dawn Foods Hungary Kft*).

3.3 Alkalmazott módszerek

3.3.1 A színmaszkolás háttere

Az érzékszervi laboratóriumokban az a célunk, hogy reprodukálható tesztelési helyszíneket tudjunk létrehozni. A laboratóriumok kialakításának irányelvei nemzetközi szabványokban rögzítettek, amelyek elsősorban az egyforma, állandó és megismételhető vizsgálati körülményeket

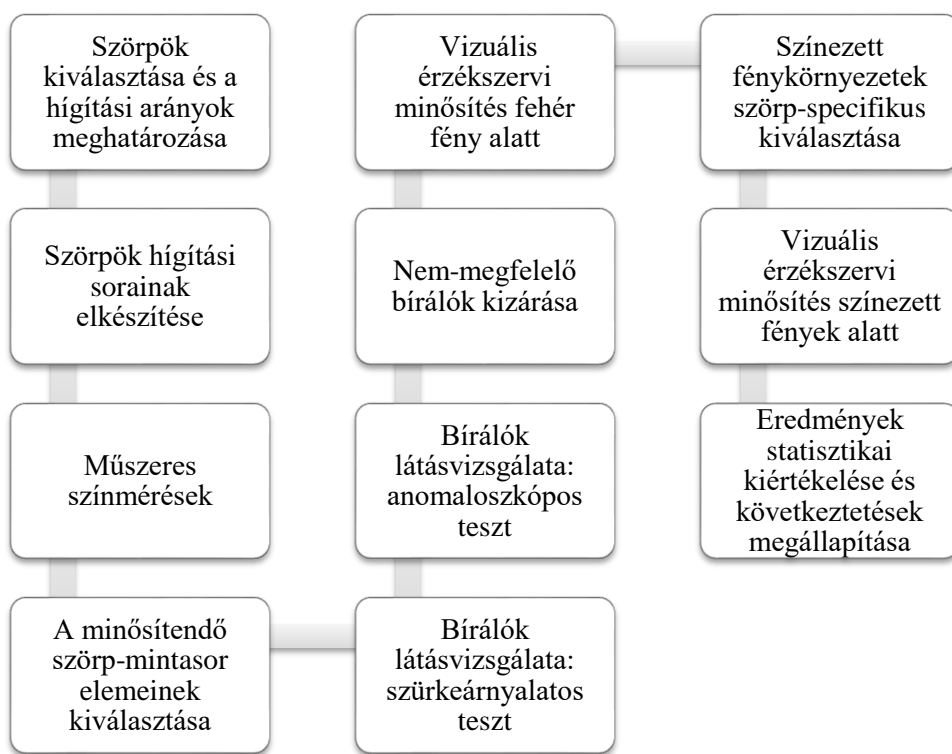
segítik megvalósítani: laboratórium elrendezése, hőmérséklet, páratartalom, megvilágítás stb. (ISO 8589:2007).

Az egyén színérzékelését a spektrális emisszió, reflexió és transzmisszió befolyásolja. A változatlan reflexiós és transzmissziós tulajdonságokkal jellemezhető minták megfigyelésekor a megvilágítás megváltoztatásával az érzékelt szín megváltoztatása érhető el. Amennyiben ismerjük a vizsgálandó minták anyagi tulajdonságait (spektrális reflexió vagy transzmisszió), tervezhető olyan világítás, amely alatt a minták közötti különbség nem érzékelhető.

A szem adaptációját a különböző fényingerek váltják ki, amelyeket a fényingerek relatív spektrális eloszlásai okoznak. A szem kromatikus adaptációja az érzékszervi vizsgálatoknál bizonyos esetekben szükséges. Maszkolós vizsgálatoknál cél, hogy a bíráló látórendszere adaptált állapotban legyen.

3.3.2 Szörpök vizsgálata

A szörpökkel végzett kísérlet lépéseit a 21. ábra mutatja be.



21. ábra: A szörpökkel végzett kísérlet lépéseit bemutató folyamatábra

3.3.2.1 A bírálókiválasztás folyamata

Az érzékszervi kísérletek előtt meg kellett bizonyosodni arról, hogy a résztvevő bírálók épszínlátók, mivel ellenkező esetben nem vehetnek részt a teszten. Munkám során a Szent István Egyetem nappali tagozatos hallgatóit (20-28 év között, 6 férfit és 10 nőt) vizsgáltam, két

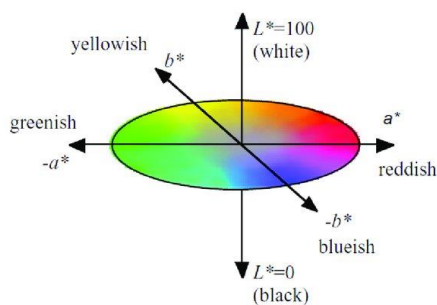
különböző módszerrel. A leendő bírálók először egy pszeudoizokromatikus (Isihara-teszt, 38 táblás változat) tesztet végeztek, amellyel a színlátás-rendellenességgel rendelkező egyének kiszűrhetők. Ezek után az MSZ EN ISO 8586:2014 szabványban rögzített módon grafitpor és kukoricakeményítő meghatározott arányú keverékéből előállított 10 tagú szürkeárnyaltos tesztel is vizsgáltam a résztvevők látását (22. ábra). Kizárólag azok a bírálók vehettek részt a további kísérletekben, akik mindkét teszten megfelelő eredményt értek el.



22. ábra: Szürkeárnyaltos teszt egy sora (saját fotó)

3.3.2.2 Szörpmenták műszeres színmérése

A minták műszeres színmeghatározásához kézi spektrokoloriméter készüléket használtam (X-rite RM200QC), amely a mért színt a CIE színtérben (L^* , a^* és b^* értékekben) adja meg. Ennek paraméterei az L^* (*Lightness*, világosság) tényező, mely 0 és 100 közötti értéket vehet fel, az a^* és b^* , melyek értékei pedig -100 és +100 között változhatnak. Az a^* tengely a zöld (alacsony értékek) és a vörös (magas értékek) közötti tartományt fedi le, míg a b^* tengelyének végpontjait a kék (alacsony értékek) és a sárga (magas értékek) színek képezik (23. ábra).



23. ábra: A CIE színtér (Molino et al., 2013)

Mivel a készülék főleg szilárd anyagok mérésére alkalmas, ezért a folyadékok méréséhez speciális eljárást kellett kitalálnom. Végül a mérés a következőképpen zajlott: A/4-es fehér lapra helyeztem átlátszó műanyag Petri-csészéket, melyeket színültig töltöttem szörpmentával. A csésze tetejét ráhelyeztem a feszített folyadékfelületre, melyből emiatt valamennyi szörp kifolyt, azonban a csészében a vizsgálandó folyadékot buborékmentesen lezáródott, így a mérés elvégezhető volt

az átlátszó tetőre szorított kézi szímerővel. A méréseket teljesen lesötétített környezetben végeztem, minimalizálva ezzel a környezeti fényből, és a tükröződésből keletkező zajokat. Minden mintáról öt párhuzamos színmérést készítettem. Az így kapott L^* , a^* és b^* adatok számtani átlaga alkotta a szörpök végleges színekoordináta értékeit. A színekoordináta adatokból kiszámítható a telítettség (*chroma*: C_{ab}^*) és a színezeti érték (*hue*: h_{ab}) is:

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h_{ab} = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$

ahol,

- a^* : az adott (szörp)minta a^* értéke,
- b^* : az adott (szörp)minta b^* értéke.

A minták között észlelhető színekülönbségeket (ΔE_{ab}^*) (CIE, 2004) is kiszámoltam, a következő módon:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\left((L_x^* - L_y^*)^2\right) + (a_x^* - a_y^*)^2 + (b_x^* - b_y^*)^2}$$

ahol,

- L_x^* : az X (szörp)minta L^* értéke,
- L_y^* : a Y összehasonlítandó (szörp)minta L^* értéke,
- a_x^* : az X (szörp)minta a^* értéke,
- a_y^* : a Y összehasonlítandó (szörp)minta a^* értéke,
- b_x^* : az X (szörp)minta b^* értéke,
- b_y^* : a Y összehasonlítandó (szörp)minta b^* értéke.

A színekülönbségek értékeik szerint a következőképpen csoportosíthatók: $\Delta E_{ab}^* < 0,5$ nincs különbség; $0,5 \leq \Delta E_{ab}^* \leq 1,5$ alig tapasztalható különbség; $1,5 \leq \Delta E_{ab}^* \leq 3,0$ észrevehető különbség; $3,0 \leq \Delta E_{ab}^* \leq 6,0$ közepes különbség; $6,0 < \Delta E_{ab}^*$ nagy különbség (Zhu et al., 2013).

A cél az volt, hogy ki tudjunk választani 5 olyan hígítást a tíztagú sorozatból, melyeknél közelítőleg megegyezik a színíngert-különbség. Referenciaként a $\Delta E_{ab}^* = 2$ értéket választottuk (*észrevehető* különbség).

3.3.2.3 A szörpminták érzékszervi bírálata

Az érzékszervi bírálat célja a maszkolófények hatásának vizsgálata volt. E célból a bírálóknak a szörpöket színárnyalatuk alapján kellett sorba rendezniük. A minták háromjegyű kódokkal voltak ellátva az anonimitás érdekében. Kiemelt figyelmet fordítottunk arra, hogy a

szörpminták minden egyes bíráló elé ugyanabban a meghatározott sorrendben kerüljenek, mivel a sorrendbe rakás idejét is mértük a teszt során. A bírálóknak a mintákat magas falú, átlátszó üvegpoharakban prezentáltuk (24. ábra). Az érzékszervi bírálat két lépésben történt. Az első alkalommal a referenciamérést végeztük, azaz mesterséges napfény alatt kellett a bírálóknak sorba rendezni a szörpmintákat azok színárnyalatai szerint. Ez a mérés a Szent István Egyetem Árukezelési és Érzékszervi Minősítés Tanszékén kialakított szabványos érzékszervi bírálófülkékben történt. A teszten végül 14, bizonyítottan nem színtévesztő bíráló vett részt.

A második lépésben ugyanezeket a szörpmintákat színezett fénykörnyezetek alatt is vizsgáltuk. A feladat az első lépéshez hasonló volt, a szörpöket színárnyalatuk alapján kellett sorba rendezni, és a rendezés helyességét, illetve a megoldás idejét vizsgáltuk. A színes fénykörnyezetek előállítását a fénykabin segítségével valósítottuk meg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika tanszékén. A vizsgálatban 4-4 különböző színű fénykörnyezetet határoztunk meg minden egyes szörpminta-sorozathoz (9-12. táblázat).



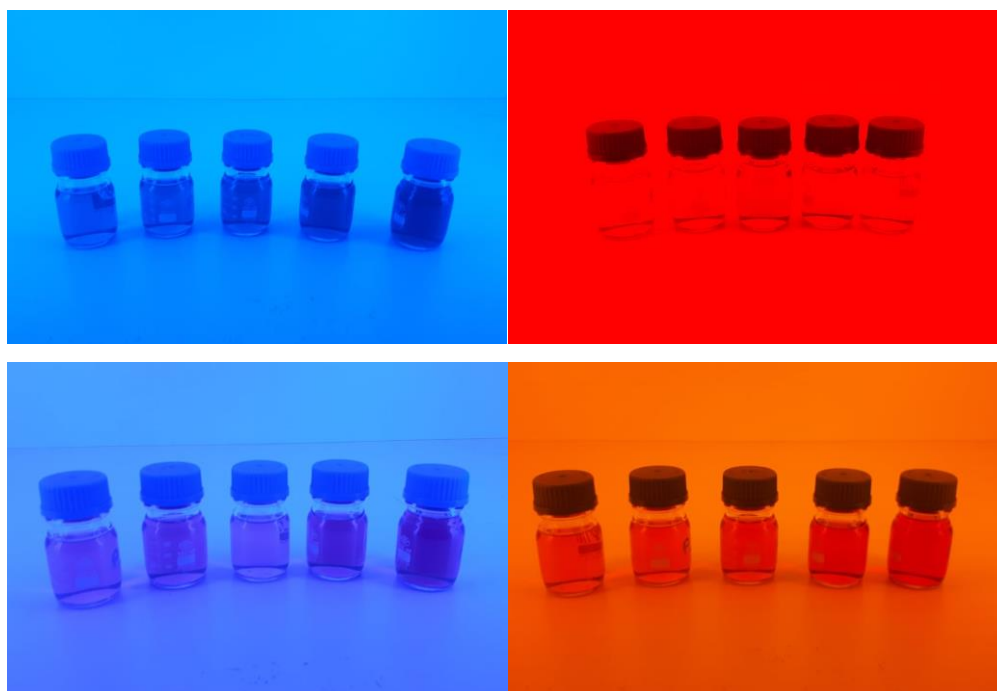
24. ábra: Szörpminták D65 megvilágítás alatt (saját fotó)

A kiválasztás a következőképpen zajlott: a bírálók Kék (Fény1) és Piros (Fény2) fénykörnyezetben mindegyik mintasorozatot tesztelték, a másik két színekombináció meghatározására pedig egy előzetes vizsgálatban került sor, melyben az adott mintasor színét figyelembe véve határoztunk meg még két speciális színekörnyezetet. A spektrálisan hangolható fénykabinban végzett előzetes vizsgálatok során poharak helyett zárható, műanyagfedeles

laborüvegekben tároltuk a mintákat, megelőzve ezzel a párolgással járó inkonzisztenciákat. A bírálók a valódi mérések során az előzőekben is alkalmazott üvegpoharakban értékelték a mintasorozatokat. Az alábbiakban találhatóak az egyes színekörnyezetek százalékarányos értékei, azaz, hogy hány százalékon világított a LED önmaga maximális teljesítményéhez képest. Közvetlenül alattuk az adott színekörnyezetben látható szörpmenták fényképei láthatók zárható laborüvegben (9-12. táblázat és 25-28. ábra).

9. táblázat: Piros szörpökhöz használt megvilágítási környezetek

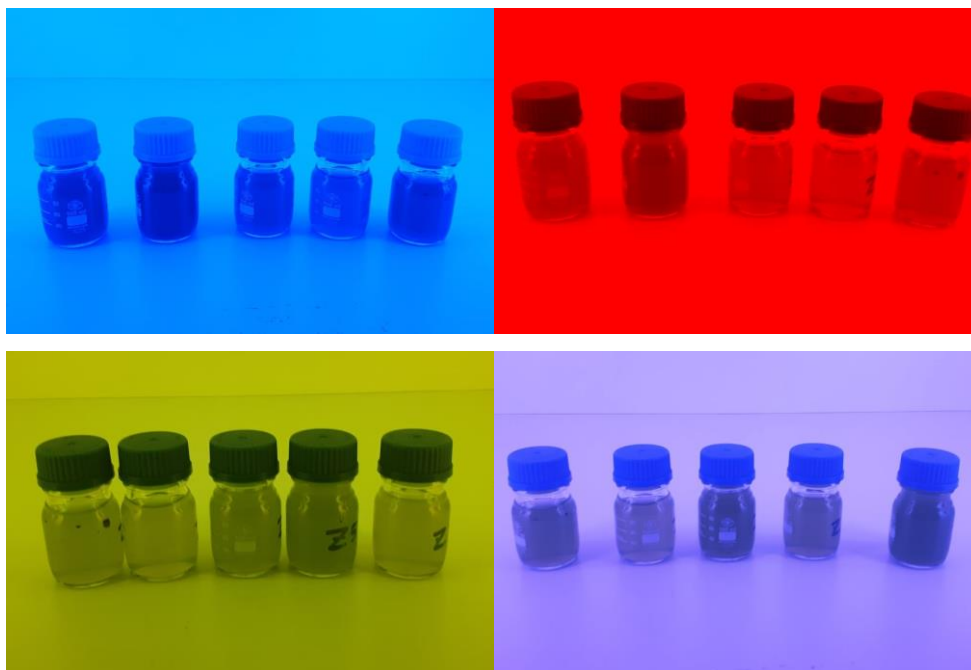
LED-ek aránya	Piros szörp			
	Fény1	Fény2	Fény3	Fény4
vörös	0	100	100	80
zöld	0	0	0	10
kék	100	0	100	10
sárga	0	0	0	0



25. ábra: Piros szörpök 4 féle maszkoló fény alatt (saját fotó)

10. táblázat: Zöld szörpökhöz használt megvilágítási környezetek

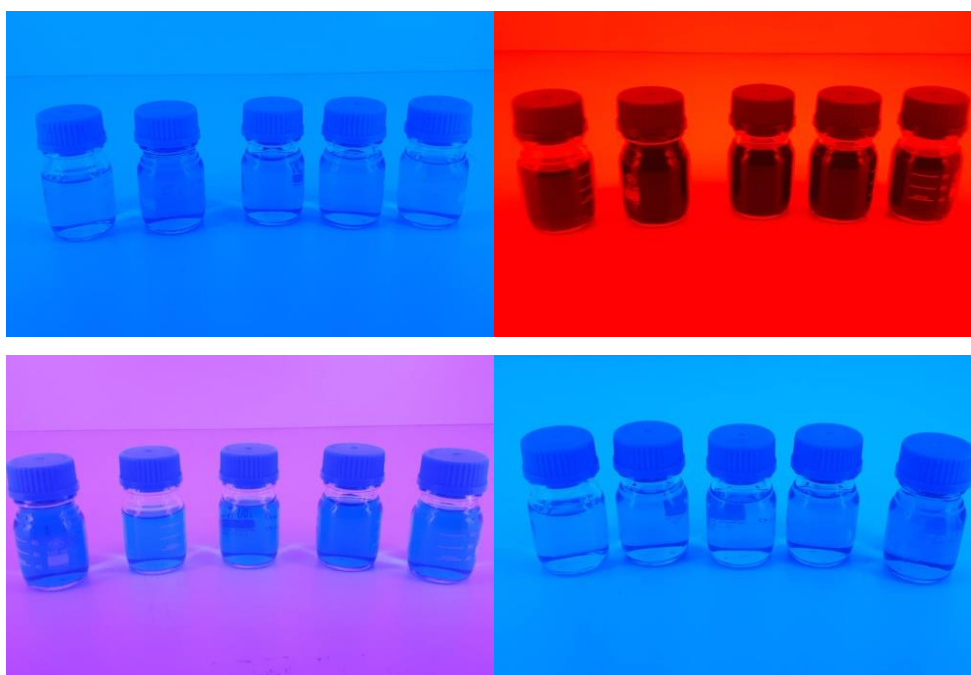
LED-ek aránya	Zöld szörp			
	Fény1	Fény2	Fény3	Fény4
vörös	0	100	0	50
zöld	0	0	80	80
kék	100	0	10	10
sárga	0	0	10	0



26. ábra: Zöld szörpök 4 féle maszkoló fény alatt (saját fotó)

11. táblázat: Kék szörpökhöz használt megvilágítási környezetek

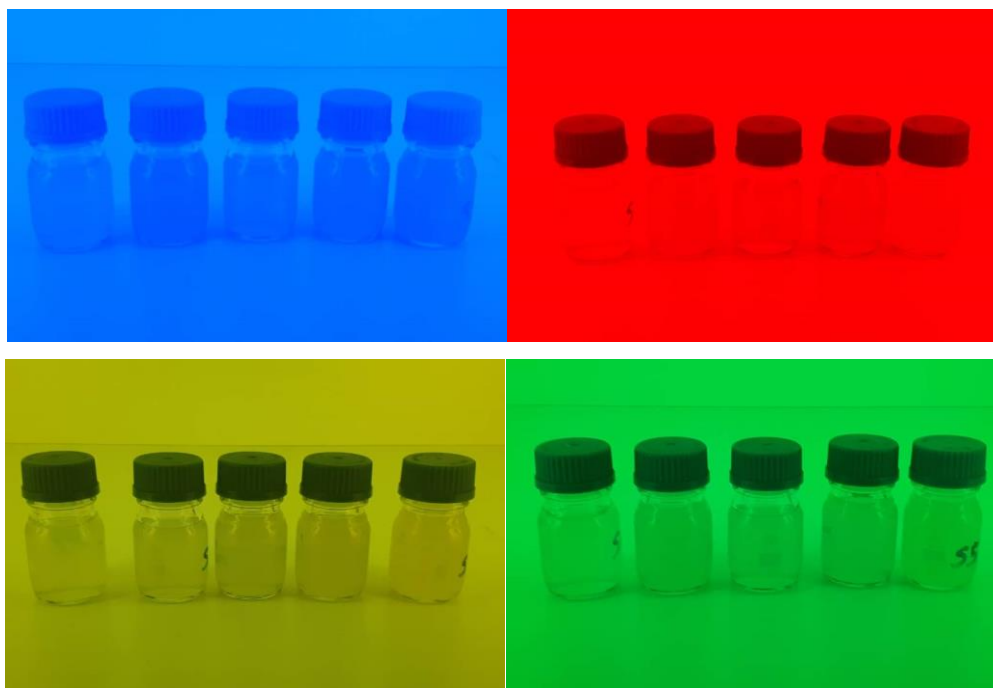
LED-ek aránya	Kék szörp			
	Fény1	Fény2	Fény3	Fény4
vörös	0	100	100	0
zöld	0	0	0	100
kék	100	0	100	100
sárga	0	0	0	0



27. ábra: Kék szörpök 4 féle maszkoló fény alatt (saját fotó)

12. táblázat: Sárga szörpökhöz használt megvilágítási környezetek

LED-ek aránya	Sárga szörp			
	Fény1	Fény2	Fény3	Fény4
vörös	0	100	0	0
zöld	0	0	0	50
kék	100	0	0	0
sárga	0	0	100	50



28. ábra: Sárga szörpök 4 féle maszkoló fény alatt (saját fotó)

3.3.2.4 A szörpmintákkal végzett kísérlet statisztikai kiértékelésének menete

Mivel az alkalmazott teszt a rangsorolós vizsgálatok közé tartozik, ezért az MSZ ISO 8587:2014 szabványban leírtaknak megfelelően a statisztikai kiértékelést *Page-próbával* végeztük (13. táblázat).

13. táblázat: Rangsorolási módszerek statisztikai értékelése (MSZ ISO 8587:2014)

Vizsgálati cél	Résztevők képzettsége	Bírálok száma	Statisztikai módszer		
			Ismert rangsor (bíráloi képesség vizsgálat)	Ismeretlen rangsor (termék összehasonlítás)	
				2 termék	> 2 termék
A bíráló képességének vizsgálata	Képzett vagy szakértő bíráló	korlátlan	Spearman vagy Kendall-teszt	Sign-teszt	Friedman- próba
Bírálcsoport képességének vizsgálata	Képzett vagy szakértő bíráló	lehetőleg 12-15 fő	Page-próba		
Termék vizsgálata leíró jellemző alapján	Képzett vagy szakértő bíráló	lehetőleg 12-15 fő			
Termékek kedveltségének vizsgálata	Fogyasztó (laikus bíráló)	minimum 60 fő fogyasztói típusonként (cellánként és szegmensenként)			

A Page-próba egy feltételezett tendencia meglétét vizsgálja, esetünkben a sorrendbe rakás helyességét. Olyankor alkalmazzák, amikor a minták egy előre ismert rangsorban helyezkednek el valamilyen mérhető tulajdonság alapján. Ilyen ismert rangsor volt kísérletemben a különböző szörpök hígítási sorának színintenzitása. A Page-próba nullhipotézise az, hogy a minták átlagos rangszámai egyenlők:

$$H_0 : r_1 = r_2 = \dots = r_p$$

Ahol: $r_1, r_2, \dots, r_p = P$ számú minta elméleti átlagos rangszámai.

Az alternatív hipotézis ezzel szemben a következő:

$$H_1 : r_1 \leq r_2 \leq \dots \leq r_p$$

amely egyenlőtlenségek közül legalább egynek szignifikánsnak kell lennie, hogy a tendencia érvényesüljön. Feltételezzük, hogy az egyes hígítások rangszámai a következőképpen alakulnak: $R(A) \leq R(B) \leq R(C) \leq R(D) \leq R(E)$ ahol $R(A)$, $R(B)$, $R(C)$, $R(D)$, $R(E)$ az egyes minták rangszámösszegei, azaz az nullhipotézist el kell majd utasítani. A Page próba értéke a következő képpen kerül kiszámításra:

$$L = R_1 + 2R_2 + 3R_3 + \dots + PR_p$$

Az így kapott L értéket össze kell hasonlítani a meghatározott α -szinten hozzá tartozó kritikus értékkel (L_{krit}). A kritikus érték táblázatból olvasható le, vagy kiszámítható a következő képlet segítségével:

$$L' = \frac{12L - 3JP(P+1)^2}{P(P+1)\sqrt{J(P-1)}}$$

Ahol: P = a minták száma,
 J = a bírálatok száma,
 L = a Page-próba számított értéke.

Amennyiben a számított L -érték nem kisebb a táblázatban feltüntetettnél, úgy kijelenthető, hogy a választott szignifikancia mellett a bírálók által kialakított sorrend összhangban áll a minták előzetesen feltételezett rangsorával. Amennyiben azonban a minták méréséből származó L -érték kisebb, mint a kritikus érték, az alternatív hipotézist kell elfogadni, azaz ki kell jelenteni, hogy az előzetes elvárások nem teljesültek, a minták között nem a feltételezett sorrend áll fenn.

A Page-próba után, Cabilio-Peng tesztek futtattam a páronkénti összehasonlítások céljából. A sorrendek helyességét és a kirakáshoz szükséges időket túlélés elemzés módszerével vizsgáltam, mely egyaránt figyelembe veszi a helyes válaszok számát, valamint az idő-változót is. Az összehasonlításokat három post-hoc teszt (*Log-rank*, *Wilcoxon* és *Tarone-Ware*) segítségével vizsgáltam, a következtetéseket pedig konszenzus alapján (legalább 2 post-hoc teszt szignifikáns eredményt indukál) határoztam meg. A kiértékelés az XL-Stat 2016.02 szoftverrel történt.

3.3.3 Csokoládéminták vizsgálata

A csokoládéminták vizsgálatánál az adott termékre vonatkozó specifikus színmaszkolási környezetet kerestünk. A kísérlet lépéseinek menete az a 29. ábrán látható.



29. ábra: A csokoládék vizuális elmaszkolását célzó kísérlet folyamatábrája

3.3.3.1 A csokoládék műszeres színmérése

A csokoládéminták színét először a szörpöknél is alkalmazott tristimulusos színmérővel (X-rite RM200QC) határoztam meg, majd megfelelő maszkoló világítás megtervezésének érdekében spektrális méréseket is végeztünk. A csokoládéminták spektrális reflexiós tulajdonságát egy Konica Minolta CM-2600d spektrofotométerrel határoztuk meg 360-740nm-es tartományon, 10 nm-es felbontással. A minták sík felületén, mintánként 3 db mérést végeztünk, majd a mért eredményeket átlagoltuk. A világítási környezetek fotometriai jellemzését a megfigyelő nézőpontjából mért fénysűrűség értékekkel végeztük. A fénykabinban létrehozott minden maszkoló környezet esetén az adaptáció mértékét a megvilágítás színének figyelembevételével a *LuxPy* Python Toolbox segítségével számítottuk ki (Smet, 2018, 2020).

3.3.3.2 Bírálok kiválasztása és tesztelése a csokoládébírálathoz

A bírálók látásának tesztelésére a releváns nemzetközi szabványok előírásait tartottuk irányadónak (ISO 8586:2012; ISO 11037:2011). Ennek megfelelően első lépésben műszeres színlátás vizsgálatot végeztünk OCULUS 47700 Heidelberg MultiColor anomaloszkóppal. A vizsgálat célja a szintévesztő bírálók kiszűrése volt. A bírálók a Szent István Egyetem hallgatóiból kerültek kiválasztásra (23 résztvevő, életkor: 18-27 között, nemek aránya: 7 férfi, 16 nő). Az anomaloszkópos vizsgálat után második lépésben egy akromatikus szürkeárnyaltos tesztet is el kellett végezni a bírálóknak, ami a színárnyalat különbségtételi feladat jellege miatt volt szükséges (ISO 8586:2012). A kísérletekben kizárólag az épszínlátással rendelkező bírálók vettek részt. Az érzékszervi teszteket különböző megvilágítású színes környezetekben végezték, mely során a szobát lesötétítettük, azaz semmilyen más fényinger nem érhetette őket. A vizsgálatokat a mentális frissesség és a szem érzékszervi állapota miatt délelőtt 9 és 12 órára ütemeztük. A bírálatokat etikai engedéllyel (EPKEB, Hungary, reference number: 112/2017) végeztük, és a bírálók nyilatkoztak arról, hogy a vizsgálatot megelőző napon 12 órával a teszt előtt semmilyen olyan tevékenységet sem végeztek, ami a szem kifáradását okozzák.

3.3.3.3 Csokoládék vizuális érzékszervi minősítése

A szűrőteszteken megfelelt érzékszervi bírálóknak különböző színű megvilágítások alatt kellett sorba rendezni a csokoládémintákat a világosabbtól a legsötétebbig. Referenciaként az első teszteket mesterséges napfényt szimuláló, D65 megvilágítással rendelkező speciális érzékszervi tesztelő dobozban valósítottuk meg (*PANTONE Color Viewing Light Booth*, 3-light Unit) (ISO 11037:2011). A referenciamérések célja az volt, hogy viszonyítási alapot nyújtson a további mérésekhez a szabványosított ajánlások alapján. Ezt követően, a különböző világítási környezetek mellett felállított sorrendek helyessége és a döntéshozatal időtartama került fókuszba. Az 1. kísérletben a bírálók négy különböző monokromatikus megvilágítási környezetben (Piros, Zöld,

Kék és Borostyán) végeztek vizuális érzékszervi tesztet a spektrálisan hangolható fénykabinban. A 2. kísérletben a bírálók a csokoládémintákat az előzőleg alkalmazott fények meghatározott kombinációja mellett értékelték. Az érzékszervi vizsgálatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékének Látórendszerek laboratóriumában végeztük. A tesztek megtervezésénél, végrehajtásánál és értékelésénél törekedtünk a Jó Érzékszervi Gyakorlat elemeinek betartására.

A mintákat a táblás csokoládék egy-egy sora, azaz 4 kocka alkotta. A prezentált mintákat nem nullával kezdődő háromjegyű véletlen számokkal kódoltuk. Annak kiküszöbölésére, hogy a bírálók megtanulják a kódokat, a tesztek során 2 szettet használtunk (különböző kódokkal, különböző sor csokoládék), egyazon táblás csokoládékból véve, melyeket a különböző megvilágítások között kicseréltünk. A csokoládéminták felülről nyitott, alulról zárt, átlátszó műanyag Petri-csészében voltak bemutatva. A vizsgálatokat a bírálók 0°/45°-os vizsgálati geometriával végezték, amelyben biztosított, hogy a fény merőlegesen esik a mintára, és a bíráló szeme 45°-os szemlélési szögben helyezkedik el (ISO 11037:2011). A minták sorrendje ezzel a bemutatási gyakorlattal a könnyen változtatható volt, illetve megakadályoztuk, hogy a mintákat megfogják, vizuális paramétereit megváltoztassák. A vizsgálati szobát sötétítő függönyökkel elsötétítettük, hogy semmilyen más fényinger ne befolyásolja a bírálókat. A bíráló az elsötétített fénykabin elé ült le, majd a különböző megvilágítások alatt a szem adaptációja után rakta sorrendbe a csokoládé mintákat. A bíráló vizsgálati instrukcióként kapta meg, hogy a sorrend kirakását „kész” szóval jelezze.

3.3.3.4 Csokoládék érzékszervi vizsgálatának statisztikai értékelése

Annak érdekében, hogy az elemzés pontos információt adjon a maszkoló megvilágítás hatásáról, ki kellett küszöbölni a bíráló egyéni döntési idejének változékonyságából eredő szisztematikus hibát. Ezért, a sorrendbe rakás időeredményeinek értékelését a valódi időtartamok összehasonlításán kívül skálázott értékek összehasonlításával is értékeltük. A skálázás során minden egyes bíráló leghosszabb válaszadási időtartama (maximum döntési idő) adta az alapot a normalizáláshoz. Ennek eredményeként minden sorrend-felállításra egy 0 és 1 közötti skálázott értéket kaptunk. A normalitásra és a variancia homogenitására vonatkozó feltételek ellenőrzés után 1-fix tényezős (maszkoló fények) ANOVA modellt használtunk a rangsor helyességének és a sorrendbe rakások vizsgálatára mind a valós, mind a skálázott idő-adatokon. Szignifikáns különbség esetén ($p < 0,05$) páronként *Duncan*-féle post hoc tesztet végeztünk. A sorrend helyessége és a sorbarakási idők kombinálásával létrejött görbék összehasonlításához Kaplan-Meier-féle túlélés elemzést alkalmaztunk. A túlélés elemzés célja egy adott esemény bekövetkezéséig eltelt idő vizsgálata, túlélési függvény becslésével, illetve az ehhez kapcsolódó

szignifikancia vizsgálatokkal. A jellegzetes, lépcsős lefutású túlélési függvény megmutatja, hogy egy kezdeti eseménytől számítva várhatóan hogyan csökken a „túlélők” – jelen esetben a kumulált helyes döntések – aránya az idő függvényében. A szignifikáns differenciák összehasonlítását a *Log-rank*, a *Wilcoxon* és a *Tarone-Ware* módszerekkel számoltuk, az eredményeket értékelésénél ezek konszenzusát vettük figyelembe. Minden elemzést az az XLSTAT (ver. 2016.02.27444, Addinsoft, Párizs) programmal végeztük.

3.3.4 Keresztmodalitás vizsgálata csokoládékkal

A teszt első lépéseként a kiválasztott bírálók színlátását teszteltük OCULUS 47700 Heidelberg MultiColor anomaloszkóppal. A bírálókat a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem nappali tagozatos hallgatói alkották (34 résztvevő, életkor: 18-25 között, nemek aránya: 14 férfi, 20 nő). A kísérletben való részvétel feltétele volt a helyes színlátás. Azok a személyek, akik teljesítették ezt a követelményt, azaz megfeleltek az anomaloszkópos vizsgálaton, részt vehettek a csokoládék érzékszervi minősítésében.

Második lépésben a csokoládék színárnyalatát mesterséges napfény alatt értékelték a bírálók tetrádtesztben. Azért választottunk ezt a különbségvizsgálati módszert, mert két termék közti különbség megállapítására kevesebb bíráló is elég, mint a gyakran alkalmazott háromszögtesztben (Rogers, 2017b). A természetes napfénnel megegyező színhőmérsékletű megvilágítást a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Élelmiszer tudományi és Technológiai Intézet Érzékszervi Laboratóriumában található *Pantone Lighting Booth* kabin segítségével hoztuk létre (30. ábra). Mind a hat különböző receptúrájú csokoládémintát az összes többi minta ellenében értékelték a bírálók. Ez összesen 15 vizuális tetrádtesztet jelentett minden egyes bíráló számára. A szem kifáradásának elkerülése érdekében a vizsgálatot két részben valósítottuk meg, 30 perces szünettel a két etap között.



30. ábra: A mesterséges napfényt (D65) biztosító Pantone Lighting Booth kabin [3]

Harmadik lépésben a bírálók fehér (D65) fény alatt értékelték a csokoládékat. A vizsgálatot az ISO 6658:2017 szabványnak megfelelően kialakított érzékszervi fülkékben végeztük, a Jó

Érzékszervi Gyakorlat irányelveit követve. A bírálók a fülkékben szeparáltan helyezkedtek el, ahol a csokoládémintákat, az értékelő lapot és ízsemlegesítő vizet helyeztünk el. A vizsgálatban a tesztelők egy tesztlapot töltöttek ki, amelyben a csokoládék előre rögzített tulajdonságait kellett értékelniük egy 15 cm hosszúságú, balról jobbra monoton növekvő, 20 elemű skálán, ahol a skálák két végpontját leírókifejezések jellemezték. A bírálók előzetes képzésben részesültek a skálák használatával kapcsolatban. A terméktulajdonságokat konszenzus alapján előzetesen határoztuk meg a csokoládék jellegzetes sajátosságainak figyelembevételével. A végleges teszt sor 15 különböző tulajdonságot és egy megjegyzés-rovatot tartalmazott. A vizsgált tulajdonságok listája és a skála végpont-jelölései a 14. táblázatban láthatók:

14. táblázat: A vizsgált terméktulajdonságok és a skála végpont-értékei

Kérdés száma	Terméktulajdonság	Skála bal végpontja	Skála jobb végpontja
1	Színkontraszt	világos	sötét
2	Globális illat	Gyenge	Intenzív
3	Kakaó illat	Gyenge	Intenzív
4	Édes illat	Gyenge	Intenzív
5	Keserű illat	Gyenge	Intenzív
6	Fűszeres illat	Gyenge	Intenzív
7	Globális íz	Gyenge	Intenzív
8	Kakaó íz	Gyenge	Intenzív
9	Édes íz	Gyenge	Intenzív
10	Keserű íz	Gyenge	Intenzív
11	Fűszeres íz	Gyenge	Intenzív
12	Utóíz	Rövid	Hosszú
13	Keményység	Puha	Kemény
14	Olvadékonyság	Nehezen olvad	Könnyen olvad
15	Szájbevonás	Gyenge	Intenzív

A sorrend felállításában követtük az általánosan alkalmazott irányelvet, mely szerint először a vizuális, majd az illat jegyekre vonatkozó tulajdonságokat célszerű vizsgálni. Ezeket követik az ízek és végül az egyéb, texturális tulajdonságok. A mesterséges napfény alatti vizsgálatok szolgáltatták a kísérlet referencia-eredményeit.

Negyedik lépésben a csokoládékat a bírálók színezett fénykörnyezetek alatt tesztelték. A színezett megvilágításokat a már ismertetett spektrálisan hangolható fénykabinban végeztük. A bírálóknak az 5 mesterségesen előállított színekörnyezet (piros, kék, zöld, borostyán, narancssárga) alatt kellett értékelni a csokoládékat. A kiválasztott színek közül a piros, kék, zöld és borostyán eleve adott volt, mivel a fénykabin rendelkezik deklaráltan ilyen színű diódákkal. Az ötödik szint úgy választottam, hogy eltérjen a többitől, ezért a piros és borostyán keverékét, a narancssárgát

választottuk. Az érzékszervi teszt menete a referenciaméréshez hasonlóan zajlott. A bírálók a termékhez kötődően semmilyen speciális képzettséggel nem rendelkeztek sem gyakorlati, sem elméleti szempontból. Érzékszerveik közül kizárólag a színlátásukat teszteltem. Feltehetőleg a kísérletben résztvevő bírálók átlagos érzékszervi érzékenységgel rendelkeztek, s így modellezik az átlagos csokoládé fogyasztókat.

3.3.5 Sörök színének vizsgálata

3.3.5.1 EBC értékek

Az EBC értékek meghatározása a szabványos Analytica-EBC színmérési módszerrel (Moll et al., 1975) történt, a következő képlet alapján:

$$EBC = 25 \times D \times A430$$

ahol, D a minta hígítási faktora, $A430$ pedig a minta 430 nm hullámhosszon vett mérésének értéke. A mintákat homogenizáltuk és Whatman MN-615 szűrőpapíron szűrtük az elemzés előtt. Az abszorbancia rögzítése 1 cm-es UV-Vis küvettákban történt 430 nm-en, Hach Lange DR6000 UV-Vis spektrofotométerrel három párhuzamos mérésben. A transzmissziós spektrumokat Hach Lange DR6000 UV-Vis spektrofotométerrel határoztuk meg a teljes látható spektrumon keresztül 380-780 nm között, 10 nm-es lépésekkel. A minták tristimulusértékeit és színkoordinátáit a CIE 1931 szabvány szerinti kolorimetriás rendszerben meghatározott transzmissziós spektrumokból számítottuk ki a CIE (2004) leírása alapján, az alábbi egyenletek szerint.

$$X = k \int \Phi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int \Phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int \Phi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

$$x = X/(X + Y + Z)$$

$$y = Y/(X + Y + Z)$$

ahol X , Y és Z tristimulus értékek, $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ és $\bar{z}(\lambda)$ a CIE színegyezési függvényei, $\Phi(\lambda)$ relatív színínger függvény, k egy normalizációs konstans, valamint x és y pedig színkoordináták. A relatív színínger függvényt a mért transzmissziós spektrumok és a referencia fényforrás, esetünkben a D65 megvilágítás spektrális emissziójának szorzataként határoztuk meg.

3.3.5.2 ΔE^*_{ab} színekülönbség számítása

A ΔE^*_{ab} és az L^* , a^* , b^* koordináták tristimulus értékeiből számított mintapárok közötti színekülönbségeket a CIE (2004) javaslatai szerint számítottuk ki, a CIE 1976 $L^*a^*b^*$ színtérben vett pontok között lévő euklideszi távolsága alapján:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^3 - 16$$
$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^3 - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^3 \right]$$
$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^3 - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^3 \right]$$

ahol X, Y és Z a minta tristimulus értékei és X_n, Y_n és Z_n pedig a referenciafény tristimulus értékei. Két minta között fenn álló színekülönbséget a korábban is alkalmazott egyenlet alapján határoztuk meg:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\left((L^*_x - L^*_y)^2 \right) + \left((a^*_x - a^*_y)^2 \right) + \left((b^*_x - b^*_y)^2 \right)}$$

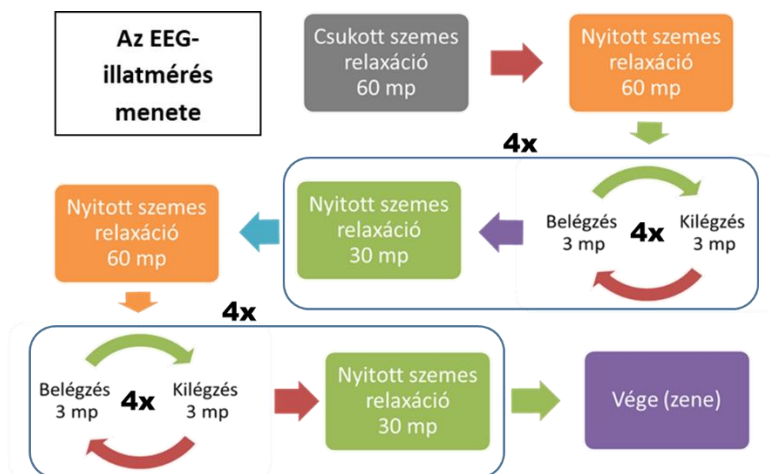
A D65 megvilágítás spektrális eloszlása, valamint az $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ és $\bar{z}(\lambda)$ színegyezési függvények elérhetőek a *CIE Lab Color Space_CIE deltaEab Color Difference.xlsx* fájlban. Ez a fájl használható két minta L^* , a^* , b^* koordinátáinak meghatározására, valamint a köztük levő ΔE^*_{ab} színekülönbség kiszámítására is. Az adatokat a szürke cellákba kell beilleszteni, míg a zöld cellák az eredményeket, a fehér cellák pedig a szükséges adatokat és számításokat tartalmazzák.

3.3.6 EEG és Meggyes illatanyag

Az elektroencefalográfiás kísérleteket a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetemen végeztük, az Érzékszervi Minősítési Tanszék Szemkamera Laboratóriumában, ahol biztosítani tudtuk a teljes zavartalanságot a vizsgálatok alatt. A vizsgált személyek az egyetem nappali tagozatos hallgatói közül kerültek kiválasztásra. A kísérletben 20 személy vett részt (16 nő, 4 férfi, kor: 19-27). Túlzott orrdugulás, kábítószer használat és idegrendszeri rendellenesség szempontjából is megvizsgáltuk az alanyokat, hogy alkalmasak-e a teszten való részvételre. Minden résztvevő megismerte, és beleegyezett a kísérleti protokoll lefolytatásába.

A vizsgálatot az alanyok nyitott szemmel végezték, mivel csukott szem esetén megnő az alfa hullám, ami elfedi a valódi eredményeket. A kísérletnél szükség volt a légzések szinkronizációjára, mivel egy adott „illatolási” időtartam alatt a légzések száma és üteme alanyonként eltérhet. Végül 3 mp időkeretet szabtuk meg az illat beszívására, és 3 másodpercet hagytunk az illat kifújására

is. Az időkeretek betartását automatikus hangjelzéssel segítettük, mely a belégzés és a kilégzés kezdőpillanatában szólalt meg. A vizsgálat során egy blokk 24 másodpercig tartott, és 4 illatolást tartalmazott (4×3 mp illatolás és 4×3 mp kifújás). A blokkokat 30 másodperces relaxációval választottuk el egymástól, az orr és a szagló-receptorok regenerálódása céljából. A teljes kísérlet 8 blokkot tartalmazott, melynek felénél (a 4. blokk után) egy nagyobb (60 s) relaxációs pihenőt iktatunk be. A vizsgálat végét zene jelezte. A mérés folyamatábrája a 31. ábrán látható.



31. ábra: Az EEG mérés folyamatábrája

A tesztelési protokollt és a szabályozó szoftvert Python-alapú PyCharm rendszerben programoztuk le, melyben egyszerűen futtathatók a kísérletek és rögzíthetők az agyhullám jelek. Az eredmények komplex értékeléséhez a MATLAB (MathWorks Inc, 3 Apple Hill Drive Natick, MA 01760-2098, USA) szoftver EEGLAB toolbox programcsomagját alkalmaztuk.

Az EEG analíziseknél gyakran vizsgált *eseményhez kapcsolódó potenciál* (*event related potential*, ERP) értékek esetünkben a belégzési pillanatban mért adatok voltak. Az elemzés során azt vizsgáltuk, hogy jelentkezik-e mérhető eltérés az EEG ritmusokban a meggy illat (M) és a referencia levegő (L) esetében a belégzés eseményre (ERP). A vizsgált frekvenciasávok a delta (0,5–4 Hz), theta (4-7) Hz, alfa (7-13 Hz), béta (13-30 Hz) és gamma (30-49 Hz) voltak.

Az EEG vizsgálat után a bírálók kitöltöttek egy kérdőívet is, melyet több, korábban publikált kérdőívből állítottunk össze, és amely az egyén fáradtságára, hangulatára és illatérzékenységre vonatkozott. A fáradtságot Többdimenziós fáradtságtünet-leltár – Rövid változat (*Multidimensional Fatigue Symptom Inventory-Short Form*, MFSI-SF) (Stein et al., 1998), a hangulatot PANAS-skála (*Positive Affect Negative Affect Scale*) (Watson et al., 1988; fordította: Deák, 2011), az illatérzékenységet pedig az Illattudatosság skála (*Odor Awareness Scale*, OAS)

(Smeets et al., 2008) alkalmazásával vizsgáltuk. A kísérleteket a *Helsinki-nyilatkozat* iránymutatásait figyelembe véve végeztük.

Az eredményeket mesterséges neurális hálózatok segítségével is értékeltük. A neurális hálózat egy olyan információfeldolgozó eszköz, mely, rendezett és összekapcsolt neuronokból áll, és rendelkezik tanulási, és – a megtanult információ felhasználását lehetővé tevő – információ előhívó algoritmussal (Altrichter et al., 2006). Számos tudományterületen alkalmazzák a neurális hálózatokat azok tanulási képessége, adaptációja, párhuzamossága, általánosító-képessége és hibátűrése miatt. A hálózatban a csomópontokat az egyes neuronok alkotják, melyek általában 3 vagy több rétegben helyezkednek el: bemeneti réteg (input), rejtett réteg (akár több is) és kimeneti réteg (output). Az egyes rétegekhez tartozó neuronok az előző réteg neuronjainak kimenetével, vagy a bemenettel, illetve a következő réteg bemenetével vannak összekötve. Az így felépített neurális hálózatok alkalmasak nem csak numerikus adatok előrejelzésére vagy csoportosítására, de akár vizuális képek kiegészítésére is.

3.4 Különbégvizsgálatok pszichometriai függvényeinek leírása

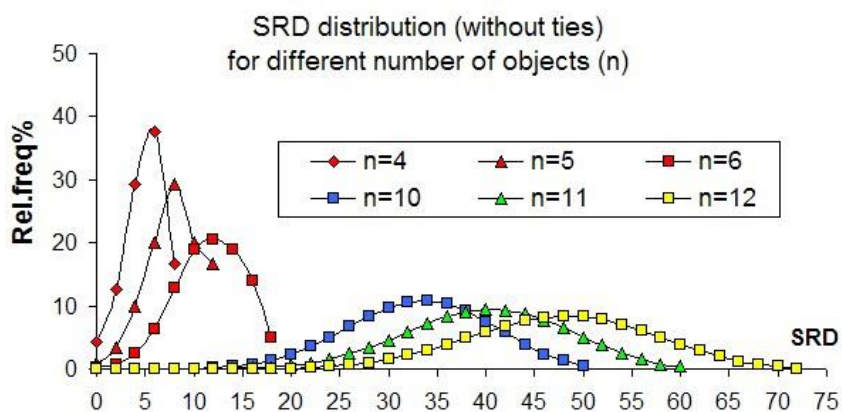
A pszichometriai függvény megadja a termékek érzékszervi távolsága (δ) és a megkülönböztetők aránya (*proportion of distinguishers*, P_d) közötti függvénykapcsolatot. A kapcsolat minden esetben módszerspecifikus (Ennis, 1993). A nemzetközi szakirodalomban egy-egy különbégvizsgálati módszer pszichometriai függvényét már publikálták (Moskowitz & Meiselman, 1977; Jesionka et al., 2014), ugyanakkor a görbék értékei és teljes körű összehasonlító értékelése még nem történt meg. A függvényillesztési vizsgálat, és azok összehasonlításának eredményeképpen megállapítható az egyes különbégvizsgálati módszerek érzékenysége, azaz hogy egységnyi δ változására hogyan módosul a megkülönböztetők aránya, illetve fordítva, hogy egységnyi P_d változás hogyan hat a δ értékre. A görbék jellemzésével lehetőség nyílik a jellegzetes lefutási szakaszok felosztására és a különbégvizsgálati módszerek érzékenységének meghatározására.

A kutatásaimban a δ értékek alapján számoltuk ki a P_d értékeket hat különbégvizsgálati módszerre vonatkozóan, (2-AFC, duo-trió, 3-AFC, háromszög-próba, tetrád próba, ötből kettő próba) az XL-Stat programmal. A kapott értékek által meghatározott görbékre nem-lineáris regresszióval, a paraméterek iterációja után függvényt illesztettem. Az adatokra illeszthető modell vizsgálatát (Harnos & Ladányi, 2005) alapján az SPSS 24.0 for Windows programcsomaggal értékeltem.

3.5 Különbségvizsgálatok multikritériumos értékelésének menete

A gyakorlatban a különbségvizsgálatok összehasonlítása számos paraméter alapján történhet, mint például a bírált minták száma, a véletlen eltalálás valószínűsége stb., azonban olyan rendszert még nem publikáltak, amely egyszerre több bemeneti paraméter változtatásának hatását is képes lenne kezelni. Erre megfelelő eszköz lehet a rangszám-különbségek összege (*Sum of Ranking Differences*, SRD) módszer, ami egy egyszerű, gyors és általános technika különböző egyedek, módszerek vagy modellek összehasonlítására. A módszer elvét Héberger (2010) dolgozta ki, a validálást és a szoftveres implementálást Héberger & Kollár-Hunek (2011) végezte. A szoftver előnye, hogy különböző módszerek és eljárások elkülönítését teszi lehetővé. A bemeneti mátrix oszlopaiba a változókat (modellek, módszere, egyedek), soraiba a vizsgált objektumokat (statisztikai esetek, összetevők) kell betáplálni. A szoftver az egyes referenciák és az egyéni rangsorok rangszám-különbségének abszolút értékeit kiszámítja, és összegzi azt mindegyik változóra/modellre.

Az összehasonlítás alapját a vizsgált egyedek, módszerek vagy modellek referencia oszlopai – átlagértékei (*Ave*), minimum értékei (*Min*), maximum értékei (*Max*), vagy tetszőlegesen definiált (*Read*) értékei – képezik. A tetszőlegesen definiált értékek jellemzően egy golden standard vagy optimális kombináció értékeit jelentik. A rangszám-különbségek összege módszer a referencia oszlopban levő értékekhez hasonlítja külön-külön minden egyes egyed/módszer/modell értékeit, melyek paramétereit egyforma súllyal figyelembe véve egy egyedi rangsort állít fel a vizsgált tulajdonságok alapján. Amennyiben az értékek nem ugyanazon skálákon mértek, úgy minden esetben szükséges az adatok normálása, sztenderdizálása vagy transzformációja. Általában egy rangsor növekvő egész számokból áll, viszont amennyiben egyforma a helyezés, akkor ugyanaz a két rangszám, azaz kötés alakul ki a rangsorban. Mind a kötés nélküli, mind a kötéses SRD módszer validálását elvégezték szimulált véletlen számok összehasonlításával (*Compare Ranks with Random Numbers*, CRRN): kis mintaelemszámnál ($n < 9$) az elméleti eloszlást egy rekurzív algoritmussal határozták meg, míg nagy elemszámnál normális eloszlás alapján számoltak, mivel az jó közelítést ad az elméleti (véletlen) SRD eloszlási függvény leírására (Kollár-Hunek & Héberger, 2013).



32. ábra: Kötés nélküli SRD eloszlások különböző számú objektumok esetén (Kollár-Hunek & Héberger, 2013)

Az élelmiszertudományban számos publikáció született, melyekben az SRD módszert sikerrel alkalmazzák (pl. Kollár-Hunek & Héberger, 2013; Rácz et al., 2015). A rangszám-különbségek összege módszerével célok egy olyan értékelő rendszert létrehozni, mely képes adott bemeneti paraméterek alapján sorrendet felállítani a különbségvizsgálati módszerek között, ami segítséget nyújthat egy érzékszervi panel vezetőjének a legmegfelelőbb teszt kiválasztásában.

A módszerfejlesztés során különböző szimulált kísérletek összehasonlítását végeztem el:

1. *Elvi kutatási kérdés:* A teljesen eltérő különbségvizsgálatokat össze lehet-e hasonlítani?
Megvalósítás: Kísérleti elrendezések elméleti összehasonlítása – több különbségvizsgálati módszer összehasonlítása a lehetséges paraméterek változtatásával különböző termékek esetén.
2. *Gyakorlati kutatási kérdés:* Arról kell dönteni egy érzékszervi laboratóriumban, hogy melyik különbségvizsgálati módszert válasszuk adott bírálósám és élelmiszer minta esetén.
Megvalósítás: Kísérleti elrendezések gyakorlati összehasonlítása: több különbségvizsgálati módszer összehasonlítása adott bírálósám, adott anyagköltség és adott érzékszervi kifáradás (minta) állandó paramétere mellett

A szimulált kísérletek a 15. táblázatban láthatóak (a *Read* oszlop mutatja a soronkénti referenciaértéket).

15. táblázat : Az első szimulált kísérlet bemeneti táblázata

	Háromszög	Duó-trió	Ötből kettő	2-AFC	3-AFC	Tetrád	Read
α	0,05	0,01	0,01	0,1	0,05	0,05	0,01
β	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2
pd (Megkül. száma)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5
n (bírálok száma) [db]	20	15	25	12	16	22	12
Anyagköltség [skálaérték]	3	2	2	1	1	4	1
Mintából fakadó érzékszervi kifáradás [skálaérték]	2	3	1	2	2	1	1
Módszerből fakadó érzékszervi kifáradás [skálaérték]	3	3	5	2	3	4	2

A bemeneti táblázat paramétereinek meghatározása kulcsfontosságú az eredmények szempontjából. Az α értéke meghatározza az elsőfajú, a β értéke a másodfajú hiba megengedett mértékét. A P_d a különbséget tenni tudók maximális aránya, szintén egy választott, de a teszt érzékenységét befolyásoló érték. A rendelkezésre álló bírálok száma alapvető kérdés egy érzékszervi teszt esetében. Az *anyagköltség* paraméter a költséghatékonyság miatt fontos, így minél drágább egy minta, annál fontosabb, hogy a legkisebb mintaszámot igénylő tesztet hajtsák végre a bírálok. Ebben az esetben a panelvezető feladata, hogy egy háromelemű skálán (1: kis anyagköltségű minták, 2: közepes anyagköltségű minták, 3: kiemelten költséges minták) kategorizálja az adott vizsgálandó élelmiszert. Az *érzékszervi kifáradás (minta)* paraméter azt fejezi ki, hogy bizonyos élelmiszerek érzékszervi vizsgálatai megterhelőbbek (pl. magas alkohol tartalmú vagy csípős élelmiszerek), mint más mintáké. A jellemző meghatározása a háromelemű skálán (1: kis érzékszervi kifáradást okozó minták, 2: közepes érzékszervi kifáradást okozó minták, 3: nagy érzékszervi kifáradást okozó minták,) ebben az esetben is a panelvezetőre van bízva. Az *érzékszervi kifáradás (módszer)* pedig a próbához szükséges mintaelemszámot jelenti. Ezekkel a paraméterekkel közel teljeskörűen jellemeztük a különbségvizsgálati módszereket.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1 Szörpök vizsgálatának eredményei

4.1.1 Műszeres színmérés eredményei

A színinger-különbségeket a hígítási sor minden egyes tagja között kiszámítottam, majd a meglévő adatok alapján kiválasztottam azt az öt mintát, melyek között a színkülönbség legjobban megközelíti az elméleti $\Delta E_{ab}^* = 2$ értéket. A kiválasztott mintákat, a mért értékeket és a számolt színkülönbségeket (az adott sor, és az előző sorban szereplő minta között) az alábbi táblázatok tartalmazzák (16-19. táblázat):

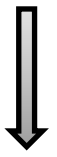
16. táblázat: A kiválasztott minták értékei a piros szörp esetében

	Sorszám	Hígítási arány (szörp:víz)	L*	a*	b*	C*	h	ΔE_{ab}^*
világos  sötét	1	1:13	57,76	13,22	6,24	14,62	25,27	-
	2	1:11	56,38	14,30	7,30	16,06	27,04	2,05
	3	1:09	55,52	15,36	8,58	17,59	29,19	1,87
	4	1:07	54,8	16,96	9,40	19,39	29,00	1,94
	5	1:05	53,34	17,94	10,52	20,80	30,39	2,08


17. táblázat: A kiválasztott minták értékei a zöld szörp esetében

	Sorszám	Hígítási arány (szörp:víz)	L*	a*	b*	C*	h	ΔE_{ab}^*
világos  sötét	1	1:13	50,14	3,00	21,94	22,14	82,21	-
	2	1:10	48,5	2,34	23,24	23,36	84,25	2,19
	3	1:09	46,66	2,02	24,34	24,42	85,26	2,17
	4	1:07	45,5	1,06	25,68	25,70	87,64	2,02
	5	1:05	43,62	0,30	26,54	26,54	89,35	2,20

18. táblázat: A kiválasztott minták értékei a kék szörp esetében

	Sorszám	Hígítási arány (szörp:víz)	L*	a*	b*	C*	h	ΔE_{ab}^*
világos  sötét	1	1:13	56,44	-17,06	-16,50	23,73	224,04	-
	2	1:11	55,64	-18,56	-17,46	25,48	223,25	1,95
	3	1:09	54,52	-20,22	-18,34	27,30	222,21	2,19
	4	1:07	52,98	-21,46	-19,20	28,80	221,82	2,16
	5	1:05	51,18	-22,42	-19,88	29,96	221,56	2,15

19. táblázat: A kiválasztott minták értékei a sárga szörp esetében

	Sorszám	Hígítási arány (szörp:víz)	L*	a*	b*	C*	h	ΔE_{ab^*}
világos  sötét	1	1:13	53,44	4,96	8,72	10,03	60,37	-
	2	1:11	51,56	5,02	9,52	10,76	62,20	2,04
	3	1:09	49,88	5,02	10,52	11,66	64,49	1,96
	4	1:07	47,9	4,76	11,60	12,54	67,69	2,27
	5	1:05	45,82	4,92	12,28	13,23	68,17	2,19

4.1.2 Szörpök vizuális érzékszervi vizsgálatának eredményei

Mesterséges napfény alatt az összes bíráló helyes sorrendbe állította az összes mintasorozatot, az eredmények mindössze a kirakás idejében különböztek. Színezett fénykörnyezetek alatt ugyanaz a 14 bíráló végezte el, aki az első lépést sikeresen teljesítette. A 20. táblázat a második kísérlet eredményeit mutatja, ahol a százalékok a helyes döntések arányát mutatják. Minél többször állítottak fel helytelen sorrendet a bírálók, annál hatékonyabb maszkolásról értünk el. Minden esetben a különbségeket leginkább elrejtő környezetet kerestük.

20. táblázat: A helyes kirakások sorszámra lebontva az egyes szörpöknél a különböző színes fénykörnyezetek alatt (K: kék, V: vörös, Z: zöld, A: [amber] borostyán, a számok pedig azt jelölik, hogy hány százalékon működött a LED)

		1. hely	2. hely	3. hely	4. hely	5. hely	Idő átlag (s)	Idő szórás (s)
Piros szörp	D65	100%	100%	100%	100%	100%	17,8	2,9
	K100	100%	100%	100%	100%	100%	14,1	2,4
	V100	100%	71,4%	64,3%	71,4%	100%	25,2	4,2
	K100+V100	100%	100%	100%	85,7%	85,7%	13,4	2,1
	V80+Z10+K10	100%	85,7%	85,7%	100%	100%	17,2	3,3
Zöld szörp	D65	100%	100%	100%	100%	100%	17,4	5,8
	K100	100%	100%	100%	100%	100%	20,4	7,1
	V100	100%	100%	100%	100%	100%	20,1	7,0
	Z80+K10+A10	57,1%	57,1%	71,4%	85,7%	100%	27,4	8,2
	V50+Z80+K10	100%	100%	100%	100%	100%	20,0	4,5
Kék szörp	D65	100%	100%	100%	100%	100%	19,1	6,7
	K100	21,4%	28,6%	50%	100%	100%	19,3	4,6
	V100	85,7%	71,4%	92,9%	92,9%	100%	21,2	3,6
	K100+V100	64,3%	42,9%	57,1%	78,6%	85,7%	21,0	3,7
	K100+Z100	71,4%	71,4%	100%	100%	100%	13,4	3,0
Sárga szörp	D65	100%	100%	100%	100%	100%	16,9	6,5
	K100	42,9%	42,9%	85,7%	100%	100%	24,0	8,4
	V100	64,3%	64,3%	85,7%	78,6%	85,7%	24,4	8,6
	A100	71,4%	71,4%	71,4%	57,1%	71,4%	24,1	10,8
	A50+Z50	71,4%	71,4%	78,6%	78,6%	100%	24,1	9,9

4.1.3 A szörpökkel végzett kísérlet statisztikai kiértékelése

4.1.3.1 Page-próba és Cabilio-Peng teszt eredményei

A számításokat Monte Carlo szimulációt (10 000) követően végeztem minden színekörnyezet (16 db) esetében, a szignifikancia szintet 5%-ra választottam. A tesztek lefuttatása után az eredmények páros összehasonlítását Cabilio-Peng próbával végeztem. A következő táblázatokban (21-23. táblázat) a szoftveresen lefuttatott eredmények közül egyet mutatok be (piros szörp Fény1), a többi esetben is ugyanezt az eljárási módot követtem.

21. táblázat: Page-próba szoftveres eredményei a Fény1 megvilágításra

L	770,0000
z (megfigyelt érték)	7,4833
z (kritikus érték)	1,6449
p-érték (egyoldali)	< 0,0001
alfa	0,05

22. táblázat: Szignifikáns különbségek a Cabilio-Peng próba alapján

	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta
1. minta	Nem	Igen	Igen	Igen	Igen
2. minta	Igen	Nem	Igen	Igen	Igen
3. minta	Igen	Igen	Nem	Igen	Igen
4. minta	Igen	Igen	Igen	Nem	Igen
5. minta	Igen	Igen	Igen	Igen	Nem

23. táblázat: Cabilio-peng páronkénti összehasonlítás

Minta	Bírálok	Rangszám összeg	Rangszám átlag (rangszám összeg/mintaszám)	Csoportok
1. minta	14	14,00	2,80	A B C D E
2. minta	14	28,00	5,60	
3. minta	14	42,00	8,40	
4. minta	14	56,00	11,20	
5. minta	14	70,00	14,00	

Mivel a Page-próba szignifikáns értéket ad, ha a rangsor *bármely két eleme* között szignifikáns különbség áll fenn, az előzetes elvárásoknak megfelelően az összes elvégzett Page-próba a nullhipotézis elutasítását javasolta. A valódi kutatási kérdéseinkre a post-hoc tesztek adták meg a válaszokat, azaz, hogy mely fénykörnyezetekben mely hígítások között nem tudtak különbséget tenni a bírálók. A következő táblázatokban (24-27. táblázat) a Cabilio-Peng próbák által meghatározott csoportok Fény2 minden esetben a teljesen piros fénykörnyezetet jelentette, a Fény3 és Fény4 pedig a termékspecifikusan meghatározott világítási környezeteket.

24. táblázat: Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei Piros szörpmentákra

Piros szörp	Csoportok (Fény1: Kék)	Csoportok (2Fény2: Piros)
1. minta	A	A
2. minta	B	B
3. minta	C	C
4. minta	D	C
5. minta	E	D
	Csoportok (Fény3)	Csoportok (Fény4)
1. minta	A	A
2. minta	B	B
3. minta	C	C
4. minta	D	D
5. minta	E	E

25. táblázat: Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei Zöld szörpmentákra

Zöld szörp	Csoportok (Fény1: Kék)	Csoportok (Fény2: Piros)
1. minta	A	A
2. minta	B	B
3. minta	C	C
4. minta	D	D
5. minta	E	E
	Csoportok (Fény3)	Csoportok (Fény4)
1. minta	A	A
2. minta	A	B
3. minta	B	C
4. minta	C	D
5. minta	D	E

26. táblázat: Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei Kék szörpmentákra

Kék szörp	Csoportok (Fény1: Kék)	Csoportok (Fény2: Piros)
1. minta	A	A
2. minta	A	B
3. minta	A	C
4. minta	B	D
5. minta	C	E
	Csoportok (Fény3)	Csoportok (Fény4)
1. minta	A	A
2. minta	A B	A
3. minta	B	B
4. minta	C	C
5. minta	D	D

27. táblázat: Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei Sárga szörpmintákra

Sárga szörp	Csoportok (Fény1: Kék)	Csoportok (Fény2: Piros)
1. minta	A	A
2. minta	A	A
3. minta	B	B
4. minta	C	C
5. minta	D	D
	Csoportok (Fény3)	Csoportok (Fény4)
1. minta	A	A
2. minta	A	A
3. minta	B	B
4. minta	B	C
5. minta	C	D

A Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei:

- A piros szörpsorozat 3. és 4. tagja nem különbözött szignifikánsan piros megvilágítás alatt.
- A zöld szörpsorozat 1. és 2. tagja nem különbözött szignifikánsan a 3. Fény (Z80+K10+A10) alatt.
- A kék szörpsorozat 1., 2. és 3. tagja nem különbözött szignifikánsan a kék megvilágítás alatt.
- A kék szörpsorozat 1. és 2., illetve 2. és 3. tagja nem különbözött szignifikánsan a 3. Fény (K100+V100) alatt.
- A kék szörpsorozat 1. és 2. tagja nem különbözött szignifikánsan a 4. Fény (K100+Z100) alatt.
- A sárga szörpsorozat 1. és 2. tagja nem különbözött szignifikánsan egyik vizsgált megvilágítás alatt sem.
- A sárga szörpsorozat 3. és 4. tagja nem különbözött szignifikánsan a 3. Fény (A100) alatt.

4.1.3.2 A szörpminták túlélés elemzései

A Kaplan-Meier féle túlélés elemzés előnye, hogy nem csak azt képes megmondani, hogy két görbe lefutása különbözik-e 5%-on, hanem azt is, hogy a különbség milyen irányú. Amennyiben a D65 görbéje a másiktól jobbra helyezkedik el (azaz nappali fény alatt lassabb volt a kirakás), akkor a választott megvilágítási környezetnek nem maszkoló, hanem kiemelő hatásra következtethetünk. Az összesített eredményeket a 28. táblázatban mutatom be. A túlélés elemzés grafikonjait az M6 Melléklet tartalmazza.

28. táblázat: KM-féle túlélés elemzéseinek összegzése szörpök esetén (K: kék, V: vörös, Z: zöld, A: [amber] borostyán, a számok pedig azt jelölik, hogy hány százalékon működött a LED)

		Páronkénti összehasonlítás (p-érték)			Eltér-e a D65-től?	Különbség iránya
		Log-rank	Wilcoxon	Tarone-Ware		
Piros szörp	K100	0,0002	0,0003	0,0002	Igen	Kiemelő
	V100	<0,0001	<0,0001	<0,0001	Igen	Maszkoló
	K100+V100	0,0002	0,0002	0,0002	Igen	Kiemelő
	V80+Z10+K10	0,9869	0,6698	0,7901	Nem	-
Zöld szörp	K100	0,9579	0,9088	0,8739	Nem	-
	V100	0,9874	0,9452	0,9137	Nem	-
	Z80+K10+A10	<0,0001	0,0005	0,0001	Igen	Maszkoló
	V50+Z80+K10	0,9311	0,9817	0,8918	Nem	-
Kék szörp	K100	0,0102	0,0064	0,0072	Igen	Maszkoló
	V100	0,1587	0,0529	0,0835	Nem	-
	K100+V100	0,0264	0,0068	0,011	Igen	Maszkoló
	K100+Z100	0,0405	0,0631	0,0489	Igen	Kiemelő
Sárga szörp	K100	0,0008	0,0017	0,0012	Igen	Maszkoló
	V100	0,001	0,0009	0,0008	Igen	Maszkoló
	A100	0,001	0,0037	0,002	Igen	Maszkoló
	A50+Z50	0,0006	0,0012	0,0008	Igen	Maszkoló

dőlt: szignifikáns p-érték (<0,05)

A statisztikai értékelés eredményeit összesítve az alábbi megállapításokat tehetjük: a Piros szörpöknél a Cabilio-Peng post hoc teszt alapján egyedül a Vörös fénynek volt releváns maszkoló hatása. A Zöld szörpöknél, hasonlóan a Piroséhoz, itt is mindössze egy maszkoló hatású megvilágítás volt, mégpedig a Fény3 (Z80+K10+BA10), mely alatt a vizsgált hígítási sor első és második mintája nem különbözött egymástól. A Kék szörpök esetében több fénykörnyezet mellett adódtak egymástól nem elkülöníthető minták, azonban a túlélés-függvény elemzése alapján a Kék fény bizonyult a hatékonyabb maszkolónak, mivel ez alatt három minta is volt, melyek nem különböztek egymástól szignifikánsan. A Sárga hígításoknál mind a négy megvilágítás szignifikánsan maszkoló hatású volt, de a legjobb hatékonyságot a 3. Fény alatt értük el (29. táblázat).

29. táblázat: A leghatékonyabb maszkoló fények az egyes szörpök esetében (az feltüntetett érték az adott LED maximális működéséhez van viszonyítva)

	LED-ek intenzitásának aránya			
	vörös	zöld	kék	borostyánsárga
Piros szörp (Fény2)	100%	0	0	0
Zöld szörp (Fény3)	0	100%	10%	0
Kék szörp (Fény1)	0	0	100%	0
Sárga szörp (Fény3)	0	0	10%	100%

Érdeemes megjegyezni, hogy a 16 vizsgált esetben három alkalommal a színezett fénykörnyezet kiemelő hatásának bizonyult, azaz könnyebbé tette a megkülönböztetést, mint a mesterséges napfény.

4.2 Csokoládéminták vizsgálatának eredményei

4.2.1 Csokoládék műszeres színmérésének eredményei

4.2.1.1 A táblás csokoládék műszeres színmérése

A csokoládék színét színkoordinátáikkal műszeres mérések alapján jellemeztük, melynek eredményei igazolták, hogy a becsült lineáris változás a csokoládék színkoordinátái között valóban fenn állt (30. táblázat). Az illesztett trendvonalak pontossága megfelelőnek bizonyult ($R^2_{L*} = 0,948$ $R^2_{a*} = 0,979$; $R^2_{b*} = 0,972$).

30. táblázat: A tejszokoládé minták színkoordinátái a legvilágosabb mintától a legsötétebb mintáig

Mintaszám	Kakaó-tartalom	L*	a*	b*	C*	h
1.	3,00%	36,18	9,40	10,04	13,75	46,89
2.	3,75%	35,34	8,96	9,00	12,70	45,13
3.	4,50%	34,44	8,32	8,20	11,68	44,58
4.	5,25%	31,90	8,30	7,70	11,32	42,85
5.	6,00%	31,08	8,12	7,22	10,87	41,64
6.	6,75%	30,08	7,40	6,38	9,77	40,77
7.	7,50%	28,89	7,33	6,25	9,63	40,45
8.	8,25%	28,3	6,90	6,00	9,14	41,01
9.	9,00%	28,19	6,31	5,41	8,31	40,61
10.	9,75%	27,70	6,18	4,68	7,75	37,13

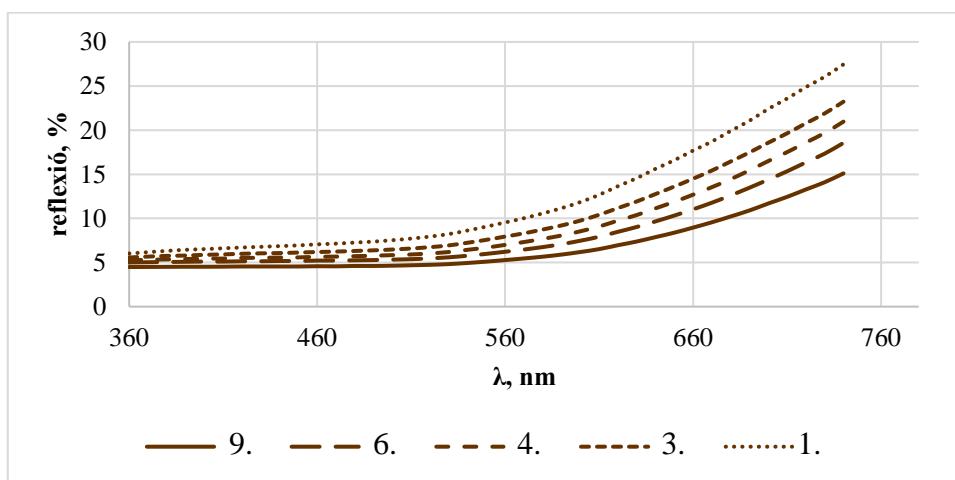
Ebben a kísérletben az volt a célunk, hogy az érzékszervi tesztelésre csak azok a minták kerüljenek, amelyek között a színkülönbségek az „észrevehető” kategóriába kerülnek ($\Delta E_{ab^*}=1,5-3,0$; képzetlen bírálók is észreveszik a különbséget). További célunk volt, hogy minden egyes csokoládétábla között közel ugyanakkora színkülönbség legyen, monoton növekvő sorban (31. táblázat).

31. táblázat: A csokoládéminták között fennálló ΔE_{ab^*} színkülönbségek értékei

Mintasorszám	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1.	–								
2.	1,41	–							
3.	<u>2,75</u>	1,36	–						
4.	5,00	3,74	<u>2,59</u>	–					
5.	5,97	4,69	3,51	0,97	–				
6.	7,39	6,08	4,81	<u>2,42</u>	1,49	–			
7.	8,47	7,20	5,97	3,48	2,52	1,20	–		
8.	9,20	7,92	6,68	4,22	3,27	1,89	0,77	–	
9.	9,74	8,43	7,13	4,79	3,86	<u>2,39</u>	1,50	0,84	–
10.	10,54	9,21	7,90	5,60	4,66	3,17	2,29	1,63	0,89

Az aláhúzott értékek jelölik a kiválasztott csokoládék között fennálló színingerkülönbségeket.

Az előző feltételeknek az eredetileg 10 tagú mintasor 5 tagú részsorozata felel meg. A kiválasztott sorozatot alkotó minták sorszáma és kakaótartalma: **1.** (3,00%) - **3.** (4,50%) - **4.** (5,25%) - **6.** (6,75%) - **9.** (9,00%). Ezt a kiválasztott mintasort vizsgáltuk a továbbiakban az érzékszervi tesztekkel. A csokoládé minták spektrális reflexiójának műszeres vizsgálata a 33. ábrán látható eredményt adta. Az 5 db csokoládé reflexiós tulajdonságai jellegre nagyon hasonlóak: ~500nm alatt közel állandónak tekinthető, majd utána monoton növekvő. A minták közötti különbség arányos a teljes vizsgált hullámhossztartományon.



33. ábra: A vizsgált csokoládéminták spektrális reflexiója

4.2.1.2 A környezet műszeres színmérésének eredményei

A hangolható fénykabinban található LED-ek spektrális teljesítményeloszlásait a 3.1 fejezetben ismertettem. A világítási környezetek pontos fotometriai jellemzése érdekében a 32. táblázatban rögzítettük a megfigyelő nézőpontjából mért fénysűrűség értékeket, valamint feltüntettük a későbbiekben alkalmazott jelöléseket.

32. táblázat: A világítási környezetek fénysűrűség értékei

	Megvilágítás	Jelölés	Fénysűrűség (L_v ; cd/m^2)
1.Kísérlet	Fehér	W100	55,56
	Vörös	R100	44,11
	Borostyán	A100	46,54
	Zöld	G100	50,23
	Kék	B100	35,39
2.Kísérlet	Zöld 33 + Kék 100	G33+B100	51,09
	Zöld 67 + Kék 100	G67+B100	67,30
	Zöld 100 + Kék 100	G100+B100	84,01
	Borostyán 33 + Kék 100	A33+B100	45,98
	Borostyán 67 + Kék 100	A67+B100	62,10

4.2.1.3 Bírálok szabványos színszűrésének eredményei

A teszten 26 személy vett részt, akik közül az anormaloszkópos vizsgálat eredményei alapján 3 személyt kizártunk, az azonosított szintévesztésük miatt. A szürkeárnyaltos tesztet az így maradt 23 személy helyesen rakta sorrendbe szürkeárnyalatuknak megfelelően, így végül 23 bíráló végezte el az vizuális teszteket.

4.2.2 Érzékszervi bírálatok eredményei

4.2.2.1 Monokromatikus megvilágítások érzékszervi hatásai (1. Kísérlet)

Az 1. Kísérletben arra kerestük a választ, hogy az egyes monokromatikus fények maszkolóképesége között található-e szignifikáns különbség. A leíró statisztikai értékek alapján megállapítható, hogy minden bíráló helyesen, valamint a legrövidebb idő alatt rakta sorrendbe a csokoládémintákat a referencia megvilágítás (D65, fehér) alatt (33. táblázat). A legtöbbet a Kék megvilágítás alatt tévesztettek, és ez a fénykörnyezet hosszabbította meg a leginkább a döntési időt, mely a fehér fénykörnyezethez képest több mint kétszeresére nőtt (15,74 s \rightarrow 35,7 s).

33. táblázat: Az 1. Kísérlet eredményei: Csokoládé minták monokromatikus megvilágításának érzékszervi hatásai (leíró statisztikák)

Megvilágítás színe	Fehér	Piros	Zöld	Kék	Borostyán
Helyesen kirakottak (db)	23	19	16	9	17
Helytelenül kirakottak	0	4	7	14	6
Sorba rendezés idejének átlaga (s)	15,74	24,43	29,48	35,70	22,26
Sorba rendezés idejének szórása (s)	4,27	9,90	12,67	14,30	8,38
Skálázott sorba rendezés idejének átlaga (s)	0,448	0,649	0,733	0,945	0,622
Skálázott sorba rendezés idejének szórása (s)	0,138	0,162	0,197	0,115	0,217

Látható, hogy a bírálók szignifikánsan kevesebb helyes sorrendet állítottak fel a Kék megvilágítás alatt, mint bármely más környezetben. Ez alapján kijelenthető, hogy a monokromatikus *Kék* fénykörnyezet volt a leghatékonyabb az összes vizsgált szín közül. A Kék után a Zöld és a Borostyán megvilágítás bizonyult hatékony maszkolófénynek (34. táblázat).

34. táblázat: A kirakás helyességének eredményei Duncan-féle post hoc teszt szerinti szignifikáns különbségei alapján (1. Kísérlet)

Kategória	Átlag	Csoportok	
Fehér	1	A	
Piros	0,8261	A	B
Borostyán	0,7391		B
Zöld	0,6957		B
Kék	0,3913		C

A bírálók döntési idejét szintén vizsgáltuk. Arra kerestük a választ, hogy adódik-e szignifikáns különbség az egyes megvilágítások alatt történő sorrend-felállítások között. Mind a valós idejű adatok, mind a skálázott adatok értékelése azt mutatta, hogy a Kék megvilágítás alatti kirakás minden más megvilágításhoz képest szignifikánsan leghosszabbnak, míg a Fehér megvilágítás alatti kirakás minden más megvilágításhoz képest a legrövidebbnek adódott. A skálázás szükségességét alátámasztotta, hogy a transzformált adatok analízise több információt szolgáltatott (szeparáltabb csoportokra osztás), mint a valós idejű adatok (35. táblázat). A skálázott adatok kiértékelési idejének szignifikáns sorrendje (legrövidebb → leghosszabb): fehér→ borostyán, piros→ zöld→ kék.

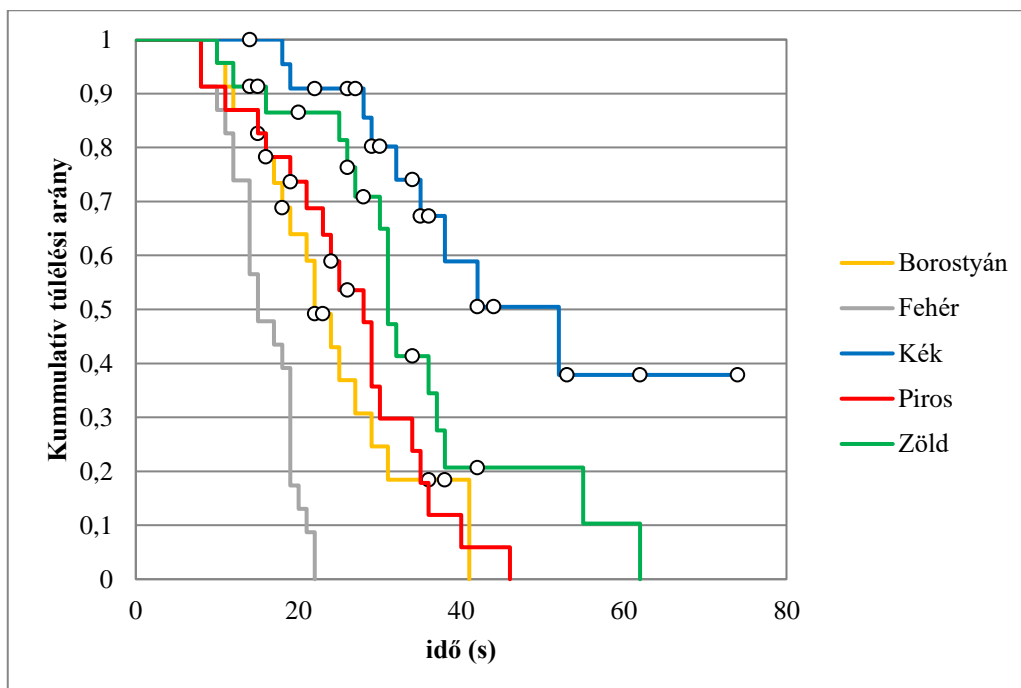
35. táblázat: A kirakás, valós- és skálázott idejének eredményei Duncan-féle post hoc teszt szerinti szignifikáns különbségei alapján (1. Kísérlet)

Valós idejű adatok			Skálázott idejű adatok	
Megvilágítás	Átlag (s)	Csoportok	Átlag (s)	Csoportok
Kék	35,69	A	0,94	A
Zöld	29,47	B	0,78	B
Piros	24,43	B C	0,64	C
Borostyán	22,26	C	0,62	C
Fehér	15,73	D	0,44	D

A kirakás helyességét és kirakás idejét kombináló túlélés-elemzés segítségével a különböző megvilágításokra bontott, a résztvevők eredményeit összegző görbék lefutását tudtuk értékelni. Az eredmények megbízhatóságának növelése miatt három próbastatisztika (*Log-rank*, *Wilcoxon*, *Tarone-Ware*) értékeit is kiszámoltuk. A túlélési függvény megadja, hogy egy kezdő eseménytől számítva várhatóan hogyan csökken a túlélők aránya (kumulált helyes döntések) az idő függvényében. A grafikonokon látható ° jelölések a bírálók által helytelenül kirakott sorrendek időadatait mutatják. Akkor tekintettünk egy eredményt különbözőnek, ha a három próbastatisztika értékéből legalább kettő szignifikánsnak adódott. A túlélés-elemzés szerint a maszkoló megvilágítások hatékonysága (leghatékonyabbtól a legkevésbé hatékonyig): Kék → Zöld → Piros, Borostyán (36. táblázat, 34. ábra). Összefoglalva az eredményeket elmondható, hogy minden egyes vizsgált színezett fénykörnyezet rendelkezik maszkoló hatással a fehér (D65) fényhez viszonyítva, azonban hatékonyságuk eltérő.

36. táblázat: Az 1. Kísérlet Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés eredményei (Log-rank: L, Wilcoxon: W, Tarone-Ware: TW)

		Megvilágítások				
		Fehér	Piros	Zöld	Kék	Borostyán
Megvilágítások	Fehér	—	Igen	Igen	Igen	Igen
	Piros	L: < 0,0001 W: 0,0002 TW: < 0,0001	—	Igen	Igen	Nem
	Zöld	L: < 0,0001 W: < 0,0001 TW: < 0,0001	L: 0,0410 W: 0,0631 TW: 0,0499	—	Igen	Igen
	Kék	L: < 0,0001 W: < 0,0001 TW: < 0,0001	L: < 0,0001 W: 0,0006 TW: 0,0002	L: 0,0223 W: 0,0449 TW: 0,0316	—	Igen
	Borostyán	L: < 0,0001 W: 0,0011 TW: 0,0003	L: 0,6249 W: 0,4956 TW: 0,5098	L: 0,0322 W: 0,0202 TW: 0,0199	L: < 0,0001 W: 0,0001 TW: < 0,0001	—



34. ábra: Az 1. Kísérlet túlélés görbéi, a Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés alapján

4.2.2.2 Kombinált megvilágítások érzékszervi hatásai (2. Kísérlet)

A 2. kísérletben azt vizsgáltuk, hogy lehet-e úgy bővíteni a maszkoló megvilágítás spektrális tartalmát, hogy az jobb kromatikus adaptációs feltételeket biztosítson (minimális érzékszervi fáradtságot okozva a látórendszerben), miközben a maszkolás hatékonysága megmarad (elrejtje a vizsgált termékek közötti szinkülönbségeket). Az 1. kísérlet eredményei alapján állítottuk össze a 2. Kísérlet tervét. Mivel korábban a monokromatikus Kék fény adta a legjobb maszkolási hatékonyságot, a 2. Kísérletben annak fényerejét minden esetben a maximum tartottuk. A spektrális tartalom bővítése céljából három-három hozzáadott – különböző fényerősségű (33%, 67%, és 100%) – Zöld és Borostyán beállítást vizsgáltunk. A 6 új kombinált fénykörnyezet összetételei a 32. táblázatban (4.2.1.2 fejezet) láthatóak.

Az eredmények azt mutatták, hogy a kombinált fények közül a G33+B100 fénykörnyezet alatt tévesztettek a legtöbbet a bírálók. A döntési idő legnagyobb mértékben a G67+B100 beállítás mellett emelkedett meg. A kirakás helyessége és a döntési idők alapján a két legkevésbé maszkoló fénykombinációnak az A67+B100 és az A100+B100 adódott (37. táblázat).

37. táblázat: A kombinált megvilágításnak érzékszervi hatásai csokoládék sorbarendezésére

Megvilágítás színe	B100*	G33+B100	G67+B100	G100+B100	A33+B100	A67+B100	A100+B100
Helyesen kirakottak (db)	9	10	12	14	11	20	20
Helytelenül kirakottak	14	13	11	9	12	3	3
Idő átlaga (s)	35,70	32,22	34,91	28,39	25,13	23,91	20,35
Idő szórása (s)	14,30	10,80	17,12	11,66	8,72	10,44	12,06
Idő skálázott átlaga	0,945	0,84	0,86	0,72	0,66	0,61	0,52
Idő skálázott szórása	0,115	0,2	0,17	0,16	0,19	0,21	0,18

A „helyesen kirakott sorrend” elemzésének eredményei azt mutatták, hogy a borostyánnal (A67+B100 és A100+B100) kevert megvilágítások alatt több helyes válasz érkezett, mint a tiszta Kék (B100) esetében, ezért azok maszkoló hatása gyengébbnek bizonyult. Azonban a Zölddel kombinált (G33+B100, G67+B100 and G100+B100), valamint a kevés borostyánt tartalmazó (A33+B100) fénykörnyezetek befolyásoló hatásai nem különböztek szignifikánsan a tiszta Kék (B100) eredményeitől. Az optimalizáláshoz, a kromatikus adaptáció figyelembevételével, a Smet-féle alkalmazkodási fokot számítottuk ki: a legmagasabb értékek jelzik a legjobb adaptációs feltételeket (Smet, 2018). Ezek alapján, figyelembe véve a maximális maszkoló hatást, az átlagos döntési időt és a maximális alkalmazkodási fokot, az ajánlott maszkoló környezet az A33+B100 (38. táblázat).

38. táblázat: A kirakás helyességének eredményei Duncan-féle post hoc teszt szerinti szignifikáns különbségei alapján (2. Kísérlet) és az adaptáció mértéke (a megvilágítás esetében: A [amber]: borostyán, G [green]: zöld, B [blue]: kék. Az ezt követő szám pedig megmutatja, hogy a LED hány százalékon működött)

Megvilágítás	Átlag	Csoportok	Döntési idő (skálázott)	Adaptáció foka
A100+B100	0,8696	A	0,48	1,9987E-01
A67+B100	0,8696	A	0,57	8,9775E-02
G100+B100	0,6087	A B	0,66	5,4490E-02
G67+B100	0,5217	B	0,79	1,2583E-04
A33+B100	0,4783	B	0,62	4,0501E-02
G33+B100	0,4348	B	0,77	1,2757E-05
Kék (B100)	0,3913	B	0,83	1,7613E-07

A döntési idők elemzése az 1. Kísérletnél ismertetett módon történt. Az idő-adatsor vizsgálatának eredményeiből látható, hogy a G67+B100 és G33+B100 megvilágítások a tiszta Kék (B100) fényhez hasonló hatékonyságot mutattak (39. táblázat). Az eredmények megerősítik, hogy azok közül a maszkoló fénykörnyezetek közül, melyek nem különböznek szignifikánsan a Kék

fénytől a maszkolás hatékonysága tekintetében (a 39. táblázatban * jelzéssel), az A33+B100 kombináció alatt végeztek a leggyorsabban (25,13 s) a bírálók a sorbarendezéssel.

39. táblázat: A kirakás, valós- és skálázott idejének eredményei Duncan-féle post hoc teszt szerinti szignifikáns különbségei alapján (2. Kísérlet) (a megvilágítás esetében: A [amber]: borostyán, G [green]: zöld, B [blue]: kék. Az ezt követő szám pedig megmutatja, hogy a LED hány százalékon működött)

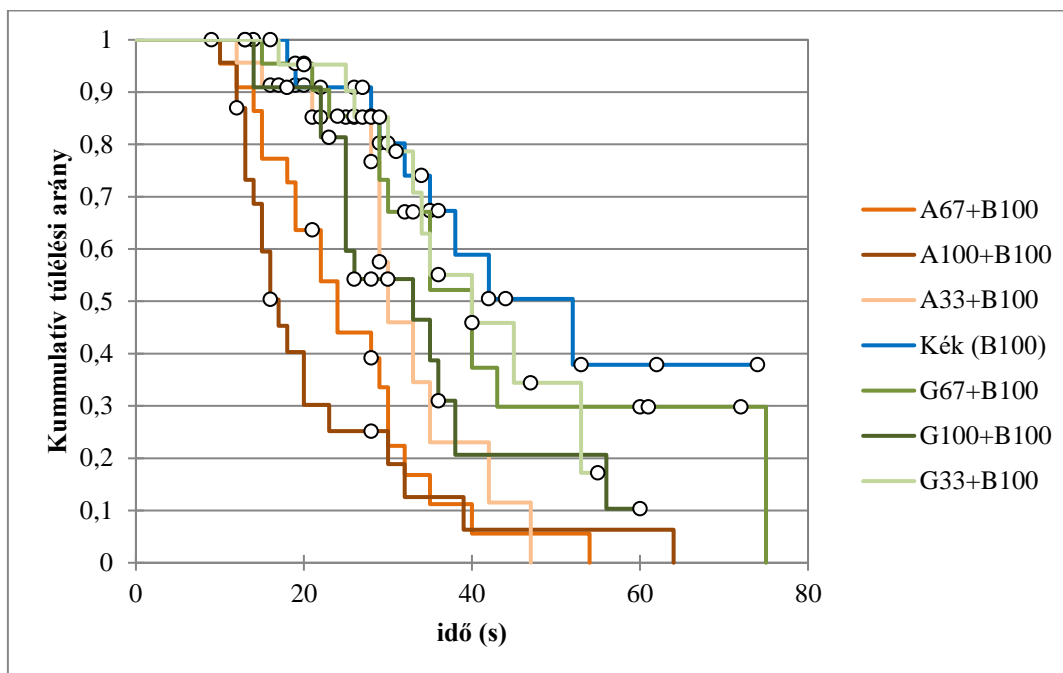
Valós idejű adatok			Skálázott idejű adatok		
Megvilágítás	Átlag (s)	Csoportok	Megvilágítás	Átlag	Csoportok
Kék (B100)	35,69	A	Kék (B100)	0,83	A
G67+B100*	34,91	A	G67+B100*	0,79	A
G33+B100*	32,21	A B	G33+B100*	0,77	A B
G100+B100*	28,39	A B C	G100+B100*	0,66	B C
A33+B100*	25,13	B C D	A33+B100*	0,62	C
A67+B100	23,91	C D	A67+B100	0,57	C D
A100+B100	20,34	D	A100+B100	0,48	D

*azok a fény-kombinációk, melyek alatt a maszkolóhatás nem különbözött szignifikánsan ($p<0,05$) a Kék (B100) megvilágítás hatékonyságától

A túlélés elemzés görbék lefutási dinamikája azt mutatja, hogy a legjobb maszkoló fények a tiszta Kék (B100), a G33+B100 és a G67+B100. Megállapítható, hogy a zöld fény hozzáadása nem javította a Kék fény (B100) maszkoló hatását, viszont rontotta azt a G100+B100 esetében. A Kaplan-Meier módszer próbastatisztikai értékének eredményei alapján az A67+B100 és az A100+B100 megvilágítások minden más megvilágítástól különböztek, kivéve egymástól. Összefoglalva elmondható, hogy a fények kombinációval nem sikerült előállítani a monokróm Kék (B100) megvilágításnál hatékonyabb maszkolófényt (40. táblázat, 35. ábra).

40. táblázat: A 2. Kísérlet Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés eredményei (Log-rank: L, Wilcoxon: W, Tarone-Ware: TW)

Maszkolófények								
Maszkolófények		G33+ B100	G67+ B100	G100+ B100	A33+ B100	A67+ B100	A100+ B100	Kék (B100)
	G33+ B100	–	NEM	NEM	NEM	IGEN	IGEN	NEM
	G67+ B100	L: 0,9244 W: 0,6574 TW: 0,7501	–	NEM	NEM	IGEN	IGEN	NEM
	G100+ B100	L: 0,1537 W: 0,0449 TW: 0,0660	L: 0,1226 W: 0,1344 TW: 0,1230	–	NEM	IGEN	IGEN	IGEN
	A33+ B100	L: 0,0390 W: 0,1096 TW: 0,0657	L: 0,0807 W: 0,2313 TW: 0,1452	L: 0,7912 W: 0,6492 TW: 0,8302	–	IGEN	IGEN	IGEN
	A67+ B100	L: 0,0003 W: 0,0002 TW: 0,0001	L: 0,0004 W: 0,0007 TW: 0,0004	L: 0,0247 W: 0,0357 TW: 0,0289	L: 0,0335 W: 0,0263 TW: 0,0316	–	NEM	IGEN
	A100+ B100	L: <0,0001 W:<0,0001 TW:<0,0001	L: <0,0001 W: <0,0001 TW: 0,0001	L: 0,0055 W: 0,0005 TW: 0,0010	L: 0,0084 W: 0,0005 TW:0,0008	L: 0,3289 W: 0,0936 TW:0,1386	–	IGEN
	Kék (B100)	L: 0,486 W: 0,679 TW: 0,589	L: 0,489 W: 0,505 TW: 0,477	L: 0,031 W: 0,029 TW: 0,026	L: 0,011 W: 0,070 TW: 0,032	L: <0,0001 W: 0,0001 TW:<0,0001	L: <0,0001 W: <0,0001 TW:<0,0001	–



35. ábra: A 2. Kísérlet túlélés görbéi, a Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés alapján

Ezután egy optikai elemzést végeztünk, mely a minták fényvisszaverési spektrumain, és az alkalmazott maszkoló megvilágítások emissziós spektrumán alapult. Kiszámítottuk a szomszédos csokoládé minták átlagos ΔE_{ab^*} színekülönbségeit minden maszkoló megvilágítás alatt, a CIELAB színekoordinátáik alapján. Az eredmények azt mutatják, hogy a tiszta Borostyán (A100) és a tiszta Piros (R100) fénykörnyezet alatt az érzékelhető színekülönbségek növekedtek a D65-höz képest, ezért ez a két fénykörnyezet fokozta a minták közötti színekülönbségeket. Minden más maszkoló világítás csökkentette az átlagos színeltérést. Azt tapasztaltuk, hogy a legkisebb ΔE_{ab^*} érték a Kék (B100) fényhez tartozik, amelyet végül a leghatékonyabb maszkolókörnyezetnek határoztunk meg. A ΔE_{ab^*} színekülönbségek a megfigyelt maszkoló megvilágítások alatt a 41. táblázatban növekvő sorrendben láthatók.

41. táblázat: Átlagos ΔE_{ab}^* színelkülönbségek a szomszédos csokoládé minták között a maszkoló megvilágítások alatt

Megvilágítás	ΔE_{ab}^*
Kék (B100)	1,71
G33+B100	1,87
A33+B100	1,93
G67+B100	1,98
G100+B100	2,06
A67+B100	2,16
Zöld (G100)	2,22
A100+B100	2,36
D65 (Fehér)	2,81
Borostyán (A100)	3,37
Piros (R100)	3,86

4.3 Keresztmodalitás vizsgálatának eredményei

4.3.1 Anomalszkópos mérések eredménye

Az anomalszkópos szűrés során 34 személy színlátását vizsgáltuk. Két esetben állapítottunk meg szintévesztést, amit mindkét esetben a bíráló szóban is megerősített, ezért őket kizártuk a további vizsgálatokból.

4.3.2 A csokoládék vizuális tetrád tesztjének eredménye

A páros különbségvizsgálatok során mind a hat csokoládét minden más csokoládéval összehasonlítottunk. A teszteknek két célja volt: egyrészt arra voltunk kíváncsiak, hogy az eltérő kakaótartalom valóban látható módon megjelenik-e a csokoládék színeiben, illetve, hogy az azonos kakaótartalmú, de eltérő édesítőszeret tartalmazó minták között fennáll-e szignifikáns színelkülönbség. A tetrád tesztet a binomiális tétel alapján lehet kiértékelni, ehhez segítséget a E3009 – 15 ASTM szabvány nyújt. Eszerint 32 bíráló esetén 5%-os szignifikanciaszint mellett 16 helyes válasz szükséges ahhoz, hogy szignifikáns különbséget lehessen megállapítani. A négyből kettő próba eredményeit a 42. táblázat mutatja. Az eredmények alapján a következő megállapításokat tettük:

- a vizsgált minták esetében kizárólag a 70C és a 70M között nem lehetett egyértelmű különbséget megállapítani;
- az eltérő kakaótartalmú minták között egyértelműen különbséget tudtak tenni a bírálók;
- az azonos kakaótartalmú mintáknál mind a három esetben a maltitollal készült minták világosabbak voltak, mint a cukorral készült csokoládék;

- minél sötétebbek voltak a minták (magasabb kakaótartalom), annál jobban csökkentek az édesítőszer okozta színekülönbségek.

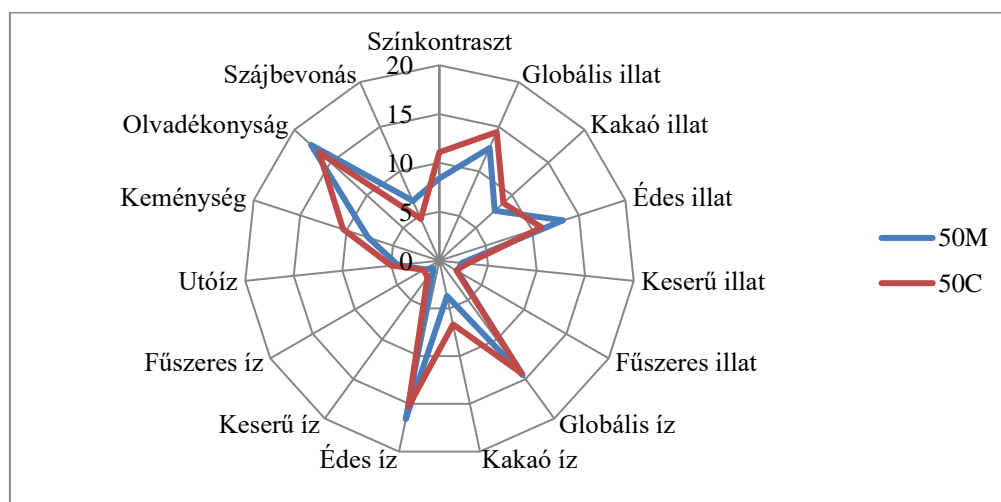
42. táblázat: A csokoládéminták vizuális tetrádtesztjeiben elért sikeres elkülönítéseinek eredményei

	50M	50C	60M	60C	70M
50C	100%	-	-	-	-
60M	100%	100%	-	-	-
60C	97%	97%	91%	-	-
70M	100%	100%	94%	78%	-
70C	100%	100%	100%	91%	<u>47%</u>

4.3.3 A keresztmodalitás vizsgálatának érzékszervi eredményei

4.3.3.1 Eredmények mesterséges fehér fénykörnyezetben (D65 alatt)

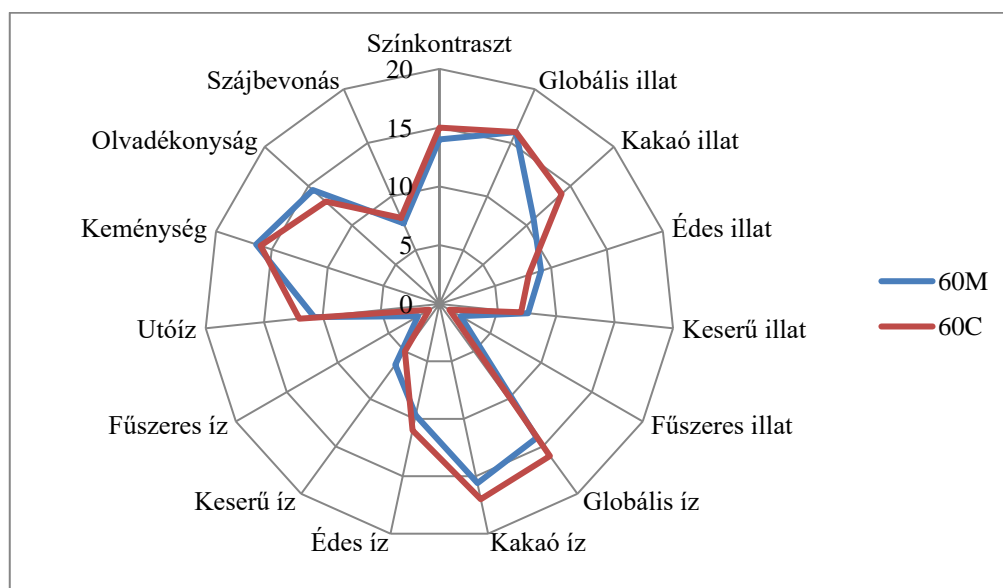
A kutatási kérdésünk az volt, hogy lehet-e különböző színekörnyezetekkel befolyásolni a csokoládék vizuális paraméterein kívüli további jellemzőit (illat, íz, állomány). A színes fénykörnyezetben végzett tesztek eredményeit a mesterséges napfény mellett kapott eredményekhez hasonlítottuk. Az érzékszervi minősítések során a 60C típusú csokoládék adták a referencia értékeket, melyek minden terméktulajdonság esetén előre rögzítettek voltak, így a bírálók ezekhez az értékek tudták viszonyítani a vizsgált csokoládék érzékszervi paramétereit. Az értékelés alapján minden csokoládémintáról felvehető az öt leíró pókhálódiaagram. Ennek az ábrázolásmódnak az előnye, hogy nagyon egyszerűen és látványosan mutatja meg a minták sajátosságait, valamint az egymástól való eltérések mértékét. Mivel 3-3 azonos kakaótartalmú mintapárt készítettünk, ezért ezek összehasonlítása érzékszervi szempontból is érdekes. A 36. ábrán látható az 50% kakaóport tartalmazó maltitolos (50M) és cukros (50C) termék érzékszervi profilja.



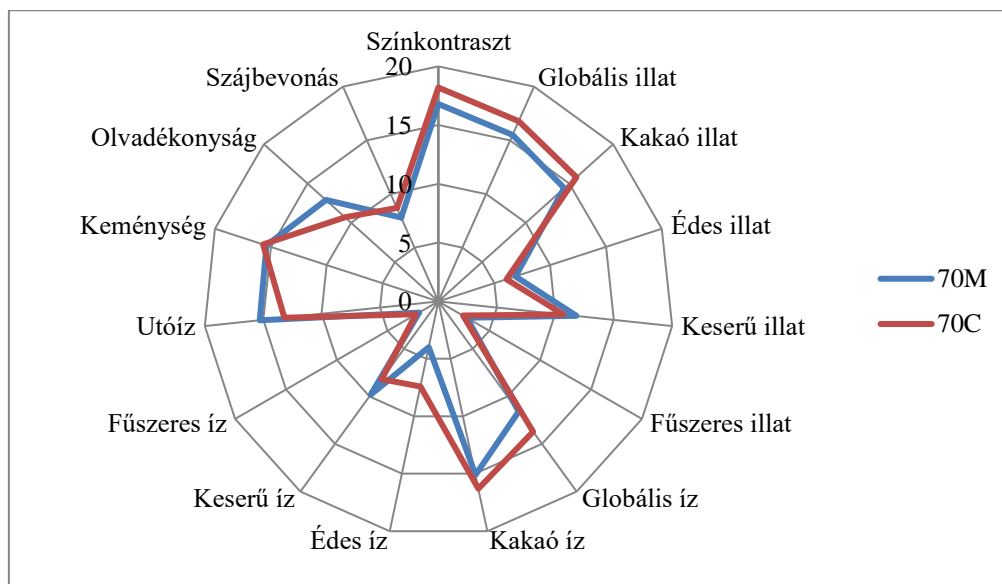
36. ábra: Az 50% kakaóport tartalmazó maltitolos (50M) és cukros (50C) termék érzékszervi profilja

A 36. ábrán látható, hogy a két csokoládé jellegében hasonló, mivel mindössze a hozzáadott édesítőszerben különböznek. Különbség adódott a *színkontrasztban*, ami várható volt a tetrád tesztek eredményei alapján. Érdekesség, hogy az 50C *globális illata* intenzívebbnek bizonyult, mint az 50M, azonban ez az illat sokkal inkább *kakaó illat* volt, mint *édes illat*. A cukorral dúsított minta magasabb pontszámot kapott *kakaó ízben*, ugyanúgy, mint a kakaós illatnál. Ezek alapján feltételezhető, hogy az 50%-os termékeknel a maltitol édessége elnyomja a kakaós jegyeket a csokoládében. Ezen kívül számottevő különbség csak a *keményységben* ($50C > 50M$) és a *szájbevonásban* ($50C < 50M$) alakult ki.

A 60%-os minták esetében szintén két hasonló sokszöget láthatunk (37. ábra). Fontos megjegyezni, hogy a mérés során a 60C minta értékei képezték a referenciaértékeket, azaz azok értékeit előzetesen konszenzusos alapon határoztuk meg. Az ábrán kirajzolódik a várt különbség a *színkontrasztban*. Az illatprofilok követik az 50%-os termékeknel megfigyelt mintázatot, mely szerint a *kakaóillat* a cukros csokoládében, míg az *édes illat* a maltitos termékben intenzívebb. Ezzel szemben az ízjegyeknél azt látjuk, hogy *globális íz*, *kakaós íz* és *édes íz* szempontjából is intenzívebb a 60C. Érdekes még megjegyezni, hogy bár egyik minta sem tartalmazott semmilyen fűszert, a 60M mintánál mind a *fűszeres íz*, mind a *fűszeres illat* átlaga 2,1 pont lett.

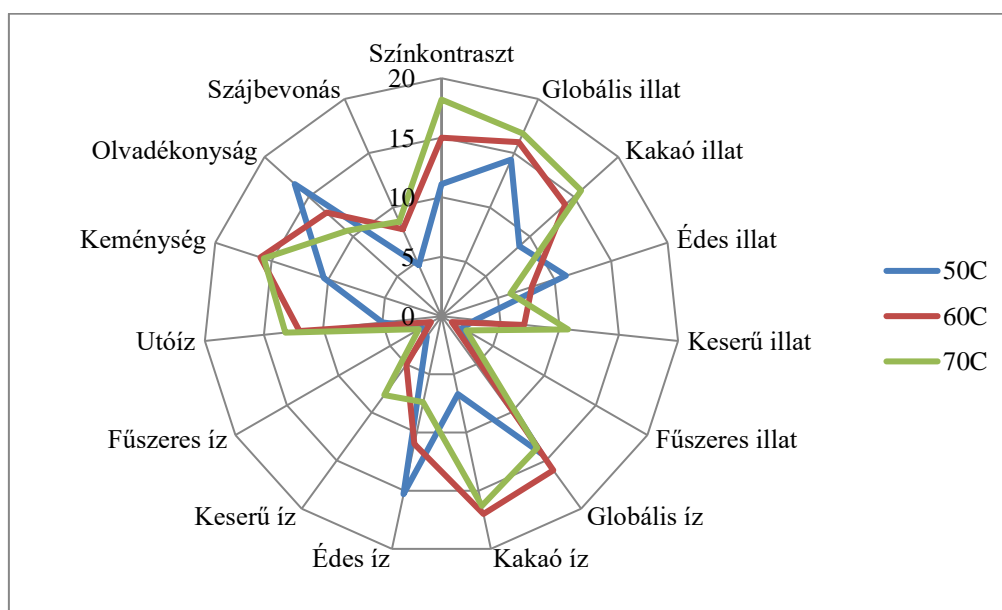


37. ábra: A 60% kakaóport tartalmazó maltitos (60M) és cukros (60C) termék érzékszervi profilja



38. ábra: A 70% kakaóport tartalmazó maltitolos (70M) és cukros (70C) termék érzékszervi profilja

A *színkontraszt*beli eltérés a 70%-os termékek esetében a legkisebb, ami alátámasztja a tetrádeszt eredményeit (38. ábra). Az előző mintáknál megfigyelt tendencia – a cukros termék *globális és kakaós illata* erősebb – itt is kirajzolódik. Érdekes, hogy mind a két 70%-os csokoládé relatíve magas *fűszeres illat* értéket kapott. A legnagyobb különbség az *édes íz* esetében jelent meg (70C > 70M). Valószínűleg az ilyen kis hozzáadott mennyiség esetében megmutatkozik a maltitol gyengébb édesítő hatása.

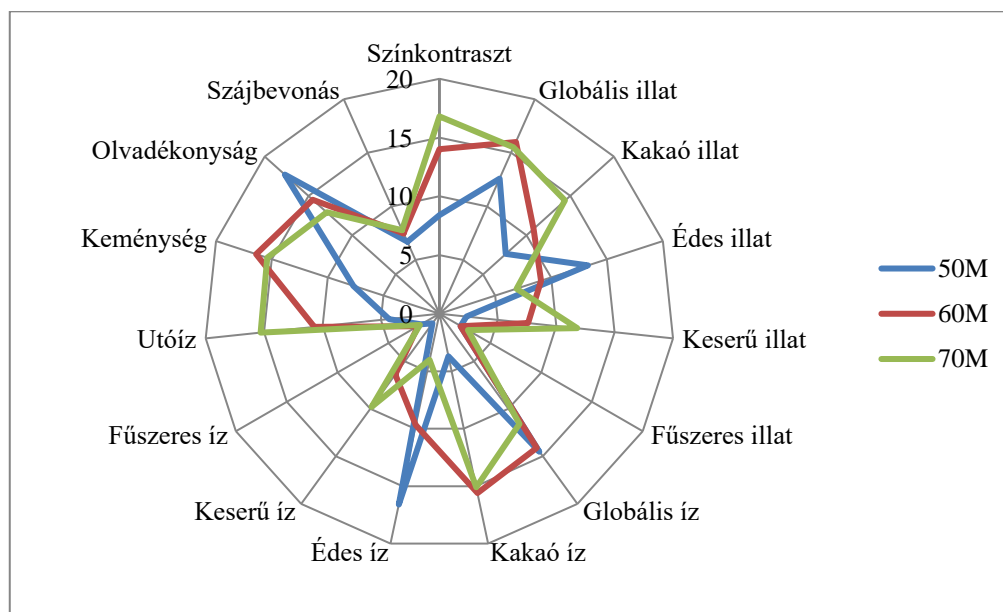


39. ábra: A cukrot tartalmazó termékek érzékszervi profilja

A csokoládémintákat érdemes az édesítőszer szerint különválogatva is vizsgálni (39. ábra). Az összehasonlítás azért hasznos, mert láthatjuk a kakaópor-növelés okozta érzékszervi

változásokat. A *színkontraszt* adatok visszaadják a már ismert tény, mely szerint minél több kakaóport tartalmaz egy csokoládé, annál sötétebb lesz a színe. A *globális illat*, a *kakaó illat* és a *keserű illat* a kakaópor-arányt követi. Az *édes illat* eredmények ellentétes mintát mutatnak a kakaó illattal, hiszen a minták minél több kakaóport tartalmaztak, annál kevesebb cukrot. Az ízjegyek szintén megfelelnek az elvártaknak, mivel követik a *több kakaópor: magasabb kakaós/keserű íz* tendenciát. *Utóíz*, *keményység* és *szájbevonás* tekintetében az 50C messze elmarad a többi cukros mintától, azonban érdekes módon *olvadékonyságnak* bizonyult náluk.

A maltitolos termékeket vizsgálva megállapítható, hogy a *színkontraszt* értékeket a bírálók megfelelően osztályozták (40. ábra). Az illatjegyekben a cukros mintákhoz hasonló tendencia alakult ki, mely szerint a magasabb kakaótartalmú csokoládékhoz intenzívebb *globális* és *keserű illat*, de gyengébb *édes illat* tartozik. Érdekes azonban, hogy az *édes ízben* nagyobb különbségeket jeleztek a bírálók, mint a cukros minták esetében: az 50M nagyon édesnek, a 70M pedig nagyon kevésbé édesnek adódott. A texturális tulajdonságokban (*keményység*, *utóíz*, *szájbevonás*) az adatok követik a cukortartalmú csokoládék esetén megfigyelt mintázatot.



40. ábra: A maltitolt tartalmazó termékek érzékszervi profilja

4.3.3.2 A keresztmodális hatások vizsgálatának eredményei

A fénykörnyezetek hatását mindig a fehér fény (D65) megvilágítási környezet teszteredményeihez hasonlítottuk csokoládémintánként, és érzékszervi tulajdonságokként. A bírálók pontszámaiból átlagértéket számoltunk. A kapott érzékszervi pontszámokat egyszempontos varianciaanalízis segítségével vizsgáltuk, majd ahol szignifikáns ($p < 0,01$) különbség adódott, ott a *Duncan-féle* post hoc teszt eredménye alapján értékeltük. A

szignifikanciaszintet az általánosan elfogadott 95%-os szintnél magasabb megbízhatósággal, 99%-ra választottuk. A színezett fények befolyásoló hatásáról akkor kaphatunk információt, ha összehasonlítjuk egymással a különböző színű fénykörnyezetek alatt, az ugyanazon mintákra adott válaszokat. Mivel a csokoládék objektív érzékszervi paramétereit (íz, illat, textúra) nem befolyásolja a maszkolófény színe, ezért az adatok közötti variancia kizárólag a színes fénykörnyezetek hatásának köszönhető. A post-hoc tesztek elvégzése után minden esetben egy táblázatot kaptunk, melyek struktúrája a 43. táblázatával megegyező.

43. táblázat: Csokoládék Duncan-féle post hoc teszt eredménye az 50C minták keserű illat értékeire

Kategória	Különbség	Standardizált	Kritikus érték	Kritikus különbség	<i>p</i>	Szignifikáns (1%)
feher_50C vs zöld_50C	-5,70	-4,15	2,59	3,55	0,0006	Igen
feher_50C vs piros_50C	-3,90	-2,84	2,59	3,55	0,0265	Nem
feher_50C vs kék_50C	-2,80	-2,04	2,59	3,55	0,1673	Nem
feher_50C vs borosty_50C	-1,80	-1,31	2,59	3,55	0,5553	Nem
feher_50C vs narancs_50C	-1,50	-1,09	2,59	3,55	0,7105	Nem

Az összes termék, terméktulajdonság és fénykörnyezet összehasonlítása után az 1%-os szignifikanciaszinten vett különbségek a 44. táblázatban láthatók.

44. táblázat: Fénykörnyezetek hatásai 99%-os megbízhatóság mellett

$\alpha = 1\%$	Zöld		Kék		Piros	
	Intenzívebb	Kevésbé	Intenzívebb	Kevésbé	Intenzívebb	Kevésbé
50M	keserű illat ($p=2,6E-05$)		kakaó íz ($p=0,0059$)		kakaó íz ($p=0,0003$)	
			utóíz ($p=0,0009$)			
50C	keserű illat ($p=0,0006$)		utóíz ($p=2,7E-05$)		kakaó íz ($p=0,0092$)	
	utóíz ($p=0,0043$)				utóíz ($p=0,0023$)	
60M			kakaó illat ($p=0,0055$)			
70M						
70C		színkontraszt ($p=0,0005$)				

**Borostyán és Narancssárga megvilágítás mellett 1%-os elsőfajú hiba mellett nem találtunk különbséget, ezért a táblázat oszlopaiban sem tüntettük fel ezeket a maszkolószíneket*

1%-os α -szint mellett a következőket állapítottam meg.

- 1) A **zöld**, **kék** és **piros** színű fényekkel intenzívebbé lehet tenni egyes érzékszervi tulajdonságokat az 50 és 60 százalékban kakaót tartalmazó csokoládéknál.

- 2) A **zöld** színekörnyezet intenzívebb keserű illatot eredményezett az 50M-nél, valamint intenzívebb keserű illatot és intenzívebb utóízt eredményezett az 50C esetében.
- 3) A **kék** színekörnyezet intenzívebb kakaóízt és intenzívebb utóízt eredményezett az 50M-nél, intenzívebb utóízt eredményezett 50C-nél, és intenzívebb kakaóillatot 60M-nél.
- 4) A **piros** színekörnyezet intenzívebb kakaóízt eredményezett az 50M-nél, intenzívebb kakaóízt és utóízt eredményezett 50C-nél.
- 5) A **zöld, kék és piros** színekkel elsősorban az 50% kakaótartalmú csokoládékra van hatása, csak a kék színnek van hatása a 60% kakaótartalmú csokoládékra.
- 6) A 70% kakaótartalmú csokoládékra nincs szignifikáns (1% elsőfajú hiba mellett) hatással a színekörnyezet.
- 7) A **borostyán és narancssárga** színeknek nem volt szignifikáns (1% elsőfajú hiba mellett) hatása egyetlen egy érzékszervi jellemzőre sem.

4.4 Sörök vizsgálatának eredményei

4.4.1 A sörök EBC és CIELAB színei

A sörök EBC és CIELAB színrendszerekben meghatározott koordinátái alapján számos következtetést vonhattunk le. A teljes paletta eredményeit a 45. táblázat mutatja be. Érdekes megjegyezni, hogy az alacsony EBC értékek fakó, világos színre, míg a magas EBC értékek sötét színre utalnak. Amint látható, az alkoholmentes *pale lagerek*, az európai *pale lagerek* és az amerikai *adjunct lagerek* rendelkeznek a legalacsonyabb EBC- és a legmagasabb L^* értékkel, azaz ezek a legfakóbb minták, mivel egyáltalán nem, vagy csak nagyon kevés olyan malátát tartalmaznak, amely a színért felel. A gyümölcsöt tartalmazó minták EBC és $L^*a^*b^*$ értékei eltérőek, ami az előállításukhoz felhasznált különböző gyümölcsöknek köszönhető. A meggylevet tartalmazó termékek (4., 9., 37., 38., 39. minta) alacsonyabb L^* értékkel és magasabb a^* értékkel rendelkeznek, ami azt jelenti, hogy sötétebb vöröses színűek. Ez a gyümölcs héjának és hújának vörös színéért felelős antocianinoknak köszönhető (Wojdyło et al., 2014). Azok, amelyek citrom- vagy grapefruit levét tartalmaztak (5., 6., 7., és 8. minta) alacsonyabb EBC- és a pale lagerekhez hasonló $L^*a^*b^*$ értékeket jeleztek. A grapefruit esetében a jellegzetes színt a likopin, a citrusfélék karotinja adja (Lado et al., 2015).

A *cseh pilsnerek* EBC-értékei magasabbak, mint az *európai pale lagereké*, ami a hagyományos színmérési módszer szerint sötétebb színt jelent. A spektrofotometriás mérés azt mutatja, hogy a *cseh pilsnerek* nem sötétebbek, mint az *európai pale lagerek*, hanem sárgásabbak, mivel nem a világossági tényezőjük (L^*), hanem a b^* értékük magasabb. Ez az eredmény megegyezik Olšovská és munkatársai (2014) tanulmányának eredményeivel, akik megfigyelték, hogy a cseh sörök élénkebb színűek, mint más európai sörök, ami a *cseh lagereknél*

hagyományosan alkalmazott főzetes cefrézési technológiának köszönhető. A sötét sörök, mint a *Schwarzbier*, a *Stout*, az *ír stout* és a *Dunkles bock* magasabb EBC-vel, alacsonyabb L^* - és magasabb a^* -értékkel rendelkeznek, mint a halvány (pale) sörök. Ez a színező maláták alkalmazásának köszönhető, amelyeket magasabb hőmérsékleten pörkölnek, ami miatt Maillard reakciótermékek keletkeznek (Hellwig et al., 2016).

Az előzetes elvárás (mely szerint az *International amber lager* magas a^* értékekkel fog rendelkezni, ami a vöröses színre utal) nem igazolódott be, mivel a mérési eredmények azt mutatták, hogy a b^* értékek magasabbak. Ez a típusú sör nem tartalmaz pörkölt malátát, azonban karamellizált malátát igen, ami megadja az ital jellegzetes színét. Az *Altbier* és az *Irish red ale* hasonlóan magas b^* értéket mutat, mint az *International amber lager*, ráadásul az a^* -értékük alacsonyabb, mint a sötét söröké, ami azért érdekes, mert ránézésre az ember vöröses színűként jellemezné őket. Erre a sörtípusok nevei is következtetni engednek. Az ő esetükben a három paraméter (L^* , a^* , b^*) külön-külön nem alkalmas a szín leírására, mind a három értéket együttesen kell figyelembe venni a pontos meghatározáshoz. A *Weissbier* L^* értékük szerint a halvány (pale) és a sötét sörök között helyezkednek el, alacsony a^* és magas b^* értékkel bírnak, ami azt jelenti, hogy a szemmel látható színnek megfelelően sötét sárga színűek. Színük a búzamalátának, és a kis mennyiségben hozzáadott karamellmalátának köszönhető.

45. táblázat: A vizsgált sörminták EBC és CIELAB értékei (^a hozzáadott cseresznyelével; ^b hozzáadott citromlével; ^c hozzáadott grapefruitlével készült; ^d meggyel érlelve készült)

Minta No.	EBC	CIE			Minta No.	EBC	CIE		
		L^*	a^*	b^*			L^*	a^*	b^*
Alkoholmentes pale lager					Amerikai adjunct lager				
1	7	95	-2	21	23	6	96	-3	18
2	8,2	93	-2	22	International Amber Lager				
3	8,2	94	-3	20	24	33	76	8	55
Alkoholmentes söralapú ital					Schwarzbier				
4 ^a	19,6	55	56	19	25	81,3	47	28	2
5 ^b	10	86	0	20	26	93	40	32	8
6 ^c	7	89	4	18	Altbier				
Söralapú ital					27	71,8	58	24	49
7 ^b	5,2	92	-1	11	Belga strong pale ale				
8 ^c	7,6	88	5	18	28	10,3	93	-3	29
9 ^a	15,4	63	47	15	Weissbier				
Strong pale lager					29	14,1	84	0	30
10	13,5	90	-1	34	30	26,5	73	4	46
11	12,6	86	-1	27	31	25,9	62	4	32
European pale lager					32	14,4	88	-1	35
12	8,2	95	-3	24	Stout				

13	9,1	93	-2	24	33	84,9	43	28	10
14	8	94	-3	23	Ír red ale				
15	9	93	-2	25	34	34,6	70	11	51
16	6,3	94	-2	18	Ír stout				
17	6,2	95	-3	18	35	95,2	35	32	6
18	7	94	-2	19	Dunkles bock				
19	8,1	95	-3	23	36	96,3	34	36	5
20	8,6	93	-2	24	Gyümölcsös sör				
Cseh pilsner					37 ^d	42,4	55	38	30
21	13,1	92	-3	34	38 ^d	53,6	51	36	29
22	13,1	92	-3	35	39 ^d	48,5	48	46	26

4.4.2 A színmeghatározás módszereinek összehasonlítása

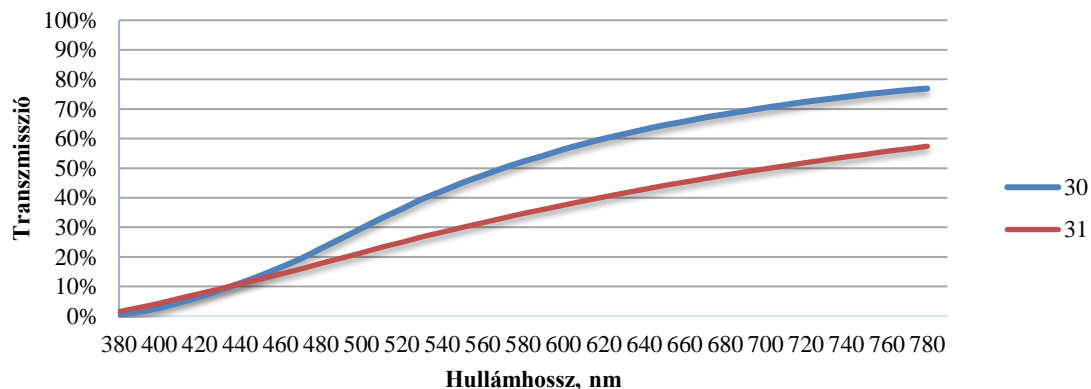
A minták EBC és CIELAB (ΔE^*_{ab}) színrendszerekben vett abszolút különbségei a 46. táblázatban láthatók. A vizuálisan érzékelhető különbség megnevezését a szörpöknél és csokoládéknál is alkalmazott osztályozás szerint határoztuk meg (3.3.2.2 fejezet, Zhu et al., 2013).

46. táblázat: European Brewery Convention (EBC) és CIELAB rendszer szerinti színkülönbségek

<i>Sör kategóriák (mintaszám)</i>	<i>EBC különbség</i>	<i>ΔE^*_{ab} különbség</i>	<i>Vizuálisan érzékelhető különbség mértéke (Zhu et al. [2013] szerint)</i>
Weissbier (30)	0,6	17,4	nagy különbség
Weissbier (31)			
Citromlével kevert alkoholmentes sör alapú ital (5)	0,3	12,6	nagy különbség
Belga strong pale ale (28)	0,1	7,7	nagy különbség
Grapefruit-lével kevert alkoholmentes sör alapú ital (6)			
European pale lager (18)			
International amber lager (24)	1,6	7,3	nagy különbség
Ír red ale (34)	1,1	4,5	közepes különbség
Ír stout (35)			
Dunkles bock (36)			

Két vizsgált weissbier (30. és 31.) közötti különbség az EBC rendszerben mérve mindössze 0,6, azaz elhanyagolhatóan kicsi, azonban a ΔE^*_{ab} szerinti a különbség extém nagy (17,4). A két sör transzmissziós spektrumra nagy mértékben különbözik annak ellenére, hogy ugyanazon típusba tartoznak, ugyanazok az alapanyagokból származnak, valamint ugyanolyan főzési technológiával készültek (41. ábra). A CIELAB értékek szerint a 31. minta sötétebb és kevésbé sárga. Ez a különbség az eltérő palackozási és tárolási körülményekkel magyarázható, mivel a sör színe a tárolás során változhat. Ennek a változásnak a fő hajtóereje az oxigén, illetve a magasabb

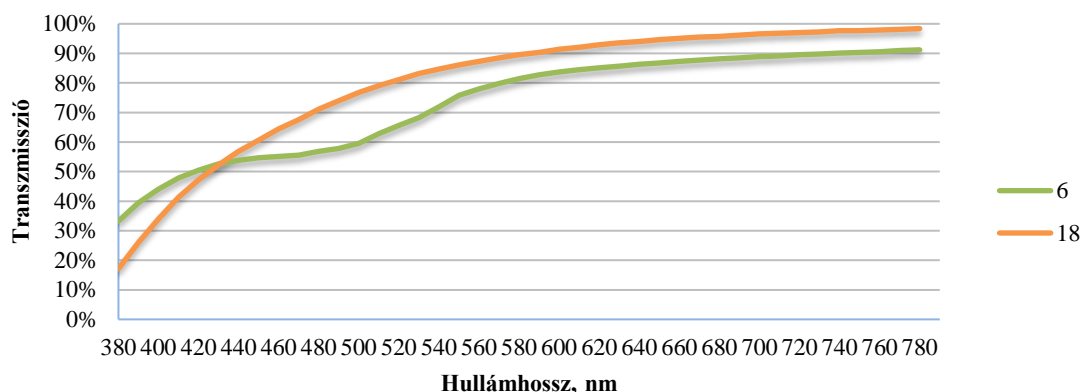
hőmérséklet, ami elősegíti a polifenolok oxidációját, ezáltal a mintában idővel színeltolódás tapasztalható (Collin et al., 2013).



41. ábra: Két vizsgált weissbier (30. és 31.) transzmissziós spektrumai

Az 5. és a 28. minta közötti EBC különbség mindössze 0,3. A ΔE^*_{ab} különbség ezzel szemben 12,6 ami látható, szignifikáns különbséget jelent. Az 5. minta egy citromlével kevert alkoholmentes sör alapú ital, míg a 28. minta egy *belga ale*, amely kizárólag tradicionális alapanyagokból (víz, maláta, komló) készítették. A CIELAB értékek alapján az 5. minta sötétebb, valamennyivel vörösebb és kevésbé sárga. Ennek oka a citruslevek elszíneződése a tárolás során, amelyet a nem-enzimes barnulás okoz. Lee és Chen (1998) szerint ez az enzimes barnulás a citruslevekben sötétebb és kevésbé sárgás színt eredményez. A két minta vizuális eltérésein túl fontos megjegyezni, hogy a különböző összetevőkből készült sörök tárolása során eltérő kémiai változások léphetnek fel.

A 6. minta (grapefruit-lével kevert alkoholmentes sör alapú ital) alacsonyabb L^* és magasabb a^* értékkel rendelkezik, mint a 18. sör (*European pale lager*). A ΔE^*_{ab} különbség 7,7 értéket mutat, holott az EBC értékeik megegyeznek. A 42. ábrán 420 és 540 nm között a spektrumok különbségei élesen kirajzolódnak. Az italok alapja megegyezik (mind a két sör lager típusú), a különbség a hozzáadott grapefruit-lé jelenlétéből adódik: ebben számottevő mennyiségben vannak jelen karotionoidok, melyek főszerepet játszanak a grapefruit színének kialakításában, és melyeknek az abszorpciós maximumuk 420-520 nm közé esik (Hempel et al., 2016).



42. ábra: Két vizsgált sörminta (6. és 18.) transzmissziós spektrumai

A 24. (*International amber lager*) sört a 34. (*Irish red ale*) sörmintához, valamint a 35. mintát (*Irish stout*) a 36. (*Dunkles bock*) sörhöz hasonlítva látható, hogy a transzmissziós görbék lefutásai között nagy eltérés nem tapasztalható. Hasonló tendenciát mutatnak, ami kis különbséget eredményez az EBC színrendszerben. Ezzel szemben a ΔE^*_{ab} érték szerint a 24. és a 34. minták között „nagy” különbség ($\Delta E^*_{ab}=7,3$), míg a 35. és 36. minták között „közepes” különbség ($\Delta E^*_{ab}=4,5$) figyelhető meg.

4.5 Az EEG jelválaszok értékelése

Az elemzéshez meg kellett határozni azt a konkrét időpillanatot, vagy eseményt (trial), melyet vizsgáltunk. Ennek megfelelően minden egyes belégzés (illatolás) *esemény által kiváltott potenciáljának* (event related potential, ERP) 0-3 másodperces környezetét használtuk fel. Minden belégzési időszávot normalizáltunk úgy, hogy az adott esemény előtti 1 mp-es időtartam átlagértékét kivontuk belőle. Ezután minden személynél kiszámoltuk a meggy (M) és a levegő (L) mintákra a belégzéseknél mért frekvenciasávok energiaérték-átlagának különbségét. Az EEG jelek különböző frekvencián mért válaszait a kiértékelés gyakorlatának megfelelően átkonvertáltuk decibel (dB) értékekké ($\lg(\text{eredeti érték}) \cdot 10$). A kapott eredmények így egy 3200 cellából álló mátrixot adtak (32 mért időpillanat x 20 személy x 5 csatorna).

4.5.1 Levegő (L) és meggy (M) illat összehasonlítása a kiváltott jel alapján

Az első kutatási kérdés az volt, hogy a levegő és a meggy illat által kiváltott EEG jelek csatornánként és emberenként különböznek-e. Ennek megfelelően az EEG jeleket csatornánként (delta, theta, alfa, béta, gamma) a feltételvizsgálatok elvégzése után, egyszempontos varianciaanalízissel (one-way ANOVA, $\alpha=0,05$) elemeztük. Az eredmények összesítése a 47. táblázatban látható. Az egyes cellák felső soraiban látható, hogy eltért-e a meggyes illatra adott válaszjel a

referenciától, és ha igen, akkor az illatinger növelte (M↑) vagy csökkentette (M↓) a kiváltott jelek erősségét.

47. táblázat: A levegő és a meggy illat által kiváltott EEG jelek közötti különbségek csatornánként és résztvevőnként (az alsó sorokban az ANOVA által számított p-értékek láthatóak)

	Delta	Théta	Alfa	Béta	Gamma
1	M↑ 0,0149	Nem 0,1537	Nem 0,3719	Nem 0,0545	M↓ 0,0214
2	Nem 0,154	M↓ 0,046	M↓ 0,024	Nem 0,113	Nem 0,055
3	M↑ 0,009	M↑ 0,009	Nem 0,449	Nem 0,814	Nem 0,671
4	M↑ 0,016	M↓ 0,044	M↓ 0,036	M↓ 0,025	Nem 0,229
5	Nem 0,216	Nem 0,622	Nem 0,108	M↑ 0,007	M↑ 0,0004
6	Nem 0,181	Nem 0,062	Nem 0,546	Nem 0,304	M↓ 0,011
7	M↑ 0,002	Nem 0,334	M↓ 0,0004	M↓ <0,0001	M↓ 0,005
8	M↑ <0,0001	M↑ <0,0001	M↑ <0,0001	M↑ <0,0001	M↑ <0,0001
9	Nem 0,332	Nem 0,272	M↓ <0,0001	M↓ <0,0001	M↓ <0,0001
10	M↑ <0,0001	M↑ <0,0001	M↑ <0,0001	M↑ <0,0001	M↑ <0,0001
11	M↑ 0,018	Nem 0,136	M↓ 0,032	Nem 0,194	M↑ <0,0001
12	Nem 0,313	Nem 0,542	Nem 0,130	M↓ <0,0001	Nem 0,087
13	Nem 0,102	Nem 0,527	Nem 0,979	Nem 0,457	Nem 0,538
14	Nem 0,942	M↓ 0,008	M↓ 0,000	M↓ 0,031	Nem 0,688
15	Nem 0,579	Nem 0,062	M↓ 0,015	M↓ 0,042	Nem 0,139
16	M↑ <0,0001	M↑ 0,001	M↑ 0,027	Nem 0,088	M↑ 0,031
17	Nem 0,081	Nem 0,366	Nem 0,183	M↑ <0,0001	M↑ 0,001
18	Nem 0,615	M↓ 0,002	M↓ 0,007	Nem 0,069	M↑ <0,0001
19	M↑ 0,048	Nem 0,274	Nem 0,309	Nem 0,700	Nem 0,828
20	M↑ 0,001	Nem 0,480	M↓ 0,006	Nem 0,931	Nem 0,081

M↑	10	4	3	4	7
arány	50%	20%	15%	20%	35%
M↓	0	4	9	6	4
arány	0%	20%	45%	30%	20%
Nem	10	12	8	10	9
arány	50%	60%	40%	50%	45%

Látható, hogy az eredmények ezzel a megközelítéssel ellentmondásosak, ezért az EEG jelek kiértékelése más megközelítést igényel. Egy megoldást jelenthez az, ha a 4 belégzésből álló teljes ciklus helyett az első, a második, a harmadik és a negyedik belégzéseket külön, blokkonként vizsgáljuk.

4.5.2 Illat hatásának blokkosított vizsgálata

Amennyiben a 4 belégzésből álló teljes ciklusokat blokkosítjuk a belégzések sorszáma szerint (adott ciklusban hányadjára illatol), érdekes eredményre jutunk. Az eredmények azt mutatják, hogy minden esetben, ahol szignifikáns változás volt a csatornák értékei között, ott szinte mindig az *első* vagy *második* belégzés generált magasabb értékeket, csatornától függetlenül. Az eredmények közül néhány a 48. táblázatban látható.

48. táblázat: Néhány delta csatornán rögzített EEG jelsorozat Duncan-féle post hoc teszt szerinti csoportosítása, ahol szignifikáns különbség adódott a belégzési blokkok között

	Blokk	Átlag	Szórás	Alsó határ (95%)	Felső határ (95%)	Csoportok	
10. személy	2.	0,819	0,054	0,709	0,929	A	
	1.	0,669	0,054	0,559	0,779	A	B
	3.	0,561	0,054	0,451	0,671		B
	4.	0,537	0,054	0,427	0,647		B
11. személy	1.	0,67	0,045	0,578	0,762	A	
	2.	0,581	0,045	0,489	0,674	A	B
	4.	0,539	0,045	0,446	0,631	A	B
	3.	0,528	0,045	0,436	0,621		B
17. személy	2.	0,73	0,044	0,64	0,819	A	
	1.	0,572	0,044	0,482	0,661		B
	3.	0,432	0,044	0,343	0,522		C
	4.	0,333	0,044	0,295	0,474		C

Ez a jelenség valószínűleg azzal magyarázható, hogy az illat receptorok nagyon gyorsan adaptálódnak, hozzászoknak az adott ingerkörnyezethez. Ezért a harmadik és a negyedik belégzési blokkban már szignifikánsan gyengébb EEG jeleket kaptunk, mint az első és második belégzési

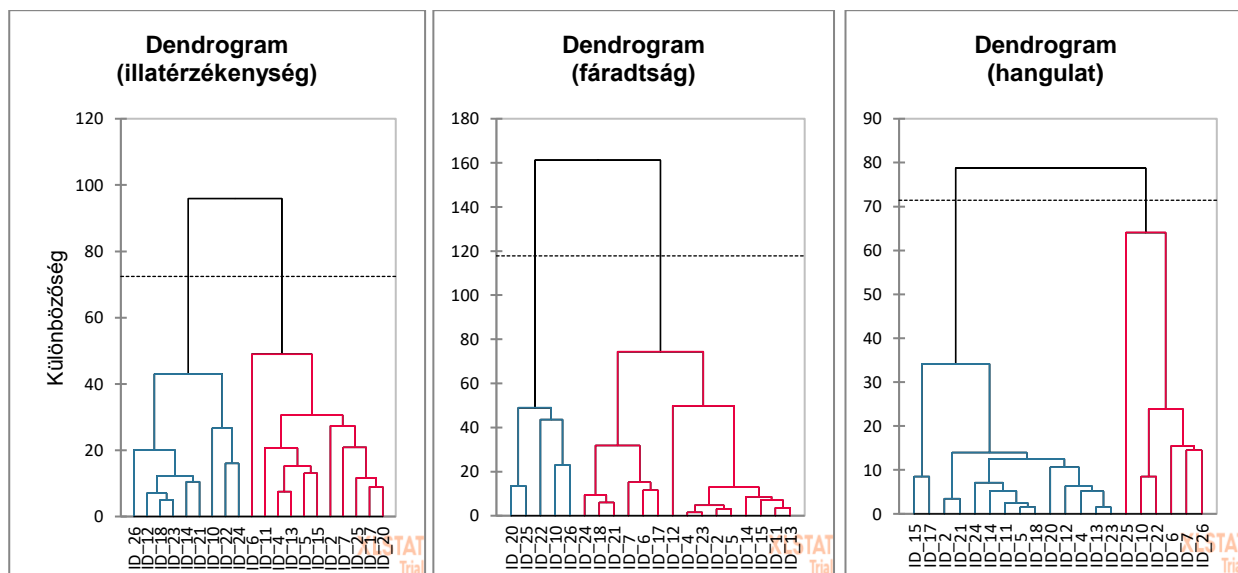
blokkban. A további kísérletek tervezésénél célszerű ezért két ismétlést alkalmazni, illetve különböző napokon megismételni a méréseket.

Összefoglalóan megállapítható, hogy létrehoztam egy élelmiszer aroma illatstimulus hatásainak vizsgálatára alkalmas elektroencefalográf (EEG) kísérleti környezetet és tesztelő-értékelő rendszert.

4.5.3 Kérdőívek és EEG jelek összevetése

Az EEG mérések körültekintő vizsgálatokat igényelnek, mivel egy adott egyén EEG jeleit az ingerként használt stimulusokon kívül számos más tényező befolyásolja. A gyakorlati vizsgálatokból tudjuk, hogy az egyes személyek agyi funkciói nagyon eltérőek, ráadásul a mérés során mért ellenállások nagysága (haj, fejbőr, egyéni sajátosságok) megnehezítik az adatok személyek közötti összehasonlítását. Éppen ezért a különböző személyektől, vagy különböző időpontokban rögzített EEG jeleket közvetlenül összehasonlítani tilos. Egyéb jelentős tényezők lehetnek az illatérzékenység, fáradtság és a hangulat egyénenként változó tényezői.

A validált, önbevalláson alapuló illatérzékenységre, fáradtságra és hangulatra vonatkozó kérdőíveket kérdésenként elemeztük (M7 Melléklet). Ezután, a három kérdőívre adott válaszok alapján 3 különböző klaszteranalízist (Agglomeratív hierarchikus klaszterezés, euklideszi távolság, Ward módszer) végeztünk, melyben a vizsgált egyéneket minden esetben 2 osztályba csoportosítottuk (43. ábra).



43. ábra: Az illatérzékenység, a fáradtság és a hangulat alapján létrehozott klaszterek

Az eredmények alapján mindhárom szempont alapján (illatérzékenység, fáradtság, hangulat) két-két egymástól elkülönülő klaszter adódott az alábbiak szerint:

- illatérzékenység szempontjából elkülönítettünk illatra érzékeny (9 fő) és kevésbé érzékeny (11 fő) résztvevők csoportjait,
- fáradtság alapján elkülönítettünk fáradt (5 fő) és kipihent (15 fő) csoportokat,
- hangulat szempontjából elkülönítettük az aktív (14 fő) és passzív (6 fő) résztvevők csoportjait.

Ezután az egyes klaszterekbe sorolt résztvevők EEG válaszjeleit vizsgáltuk, hogy megismerjük az illatérzékenység, a fáradtság és hangulat befolyásoló hatásait. A rögzített EEG jeleket az összehasonlíthatóság végett standardizáltuk, azaz minden agyi jelet az adott személyhez viszonyítottunk, ami által összehasonlíthatóvá váltak az egyes személyek adatai. A meggyes ingerre adott EEG jeleket csatornánként (delta, théta, alfa, béta, gamma), egyszempontos varianciaanalízissel ($\alpha=0,05$), elemeztem. Az illatérzékenységre vonatkozó varianciaanalízis, és a hozzá tartozó post hoc teszt eredményét a 49-50. táblázatban mutatom be, a fáradtságra és a hangulatra vonatkozó hasonló táblázatok az M8. Mellékletben láthatók. Az eredmények összefoglalóan az alábbiak:

- Az illatérzékenység alapján elkülönített klaszterek közötti vizsgálatból megállapítható, hogy az „illatra érzékenyek” csoport tagjainál szignifikánsan magasabb volt a théta, béta és a gamma jel.
- A fáradtság EEG jelekre kiváltott hatásával kapcsolatban a „fáradtak” csoport tagjainál szignifikánsan magasabb volt a gamma jel.
- A hangulat befolyásoló hatásáról elmondható, hogy a „passzív” csoport tagjainál szignifikánsan magasabb értékeket rögzítettünk a delta, béta és gamma csatornákon.

49. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (théta) egyszempontos varianciaanalízissel

Forrás	DF	Négyzet- összegek	Átlagos négyzetek	F	Pr > F
Modell	1	0,634	0,634	5,098	0,024
Hibája	638	79,393	0,124		
Javított Teljes	639	80,027			

50. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (théta)

Kategória	LS átlagok	Standard hiba	Alsó határ (95%)	Felső határ (95%)	Csoportok
erzekeny	0,604	0,019	0,567	0,641	A
nem-erzekeny	0,541	0,021	0,500	0,581	B

Az eredmények értelmezését megnehezíti az agyi folyamatok hatalmas komplexitása. Egy-egy csatorna jeleinek növekedése vagy csökkenése számos tényező miatt megvalósulhat, nem csak a vizsgálati stimulusok miatt. A **delta** csatorna (0-4 Hz) a mélyalvás jellemző frekvenciáit foglalja magába, melyeknek ébren kis jelentőségük van, ezért ennek a csatornának jellemzően az alvást vizsgáló EEG kutatásokban van jelentősége (Halász et al., 2014). A **théta** (4-7 Hz) szintén egy nagy hullámhosszú, kis frekvenciájú csatorna, melynél az erős jelek jellemzően alvás közben és mély meditáció során figyelhetők meg, de összefüggésbe hozhatók a kreativitással, valamint a memória, és az emlékezés funkcióival is (Buzsáki, 2005; Desai et al., 2015). A szakirodalomban több EEG-vel végzett illatvizsgálat is található, melyekben a théta aktivitásának változásáról számolnak be, azonban a változás iránya nem egyértelmű: korábbi kutatások szerint a csokoládé és a mentol illata szignifikánsan csökkentette (Martin, 1998), míg a jázmin, a levendula és a citrom illata (Klemm et al., 1992) növelte a théta aktivitást. Kutatásomban, az illatra érzékeny csoportban szignifikánsan magasabb théta aktivitást rögzítettem, ennek magyarázata azonban nem egyértelmű.

Az **alfa** (8-13 Hz) csatorna a nyugalomérzettel korrelál. Akkor mérhetünk magas alfa intenzitást, ha az alany éber, azonban az adott pillanatban nyugalomban van (főleg csukott szemmel) (Başar, 2012). A **béta** (13-30 Hz) csatorna kifejezetten az éberséggel, a fókuszálással és a figyelemmel áll összefüggésben (Neuper & Pfurtscheller, 2001). A kísérletem során az „illatra érzékenyek” és a „passzívok” csoportnál figyeltem meg intenzívebb béta jeleket az illatanyag hatására. Valószínű, hogy az illatra érzékenyek több figyelmet fordítanak egy beérkező illatingerre, ezért a fókuszálásért felelős béta csatorna frekvenciái jobban aktivizálódnak. A „passzívok” intenzívebb jelei pedig azzal magyarázhatók, hogy azok a bírálók a kísérlet miatt kiemelt figyelmet fordítottak az illatinger befogadására, ami a koncentrációért felelős frekvenciák aktivitását erősítette. A **gamma** csatorna (30 Hz <) a legnagyobb frekvenciájú, leggyorsabban változó jeleket foglalja magába. Ez a csatorna a vizuális és egyéb stimulusok, a mozgás illetve finommotorikus feladatok során aktivizálódik a legintenzívebben (Skinner et al., 2000). Kutatásomban az „illatra érzékenyek”, a fáradtak és a „passzívok” csoportnál adódott magasabb gamma jel. Ezen eredmények ismeretében érdemes lenne további kísérleteket folytatni más illatingerek alkalmazásával, hasonló kísérleti elrendezés mellett.

4.5.4 Neurális hálózatok alkalmazása az illatinger hatására

Kísérletünkben egy osztályozó hálózatot építettünk, és arra voltunk kíváncsiak, hogy mekkora sikerrel képes eldönteni egy adott személy EEG jeleiről, hogy azok a referencia (levegő)

vagy a meggyes illatstimulus hatására jöttek létre. Az ANN-ek jellemzően nagyméretű adatbázisokkal dolgoznak, ezért szükséges volt az adatok szimulációja, mivel a bemeneti mintázatokat az egy-egy személyhez tartozó értékek adták, azaz 20 „meggyes” és 20 „levegős” független bemeneti változónk volt. A személyenként rögzített adathalmazokat 100-szoros szimulációkban sokszorosítottuk, bizonyos mértékű véletlen hibákkal zajosítva (szórások: $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ $\pm 20\%$). Így minden generált adat legfeljebb a választott szórás mértékének megfelelő relatív eltéréssel rendelkezett az eredeti (mért) adathoz képest. Az értékek módosítására azért volt szükség, hogy a háló ne az adatokat tanulja meg, hanem a közöttük fennálló mintázatokat. Összesen négy szimulációt végeztünk. Az elemzések során az Excelbe épülő *Palisade, Neural Tools 8.2* szoftvercsomagot alkalmaztuk. A neurális hálózatok építését a *Best Net Search* funkcióval végeztük, mely összehasonlítja a különböző számú nóduszokból álló optimált hálózatokat, és kiválasztja a legkisebb hibát produkálót. Az elemzés során 2-6 nóduszú többrétegű előrecsatolt hálózatokat (*Multilayer Feed Forward Net*, MLFN) építettünk és teszteltünk.

Az eredmények azt mutatták, hogy az általunk felépített neurális hálózatok hatékonyan képesek voltak osztályozni a tesztalmaz adatait is. Megállapítható, hogy az osztályozási pontosság a szórás növekedésével csökken (51. táblázat). Ennek ellenére, a $\pm 20\%$ -os adathalmazból épített legjobb neurális hálózat (6 nóduszos) is több, mint 95%-os osztályozási pontosságot ért el, ami nagyon jónak mondható. Ebből arra következtethetünk, hogy az adatokban rejlő mintázat a nagyobb zajjal terhelt adatok esetén is egyértelmű, a klasszifikáció igen jónak adódott (52-53. táblázat).

51. táblázat: A különböző szórású szimulált adatokból épített legjobb neurális hálózatok összegzései

Összegzés	$\pm 2,5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
Háló információ				
Vizsgált konfigurációk	MLFN 2 - 6 nódusz	MLFN 2 - 6 nódusz	MLFN 2 - 6 nódusz	MLFN 2 - 6 nódusz
Legjobb konfiguráció	MLFN 5 nódusz	MLFN 6 nódusz	MLFN 6 nódusz	MLFN 6 nódusz
Függő változó	Kategória	Kategória	Kategória	Kategória
Tanítás				
Esetek száma	3200	3200	3200	3200
Vizsgált hálózatok száma	100000	100000	100000	100000
% Helytelen osztályozás	0,031%	0,156%	0,875%	5,125%
Tesztelés				
Esetek száma	800	800	800	800
% Helytelen osztályozás	0,125%	0,25%	2,13%	4,75%

52. táblázat: A hibás osztályozás eredményei a különböző szórású, szimulált adatokból épített neurális hálózatok esetén

Best Net Search				
	$\pm 2,5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
MLFN 2 nódusz	2,38%	2,88%	2,38%	5,88%
MLFN 3 nódusz	5,00%	0,38%	3,00%	12,00%
MLFN 4 nódusz	5,50%	0,63%	2,38%	11,00%
MLFN 5 nódusz	0,13%	2,00%	3,25%	5,75%
MLFN 6 nódusz	0,13%	0,25%	2,13%	4,75%

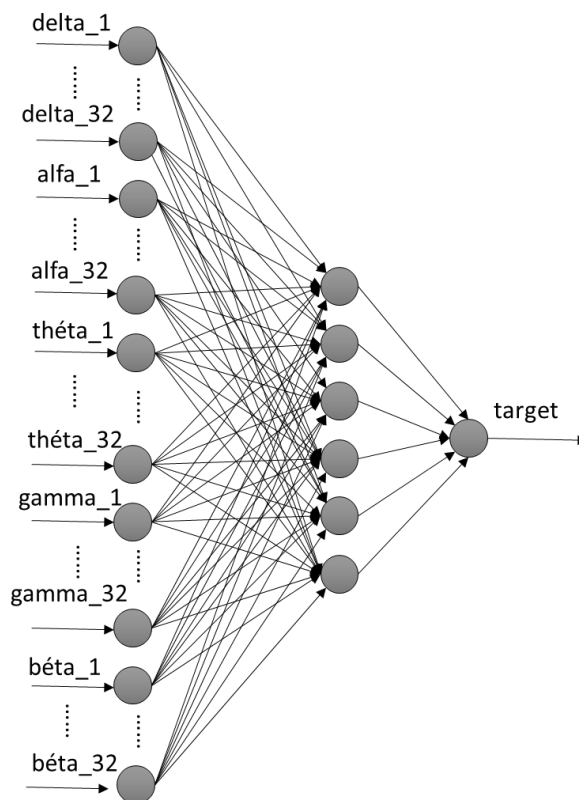
53. táblázat: A különböző szórású szimulált adatokból épített legjobb neurális hálózatok osztályozási mátrixai

Osztályozási mátrixok											
$\pm 2,5\%$ tanító halmaz				$\pm 5\%$ tanító halmaz				$\pm 10\%$ tanító halmaz			
L	M	Hibás (%)		L	M	Hibás (%)		L	M	Hibás (%)	
L	1588	1	0,06%	L	1586	2	0,13%	L	1613	0	0,00%
M	0	1611	0,00%	M	3	1609	0,19%	M	83	1516	5,19%
teszthalmaz				teszthalmaz				teszthalmaz			
L	M	Hibás (%)		L	M	Hibás (%)		L	M	Hibás (%)	
L	410	1	0,24%	L	410	2	0,49%	L	400	0	0,00%
M	0	389	0,00%	M	0	388	0,00%	M	17	386	4,22%

Az épített neurális hálózatok bemenő paramétereinek relatív hatása az alábbiak szerint alakult: $\pm 2,5\%$ (0,01 – 1,58), $\pm 5\%$ (0,17 – 1,83), $\pm 10\%$ (0,04 – 3,2), $\pm 20\%$ (0,06 – 1,67). Ez azt jelenti, hogy nincs olyan változó, amelynek igazán kitüntetett szerepe lenne, tehát az EEG mérések minden bemenő paraméterének szerepe van. Az épített előrecsatolt neurális hálózatok 10 legnagyobb értékkel bíró változójával kapcsolatban megállapítható, hogy ezek között nem szerepelnek a *béta* csatorna jelei (54. táblázat).

54. táblázat: A szimulált neurális hálózatok 10 legjelentősebb változói

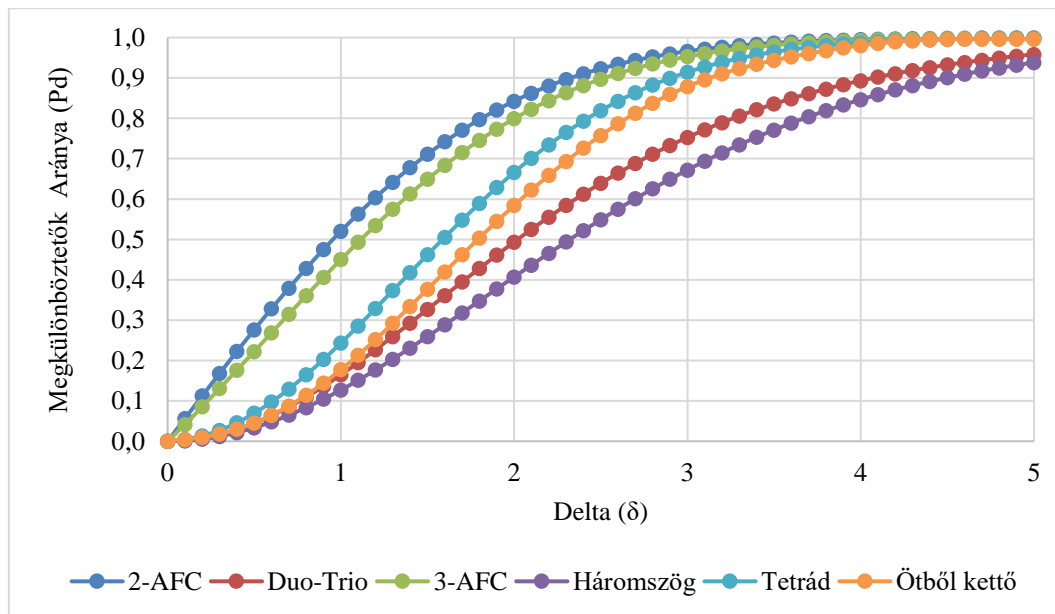
Változók relatív hatása (MLFN)							
$\pm 2,5\%$		$\pm 5\%$		$\pm 10\%$		$\pm 20\%$	
alpha_26	1,579%	delta_14	1,823%	delta_14	3,175%	gamma_32	1,661%
delta_14	1,563%	delta_5	1,766%	theta_15	2,086%	theta_26	1,467%
theta_19	1,379%	theta_24	1,631%	alpha_30	2,084%	alpha_18	1,459%
delta_21	1,373%	theta_14	1,337%	theta_9	1,823%	delta_7	1,457%
delta_10	1,308%	gamma_12	1,336%	alpha_26	1,796%	alpha_13	1,451%
theta_30	1,279%	theta_8	1,284%	delta_17	1,743%	delta_27	1,436%
delta_17	1,264%	theta_21	1,190%	theta_12	1,704%	alpha_3	1,326%
beta_31	1,210%	alpha_26	1,180%	theta_24	1,691%	theta_9	1,268%
gamma_14	1,209%	alpha_2	1,175%	delta_5	1,576%	alpha_8	1,238%
alpha_6	1,196%	delta_13	1,133%	alpha_13	1,538%	theta_8	1,234%



44. ábra: Az épített neurális hálók sematikus rajza

4.6 Különbégvizsgálati módszerek pszichometriai függvényei

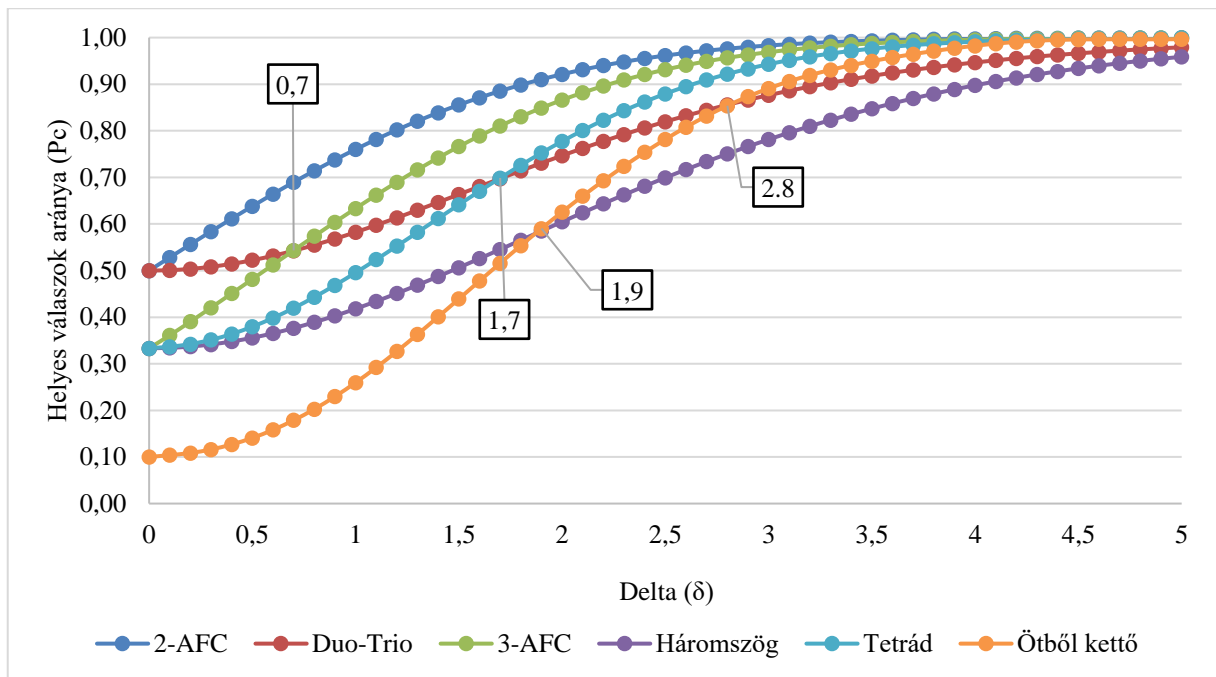
Pszichometriai függvényeknek azokat a görbéket nevezzük, melyek a termékek érzékszervi távolsága (δ) és a megkülönböztetők aránya (P_d) közti kapcsolatot mutatják be (45. ábra). A diagramon hat különbégvizsgálati módszer görbéje látható (2-AFC, 3-AFC, tetrád teszt, ötből kettő próba, duó-trió próba, háromszög próba). Az ábrázolt adatokat Ennis & Jasionka (2011) eredményei alapján, valamint az Excel-makró alapú V-power statisztikai-érzékszervi szoftver segítségével számítottuk ki.



45. ábra: Különbözővizsgálati módszerek pszichometria függvényei

Az egyes különbözvizsgálati módszerek pszichometria függvényével kapcsolatban megállapítható, hogy a termékek közötti érzékszervi különbség növelésével nő a megkülönböztetők aránya. Az eredmények azt mutatják, hogy az egyes különbözvizsgálati módszerek P_d paraméterére különbözöen hat a termékek érzékszervi különbségének növelése. A görbékről leolvasható, hogy melyik különbözvizsgálati módszer reagál érzékenyen a δ érték változására. Minél meredekebb egy görbe lefutása a diagramon, annál érzékenyebb az adott érzékszervi módszer a termékek közti különbség változására. A pszichometria függvények jellegzetes mintázatot mutatnak adott δ értékhez tartozó P_d értékek relációjáról. A legnagyobb P_d értéktől kezdve a módszerek a következő csökkenő sorrendet veszik fel érzékenységük alapján: 2-AFC, 3-AFC, Tetrád, Ötből kettő, Duo-Trio, Háromszög.

A megkülönböztetők aránya ismeretében kiszámítható a helyes válaszok aránya (P_c), ha a P_d értékéhez hozzáadjuk a véletlen tippelésből származó helyes válaszok számát. Ez alapján módszer-specifikusan meghatározható a termékek érzékszervi különbségének mértéke (δ) és a helyes válaszok arányának függvényeszerű kapcsolata (46. ábra). Megállapítható, hogy az egyes különbözvizsgálati módszerekre eltérően hat a δ növelése, és zérus esetén, azaz ha a két termék között nincsen különbség, a helyes válaszok aránya megegyezik a véletlen eltalálás valószínűségével.



46. ábra: A helyes válaszok aránya és a termékek érzékszervi távolságai közötti összefüggések egyes különbségvizsgálati módszerek esetén

Külön érdemes elemezni azokat a pontokat, ahol két görbe metszi egymást. A metszéspont azt jelenti, hogy az adott pontban a két különbségvizsgálati módszer azonos δ értékkel és azonos helyes válaszadási aránnyal rendelkezik. A módszerekre adott helyes válaszok száma a termékek közötti érzékszervi távolság függvénye. Például, ha az a kérdés, hogy „A *duó-trió* próba vagy a *tetrádpróba* esetén várható magasabb helyes válaszadási arány?”, arra csak abban az esetben lehet válaszolni, ha tudjuk, hogy milyen δ -szinten folyik az érzékszervi vizsgálat. Ezt minden esetben a módszerek kiválasztása előtt meg kell állapítani. Az általunk vizsgált különbségvizsgálati próbák esetén 4 ilyen metszéspontot állapítottunk meg. Ezeket a pontokat és a vonatkozó δ értéket a diagramon jelöltük:

- Ha $\delta < 0,7$, a **3-AFC** próba várható helyes válaszainak aránya kisebb, mint a **duó-trió** próba esetén, ennél nagyobb δ értéknél azonban a 3-AFC próba P_c értéke lesz magasabb.
- Ha $\delta < 1,7$, a **Tetrád** próba várható helyes válaszainak aránya kisebb, mint a **duó-trió** próbáé, ennél nagyobb δ értéknél azonban a Tetrád próba P_c értéke lesz magasabb.
- Ha $\delta < 1,9$, az **Ötből kettő** próba várható helyes válaszainak aránya kisebb, mint a **háromszög** próbáé, ennél nagyobb δ értéknél azonban az Ötből kettő próba P_c értéke lesz magasabb.
- Ha $\delta < 2,8$, az **Ötből kettő** próba várható helyes válaszainak aránya kisebb, mint a **duó-trió** próbáé, ennél nagyobb δ értéknél azonban az Ötből kettő próba P_c értéke lesz magasabb.

A felvett görbék két típusba sorolhatók: az inflexiós ponttal nem rendelkező **telítődési függvények** (2-AFC, 3-AFC), és az egy inflexiós ponttal rendelkező **logisztikus trend függvények** (tetrád, ötből kettő, duó-trió próba, háromszög próba). A telítődési függvények jellegzetessége, hogy a független változó növekedésével a függő változó növekedése folyamatosan csökken. Az egy inflexiós ponttal rendelkező logisztikus trend függvények szintén monoton növekedést mutatnak, azonban három különböző szakaszra oszthatók (felfutási szakasz, inflexiós pont, telítődési szakasz), melyeknél a növekedés eltérő tendenciákat követ.

A görbék lefutásának ismeretében, valamint a kiszámított értékek alapján függvényt illeszthetünk a görbékre. A telítődési görbéket leíró paraméteres egyenlet:

$$y = p_1 + p_2(1 - e^{-p_3x})$$

A p_1 , p_2 és p_3 a regresszió meghatározásához szükséges illesztési paraméterek. Az alkalmazott nem-lineáris regresszió, minden egyes esetben iterációs lépések sorozatával határozza meg a paraméterek pontos értékeit. A számítások elvégzése után az alábbi képleteket kaptuk, mely leírja a *helyes válaszok aránya* és a *termékek közötti érzékszervi távolság* közötti függvényszerű összefüggést a **2-AFC** és a **3-AFC** teszt esetében:

$$\text{2-AFC teszt:} \quad y = 0,471 + 0,554(1 - e^{-0,791x})$$

$$\text{3AFC teszt:} \quad y = 0,282 + 0,770(1 - e^{-0,672x})$$

Hasonló módon számszerűsíthetők a logisztikus trendfüggvény alakú görbék is. A logisztikus trendfüggvényeket leíró általános paraméteres egyenlet:

$$y = p_1 + \frac{p_2}{1 + e^{-p_3(x-p_4)}}$$

A számításokat szintén nem-lineáris regresszióval végeztük, paraméter-iterációval. Az egyes különbségvizsgálati teszteket leíró függvények:

$$\text{Duó-Trió:} \quad y = 0,423 + \frac{0,564}{1 + e^{-1,166(x-1,77)}}$$

$$\text{Tetrád teszt:} \quad y = 0,256 + \frac{0,747}{1 + e^{-1,598(x-1,472)}}$$

$$\text{Háromszögpróba:} \quad y = 0,243 + \frac{0,743}{1 + e^{-1,056(x-2,073)}}$$

$$\text{Ötből kettő próba:} \quad y = 0,022 + \frac{0,984}{1 + e^{-1,579(x-1,711)}}$$

Az adatokra illesztett logisztikus modellek determinációs együtthatójának (R^2) értéke minden egyes esetben 1,00, azaz a pontokra illesztett modellek 100%-ban magyarázzák a delta és a helyes válaszok aránya közötti kapcsolatot.

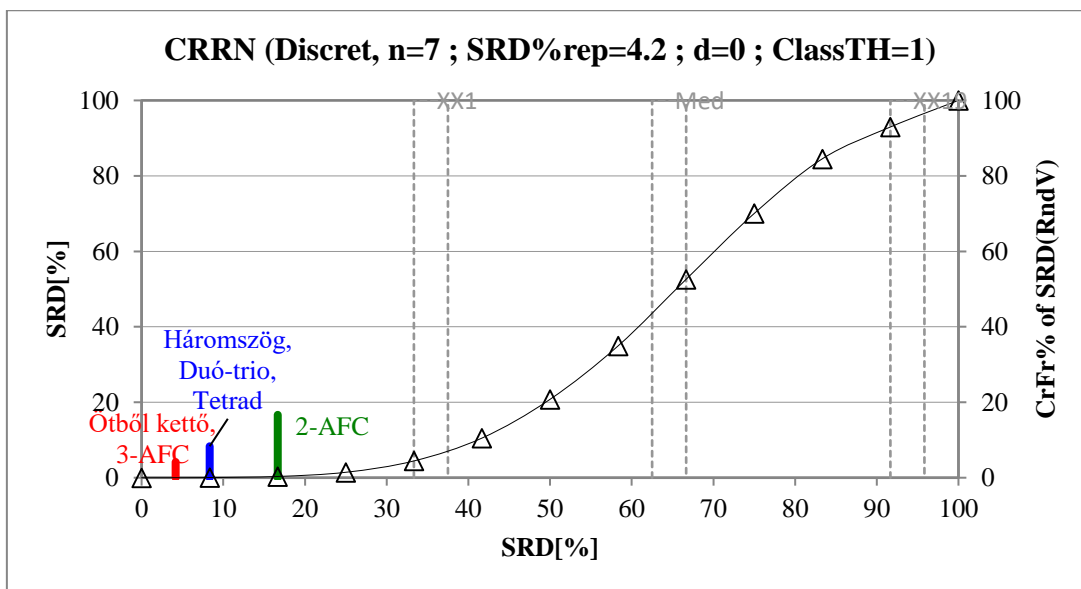
4.7 Különbégvizsgálati módszerek multikritériumos értékelése

A különbégvizsgálatok összehasonlításához SRD módszert alkalmaztunk. Az első (elméleti) kutatási kérdésben azt vizsgáltuk, hogy össze lehet-e hasonlítani a különbégvizsgálati módszereket. Eddig nem született olyan módszer, mely lehetővé tette az eltérő paraméterekkel rendelkező, eltérő különbégvizsgálati módszerek összehasonlítását. A futtatások alapján megállapítottuk, hogy az SRD módszer alkalmas a különbégvizsgálati módszerek összehasonlítására. A szimulált kísérletek bemeneti táblázata az 55. táblázatban látható.

55. táblázat. Az SRD bemeneti értékei azonos minta és eltérő vizsgálati módszer esetén

	Háromszög	Duó-trió	Ötből kettő	2-AFC	3-AFC	Tetrád	<i>Read</i>
α	0,05	0,01	0,01	0,1	0,05	0,05	<i>0,01</i>
β	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	<i>0,2</i>
Pd (prop. of dist.)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	<i>0,5</i>
n (bírálok száma)	20	15	25	12	16	22	<i>12</i>
Anyagköltség	3	2	2	1	1	4	<i>1</i>
Érzékszervi kifáradás minta	2	3	1	2	2	1	<i>1</i>
Érzékszervi kifáradás módszer	3	3	5	2	3	4	<i>2</i>

A táblázatban mind a 7 bemeneti paramétert véletlenszerűen változtattuk, amivel a módszer rugalmasságát teszteltük. A *Read* oszlopban láthatóak a referenciaértékek, amiben minden egyes sorból az *ideális* érték van feltüntetve. Ezeket az értékeket soronként határoztuk meg. Az elsőfajú és másodfajú hiba esetén a minél kisebb értékek számítanak referenciának. A megkülönböztetők aránya esetén az az ideális, ha minél nagyobb számot kapunk, azaz minél többen képesek valóban különbséget tenni a minták között, és csak kevesen tippelnek. A bírálok számát illetően gyakorlati szempontot vettünk figyelembe: minél kevesebb bírálót igényel a mérés, annál olcsóbb, egyszerűbb és könnyebben kivitelezhető az érzékszervi vizsgálat. Az anyagköltség és az érzékszervi kifáradás szempontjából értelemszerűen az alacsony értékek számítanak optimálisnak. A rangszámkülönbségek összege módszer szoftveres futtatása után a 48. ábrán és az 56. táblázatban szereplő eredményeket kaptuk.



47. ábra: A különbségvizsgálatok sorrendje szimulált adatokra a rangszám különbségek összege módszerrel összehasonlítva (elméleti)

56. táblázat: A különbségvizsgálatok sorrendje szimulált adatokra a rangszám különbségek összege módszerrel összehasonlítva (elméleti)

Név	SRD	x < SRD > =x	
Ötből kettő	1	1,37E-04	3,90E-02
3-AFC	1	1,37E-04	3,90E-02
Háromszög	2	3,90E-02	4,08E-02
Duó-trio	2	3,90E-02	4,08E-02
Tetrád	2	3,90E-02	4,08E-02
2-AFC	4	0,24	0,32
XX1	9	4,44	7,26
Q1	13	20,58	29,11
Med	16	44,52	52,48
Q3	19	69,93	77,39
XX19	23	92,87	97,15

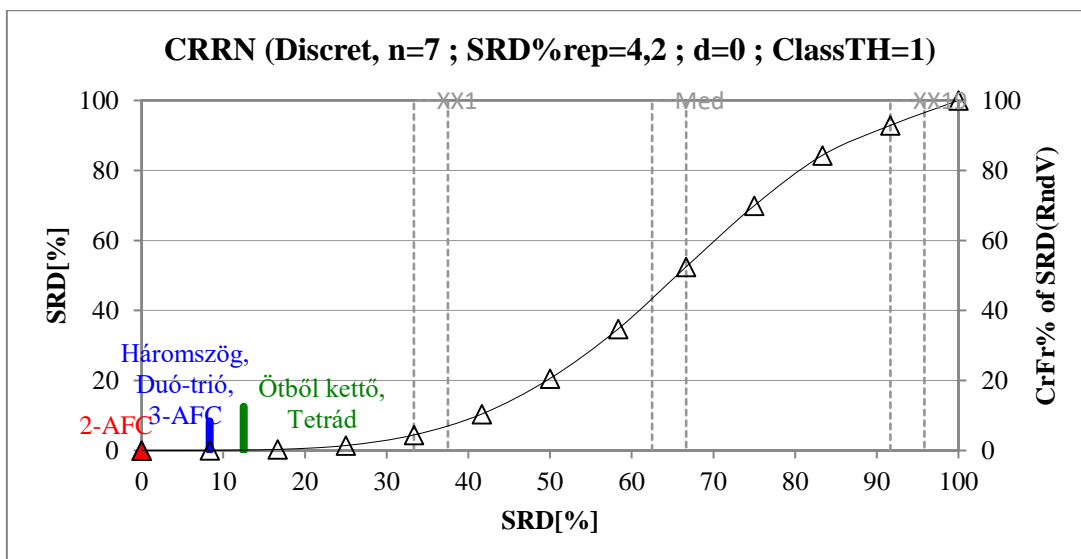
Nyilvánvalóan az a különbségvizsgálati módszer a legjobb, amelyik a legközelebb található az elméleti legjobbhöz (ennek SRD értéke nulla). Annál jobb egy érzékszervi módszer, minél kisebb SRD értékkel rendelkezik. Az eredmények alapján egyértelmű mintázat adódott (a legjobb módszertől kezdve): ötből kettő próba, 3AFC→háromszög próba, duó-trió próba, tetrád próba → 2AFC. Ezzel az eredménnyel igazoltuk, hogy az SRD módszer alkalmas a különbségvizsgálati módszerek összehasonlítására.

A rangszám különbségek összege módszer alkalmas egy másik kutatási kérdés megválaszolására is. Egy gyakorlati esetre, mely során adott egy élelmiszertermék, valamint meghatározott számú bíráló áll rendelkezésre, és arra szeretnénk választ kapni, hogy melyik különbségvizsgálati módszerrel érdemes végezni az érzékszervi vizsgálatokat. A bemeneti paraméterek meghatározása után az SRD módszer segítségével kiszámíthatjuk, hogy az aktuális körülmények mellett melyik különbségvizsgálati módszer áll a legközelebb az elméleti legjobb módszerhez. A 57. táblázatban láthatóak az erre vonatkozó szimulált bemeneti értékek, a soronként változó értékeket színessel jelöltük.

57. táblázat: Az SRD bemeneti értékei azonos minta és eltérő vizsgálati módszer esetén

	Háromszög	Duó-trió	Ötből kettő	2-AFC	3-AFC	Tetrád	<i>Read</i>
α	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
β	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2
Pd (prop. of dist.)	0,259	0,326	0,377	0,711	0,649	0,462	0,711
n (bírálók száma)	18	18	18	18	18	18	18
Anyagköltség	3	3	3	3	3	3	3
Érzékszervi kifáradás minta	2	2	2	2	2	2	2
Érzékszervi kifáradás módszer	3	3	5	2	3	4	2

Ebben az esetben a 7 bemeneti paraméter közül 4 állandó, mivel a bírálósám és a mintához kapcsolódó tulajdonságok (anyagköltség és érzékszervi kifáradás-minta) megegyeznek. Az elsőfajú hiba (α) változtatható, de a gyakorlat azt mutatja, hogy a kutatások túlnyomó esetében sztenderden 5%-os szignifikancia szinten vizsgálják az eredményeket. A szoftver természetesen képes kezelni az eltérő α értékeket is. A másodfajú hiba (β) és a maximálisan elfogadott megkülönböztetők aránya (P_d) értéket a bírálatvezető előzetesen eldöntheti. A módszerből fakadó érzékszervi kifáradás egy, a különbségvizsgálati módszerre jellemző paraméter. A szimulált adatokból számított SRD megoldás az 49. ábrán, és az 58. táblázatban látható.



48. ábra: A különbségvizsgálatok sorrendje szimulált adatokra a rangszám különbségek összege módszerrel összehasonlítva (gyakorlati)

58. táblázat: A különbségvizsgálatok sorrendje szimulált adatokra a rangszám különbségek összege módszerrel összehasonlítva (gyakorlati)

Név	SRD	x < SRD > =x	
2-AFC	0	0	1,98E-02
Háromszög	2	3,90E-02	4,08E-02
Duó-trió	2	3,90E-02	4,08E-02
3-AFC	2	3,90E-02	4,08E-02
Ötből kettő	3	4,08E-02	0,24
Tetrád	3	4,08E-02	0,24
XX1	9	4,44	7,26
Q1	13	20,58	29,11
Med	16	44,52	52,48
Q3	19	69,93	77,39
XX19	23	92,87	97,15

A fenti táblázatból látható, hogy az adott bementi paraméterek mellett a 2-AFC módszer nem csak hogy megközelíti, de meg is egyezik az elméleti legjobb módszerrel, mivel az attól távolsága nulla. A következő csoportban a háromszög próba, a duó-trió próba és a 3-AFC teszt szerepel, míg a jelen adatok esetén legkevésebbé előnyös különbségvizsgálati eljárás az ötből kettő próba, illetve a tetrád teszt.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. tézis

Kutatásaimban bizonyítottam, hogy az érzékszervi vizsgálatoknál általánosan alkalmazott piros maszkolófény alkalmazása csak termékszín-specifikusan alkalmazható megalapozottan. Különböző kakaótartalmú (50%, 60% és 70%) csokoládékkal kapcsolatban bizonyítottam, hogy a kék ($\lambda_{\text{kék}}=460$ nm) megvilágítási környezet hatékonyabb maszkolást hoz létre, mint a piros ($\lambda_{\text{piros}}=627$ nm) megvilágítási környezet. Piros szörp esetében a piros ($\lambda_{\text{piros}}=627$ nm), a zöld szörp esetében kékes zöld ($\lambda_{\text{kék}}=460$ nm, $\lambda_{\text{zöld}}=523$ nm, kék/zöld=10/90), kék szörp esetében a kék ($\lambda_{\text{kék}}=460$ nm), sárga színű szörpök esetében pedig a kékes borostyánsárga ($\lambda_{\text{kék}}=460$ nm, $\lambda_{\text{borostyán}}=596$ nm, kék/borostyánsárga=10/90) megvilágítási környezetek hatékony maszkoló fénykörnyezetek bizonyultak.

2. tézis

Kutatásaimban igazoltam, hogy piros szörp esetében a kék színű ($\lambda_{\text{kék}}=460$ nm) megvilágítási környezet, a kék szörp esetében pedig a kékes zöld színű ($\lambda_{\text{kék}}=460$ nm, $\lambda_{\text{zöld}}=523$ nm, kék/zöld=50/50) megvilágítási környezet a termékek között érzékelt színekülönbségek kiemelésére alkalmazhatók.

3. tézis

Kutatásomban bizonyítottam, hogy a zöld ($\lambda_{\text{zöld}}=523$ nm), a kék ($\lambda_{\text{kék}}=460$ nm), és a piros ($\lambda_{\text{piros}}=627$ nm) színű fénykörnyezetekkel különböző keresztmodális hatást lehet kiváltani csokoládéknál.

A zöld ($\lambda_{\text{zöld}}=523$ nm) színekörnyezet intenzívebb keserű illatot eredményezett az 50%-os kakaótartalmú maltitollal édesített csokoládéknál, valamint intenzívebb keserű illatot, intenzívebb utóízt, és tartósabb szájbevonást az 50%-os kakaótartalmú szacharózzal édesített csokoládéknál.

A kék ($\lambda_{\text{kék}}=460$ nm) színekörnyezet intenzívebb kakaóízt és intenzívebb utóízt eredményezett az 50%-os kakaótartalmú maltitollal édesített csokoládéknál, intenzívebb utóízt eredményezett az 50%-os kakaótartalmú szacharózzal édesített csokoládéknál, és intenzívebb kakaóillatot 60%-os kakaótartalmú maltitollal édesített csokoládéknál.

A piros ($\lambda_{\text{piros}}=627$ nm) színekörnyezet intenzívebb kakaóízt eredményezett az 50%-os kakaótartalmú maltitollal édesített csokoládénál, és intenzívebb kakaóízt és utóízt eredményezett 50%-os kakaótartalmú szacharózzal édesített csokoládénál.

4. tézis

Kutatásaimban bizonyítottam, hogy a sörök színmérésére alkalmazott nemzetközi módszer (European Brewery Convention, EBC) félrevezető eredményeket adhat. Új módszert dolgoztam ki, amely az egy adott hullámhosszon ($\lambda=430$ nm) történő mérés (EBC) helyett az emberi szem számára látható tartományban (380-760 nm) nanométerenként felvett transzmissziós spektrum műszeres mérésén alapul, és amely objektív CIELAB színekoordinátákkal, és azokból származtatott paraméterekkel jellemezhető. Ezáltal a sörök a színparamétereikkel részletesebben és megbízhatóbban karakterizálhatók.

5. tézis

Kutatásaimban módszerspecifikusan (2-AFC, 3-AFC, Duó-Trió próba, Háromszögpróba, Tetrád próba, Ötből kettő próba) meghatároztam a helyes válaszok aránya és a termékek közötti érzékszervi távolság közötti összefüggéseket leíró pszichometria függvényeket. Kutatásaimban meghatároztam a különbségvizsgálatok összehasonlításában szerepet játszó paramétereket, melyek segítségével szimulált adatokon bizonyítottam a multikritériumos összehasonlítás lehetőségét.

6. tézis

Létrehoztam egy hangjelzéssel vezérelt, élelmiszer aroma illatstimulus hatásainak vizsgálatára alkalmas elektroencefalográf (EEG) kísérleti környezetet és tesztelő-értékelő rendszert. Kutatásaimban bizonyítottam, hogy ahol szignifikáns változás volt az EEG csatornák (delta, theta, alfa, beta, gamma) értékei között, ott mindig az első vagy második belégzés EEG jeleiben jelentkeztek magasabbak értékek, csatornáktól függetlenül.

7. tézis

Kutatásaimban bizonyítottam, hogy a vizsgálati inger és a vizsgálati környezet mellett további szignifikáns tényezők az illatérzékenység, a fáradtság és a hangulat egyéni jellemzői. A résztvevők a rögzített EEG jeleik, valamint az illatérzékenységre, fáradtságra és hangulatra vonatkozó kérdőívekre adott válaszaik alapján klaszterekbe csoportosíthatók (agglomeratív hierarchikus klaszterezés, euklideszi távolság, Ward

módszer). A létrejött klaszterek jellemezését megtettem. A klasztercsoportok meggy illatingerre adott EEG jeleit csatornánként (delta, théta, alfa, béta, gamma) elemezve összefoglalóan megállapítottam, hogy:

- Az illatérzékenység alapján elkülönített klaszterek közötti vizsgálatból megállapítható, hogy az „illatra érzékenyek” csoport tagjainál szignifikánsan magasabb volt a théta, béta és a gamma jel.
- A fáradtság EEG jelekre kiváltott hatásával kapcsolatban a „fáradtak” csoport tagjainál szignifikánsan magasabb volt a gamma jel.
- A hangulat befolyásoló hatásáról elmondható, hogy a „passzív” csoport tagjainál szignifikánsan magasabb értékeket rögzítettünk a delta, béta és gamma csatornákon.

8. tézis

EEG jelek csatornajelein alapuló mesterséges neurális hálózati modelleket építettem, teszteltem és validáltam. A legkisebb tesztelési hiba alapján kiválasztott, 6 nódusú, többrétegű előrecsatolt neurális hálózat (MLFN) modellek az illatstimulusokat megfelelően osztályozták (hiba < 5%).

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az érzékszervi vizsgálatok következtetései az érzékszervi bírálati adatokon alapulnak, az érzékszervi bírálatok tervezésében, végrehajtásában és értékelésében pedig kiemelten fontosak a nemzetközi (ISO) szabványok. Ezért a szabványok a szükséges feltételek ahhoz, hogy az érzékszervi tesztek megbízhatóak, reprodukálhatók és összehasonlíthatók legyenek. Mind a fogyasztókkal, mind a képzett, mind a szakértői bírálókkal végzett tesztek esetén a megfelelő érzékszervi bíráló az érzékszervi vizsgálat alappillére. A képzett és szakértői bírálók számos bírálókiválasztó teszten – íz felismerés, íz küszöbérték vizsgálatok, illat felismerés, színfelismerés, színárnyalat, szíkontraszt vizsgálatok, stb. – vesznek részt, amelyet egy többlépcsős iteratív teljesítmény monitoring rendszer követ.

Amennyiben az érzékszervi vizsgálat alapja nem a vizuális értékelés, olyan vizsgálati körülményeket célszerű létrehozni, amelyben a bírálókat a vizuális különbségek nem befolyásolják az értékelésben (ISO 3386:2012, ISO 11037:2011). Ennek kiküszöbölésére eddig számos módszert dolgoztak ki – szembekötés, élelmiszerek színezése, színezett edényzet, spektrálisan rögzített fénycsövek, színezett szemüveglencsék – azonban a gyakorlatban alkalmazott érzékszervi színmaszkolási technikáról beigazolódott, hogy hibákkal terheltek, így csak erősen korlátozottan alkalmazhatók egy-egy színspecifikus termékhez (Sipos et al., 2021; Stone et al., 2020).

A szabványos színösszehasonlítás feltételei, hogy a bírálók normál látással rendelkezzenek, reprodukálható megvilágítás alatt és reprodukálható szemrevételezési környezetben, egy érzékszervi laboratórium bíráló fülkéiben végezzék az érzékszervi tesztek (ISO 11037:2011). Az érzékszervi vizsgálatoknál a bírálóknak nem lehet olyan hiányosságuk, amely befolyásolhatja az érzékelésüket, vagy károsan hathat az érzékszervi teljesítőképességükre, ami által bírálataik megbízhatósága csökkenhet, ezért érzékszervi szűrővizsgálatok szükségesek. Az emberi látást, így az érzékszervi bírálók látását alapvetően három tényező határozza meg: a látásélesség, a kontrasztérzékenység és a színlátás (Sipos et al., 2020). E három tényező közül a kontrasztérzékenység- és a színlátás tesztelése szabványos előírás (ISO 3386:2012). A színlátással kapcsolatos vizsgálatok célja elsősorban a szintévesztő bírálók kiszűrése, jellemzően pseudo-izokromatikus tesztekkel. Gyakorlati tapasztalatom, hogy a szintévesztőknek általában gyengébb a színdiszkriminációs képességük, így gyengébb eredményeket produkálnak többek között a Farnsworth–Munsell színárnyalt különbségtételi teszteken is.

Az ISO 3389:2007 szerint a termékek színértékelése esetén speciális világítóberendezésekre is szükség lehet a szín- vagy vizuális különbségek elfedésére (fényerőszabályozó, színes fényforrások, színes szűrők, fekete fény vagy monokromatikus fényforrások). Amint az

eredményeink megmutatták, az érzékszervi kutatások gyakorlatában leggyakrabban alkalmazott vörös fény maszkoló hatása nagymértékben termékszín-specifikus. A csokoládékkal végzett tesztben bizonyítottuk, hogy a magasabb fokú kromatikus adaptáció biztosítása érdekében, a leghatékonyabb maszkoló megvilágítás spektrális tartalmának gazdagítása megvalósítható a maszkolási hatékonyság csökkenése nélkül. A jövőben célszerű lenne olyan eszközöket létrehozni, amelyek alkalmasak az érzékszervi laboratóriumokban a spektrálisan szabályozható környezet kialakítására, hogy azzal termékszín-specifikus színmaszkolást lehessen megvalósítani. Ennek gyakorlati megvalósítása a legtöbb mai érzékszervi laboratórium számára még nehézségekbe ütközik, azonban a munkámban felvázolt spektrálisan hangolható fénykabin, annak egyszerűsége és széleskörű alkalmazhatósága miatt az érzékszervi szakemberek segítségére lehet. Ennek elterjedése valószínűsíthető az érzékszervi laboratóriumi gyakorlatban.

A maszkolással kapcsolatos eredmények csak a kísérletekben használt élelmiszermintákra vonatkozóan (csokoládé, szörpök) bizonyítottak, azonban jelentősen hozzájárulnak az érzékszervi színmaszkolásról rendelkezésre álló ismeretekhez (adaptáció, spektrális tartalom, szabályozhatóság stb.). Az eredmények jelentőségét növeli, hogy spektrálisan szabályozható fénykabin segítségével ismereteim szerint még nem végeztek élelmiszerek színmaszkolását.

Az élelmiszerek színeivel kapcsolatban további kutatásokat végeztem. Sörökkel kapcsolatban bizonyítottam, hogy az egy hullámhosszon ($\lambda=430\text{nm}$) történő mérés helyett az emberi szem számára látható tartományban ($\lambda=380\text{-}760\text{nm}$) nanométerenként felvett transzmissziós spektrumokból számított CIELAB színekoordinátákkal és az azokból származtatott paraméterekkel a sörök részletesebben és megbízhatóbban karakterizálhatók. A gyümölcssörök és söralapú italok esetében az egy hullámhosszon ($\lambda=430\text{nm}$) mérő színmérési módszer (EBC) sok esetben nem képes megfelelő különbséget tenni a vizuálisan eltérő termékek között. Ezeknek a termékeknek más abszorpciós vagy transzmissziós spektruma van, mint a hagyományos technológiával előállított, gyümölcsöt nem tartalmazó söröknek. A különböző színek elsősorban a különböző karotinoid, antocianin tartalommal magyarázhatók. Az eredményekkel kapcsolatban tanulságos, hogy az öt, 5%-nál kisebb EBC színkülönbséggel rendelkező termékpárból három pár hagyományos sör típus volt. A legnagyobb vizuális különbség két Weissbier esetében adódott, ahol az EBC színkülönbség kevesebb, mint 5%-os volt. Ezeknek a söröknek a gyártási technológiája és receptúrája nagyon hasonló, mivel azonos sör típusról van szó. Ezért különösen fontos, egyetlen egy hullámhosszon történő mérés nem elegendő egy termék pontos színének leírásához, még akkor sem, ha hagyományos sör típusról van szó. Mivel egyre több gyümölcsöt, speciális alap- illetve adalékanyagot tartalmazó, valamint a kereskedelmi forgalomban rengeteg különféle malátafajtából készült termék kapható, javaslom az EBC színmeghatározás felülvizsgálatát, és az eredmények alapján új szabványos módszer kidolgozását.

A keresztmodális észlelés (interszenzoros koordináció) során az érzékelési csatornákon keresztül (látás, szaglás, ízlelés, tapintás, hallás) bejövő információkat egymással kapcsolatba hozzuk (Shimojo, 2001). A kutatásokban ma már mindegyik érzékszervi modalitás között oda-vissza mutattak ki keresztmodális hatást. A kutatásokat tovább folytatva keresztmodalitás vizsgálatokban a keresztmodális összhangot (keresztmodális asszociáció) vizsgálják, amelyek a különböző érzékelések illeszkedését írja le (Spence, 2011). A keresztmodális asszociáció során egy jel, jelkép, szimbólum kapcsolatát vizsgálták különböző modalitásokkal. Célszerű lehet a szín-asszociációs kutatásnak a kiterjesztése különböző kultúrákra, mert bizonyított tény, hogy a fogyasztók eltérő íz- és illatbeli elvárásokat fogalmaznak meg különböző színek esetén, mivel eltérő kulturális háttérrel és tapasztalatokkal rendelkeznek (Spence et al., 2010).

Munkámban az 50% és 60 % kakaótartalmú csokoládékkal kapcsolatban bizonyítottam, hogy a keresztmodalitásnak köszönhetően zöld, kék és piros színű fényekkel intenzívebbé lehet tenni egyes érzékszervi tulajdonságokat. Ugyanakkor a csokoládékkal végzett maszkolós kísérletben pedig azt igazoltam, hogy a kék fény a termékek közötti kis érzékszervi különbségek elfedésére jól alkalmazható. Megállapítható tehát, hogy a kék fény jó maszkoló tulajdonságú a vizsgált termékek esetében, ugyanakkor figyelembe kell venni azt is, hogy felerősíthetnek egyes érzékszervi paramétereket. Későbbi kutatásokban célszerű tesztelni további fénykörnyezetek keresztmodális hatásait (irány és intenzitás) ebből a termékkörből (alacsonyabb kakaótartalmú tejszokoládék, vagy fehér csokoládék) illetve további termékköröket bevonni a vizsgálatokba. A tesztek megvalósítását célszerű spektrálisan szabályozható fénykabinban végezni, mivel közel tetszőleges fénykörnyezet könnyen létrehozható és a vizsgálatok jól reprodukálhatók.

Az érzékszervi vizsgálatok során alkalmazott különbségvizsgálatok alkalmas eszköz arra, hogy két vizsgálati minta közötti különbség, illetve hasonlóság mértékét meg lehessen határozni. A módszereket összefoglalóan az „ISO 6658:2017 *Sensory analysis — Methodology — General Guidance*” szabvány ismerteti, részletesen pedig külön-külön nemzetközi szabványok mutatják be őket. A nemzetközi szakirodalomban számtalan vizsgálatot végeztek ezen módszerek alkalmazásával. Annak ellenére, hogy a kiválasztott és alkalmazott különbségvizsgálati módszer az eredményekre is hatással lehet, a publikációkban ritkán található meg az adott különbségvizsgálati módszer relevanciájának indoklása, leginkább csak a bírálatvezető tapasztalatára hagyatkoznak. Kutatásaimban első lépésben ezért azonosítottam a különbségvizsgálati módszerek összehasonlítására alkalmas paramétereket (α , β , P_d (megkülönböztetők aránya), n (bírálok száma), anyagköltség, érzékszervi kifáradás (minta), érzékszervi kifáradás (módszer)), majd bizonyítottam, hogy a különbségvizsgálati módszerek többszempontú választásában hatékonyan alkalmazható az SRD módszer (*sum of ranking difference*, rangszám-különbségek összeg). A kidolgozott döntéstámogatási rendszer segítségével

a különbségvizsgálati módszerek összehasonlíthatók és rangsorolhatók. Az eredményeim az érzékszervi vizsgálatok gyakorlatába közvetlenül integrálhatók.

Az EEG mérések érzékszervi vizsgálatai elsősorban arra irányultak eddig, hogy az egyes illatanyagok milyen agyáram jeleket indukálnak (Kroupi et al., 2016; Sowndhararajan & Kim, 2016; Hou et al., 2020; Zhang et al., 2021). Kutatásom új megközelítése, hogy az illatérzékenység, a fáradtság és a hangulat EEG csatornákra (delta, theta, alfa, béta, gamma) gyakorolt hatását helyezte a fókuszba. Bizonyítottam, hogy ezek a tényezők a vizsgálati inger és a vizsgálati környezet mellett szignifikánsnak adódtak.

A neurális hálózatokat több fontos tulajdonság miatt alkalmazták eddig sikeresen különböző kutatásokban (Balogun et al., 2014): 1. nagyon bonyolult nem lineáris számítási eszközök, amelyek képesek az extrém összetett függvények modellezésére, 2. tanulási képesség (az adatstruktúra automatikusan tanult a reprezentatív adattól az időben kialakított képzési algoritmus segítségével), 3. széleskörű alkalmazhatóság (numerikus adatokra épül), 4. párhuzamosság, általánosító-képesség, nagy sebesség és hibatűrés. Az ANN-ek robusztusabbak és felülmúlnak más számítási módszereket hat kategóriában is: mintázat felismerés, klaszterezés, függvény-modellezés, előrejelzés, optimalizálás és ellenőrzés. Az élelmiszertudomány területén három fő alkalmazási területe van: felderítő elemzés (exploratory analysis), predikció (prediction), osztályzás (classification) (Dreyfus, 2005). Az általam létrehozott EEG vizsgálatokra alkalmas tesztelő környezet vizsgálatait célszerű a jövőben további élelmiszer aroma stimulusokkal bővíteni, illetve speciális szegmensek (gyerekek, részleges anozmiában szenvedők, különböző kultúrákból származók, poszt COVID-os betegek) tesztelését elvégezni.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A PhD dolgozatom fő célkitűzése érzékszervi módszertanok fejlesztése volt, pszichofizikai válaszok integrálásával. A legfontosabb alcélkitűzések az alábbi modalitásokhoz kapcsolódtak: **látás** (különböző színű fénykörnyezetek maszkoló hatásának vizsgálata csokoládé és szörp mintákkal, valamint sörök színének műszeres karakterizálása), **ízlelés** és **texturális érzékelés** (különböző színű fénykörnyezetek keresztmodális hatások vizsgálata különböző kakaótartalmú csokoládé mintákkal), és **szaglás** (élelmiszer aroma stimulus EEG jelekre vonatkoztatott hatása, valamint a hangulat, a fáradtság és az illatérzékenység hatásának értékelése). A különbvizsgálatok kiemelt szerepe miatt ezen módszerek összehasonlítására alkalmas paraméterek meghatározását, és egy multikritériumos döntéstámogató rendszer kidolgozását is kitűztem célul.

A nemzetközi érzékszervi szabványok előírják, hogy amennyiben az érzékszervi minősítés célja nem a vizuális értékelés, akkor olyan körülmények kellenek, ahol a termékek színingere nem befolyásolja a többi érzékszervi jellemző (íz, illat, állomány) megítélését. A szakirodalmi áttekintés során bemutattam a gyakorlatban alkalmazott színmaszkolási módszertanokat (szembekötés, színezett edények, színezett szemüvegek stb.) és azok korlátait. Kutatásaimmal igazoltam, hogy a spektrálisan szabályozható fénykabin rendszere vizuális maszkoló fénykörnyezetek előállítására alkalmas. Vizsgálataimat különböző kakaótartalmú csokoládé- és különböző színű (piros, zöld, sárga, kék) szörp mintákkal végzett kísérleteimben igazoltam, amelyek bizonyították a maszkolófények termékszínspecifikus jellegét. Kutatásaimban igazoltam, hogy a sörök színmérésére alkalmazott nemzetközi módszer (EBC) félrevezető eredményeket adhat, mivel az egyetlen egy hullámhosszon ($\lambda=430\text{nm}$) történő mérés nem elegendő egy termék pontos színének leírásához, még akkor sem, ha hagyományos sörtípusról van szó. Munkámban új módszert dolgoztam ki, amely az emberi szem számára látható tartományban (380-760 nm) nanométerenként felvett transzmissziós spektrum műszeres mérésén alapul.

Kutatásaimban bizonyítottam, hogy különböző keresztmodális hatást lehet kiváltani csokoládéknál a zöld ($\lambda_{\text{zöld}}=523\text{ nm}$), a kék ($\lambda_{\text{kék}}=460\text{ nm}$), és a piros ($\lambda_{\text{piros}}=627\text{ nm}$), színű fénykörnyezetekkel 50 és 60 százalékban kakaót tartalmazó csokoládék esetében. A vizsgált színekörnyezetek minden esetben fokozták az érzékszervi jellemző intenzitását (kék szín \rightarrow intenzívebb kakaóíz, intenzívebb intenzívebb utóíz; zöld szín \rightarrow intenzívebb keserű illat, intenzívebb utóízt, tartósabb szájbevonás).

Kutatásomban új megközelítés, hogy az illatérzékenység, a fáradtság és a hangulat EEG csatornákra (delta, theta, alfa, béta, gamma) gyakorolt hatását helyezte a fókuszba. Bizonyítottam, hogy ezek a tényezők a vizsgálati inger és a vizsgálati környezet mellett szignifikánsnak adódtak. A résztvevők a rögzített EEG jeleik, valamint az illatérzékenységre, fáradtságra és hangulatra vonatkozó kérdőívekre adott válaszaik alapján klaszterekbe csoportosíthatók, a klaszterek jellemzését megtettem.

A szenzometria többváltozós statisztikai eszköztárának köszönhetően a pszichofizikai válaszok együttesen értékelhetők, melyek segítségével látens, tudatosan nem irányítható tényezők meghatározhatók, a mintázatok feltárhatók. Mesterséges neurális hálózati modellek építésével, tesztelésével, validálásával az EEG jelek alapján a stimulusok osztályozása megvalósítható. A legkisebb tesztelési hiba alapján kiválasztott, 6 nóduszú, többretegű előrecsatolt neurális hálózat (MLFN) modellek az illatstimulusokat megfelelően osztályozták (hiba < 5%).

A dolgozatomban bemutatott kísérletek alapján megállapítható, hogy a pszichofizikai válaszok érzékszervi vizsgálatokba történő integrációjával az érzékszervi vizsgálatok tervezése, megvalósítása, értékelése javul, a vizsgálatok alapján meghozott döntéseink megalapozottabbá válnak. A kutatásomban megfogalmazott célokat maradéktalanul teljesítettem.

8. SUMMARY

The main objective of my PhD thesis was to develop sensory methodologies by integrating psychophysical responses. The main sub-objectives were related to the following modalities: **vision** (investigating the masking effects of different colored light environments on chocolate samples and beverages, as well as instrumental characterization of beer color), **taste and textural perception** (investigating the cross-modal effects of different colored light environments on chocolate samples), and **olfaction** (evaluating the effect of food flavor stimuli on EEG signals and the influence of mood, fatigue and olfactory sensitivity). Given the important role of difference testing, I aimed to identify parameters for comparing these methods and to develop a multicriteria decision support system.

International sensory standards require that where the purpose of sensory analysis is not a visual evaluation, conditions are required where the color tone of the products does not affect the assessment of other sensory attributes (taste, smell, texture). In the literature review, I presented the color masking methodologies used in practice (blindfolding, coloured dishes, coloured glasses, etc.) and their limitations. Through my research, I have demonstrated that a spectrally controllable light booth system can provide visual masking light environments. My studies have been validated in experiments with different cocoa-containing chocolate samples and beverages of different colours (red, green, yellow, blue), which have demonstrated the colour specificity of the masking lights. In my research, I demonstrated that the international method (EBC) used to measure the colour of beer can give misleading results, as a single measurement at a single wavelength ($\lambda=430\text{nm}$) is not sufficient to accurately describe the color of a product, even if it is a traditional beer type. In my work, I have developed a new method based on the instrumental measurement of the transmission spectrum recorded every nanometre in the range visible to the human eye (380-760 nm).

In my research, I have demonstrated that different cross-modal effects can be induced in chocolates with green ($\lambda_{\text{green}} = 523 \text{ nm}$), blue ($\lambda_{\text{blue}} = 460 \text{ nm}$), and red ($\lambda_{\text{red}} = 627 \text{ nm}$) light environments for chocolates containing 50 and 60 percent cocoa. In all cases, the color environments tested increased the intensity of the sensory attribute (blue colour more intense cocoa flavour, more intense aftertaste; green colour more intense bitter odour, more intense aftertaste, more persistent mouthfeel).

The novel approach of my EEG research was to focus on the effects of odour sensitivity, fatigue and mood on EEG channels (delta, theta, alpha, beta, gamma). I demonstrated that these factors were significant under test stimulus and test environment. Participants were grouped into

clusters based on their recorded EEG signals and their responses to questionnaires on mood, fatigue and mood, and clusters were characterized.

Thanks to the multivariate statistical tools of sensometry, psychophysical responses can be assessed together, allowing the identification of latent factors that cannot be consciously controlled, and patterns to be revealed. By constructing, testing and validating artificial neural network models, the classification of stimuli based on EEG signals can be achieved. Multilayer feedforward neural network (MLFN) models with 6 nodes selected based on the lowest testing error classified olfactory stimuli correctly (error < 5%).

Based on the experiments presented in my thesis, it can be concluded that by integrating psychophysical responses into sensory tests, the design, implementation and evaluation of sensory tests are improved and the decisions based on these tests become more informed. I have fully met the objectives of my research.

9. MELLÉKLETEK

M1 Melléklet: Irodalomjegyzék

- Ábrahám, G. (2006). *A színtévesztés korrigálása és mérés technikája*.
- Altrichter, M., Horváth, G., Pataki, B., Strausz, Gy., Takács, G., & Valyon, J. (2006). *Neurális hálózatok*. Panem Kiadó.
- Ammann, J., Stucki, M., & Siegrist, M. (2020). True colours: Advantages and challenges of virtual reality in a sensory science experiment on the influence of colour on flavour identification. *Food Quality and Preference*, 86, 103998. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103998>
- Amorim, I. S., Ferreira, E. B., Lima, R. R., & Pereira, R. G. F. A. (2010). Monte Carlo based test for inferring about the unidimensionality of a Brazilian coffee sensory panel. *Food Quality and Preference*, 21(3), 319–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.08.018>
- Angulo, O., Lee, H.-S., & O'Mahony, M. (2007). Sensory difference tests: Overdispersion and warm-up. *Food Quality and Preference*, 18(2), 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.09.015>
- Aron, P. M., & Shellhammer, T. H. (2010). A Discussion of Polyphenols in Beer Physical and Flavour Stability. *Journal of the Institute of Brewing*, 116(4), 369–380. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00788.x>
- Arroyo, C., & Arboleda, A. M. (2021). Sonic food words influence the experience of beverage healthfulness. *Food Quality and Preference*, 88, 104089. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104089>
- Aurup, G., & Akgunduz, A. (2012). Preference extraction from EEG: An approach to aesthetic product development. *Proceedings of the 2012. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Istanbul, Turkey*, 1178–1186.
- Bakota, E. L., Winkler-Moser, J. K., Berhow, M. A., Eller, F. J., & Vaughn, S. F. (2015). Antioxidant Activity and Sensory Evaluation of a Rosmarinic Acid-Enriched Extract of *Salvia officinalis*. *Journal of Food Science*, 80(4), C711–C717. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12837>
- Balogun, W. A., Salami, M., Aibinu, A. M., Mustafah, Y. M., & Sadiku Isiaka, B. (2014). Mini review: Artificial Neural Network application on fruit and vegetables quality assessment. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5, 702–708.
- Bamforth, C. (2016). *Brewing Materials and Processes: A Practical Approach to Beer Excellence*. Academic Press.
- Barbary, O., Nonaka, R., Delwiche, J., Chan, J., & O'mahony, M. (1993). Focused Difference Testing for the Assessment of Differences Between Orange Juices Made from Orange Concentrate. *Journal of Sensory Studies*, 8(1), 43–67. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1993.tb00201.x>
- Başar, E. (2012). A review of alpha activity in integrative brain function: Fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology. *International Journal of Psychophysiology*, 86(1), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.07.002>
- Becerra, M. A., Londoño-Delgado, E., Pelaez-Becerra, S. M., Serna-Guarín, L., Castro-Ospina, A. E., Marin-Castrillón, D., & Peluffo-Ordóñez, D. H. (2018). Odor Pleasantness Classification from Electroencephalographic Signals and Emotional States. In J. E. Serrano C. & J. C. Martínez-Santos (Eds.), *Advances in Computing* (pp. 128–138). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98998-3_10
- Berčík, J., Horská, E., Wang, W., & Chen, Y.-C. (2015). *How can food retailing benefit from neuromarketing research: A case of various parameters of store illumination and consumer response*.
- Bi, J. (2015). *Sensory Discrimination Tests and Measurements: Sensometrics in Sensory Evaluation*. John Wiley & Sons.
- Bi, J., & Kuesten, C. (2012). Intraclass Correlation Coefficient (ICC): A Framework for Monitoring and Assessing Performance of Trained Sensory Panels and Panelists. *Journal of Sensory Studies*, 27(5), 352–364. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2012.00399.x>
- Böhm, M. E., Bade, M., & Kunz, B. (2002). Quality stabilisation of fresh herbs using a combined vacuum-microwave drying process. *Quality Stabilisation of Fresh Herbs Using a Combined Vacuum-Microwave Drying Process*, 24(2), 55–61.

- Borràs, E., Ferré, J., Boqué, R., Mestres, M., Aceña, L., Calvo, A., & Busto, O. (2016). Prediction of olive oil sensory descriptors using instrumental data fusion and partial least squares (PLS) regression. *Talanta*, 155, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.040>
- Bourneow, C., & Toontam, N. (2019). Microbiological quality and some bioactive compounds in relation to sensory profiles during germination of brown-purple-pigmented rice. *International Food Research Journal*.
- Braghieri, A., Piazzolla, N., Carlucci, A., Bragaglio, A., & Napolitano, F. (2016). Sensory properties, consumer liking and choice determinants of Lucanian dry cured sausages. *Meat Science*, 111, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.09.003>
- Brandon, A. L. (1957). Determination of Color in Beer, Wort, and Brewing Materials. I. Application of Trichromatic Measurements to the Determination of Color in Beer and Wort. *Proceedings. Annual Meeting - American Society of Brewing Chemists*, 15(1), 77–89. <https://doi.org/10.1080/00960845.1957.12006512>
- Brunyé, T. T., & Gardony, A. L. (2017). Eye tracking measures of uncertainty during perceptual decision making. *International Journal of Psychophysiology*, 120, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.07.008>
- Buzsáki, G. (2005). Theta rhythm of navigation: Link between path integration and landmark navigation, episodic and semantic memory. *Hippocampus*, 15(7), 827–840. <https://doi.org/10.1002/hipo.20113>
- Calvert, G. A., & Thesen, T. (2004). Multisensory integration: Methodological approaches and emerging principles in the human brain. *Journal of Physiology-Paris*, 98(1), 191–205. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2004.03.018>
- Camire, M. E., Chaovanalikit, A., Dougherty, M. P., & Briggs, J. (2002). Blueberry and Grape Anthocyanins as Breakfast Cereal Colorants. *Journal of Food Science*, 67(1), 438–441. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11425.x>
- Cardello, A. V. (1996). The role of the human senses in food acceptance. In H. L. Meiselman & H. J. H. MacFie (Eds.), *Food Choice, Acceptance and Consumption* (pp. 1–82). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1221-5_1
- Carmack, C. F., Kastner, C. L., Dikeman, M. E., Schwenke, J. R., & García Zepeda, C. M. (1995). Sensory evaluation of beef-flavor-intensity, tenderness, and juiciness among major muscles. *Meat Science*, 39(1), 143–147. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)80016-6](https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)80016-6)
- 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.
- Challacombe, C. A., Seetharaman, K., & Duizer, L. M. (2011). Sensory Characteristics and Consumer Acceptance of Bread and Cracker Products Made from Red or White Wheat. *Journal of Food Science*, 76(5), S337–S346. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02200.x>
- Cheskin. (1957). *How to predict what people will buy*.
- Cho, S., Han, A., Taylor, M. H., Huck, A. C., Mishler, A. M., Mattal, K. L., Barker, C. A., & Seo, H.-S. (2015a). Blue lighting decreases the amount of food consumed in men, but not in women. *Appetite*, 85, 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.11.020>
- Choi, J.-S., Bang, J. W., Park, K. R., & Whang, M. (2013). Enhanced Perception of User Intention by Combining EEG and Gaze-Tracking for Brain-Computer Interfaces (BCIs). *Sensors*, 13(3), 3454–3472. <https://doi.org/10.3390/s130303454>
- Christopoulos, G. I., Uy, M. A., & Yap, W. J. (2019). The Body and the Brain: Measuring Skin Conductance Responses to Understand the Emotional Experience. *Organizational Research Methods*, 22(1), 394–420. <https://doi.org/10.1177/1094428116681073>
- Churchill, A., & Behan, J. (2010). Comparison of methods used to study consumer emotions associated with fragrance. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1108–1113. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.07.006>
- Clydesdale, F. M. (1993). Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(1), 83–101. <https://doi.org/10.1080/10408399309527614>
- Collin, S., Jerkovic, V., Bröhan, M., & Callemien, D. (2013). Polyphenols and beer quality. *Natural Products*, 2333–2359.
- Commission Internationale de l'Éclairage. (2004). *Colorimetry: Technical Report*. (pp. 12–18). Central Bureau of the CIE.
- Cornwell, C. J., & Wrolstad, R. E. (1981). Causes of Browning in Pear Juice Concentrate During Storage. *Journal of Food Science*, 46(2), 515–518. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04899.x>

- Courtiol, E., & Wilson, D. A. (2017). The Olfactory Mosaic: Bringing an Olfactory Network Together for Odor Perception. *Perception*, 46(3–4), 320–332. <https://doi.org/10.1177/0301006616663216>
- Curtin, A., Tong, S., Sun, J., Wang, J., Onaral, B., & Ayaz, H. (2019). A Systematic Review of Integrated Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) and Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) Studies. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 84. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00084>
- Dacremont, C., & Colas, B. (1993). Effect of visual clues on evaluation of bite sounds of foodstuffs. *Sciences Des Aliments*, 13(4), 603–610.
- Damar, İ., & Ekşi, A. (2012). Antioxidant capacity and anthocyanin profile of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) juice. *Food Chemistry*, 135(4), 2910–2914. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.032>
- Davies, P. L., & Gavin, W. J. (2007). Validating the Diagnosis of Sensory Processing Disorders Using EEG Technology. *The American Journal of Occupational Therapy*, 61(2), 176–189. <https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.176>
- Deák A. (2011). *Érzelmek, viselkedés és az emberi agy: Az International Affective Picture System (IAPS) magyar adaptációja és alkalmazásának lehetőségei*. Doktori értekezés, Pécsi Tudományegyetem, BTK Pszichológia Doktori Iskola
- Desai, R., Tailor, A., & Bhatt, T. (2015). Effects of yoga on brain waves and structural activation: A review. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 21(2), 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2015.02.002>
- Di Giovacchino, L., Angerosa, F., & Di Giacinto, L. (1996). Effect of mixing leaves with olives on organoleptic quality of oil obtained by centrifugation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(3), 371–374. <https://doi.org/10.1007/BF02523433>
- Domracheva, M., & Kulikova, S. (2020). EEG correlates of perceived food product similarity in a cross-modal taste-visual task. *Food Quality and Preference*, 85, 103980. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103980>
- Dong, S., & Jacob, T. J. C. (2016). Combined non-adaptive light and smell stimuli lowered blood pressure, reduced heart rate and reduced negative affect. *Physiology & Behavior*, 156, 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.01.013>
- Drake, B. K. (1963). Food Crushing Sounds. An Introductory Study, a. *Journal of Food Science*, 28(2), 233–241. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00190.x>
- Dreyfus, G. (2005). *Neural Networks: Methodology and Applications*. Springer Science & Business Media.
- Dubose, C. N., Cardello, A. V., & Maller, O. (1980). Effects of Colorants and Flavorants on Identification, Perceived Flavor Intensity, and Hedonic Quality of Fruit-Flavored Beverages and Cake. *Journal of Food Science*, 45(5), 1393–1399. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb06562.x>
- Duerrschmid, K., & Danner, L. (2018). Chapter 12—Eye Tracking in Consumer Research. In G. Ares & P. Varela (Eds.), *Methods in Consumer Research, Volume 2* (pp. 279–318). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00012-1>
- Ekanayake, H. (2010). P300 and Emotiv EPOC: Does Emotiv EPOC capture real EEG? *Web Publication Http://Neurofeedback. Visaduma. Info/Emotivresearch. Htm*, 133.
- Elgaard, L., Jensen, S., Mielby, L. A., & Byrne, D. V. (2019). Performance of beer sensory panels: A comparison of experience level, product knowledge, and responsiveness to feedback calibration. *Journal of Sensory Studies*, 34(6), e12540. <https://doi.org/10.1111/joss.12540>
- Ennis, D. M. (1993). The Power of Sensory Discrimination Methods. *Journal of Sensory Studies*, 8(4), 353–370. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1993.tb00225.x>
- Ennis, J. M., & Jesionka, V. (2011). The Power of Sensory Discrimination Methods Revisited. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 371–382. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00353.x>
- Esti, M., Cinquanta, L., Sinesio, F., Moneta, E., & Di Matteo, M. (2002). Physicochemical and sensory fruit characteristics of two sweet cherry cultivars after cool storage. *Food Chemistry*, 76(4), 399–405. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00231-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00231-X)
- Fernández-Vázquez, R., Stinco, C. M., Meléndez-Martínez, A. J., Heredia, F. J., & Vicario, I. M. (2011). Visual and Instrumental Evaluation of Orange Juice Color: A Consumers' Preference Study. *Journal of Sensory Studies*, 26(6), 436–444. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00360.x>
- Ferreira, E. L., Lencioni, C., Benassi, M. T., Barth, M. O., & Bastos, D. H. M. (2009). Descriptive Sensory Analysis and Acceptance of Stingless Bee Honey. *Food Science and Technology International*, 15(3), 251–258. <https://doi.org/10.1177/1082013209341136>
- Ferreira, H. A., & Saraiva, M. (2019). Subjective and Objective Measures. In H. Ayanoğlu & E. Duarte (Eds.), *Emotional Design in Human-Robot Interaction: Theory, Methods and Applications* (pp. 143–159). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96722-6_9

- Francis, F. J. (1995). Quality as influenced by color. *Food Quality and Preference*, 6(3), 149–155. [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(94\)00026-R](https://doi.org/10.1016/0950-3293(94)00026-R)
- Garber, L. L. G., Hyatt, E. M., & Jr, R. G. S. (2000). The Effects of Food Color on Perceived Flavor. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 8(4), 59–72. <https://doi.org/10.1080/10696679.2000.11501880>
- Gegenfurtner, K. R., & Sharpe, L. T. (2001). *Color Vision: From Genes to Perception*. Cambridge University Press.
- Gere, A., Kókai, Z., & Sipos, L. (2017). Influence of mood on gazing behavior: Preliminary evidences from an eye-tracking study. *Food Quality and Preference*, 61, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.05.004>
- Gilbert, A. N., Martin, R., & Kemp, S. E. (1996). Cross-Modal Correspondence between Vision and Olfaction: The Color of Smells. *The American Journal of Psychology*, 109(3), 335–351. <https://doi.org/10.2307/1423010>
- Girard, B., Yuksel, D., Cliff, M. A., Delaquis, P., & Reynolds, A. G. (2001). Vinification effects on the sensory, colour and GC profiles of Pinot noir wines from British Columbia. *Food Research International*, 34(6), 483–499. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00177-0](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00177-0)
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14(3), 217–225. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00221-8](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00221-8)
- Gonzalez Viejo, C., Fuentes, S., Howell, K., Torrico, D. D., & Dunshea, F. R. (2019). Integration of non-invasive biometrics with sensory analysis techniques to assess acceptability of beer by consumers. *Physiology & Behavior*, 200, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.02.051>
- González-Centeno, M. R., Chira, K., & Teissedre, P.-L. (2016). Ellagitannin content, volatile composition and sensory profile of wines from different countries matured in oak barrels subjected to different toasting methods. *Food Chemistry*, 210, 500–511. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.139>
- Gössinger, M., Mayer, F., Radocha, N., Höfler, M., Boner, A., Groll, E., Nosko, E., Bauer, R., & Berghofer, E. (2009). Consumer's Color Acceptance of Strawberry Nectars from Puree. *Journal of Sensory Studies*, 24(1), 78–92. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2008.00196.x>
- Gous, A. G. S., Almlí, V. L., Coetzee, V., & de Kock, H. L. (2019). Effects of Varying the Color, Aroma, Bitter, and Sweet Levels of a Grapefruit-Like Model Beverage on the Sensory Properties and Liking of the Consumer. *Nutrients*, 11(2), 464. <https://doi.org/10.3390/nu11020464>
- Graham, D. J., Orquin, J. L., & Visschers, V. H. M. (2012). Eye tracking and nutrition label use: A review of the literature and recommendations for label enhancement. *Food Policy*, 37(4), 378–382. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.03.004>
- Guéguen, N. (2003). The Effect of Glass Colour on the Evaluation of a Beverage's Thirst-Quenching Quality. *Current Psychology Letters. Behaviour, Brain & Cognition*, 11, Vol. 2, 2003, Article 11, Vol. 2, 2003. <https://doi.org/10.4000/cpl.398>
- Guneser, B. A., & Yilmaz, E. (2017). Bioactives, Aromatics and Sensory Properties of Cold-Pressed and Hexane-Extracted Lemon (Citrus Limon L.) Seed Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(5), 723–731. <https://doi.org/10.1007/s11746-017-2977-z>
- Halász, P., Bódizs, R., Parrino, L., & Terzano, M. (2014). Two features of sleep slow waves: Homeostatic and reactive aspects – from long term to instant sleep homeostasis. *Sleep Medicine*, 15(10), 1184–1195. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.06.006>
- Harker, F. R., Feng, J., Johnston, J. W., Gamble, J., Alavi, M., Hall, M., & Chheang, S. L. (2019). Influence of postharvest water loss on apple quality: The use of a sensory panel to verify destructive and non-destructive instrumental measurements of texture. *Postharvest Biology and Technology*, 148, 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.10.008>
- Harnos Z., & Ladányi M. (2005). Biometria agrártudományi alkalmazásokkal. In *Biometria agrártudományi alkalmazásokkal* (pp. 274–324). Aula.
- Harrar, V., & Spence, C. (2013). The taste of cutlery: How the taste of food is affected by the weight, size, shape, and colour of the cutlery used to eat it. *Flavour*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.1186/2044-7248-2-21>
- Havermans, R. C., & Mallach, A.-T. (2014). Sensory-Specific Satiation With a Pinched Nose and Eyes Closed: Testing the Sensory Modality Specificity of Satiation. *Chemical Senses*, 39(2), 177–182. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjt071>
- Haze, S., Sakai, K., & Gozu, Y. (2002). Effects of Fragrance Inhalation on Sympathetic Activity in Normal Adults. *Japanese Journal of Pharmacology*, 90(3), 247–253. <https://doi.org/10.1254/jjp.90.247>

- Héberger, K. (2010). Sum of ranking differences compares methods or models fairly. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 29(1), 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2009.09.009>
- Héberger, K., & Kollár-Hunek, K. (2011). Sum of ranking differences for method discrimination and its validation: Comparison of ranks with random numbers. *Journal of Chemometrics*, 25(4), 151–158. <https://doi.org/10.1002/cem.1320>
- Hellwig, M., Witte, S., & Henle, T. (2016). Free and Protein-Bound Maillard Reaction Products in Beer: Method Development and a Survey of Different Beer Types. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(38), 7234–7243. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02649>
- Hempel, J., Schädle, C. N., Leptihn, S., Carle, R., & Schweiggert, R. M. (2016). Structure related aggregation behavior of carotenoids and carotenoid esters. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 317, 161–174. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2015.10.024>
- Hou, H.-R., Zhang, X.-N., & Meng, Q.-H. (2020). Odor-induced emotion recognition based on average frequency band division of EEG signals. *Journal of Neuroscience Methods*, 334, 108599. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2020.108599>
- Hough, G. (2010). *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*. CRC Press.
- Hough, G., Sánchez, R., Barbieri, T., & Martínez, E. (1997). Sensory optimization of a powdered chocolate milk formula. *Food Quality and Preference*, 8(3), 213–221. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(96\)00051-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(96)00051-1)
- Howard, L. R., & Dewi, T. (1996). Minimal Processing and Edible Coating Effects on Composition and Sensory Quality of Mini-peeled Carrots. *Journal of Food Science*, 61(3), 643–646. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb13177.x>
- Huang, L., & Lu, J. (2015). Eat with Your Eyes: Package Color Influences the Perceptions of Food Taste and Healthiness Moderated by External Eating. *Marketing Management*, 25, 71–87.
- Hughes, P. S. (2011). *Beer: A Quality Perspective*. Academic Press.
- Ickes, C. M., & Cadwallader, K. R. (2018). Effect of ethanol on flavor perception of Rum. *Food Science & Nutrition*, 6(4), 912–924. <https://doi.org/10.1002/fsn3.629>
- ISASKAR, R., DARWANTO, D. H., WALUYATI, L. R., & IRHAM, I. (2021). The Effects of Sensory Attributes of Food on Consumer Preference. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(3), 1303–1314. <https://doi.org/10.13106/JAFEB.2021.VOL8.NO3.1303>
- Jaeger, S. R., Hunter, D. C., Vidal, L., Chheang, S. L., Ares, G., & Harker, F. R. (2019). Sensory product characterization by consumers using check-all-that-apply questions: Investigations linked to term development using kiwifruit as a case study. *Journal of Sensory Studies*, 34(3), e12490. <https://doi.org/10.1111/joss.12490>
- Jantathai, S., Sungsi-in, M., Mukprasirt, A., & Duerrschmid, K. (2014). Sensory expectations and perceptions of Austrian and Thai consumers: A case study with six colored Thai desserts. *Food Research International*, 64, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.007>
- Jesionka, V., Rousseau, B., & Ennis, J. M. (2014). Transitioning from proportion of discriminators to a more meaningful measure of sensory difference. *Food Quality and Preference*, 32, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.04.007>
- Johnson, J., & Clydesdale, F. M. (1982). Perceived Sweetness and Redness in Colored Sucrose Solutions. *Journal of Food Science*, 47(3), 747–752. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb12706.x>
- Kang, B.-S., Lee, J.-E., & Park, H.-J. (2014). Electronic tongue-based discrimination of Korean rice wines (makgeolli) including prediction of sensory evaluation and instrumental measurements. *Food Chemistry*, 151, 317–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.084>
- Khalfa, S., Isabelle, P., Jean-Pierre, B., & Manon, R. (2002). Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans. *Neuroscience Letters*, 328(2), 145–149. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)00462-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)00462-7)
- Kim, M. K., & Lee, K.-G. (2018). Defining gu-soo perception in Doenjang (fermented soybean paste) using consumer tests with limited sensory modality and instrumental analysis. *Food Chemistry*, 267, 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.035>
- Király J. (1957). *A színes hallás és a feltételes reflex*. Szegedi Nyomda Vállalat.
- Klemm, W., Lutes, S., Hendrix, D., & Warrenburg, S. (1992). Topographical EEG maps of human responses to odors. *Chemical Senses*, 17(3), 347–361.
- Kline, J. P., Blackhart, G. C., Woodward, K. M., Williams, S. R., & Schwartz, G. E. R. (2000). Anterior electroencephalographic asymmetry changes in elderly women in response to a pleasant and an unpleasant odor. *Biological Psychology*, 52(3), 241–250. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(99\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(99)00046-0)

- Koch, C., & Koch, E. C. (2003). Preconceptions of Taste Based on Color. *The Journal of Psychology*, 137(3), 233–242. <https://doi.org/10.1080/00223980309600611>
- Köhler, W. (1929). *Gestalt psychology*. New York: Liveright.
- Kókai Z., & Sipos L. (2020). *Érzékszervi vizsgálatok*. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara.
- Kolb, H., Fernandez, E., & Nelson, R. (Eds.). (1995). *Webvision: The Organization of the Retina and Visual System*. University of Utah Health Sciences Center. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11530/>
- Kollár-Hunek, K., & Héberger, K. (2013). Method and model comparison by sum of ranking differences in cases of repeated observations (ties). *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 127, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2013.06.007>
- Korzeniowska-Ginter, R. (2019). Sensory quality of strawberry jams with a particular focus of Kashubian Strawberry jam. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agrobusiness Economists*, 21(1). <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.0853>
- Kotecha, A. M., Corrêa, A. D. C., Fisher, K. M., & Rushworth, J. V. (2018). Olfactory Dysfunction as a Global Biomarker for Sniffing out Alzheimer's Disease: A Meta-Analysis. *Biosensors*, 8(2), 41. <https://doi.org/10.3390/bios8020041>
- Koza, B. J., Cilmi, A., Dolese, M., & Zellner, D. A. (2005). Color Enhances Orthonasal Olfactory Intensity and Reduces Retronasal Olfactory Intensity. *Chemical Senses*, 30(8), 643–649. <https://doi.org/10.1093/chemse/bji057>
- Kroupi, E., Vesin, J.-M., & Ebrahimi, T. (2016). Subject-Independent Odor Pleasantness Classification Using Brain and Peripheral Signals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 7(4), 422–434. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2015.2496310>
- Lado, J., Cronje, P., Alquézar, B., Page, A., Manzi, M., Gómez-Cadenas, A., Stead, A. D., Zacarías, L., & Rodrigo, M. J. (2015). Fruit shading enhances peel color, carotenes accumulation and chromoplast differentiation in red grapefruit. *Physiologia Plantarum*, 154(4), 469–484. <https://doi.org/10.1111/ppl.12332>
- Lawless, H. T. (2013). *Quantitative Sensory Analysis: Psychophysics, Models and Intelligent Design*. John Wiley & Sons.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices* (2nd ed.). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lee, H. S., & Chen, C. S. (1998). Rates of Vitamin C Loss and Discoloration in Clear Orange Juice Concentrate during Storage at Temperatures of 4–24 °C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4723–4727. <https://doi.org/10.1021/jf980248w>
- Lehrner, J., Marwinski, G., Lehr, S., Jöhren, P., & Deecke, L. (2005). Ambient odors of orange and lavender reduce anxiety and improve mood in a dental office. *Physiology & Behavior*, 86(1), 92–95. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.06.031>
- Leksrisompong, P. P., Whitson, M. E., Truong, V. D., & Drake, M. A. (2012). Sensory Attributes and Consumer Acceptance of Sweet Potato Cultivars with Varying Flesh Colors. *Journal of Sensory Studies*, 27(1), 59–69. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00367.x>
- Leod, G. M., & Coppock, B. M. (1978). Sensory Properties of the Aroma of Beef Cooked Conventionally and by Microwave Radiation. *Journal of Food Science*, 43(1), 145–151. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb09756.x>
- Loi, M., Quintieri, L., De Angelis, E., Monaci, L., Logrieco, A. F., Caputo, L., & Mulè, G. (2020). Yield improvement of the Italian fresh Giuncata cheese by laccase-induced protein crosslink. *International Dairy Journal*, 100, 104555. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104555>
- Lorig, T. S., Herman, K. B., Schwartz, G. E., & Cain, W. S. (1990). EEG activity during administration of low-concentration odors. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 28(5), 405–408. <https://doi.org/10.3758/BF03334051>
- Lovibond, J. W. (1897). Relation of colour to value in malt. *J Soc Chem Ind*, 16, 188–193.
- Lugasi, A. (2016). Az intenzív édesítőszerek biztonságossága. *Orvosi Hetilap*, 157(Supplement-1), 14–28.
- Maga, J. A. (1974). Influence Of color on taste thresholds*. *Chemical Senses*, 1(1), 115–119. <https://doi.org/10.1093/chemse/1.1.115>
- Malongane, F., McGaw, L. J., Debusho, L. K., & Mudau, F. N. (2020). Sensory Characteristics and Volatile Compounds of Herbal Teas and Mixtures of Bush Tea with Other Selected Herbal Teas of South Africa. *Foods*, 9(4), 496. <https://doi.org/10.3390/foods9040496>

- Martin, F. W., & Rodríguez-Sosa, E. J. (1985). Preference for Color, Sweetness, and Mouthfeel of Sweet Potato in Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 69(1), 99–106. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v69i1.7331>
- Martin, G. N. (1998). Human electroencephalographic (EEG) response to olfactory stimulation: Two experiments using the aroma of food. *International Journal of Psychophysiology*, 30(3), 287–302. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(98\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(98)00025-7)
- Masago, R., Matsuda, T., Kikuchi, Y., Miyazaki, Y., Iwanaga, K., Harada, H., & Katsuura, T. (2000). Effects of Inhalation of Essential Oils on EEG Activity and Sensory Evaluation. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY and Applied Human Science*, 19(1), 35–42. <https://doi.org/10.2114/jpa.19.35>
- Mattila, P. H., Hellström, J., McDougall, G., Dobson, G., Pihlava, J.-M., Tiirikka, T., Stewart, D., & Karjalainen, R. (2011). Polyphenol and vitamin C contents in European commercial blackcurrant juice products. *Food Chemistry*, 127(3), 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.129>
- McGinley, C. M., & McGinley, M. A. (1999). *The "Gray Line" Between Odor Nuisance and Health Effects*. Proceedings of Air and Waste Management Association 92nd Annual Meeting and Exhibition, St. Louis.
- Melgosa, M., Gómez-Robledo, L., Huertas, R., Capitán-Vallvey, L. F., Moyano, M. J., & Heredia, F. J. (2009). Color Measurements in Blue-Tinted Cups for Virgin-Olive-Oil Tasting. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(7), 627–636. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1387-2>
- Methven, L., Jiménez-Pranteda, M. L., & Lawlor, J. B. (2016). Sensory and consumer science methods used with older adults: A review of current methods and recommendations for the future. *Food Quality and Preference*, 48, 333–344. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.07.001>
- Meyer-Rochow, V. B., & Hakko, H. (2018). Can edible grasshoppers and silkworm pupae be tasted by humans when prevented to see and smell these insects? *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(2), 616–619. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.04.002>
- Misawa, N., Barbano, D. M., & Drake, M. (2016). Influence of casein as a percentage of true protein and protein level on color and texture of milks containing 1 and 2% fat1. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5284–5304. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10846>
- Molino, J. A., Kennedy, J. F., Beuse, P. A., Miller, C. C., Davis, W., Andersen, C. K., & Science Applications International Corporation. (2013). *Daytime Color Appearance of Retroreflective Traffic Control Sign Materials* (FHWA-HRT-13-018). <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/35867>
- Moll, M., Flayoux, R., Bastin, M., & Delorme, J. (1975). European Brewery Convention. *Barley and Malting, Symposium Zeist, Monograph*, 2, 236–270.
- Molnár P. (1991). *Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Morrot, G., Brochet, F., & Dubourdieu, D. (2001). The Color of Odors. *Brain and Language*, 79(2), 309–320. <https://doi.org/10.1006/brln.2001.2493>
- Moskowitz, H. R., Beckley, J. H., & Resurreccion, A. V. A. (2012). *Sensory and Consumer Research in Food Product Design and Development*. John Wiley & Sons.
- Moskowitz, H. R., & Meiselman, H. L. (1977). Psychophysical and psychometric approaches to sensory evaluation. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 9(1), 41–79. <https://doi.org/10.1080/10408397709527230>
- Moss, M., Cook, J., Wesnes, K., & Duckett, P. (2003). Aromas of Rosemary and Lavender Essential Oils Differentially Affect Cognition and Mood in Healthy Adults. *International Journal of Neuroscience*, 113(1), 15–38. <https://doi.org/10.1080/00207450390161903>
- Murao, S., Yoto, A., & Yokogoshi, H. (2013). Effect of Smelling Green Tea on Mental Status and EEG Activity. *International Journal of Affective Engineering*, 12(2), 37–43. <https://doi.org/10.5057/ijae.12.37>
- Nederkoorn, C., Houben, K., & Havermans, R. C. (2019). Taste the texture. The relation between subjective tactile sensitivity, mouthfeel and picky eating in young adults. *Appetite*, 136, 58–61. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.01.015>
- Nenadis, N., Moutafidou, A., Gerasopoulos, D., & Tsimidou, M. Z. (2010). Quality characteristics of olive leaf-olive oil preparations. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(12), 1337–1344. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201000332>
- Neuper, C., & Pfurtscheller, G. (2001). Event-related dynamics of cortical rhythms: Frequency-specific features and functional correlates. *International Journal of Psychophysiology*, 43(1), 41–58. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(01\)00178-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00178-7)

- Newman, J., Egan, T., Harbourne, N., O'Riordan, D., Jacquier, J. C., & O'Sullivan, M. (2014). Correlation of sensory bitterness in dairy protein hydrolysates: Comparison of prediction models built using sensory, chromatographic and electronic tongue data. *Talanta*, 126, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.03.036>
- Nyborg, P., & Trolle, B. (1948). *Brygmesteren*. 5:180.
- Nyoni, T., & Bonga, W. G. (2017). *Neuromarketing Methodologies: More Brain Scans or Brain Scams?* (SSRN Scholarly Paper ID 2945380). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=2945380>
- Oberfeld, D., Hecht, H., Allendorf, U., & Wickelmaier, F. (2009). Ambient Lighting Modifies the Flavor of Wine. *Journal of Sensory Studies*, 24(6), 797–832. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00239.x>
- Ohme, R., Matukin, M., & Pacula-Lesniak, B. (2011). Biometric Measures for Interactive Advertising Research. *Journal of Interactive Advertising*, 11(2), 60–72. <https://doi.org/10.1080/15252019.2011.10722185>
- Oliver, P., Cicerale, S., Pang, E., & Keast, R. (2018). A Comparison of Temporal Dominance of Sensation (TDS) and Quantitative Descriptive Analysis (QDA™) to Identify Flavors in Strawberries. *Journal of Food Science*, 83(4), 1094–1102. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14096>
- Olšovská, J., Čejka, P., Sigler, K., & Hönigová, V. (2014). The Phenomenon of Czech Beer: A review. *Czech J. Food Sci.*, 4(32), 309–319.
- Olteanu, B., M. D. (2012). *Anatomy of methodologies for measuring consumer behavior in neuromarketing research*.
- O'mahony, M., Masuoka, S., & Ishii, R. (1994). A Theoretical Note on Difference Tests: Models, Paradoxes and Cognitive Strategies. *Journal of Sensory Studies*, 9(3), 247–272. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1994.tb00246.x>
- O'mahony, M., Wong, S.-Y., & Odbert, N. (1985). Sensory Evaluation of Navel Oranges Treated with Low Doses of Gamma-Radiation. *Journal of Food Science*, 50(3), 639–646. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb13762.x>
- Omam, S., Babini, M. H., Sim, S., Tee, R., Nathan, V., Gohari, S., Burvill, C., Kuca, K., Krejcar, O., & Namazi, H. (2021). Decoding of the coupling between brain and skin activities in olfactory stimulation by analysis of EEG and GSR signals. *Waves in Random and Complex Media*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1080/17455030.2021.1942305>
- Osterholt, K. M., Roe, L. S., & Rolls, B. J. (2007). Incorporation of air into a snack food reduces energy intake. *Appetite*, 48(3), 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.10.007>
- O'Sullivan, M. (2016). *A Handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Development: Innovative Technologies for the Food and Beverage Industry*. Woodhead Publishing.
- Paakki, M., Sandell, M., & Hopia, A. (2016). Consumer's Reactions to Natural, Atypically Colored Foods: An Investigation Using Blue Potatoes. *Journal of Sensory Studies*, 31(1), 78–89. <https://doi.org/10.1111/joss.12193>
- Pakniyat, N., Babini, M. H., Kulish, V. V., & Namazi, H. (2021). Information-based analysis of the coupling between brain and heart reactions to olfactory stimulation. *Technology and Health Care, Preprint*(Preprint), 1–11. <https://doi.org/10.3233/THC-213136>
- Peryam, D. R. (1958). Sensory difference tests. *Food Technology*, 12(5).
- Peterson, J. J., Beecher, G. R., Bhagwat, S. A., Dwyer, J. T., Gebhardt, S. E., Haytowitz, D. B., & Holden, J. M. (2006). Flavanones in grapefruit, lemons, and limes: A compilation and review of the data from the analytical literature. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, S74–S80. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.12.009>
- Phillips, L. G., McGiff, M. L., Barbano, D. M., & Lawless, H. T. (1995). The Influence of Fat on the Sensory Properties, Viscosity, and Color of Lowfat Milk1. *Journal of Dairy Science*, 78(6), 1258–1266. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76746-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76746-7)
- Piqueras-Fiszman, B., & Spence, C. (2012). The Influence of the Color of the Cup on Consumers' Perception of a Hot Beverage. *Journal of Sensory Studies*, 27(5), 324–331. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2012.00397.x>
- Prindiville, E. A., Marshall, R. T., & Heymann, H. (1999). Effect of Milk Fat on the Sensory Properties of Chocolate Ice Cream1. *Journal of Dairy Science*, 82(7), 1425–1432. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75369-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75369-5)
- Proudfoot, M., Woolrich, M. W., Nobre, A. C., & Turner, M. R. (2014). Magnetoencephalography. *Practical Neurology*, 14(5), 336–343. <https://doi.org/10.1136/practneurol-2013-000768>

- Pulli, T., Dönsberg, T., Poikonen, T., Manoocheri, F., Kärhä, P., & Ikonen, E. (2015). Advantages of white LED lamps and new detector technology in photometry. *Light: Science & Applications*, 4(9), e332–e332. <https://doi.org/10.1038/lsa.2015.105>
- Rácz, A., Papp, N., Balogh, E., Fodor, M., & Héberger, K. (2015). Comparison of antioxidant capacity assays with chemometric methods. *Analytical Methods*, 7(10), 4216–4224. <https://doi.org/10.1039/C5AY00330J>
- Renner, B., Sproesser, G., Stok, F. M., & Schupp, H. (2016). Eating in the dark: A dissociation between perceived and actual food consumption. *Food Quality and Preference*, 50, 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.02.010>
- Risso, P., Maggioni, E., Olivero, N., & Gallace, A. (2015). The association between the colour of a container and the liquid inside: An experimental study on consumers' perception, expectations and choices regarding mineral water. *Food Quality and Preference*, 44, 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.03.010>
- Rogers, L. (2017a). *Discrimination Testing in Sensory Science: A Practical Handbook*. Woodhead Publishing.
- Rogers, L. (2017b). *Sensory Panel Management: A Practical Handbook for Recruitment, Training and Performance*. Woodhead Publishing.
- Romano, A., Perello, M. C., Lonvaud-Funel, A., Sicard, G., & de Revel, G. (2009). Sensory and analytical re-evaluation of “Brett character.” *Food Chemistry*, 114(1), 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.006>
- Ross, C. F., Bohlscheid, J., & Weller, K. (2008a). Influence of Visual Masking Technique on the Assessment of 2 Red Wines by Trained and Consumer Assessors. *Journal of Food Science*, 73(6), S279–S285. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00824.x>
- Roth, H. A., Radle, L. J., Gifford, S. R., & Clydesdale, F. M. (1988). Psychophysical Relationships Between Perceived Sweetness and Color in Lemon- and Lime-Flavored Drinks. *Journal of Food Science*, 53(4), 1116–1119. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb13543.x>
- Rozin, P. (1982). “Taste–smell confusions” and the duality of the olfactory sense. *Perception & Psychophysics*, 31(4), 397–401. <https://doi.org/10.3758/BF03202667>
- Sáenz-Navajas, M.-P., Arias, I., Ferrero-del-Teso, S., Fernández-Zurbano, P., Escudero, A., & Ferreira, V. (2018). Chemo-sensory approach for the identification of chemical compounds driving green character in red wines. *Food Research International*, 109, 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.037>
- Sanders, C., Diego, M., Fernandez, M., Field, T., Hernandez-Reif, M., & Roca, A. (2002). Eeg Asymmetry Responses to Lavender and Rosemary Aromas in Adults and Infants. *International Journal of Neuroscience*, 112(11), 1305–1320. <https://doi.org/10.1080/00207450290158214>
- Santagiuliana, M., Bhaskaran, V., Scholten, E., Piqueras-Fiszman, B., & Stieger, M. (2019). Don't judge new foods by their appearance! How visual and oral sensory cues affect sensory perception and liking of novel, heterogeneous foods. *Food Quality and Preference*, 77, 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.005>
- Scanlon, B. A. (1985). Race differences in selection of cheese color. *Race Differences in Selection of Cheese Color*, 61(1), 314.
- Schifferstein, H. N. J., Howell, B. F., & Pont, S. C. (2017). Colored backgrounds affect the attractiveness of fresh produce, but not it's perceived color. *Food Quality and Preference*, 56, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.011>
- Schlich, P., & Pineau, N. (2017). Temporal dominance of sensations. In *Time-dependent measures of perception in sensory evaluation* (pp. 283–320). Wiley-Blackwell.
- Schouteten, J. J., De Steur, H., De Pelsmaeker, S., Lagast, S., Juvinal, J. G., De Bourdeaudhuij, I., Verbeke, W., & Gellynck, X. (2016). Emotional and sensory profiling of insect-, plant- and meat-based burgers under blind, expected and informed conditions. *Food Quality and Preference*, 52, 27–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.011>
- Schulte-Mecklenbeck, M., Kuehberger, A., & Johnson, J. G. (2011). *A Handbook of Process Tracing Methods for Decision Research: A Critical Review and User's Guide*. Psychology Press.
- Schweingruber, P. J., Carroad, P. A., Leonard, S. J., Heil, J. R., Wolcott, T. K., O'mahony, M., & Wilson, A. (1981). Evaluation of Instrumental Methods for Firmness Measurement of Fresh and Canned Clingstone Peaches. *Journal of Texture Studies*, 12(3), 389–399. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1981.tb00547.x>

- Seo, H.-S., & Hummel, T. (2017). Cross-Modal Integration in Olfactory Perception. In A. Buettner (Ed.), *Springer Handbook of Odor* (pp. 115–116). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26932-0_47
- Serrapica, F., Uzun, P., Masucci, F., Napolitano, F., Braghieri, A., Genovese, A., Sacchi, R., Romano, R., Barone, C. M. A., & Di Francia, A. (2020). Hay or silage? How the forage preservation method changes the volatile compounds and sensory properties of Caciocavallo cheese. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1391–1403. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17155>
- Sharpe, F. R., Garvey, T. B., & Pyne, N. S. (1992). The Measurement of Beer and Wort Colour—A New Approach. *Journal of the Institute of Brewing*, 98(4), 321–324. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1992.tb01115.x>
- Shellhammer, T. H., & Bamforth, C. W. (2008). Assessing Color Quality of Beer. In *Color Quality of Fresh and Processed Foods* (Vol. 983, pp. 192–202). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2008-0983.ch015>
- Shimojo, S., & Shams, L. (2001). Sensory modalities are not separate modalities: Plasticity and interactions. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(4), 505–509. [doi.org/10.1016/S0959-4388\(00\)00241-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(00)00241-5)
- Sipos, L., Kovács, Z., Szöllösi, D., Kókai, Z., Dalmadi, I., & Fekete, A. (2011). Comparison of novel sensory panel performance evaluation techniques with e-nose analysis integration. *Journal of Chemometrics*, 25(5), 275–286. <https://doi.org/10.1002/cem.1391>
- Sipos, L., Nyitrai, Á., Szabó, D., Urbán, A., & Nagy, B. V. (2020). Érzékszervi bírálók látásvizsgálati tesztjei-áttekintés. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 66(4), 3203.
- Sipos, L., Nyitrai, Á., Szabó, D., Urbán, A., & Nagy, B. V. (2021). Former and potential developments in sensory color masking – Review. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.050>
- Skinner, J. E., Molnar, M., & Kowalik, Z. J. (2000). The role of the thalamic reticular neurons in alpha- and gamma-oscillations in neocortex: A mechanism for selective perception and stimulus binding. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 60(1), 123–142.
- Smedley, S. M. (1995). Discrimination Between Beers with Small Colour Differences Using the Cielab Colour Space. *Journal of the Institute of Brewing*, 101(3), 195–201. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1995.tb00862.x>
- Smeets, M. A. M., Schifferstein, H. N. J., Boelema, S. R., & Lensvelt-Mulders, G. (2008). The Odor Awareness Scale: A New Scale for Measuring Positive and Negative Odor Awareness. *Chemical Senses*, 33(8), 725–734. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjn038>
- Smet, K. A. G. (2018). Two Neutral White Illumination Loci Based on Unique White Rating and Degree of Chromatic Adaptation. *LEUKOS*, 14(2), 55–67. <https://doi.org/10.1080/15502724.2017.1385400>
- Smet, K. A. G. (2020). Tutorial: The LuxPy Python Toolbox for Lighting and Color Science. *LEUKOS*, 16(3), 179–201. <https://doi.org/10.1080/15502724.2018.1518717>
- Smith, A. M., & McSweeney, M. B. (2019). Partial projective mapping and ultra-flash profile with and without red light: A case study with white wine. *Journal of Sensory Studies*, 34(5), e12528. <https://doi.org/10.1111/joss.12528>
- Songsamoe, S., Saengwong-ngam, R., Koomhin, P., & Matan, N. (2019a). Understanding consumer physiological and emotional responses to food products using electroencephalography (EEG). *Trends in Food Science & Technology*, 93, 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.018>
- Sowndhararajan, K., & Kim, S. (2016). Influence of Fragrances on Human Psychophysiological Activity: With Special Reference to Human Electroencephalographic Response. *Scientia Pharmaceutica*, 84(4), 724–752. <https://doi.org/10.3390/scipharm84040724>
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(4), 971–995. <https://doi.org/10.3758/s13414-010-0073-7>
- Spence, C., Levitan, C. A., Shankar, M. U., & Zampini, M. (2010). Does Food Color Influence Taste and Flavor Perception in Humans? *Chemosensory Perception*, 3(1), 68–84. <https://doi.org/10.1007/s12078-010-9067-z>
- Stein, K. D., Martin, S. C., Hann, D. M., & Jacobsen, P. B. (1998). A Multidimensional Measure of Fatigue for Use with Cancer Patients. *Cancer Practice*, 6(3), 143–152. <https://doi.org/10.1046/j.1523-5394.1998.006003143.x>
- Stevenson, R. J., Copeland, J., & Gates, P. (2007). The role of experience in liking “read-to-drink” alcoholic beverages. *Psychology of Addictive Behaviors*, 21(4), 564–569. <https://doi.org/10.1037/0893-164X.21.4.564>

- Stolzenbach, S., Bredie, W. L. P., Christensen, R. H. B., & Byrne, D. V. (2016). Understanding Liking in Relation to Sensory Characteristics, Consumer Concept Associations, Arousal Potential and “Appropriateness for Use” Using Apple Juice as an Application. *Journal of Sensory Studies*, 31(2), 135–142. <https://doi.org/10.1111/joss.12200>
- Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2020). *Sensory Evaluation Practices*. Academic Press.
- Strong, G., & England, K. (2015). *Beer style guidelines* (Beer Judge Certification Program.). https://www.bjcp.org/docs/2015_Guide_lines_Beer.pdf.
- Sugrue, M., & Dando, R. (2018). Cross-modal influence of colour from product and packaging alters perceived flavour of cider. *Journal of the Institute of Brewing*, 124(3), 254–260. <https://doi.org/10.1002/jib.489>
- Szalai P. (2014). *A megkülönböztető képesség jelentése a védjegyjogban*. Széchenyi István Egyetem Állam- és Jogtudományi Doktori Iskola. 10.15477/SZE.ÁJDI.2015.004
- Tavares Filho, E. R., Esmerino, E. A., de Almeida Santos-Junior, V., Tavares, E. J. S., de Castro, R. O. M., & Bolini, H. M. A. (2020). Electroencephalography and acceptance test to assess sodium reduction in tomato sauce: An exploratory research. *Emirates Journal of Food and Agriculture*.
- Taylor, A. J., & Linforth, R. S. T. (2012). *Food Flavour Technology*. John Wiley & Sons. Oxford
- Thurstone, L. L. (1927). A law of comparative judgment. *Psychological Review*, 34(4), 273–286. <https://doi.org/10.1037/h0070288>
- Tian, H., Li, F., Qin, L., Yu, H., & Ma, X. (2014). Discrimination of Chicken Seasonings and Beef Seasonings Using Electronic Nose and Sensory Evaluation. *Journal of Food Science*, 79(11), S2346–S2353. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12675>
- Torrico, D. D., Fuentes, S., Viejo, C. G., Ashman, H., Gurr, P. A., & Dunshea, F. R. (2018). Analysis of thermochromic label elements and colour transitions using sensory acceptability and eye tracking techniques. *LWT*, 89, 475–481. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.048>
- Tu, Y., Yang, Z., & Ma, C. (2015). Touching tastes: The haptic perception transfer of liquid food packaging materials. *Food Quality and Preference*, 39, 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.07.001>
- Tuorila, H., Parkkinen, K., & Tolonen, K. (2008). *Aistit ammattikäyttöön*. WSOY Oppimateriaalit.
- Ura, S. (1960). Pair, triangle and duo-trio test. *Reports of Statistical Application Research, Union of Japanese Scientists and Engineers*, 7(3), ???
- Van Doorn, G. H., Wüillemin, D., & Spence, C. (2014). Does the colour of the mug influence the taste of the coffee? *Flavour*, 3(1), 10. <https://doi.org/10.1186/2044-7248-3-10>
- van Stokkom, V. L., Blok, A. E., van Kooten, O., de Graaf, C., & Stieger, M. (2018). The role of smell, taste, flavour and texture cues in the identification of vegetables. *Appetite*, 121, 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.10.039>
- Wang, C., Peng, Y., Spence, C., & Wan, X. (2020). Receptacle interacts with consumers’ need for touch to influence tea-drinking experience. *British Food Journal*, 122(9), 2981–2992. <https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2020-0046>
- Wang, Q. J., & Spence, C. (2019). Drinking through rosé-coloured glasses: Influence of wine colour on the perception of aroma and flavour in wine experts and novices. *Food Research International*, 126, 108678. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108678>
- Wardy, W., Chonpracha, P., Chokumnoyporn, N., Sriwattana, S., Prinyawiwatkul, W., & Jirangrat, W. (2017). Influence of Package Visual Cues of Sweeteners on the Sensory-Emotional Profiles of Their Products. *Journal of Food Science*, 82(2), 500–508. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13610>
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063–1070. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>
- Watts, B. M., & International Development Research Centre (Canada) (Eds.). (1989). *Basic sensory methods for food evaluation*. The Centre. Ottawa
- Wenzel K. (2013). *Szintan* (1st ed., Vol. 1–1). Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., & Oszmiański, J. (2014). Effect of Convective and Vacuum–Microwave Drying on the Bioactive Compounds, Color, and Antioxidant Capacity of Sour Cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 829–841. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1130-8>

- Wu, Y. V., Bett, K. L., Palmquist, D. E., & Ingram, D. A. (2002). Sensory Analysis of Brownies Fortified with Corn Gluten Meal. *Cereal Chemistry*, 79(4), 496–499. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.4.496>
- Zampini, M., & Spence, C. (2004). The Role of Auditory Cues in Modulating the Perceived Crispness and Staleness of Potato Chips. *Journal of Sensory Studies*, 19(5), 347–363. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2004.080403.x>
- Zellner, D. A., & Kautz, M. A. (1990). Color affects perceived odor intensity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 391.
- Zellner, D., & Durlach, P. (2003). Effect of Color on Expected and Experienced Refreshment, Intensity, and Liking of Beverages. *The American Journal of Psychology*, 116, 633–647. <https://doi.org/10.2307/1423663>
- Zhang, X.-N., Meng, Q.-H., Zeng, M., & Hou, H.-R. (2021). Decoding olfactory EEG signals for different odor stimuli identification using wavelet-spatial domain feature. *Journal of Neuroscience Methods*, 363, 109355. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2021.109355>
- Zhu, K.-X., Li, J., Li, M., Guo, X.-N., Peng, W., & Zhou, H.-M. (2013). Functional properties of chitosan–xylose Maillard reaction products and their application to semi-dried noodle. *Carbohydrate Polymers*, 92(2), 1972–1977. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.11.078>
- Zurawicki, L. (2010). *Neuromarketing: Exploring the Brain of the Consumer*. Springer Science & Business Media.

Szabványok és törvények:

1. E3009 – 15 ASTM *Standard Test Method for Sensory Analysis—Tetrad Test*
2. COI Norma T.20/Doc., No. 5, 2007 *Glass for oil tasting*
3. EA-4/09:2017 *Accreditation For Sensory Testing Laboratories*
4. ISO 11037:2011 *Sensory analysis. General guidance and test method for assessment of the colour of foods*
5. ISO 11132:2012 *Sensory analysis — Methodology — Guidelines for monitoring the performance of a quantitative sensory panel*
6. ISO 13299:2016 *Sensory analysis — Methodology — General guidance for establishing a sensory profile*
7. ISO 13300-1:2006 *Sensory analysis — General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory — Part 1: Staff responsibilities*
8. ISO 13300-2:2006 *Sensory analysis — General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory — Part 2: Recruitment and training of panel leaders*
9. ISO 16657:2006 *Sensory analysis — Apparatus — Olive oil tasting glass*
10. ISO 4121:2003 *Sensory analysis — Guidelines for the use of quantitative response scales*
11. ISO 5492:2008 *Sensory analysis — Vocabulary*
12. ISO 5492:2008/AMD 1:2016 *Sensory analysis — Vocabulary — Amendment 1*
13. ISO 6658:2017 *Sensory analysis — Methodology — General guidance*
14. ISO 3386:2012 *Sensory analysis — General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors*
15. ISO 3387:2014 *Sensory analysis — Methodology — Ranking*
16. ISO 3389:2007 *Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms*
17. ISO 3389:2007/AMD 1:2014 *Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms — Amendment 1*

Ábrák forrásai:

- [1] <https://www.internationaloliveoil.org/sensorial-analysis-the-red-tasting-glass/>
<https://www.internationaloliveoil.org/ioc-panel-leaders-tasting-course/>
- [2] <https://flavorchemistry.tamu.edu/>
- [3] <https://www.pantone.com/pantone-light-booth>

M2 Melléklet: Ábrajegyzék

1. ábra: Az érzékszervi minősítés klasszikus és új megközelítése (saját szerkesztés).....	1
2. ábra: Az érzékszervi vizsgálatok csoportosítása (ISO 6658:2017; Molnár, 1991) alapján	7
3. ábra: A szabványosító szervezetek hierarchikus rendszere	8
4. ábra: Példák strukturálatlan, strukturált és kategóriaskálára (ISO 4121:2003)	10
5. ábra: Néhány fontosabb különbségvizsgálati teszt nevét és publikálásának dátumát bemutató idővonal (Rogers, 2017a alapján saját szerkesztés)	11
6. ábra: A Guessing-modell sematikus ábrája (Jesionka et al., 2014 alapján).....	14
7. ábra: Két termék (N és S) gyakorisági eloszlásának bemutatása megkülönböztethető, illetve összekeverhető különbségek esetén (O'Mahony, 1994).....	15
8. ábra: „Tekete” vagy „Baluba” (Köhler, 1929 alapján)	19
9. ábra: A tritos – s (λ), deuterios – m (λ) és protos – l (λ) spektrális érzékenysége (Wenzel, 2013)	21
10. ábra: A színérzékelő receptorok spektrális eltolódásai (Wenzel, 2013)	22
11. ábra: Piros és kobaltkék olívaolaj kóstolósészék [1]	28
12. ábra: Rozé és színezett fehérbor (Wang & Spence, 2019)	29
13. ábra: Piros maszkolófény egy érzékszervi fülkében.....	31
14. ábra: A szaglőrendszer (Kotecha et al., 2018)	32
15. ábra: Pszichofizikai reakciókat vizsgáló eszközök (saját szerkesztés Olteanu, 2012 alapján)	36
16. ábra: Spektrálisan hangolható mérőállomás sematikus felépítése (Dominek & Nagy, 2017.)	40
17. ábra: A fénykabin munkatere (kék megvilágítás mellett)	40
18. ábra: A fénykabin relatív spektrális teljesítménye az emberi szem által látható hullámhosszokon	41
19. ábra: A fénykabin kívülről, kikapcsolt állapotban, nyílással az elülső felén	41
20. ábra: 10 tagú hígítási sor	42
21. ábra: A szörpökkel végzett kísérlet lépéseit bemutató folyamatábra	46
22. ábra: Szürkeárnyaltos teszt egy sora (saját fotó)	47
23. ábra: A CIE színtér (Molino et al., 2013)	47
24. ábra: Szörpminták D65 megvilágítás alatt (saját fotó)	49
25. ábra: Piros szörpök 4 féle maszkoló fény alatt (saját fotó).....	50
26. ábra: Zöld szörpök 4 féle maszkoló fény alatt (saját fotó).....	51
27. ábra: Kék szörpök 4 féle maszkoló fény alatt (saját fotó).....	51
28. ábra: Sárga szörpök 4 féle maszkoló fény alatt (saját fotó).....	52
29. ábra: A csokoládék vizuális elmaszkolását célzó kísérlet folyamatábrája	54
30. ábra: A mesterséges napfényt (D65) biztosító Pantone Lighting Booth kabin [3].....	57
31. ábra: Az EEG mérés folyamatábrája	61
32. ábra: Kötés nélküli SRD eloszlások különböző számú objektumok esetén (Kollár-Hunek & Héberger, 2013)	64
33. ábra: A vizsgált csokoládéminták spektrális reflexiója	73
34. ábra: Az 1. Kísérlet túlélés görbéi, a Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés alapján.....	77
35. ábra: A 2. Kísérlet túlélés görbéi, a Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés alapján.....	80
36. ábra: Az 50% kakaóport tartalmazó maltitolos (50M) és cukros (50C) termék érzékszervi profilja	82
37. ábra: A 60% kakaóport tartalmazó maltitolos (60M) és cukros (60C) termék érzékszervi profilja	83

38. ábra: A 70% kakaóport tartalmazó maltitolos (70M) és cukros (70C) termék érzékszervi profilja.....	84
39. ábra: A cukrot tartalmazó termékek érzékszervi profilja	84
40. ábra: A maltitolt tartalmazó termékek érzékszervi profilja	85
41. ábra: Két vizsgált weissbier (30. és 31.) transzmissziós spektrumai.....	90
42. ábra: Két vizsgált sörminta (6. és 18.) transzmissziós spektrumai	91
43. ábra: Az illatérzékenység, a fáradtság és a hangulat alapján létrehozott klaszterek	94
44. ábra: Az épített neurális hálók sematikus rajza.....	99
45. ábra: Különbségvizsgálati módszerek pszichometriai függvényei	100
46. ábra: A helyes válaszok aránya és a termékek érzékszervi távolságai közötti összefüggések egyes különbségvizsgálati módszerek esetén	101
47. ábra: A különbségvizsgálatok sorrendje szimulált adatokra a rangszám különbségek összege módszerrel összehasonlítva (elméleti)	104
48. ábra: A különbségvizsgálatok sorrendje szimulált adatokra a rangszám különbségek összege módszerrel összehasonlítva (gyakorlati)	106
49. ábra: D65 és Fény1 (bal felül), Fény2 (jobb felül), Fény3 (bal alul) ill. Fény4 (jobb alul) túlélés görbéi piros szörpök esetében	143
50. ábra: D65 és Fény1 (bal felül), Fény2 (jobb felül), Fény3 (bal alul) ill. Fény4 (jobb alul) túlélés görbéi Zöld szörpök esetében	144
51. ábra: D65 és Fény1 (bal felül), Fény2 (jobb felül), Fény3 (bal alul) ill. Fény4 (jobb alul) túlélés görbéi Kék szörpök esetében	145
52. ábra: D65 és Fény1 (bal felül), Fény2 (jobb felül), Fény3 (bal alul) ill. Fény4 (jobb alul) túlélés görbéi Kék szörpök esetében	146

M3 Melléklet: Táblázat jegyzék

1. táblázat: Néhány különbségvizsgálati módszer összehasonlítása	13
2. táblázat: A Guessing- és Thurstone modell összehasonlítása	16
3. táblázat: Néhány keresztmodális érzékelést vizsgáló, élelmiszer-fókuszú kutatás.....	20
4. táblázat: Az öröklött szintévesztés főbb típusai és előfordulásuk a populációban (Kolb et al., 1995 alapján)	23
5. táblázat: Az ortonazális és a retronazális illatérzékelés összehasonlítása (Rozin, 1982 nyomán).....	33
6. táblázat: a spektrálisan hangolható mérőállomás LED csatornáinak jellemző csúchullámhosszai	41
7. táblázat: A hígítási sor	42
8. táblázat: Az elkészített csokoládék jelölései.....	44
9. táblázat: Piros szörpökhöz használt megvilágítási környezetek	50
10. táblázat: Zöld szörpökhöz használt megvilágítási környezetek	50
11. táblázat: Kék szörpökhöz használt megvilágítási környezetek	51
12. táblázat: Sárga szörpökhöz használt megvilágítási környezetek	52
13. táblázat: Rangsorolós módszerek statisztikai értékelése (MSZ ISO 8587:2014)	53
14. táblázat: A vizsgált terméktulajdonságok és a skála végpont-értékei	58
15. táblázat : Az első szimulált kísérlet bemeneti táblázata	65
16. táblázat: A kiválasztott minták értékei a piros szörp esetében	66
17. táblázat: A kiválasztott minták értékei a zöld szörp esetében.....	66
18. táblázat: A kiválasztott minták értékei a kék szörp esetében	66
19. táblázat: A kiválasztott minták értékei a sárga szörp esetében	67
20. táblázat: A helyes kirakások sorszáma lebontva az egyes szörpöknél a különböző színes fénykörnyezetek alatt (K: kék, V: vörös, Z: zöld, A: [amber] borostyán, a számok pedig azt jelölik, hogy hány százalékon működött a LED)	67
21. táblázat: Page-próba szoftveres eredményei a Fény1 megvilágításra	68
22. táblázat: Szignifikáns különbségek a Cabilio-Peng próba alapján.....	68
23. táblázat: Cabilio-peng páronkénti összehasonlítás	68
24. táblázat: Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei Piros szörpmintákra.....	69
25. táblázat: Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei Zöld szörpmintákra	69
26. táblázat: Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei Kék szörpmintákra	69
27. táblázat: Cabilio-Peng páronkénti összehasonlítás eredményei Sárga szörpmintákra	70
28. táblázat: KM-féle túlélés elemzéseinek összegzése szörpök esetén (K: kék, V: vörös, Z: zöld, A: [amber] borostyán, a számok pedig azt jelölik, hogy hány százalékon működött a LED)	71
29. táblázat: A leghatékonyabb maszkoló fények az egyes szörpök esetében (az feltüntetett érték az adott LED maximális működéséhez van viszonyítva).....	72
30. táblázat: A tejszokoládé minták színkoordinátái a legvilágosabb mintától a legsötétebb mintáig	72
31. táblázat: A csokoládéminták között fennálló ΔE_{ab}^* színkülönbségek értékei	73
32. táblázat: A világítási környezetek fénysűrűség értékei	74
33. táblázat: Az 1. Kísérlet eredményei: Csokoládé minták monokromatikus megvilágításának érzékszervi hatásai (leíró statisztikák).....	75

34. táblázat: A kirakás helyességének eredményei Duncan-féle post hoc teszt szerinti szignifikáns különbségei alapján (1. Kísérlet)	75
35. táblázat: A kirakás, valós- és skálázott idejének eredményei Duncan-féle post hoc teszt szerinti szignifikáns különbségei alapján (1. Kísérlet)	76
36. táblázat: Az 1. Kísérlet Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés eredményei (Log-rank: L, Wilcoxon: W, Tarone-Ware: TW)	76
37. táblázat: A kombinált megvilágításnak érzékszervi hatásai csokoládék sorbarendezésére	78
38. táblázat: A kirakás helyességének eredményei Duncan-féle post hoc teszt szerinti szignifikáns különbségei alapján (2. Kísérlet) és az adaptáció mértéke (a megvilágítás esetében: A [amber]: borostyán, G [green]: zöld, B [blue]: kék. Az ezt követő szám pedig megmutatja, hogy a LED hány százalékon működött)	78
39. táblázat: A kirakás, valós- és skálázott idejének eredményei Duncan-féle post hoc teszt szerinti szignifikáns különbségei alapján (2. Kísérlet) (a megvilágítás esetében: A [amber]: borostyán, G [green]: zöld, B [blue]: kék. Az ezt követő szám pedig megmutatja, hogy a LED hány százalékon működött)	79
40. táblázat: A 2. Kísérlet Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés eredményei (Log-rank: L, Wilcoxon: W, Tarone-Ware: TW)	79
41. táblázat: Átlagos ΔE_{ab}^* színekülönbségek a szomszédos csokoládé minták között a maszkoló megvilágítások alatt	81
42. táblázat: A csokoládéminták vizuális tetrádtesztjeiben elért sikeres elkülönítéseinek eredményei	82
43. táblázat: Csokoládék Duncan-féle post hoc teszt eredménye az 50C minták <i>keserű illat</i> értékeire	86
44. táblázat: Fénykörnyezetek hatásai 99%-os megbízhatóság mellett	86
45. táblázat: A vizsgált sörminták EBC és CIELAB értékei (^a hozzáadott cseresznyelével; ^b hozzáadott citromlével; ^c hozzáadott grapefruitlével készült; ^d meggyel érlelve készült)	88
46. táblázat: European Brewery Convention (EBC) és CIELAB rendszer szerinti színekülönbségek	89
47. táblázat: A levegő és a meggy illat által kiváltott EEG jelek közötti különbségek csatornánként és résztvevőnként (az alsó sorokban az ANOVA által számított p-értékek láthatóak)	92
48. táblázat: Néhány delta csatornán rögzített EEG jelsorozat Duncan-féle post hoc teszt szerinti csoportosítása, ahol szignifikáns különbség adódott a belégzési blokkok között	93
49. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (théta) egyszempontos varianciaanalízissel	95
50. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (théta)	95
51. táblázat: A különböző szórású szimulált adatokból épített legjobb neurális hálózatok összegzései	97
52. táblázat: A hibás osztályozás eredményei a különböző szórású, szimulált adatokból épített neurális hálózatok esetén	98
53. táblázat: A különböző szórású szimulált adatokból épített legjobb neurális hálózatok osztályozási mátrixai	98
54. táblázat: A szimulált neurális hálózatok 10 legjelentősebb változói	98
55. táblázat: Az SRD bemeneti értékei azonos minta és eltérő vizsgálati módszer esetén	103
56. táblázat: A különbségvizsgálatok sorrendje szimulált adatokra a rangszám különbségek összege módszerrel összehasonlítva (elméleti)	104
57. táblázat: Az SRD bemeneti értékei azonos minta és eltérő vizsgálati módszer esetén	105
58. táblázat: A különbségvizsgálatok sorrendje szimulált adatokra a rangszám különbségek összege módszerrel összehasonlítva (gyakorlati)	106

59. táblázat: Az ISO ISO/TC 34 SC 12 Érzékszervi vizsgálat által kidolgozott nemzetközi szabványok	136
60. táblázat: A színek hatásai az érzékszervi kutatásokban	139
61. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (béta) egyszempontos varianciaanalízissel	150
62. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (béta).....	150
63. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (gamma) egyszempontos varianciaanalízissel	150
64. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (gamma)	150
65. táblázat: Fáradtság alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (gamma) egyszempontos varianciaanalízissel	150
66. táblázat: Fáradtság alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (gamma).....	151
67. táblázat: Hangulat alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (delta) egyszempontos varianciaanalízissel	151
68. táblázat: Hangulat alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (delta)	151
69. táblázat: Hangulat alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (béta) egyszempontos varianciaanalízissel	151
70. táblázat: Hangulat alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (béta)	151

M4 Melléklet: Az ISO ISO/TC 34 SC 12 Érzékszervi vizsgálat által kidolgozott nemzetközi szabványok

59. táblázat: Az ISO ISO/TC 34 SC 12 Érzékszervi vizsgálat által kidolgozott nemzetközi szabványok

Terminológiai szabványok
ISO 5492:2008 Sensory analysis — Vocabulary
ISO 5492:2008/AMD 1:2016 Sensory analysis — Vocabulary — Amendment 1
Útmutató szabványok
ISO 4121:2003 Sensory analysis — Guidelines for the use of quantitative response scales
ISO 3386:2012 Sensory analysis — General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors
ISO 3389:2007 Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms
ISO 3389:2007/AMD 1:2014 Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms — Amendment 1
ISO 11037:2011 Sensory analysis — Guidelines for sensory assessment of the colour of products
ISO 13300-1:2006 Sensory analysis — General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory — Part 1: Staff responsibilities
ISO 13300-2:2006 Sensory analysis — General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory — Part 2: Recruitment and training of panel leaders
ISO 20613:2019 Sensory analysis — General guidance for the application of sensory analysis in quality control
ISO 20784:2021 Sensory analysis — Guidance on substantiation for sensory and consumer product claims
Módszertani szabványok
ISO 3972:2011 Sensory analysis — Methodology — Method of investigating sensitivity of taste
ISO 3972:2011/COR 1:2012 Sensory analysis — Methodology — Method of investigating sensitivity of taste — Technical Corrigendum 1
ISO 4120:2021 Sensory analysis — Methodology — Triangle test
ISO 5495:2005 Sensory analysis — Methodology — Paired comparison test
ISO 5495:2005/AMD 1:2016 Sensory analysis — Methodology — Paired comparison test — Amendment 1

ISO 5495:2005/COR 1:2006 Sensory analysis — Methodology — Paired comparison test — Technical Corrigendum 1
ISO 5496:2006 Sensory analysis — Methodology — Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odours
ISO 5496:2006/AMD 1:2018 Sensory analysis — Methodology — Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odours — Amendment 1
ISO 5497:1982 Sensory analysis — Methodology — Guidelines for the preparation of samples for which direct sensory analysis is not feasible
ISO 6658:2017 Sensory analysis — Methodology — General guidance
ISO 3387:2006 Sensory analysis — Methodology — Ranking
ISO 3387:2006/AMD 1:2013 Sensory analysis — Methodology — Ranking — Amendment 1
ISO 3388:2017 Sensory analysis — Methodology — "A" - "not A" test
ISO 10399:2017 Sensory analysis — Methodology — Duo-trio test
ISO 11036:2020 Sensory analysis — Methodology — Texture profile
ISO 11056:2021 Sensory analysis — Methodology — Magnitude estimation method
ISO 11132:2021 Sensory analysis — Methodology — Guidelines for the measurement of the performance of a quantitative descriptive sensory panel
ISO 11136:2014 Sensory analysis — Methodology — General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area
ISO 11136:2014/AMD 1:2020 Sensory analysis — Methodology — General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area — Amendment 1
ISO 13299:2016 Sensory analysis — Methodology — General guidance for establishing a sensory profile
ISO 13301:2018 Sensory analysis — Methodology — General guidance for measuring odour, flavour and taste detection thresholds by a three-alternative forced-choice (3-AFC) procedure
ISO 13302:2003 Sensory analysis — Methods for assessing modifications to the flavour of foodstuffs due to packaging
ISO 16820:2019 Sensory analysis — Methodology — Sequential analysis
ISO 29842:2011 Sensory analysis — Methodology — Balanced incomplete block designs
ISO 29842:2011/AMD 1:2015 Sensory analysis — Methodology — Balanced incomplete block designs — Amendment 1

ISO 11035:1994 Sensory analysis — Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach
ISO 16779:2015 Sensory analysis — Assessment (determination and verification) of the shelf life of foodstuffs
Termékspecifikus edényzetre vonatkozó szabványok
ISO 3591:1977 Sensory analysis — Apparatus — Wine-tasting glass
ISO 16657:2006 Sensory analysis — Apparatus — Olive oil tasting glass

M5 Melléklet: A színek hatásai az érzékszervi kutatásokban

60. táblázat: A színek hatásai az érzékszervi kutatásokban

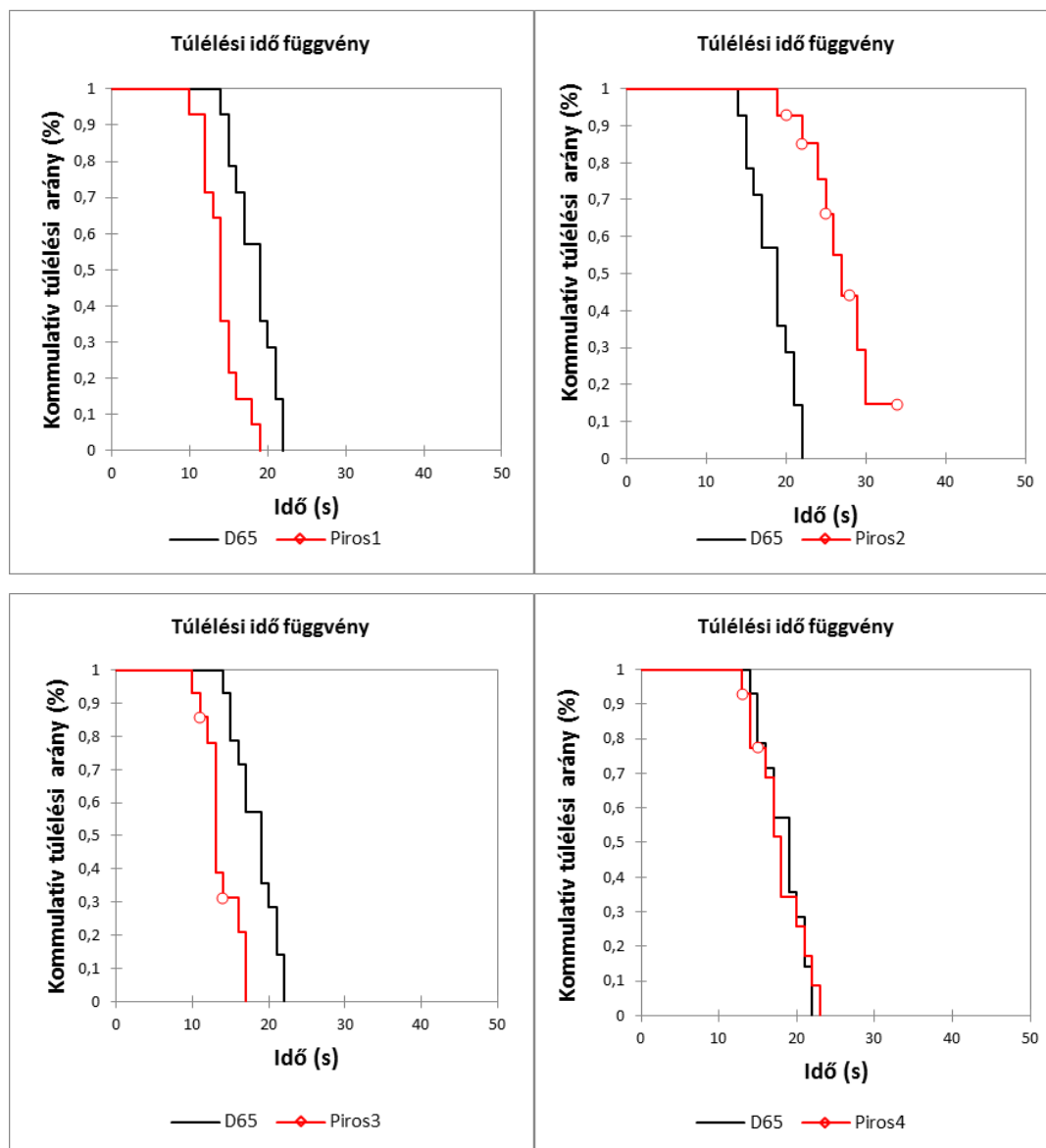
Szerző	Cél	Vizsgált termék	Befolyásolt inger és szín	Eredmény
Maga, 1974	Színek hatása az ízek küszöbkonzentrációjára	színezett ízesített oldatok	vörös, zöld, sárga, színtelen italok és a 4 alapíz	Zöld szín: növelte az édes íz felismerési küszöbét, míg a sárga csökkentette azt, a savanyú ízre való érzékenységet mindkét szín csökkentette. A vörös szín a keserű ízérzékenységet csökkentette.
Dubose et al., 1980	íz-identifikáció	gyümölcsös ízesítésű üdítőitalok	szín és íz identifikáció kapcsolatának vizsgálata	a színelmaszkolás csökkentette az identifikációs képességet; valamint üdítők színezettségének szignifikáns hatása van az elfogadásra
(Johnson & Clydesdale, 1982)	Szín hatása az észlelt édes ízre	Cseresznye ízű üdítő	eltérő szín intenzitású üdítők	a színeesebb üdítők szignifikánsabban édesebbnek érződtek
(Roth et al., 1988)	Szín hatása az észlelt édes ízre	lime és citrom szörp	eltérő színű és íz intenzitású üdítők	a színes üdítők szignifikánsabban édesebbnek érződtek, mint a halványabbak
(D. A. Zellner & Kautz, 1990)	Színek hatása az illatok intenzitására	Illatok		az illatokat intenzívebbnek érezték, ha azokat színnel társítva érzékelték
(Gilbert et al., 1996)	Illatok társítása színekhez	Természetes és mesterséges illatok	Illatok és színek közötti kapcsolat vizsgálata	Adott illatokhoz adott színeket társítanak

(Garber et al., 2000)	Szín hatása az íz identifikációra (Különböző színű és feliratú termék-kombinációk)	Narancs ízű italporok	szín: átlátszó, narancssárga , lila termék; címke felirat: szőlős, narancsos, gyümölcsös)	a szín és címke megtévesztő jellege rontotta a fogyasztók íz identifikációs képességét, valamint a különböző érzékszervi tulajdonság megítélését
(Morrot et al., 2001)	Szín hatása az identifikációra	fehérborok és vörösborok	vörösre színezett minták	a bírálók nem voltak képesek szignifikánsan megkülönböztetni a vörösbort és a színezett fehérbort, csupán az illatuk alapján
(D. Zellner & Durlach, 2003)	Szín hatása a termék tulajdonságaira és kedveltségére	Citrom, menta és vanília ízű üdítőitalok	Mind a három ital 8-8 eltérő színben	Számos eredmény: az atipikus szín rontja a íz-identifikációs képességet
(Koch & Koch, 2003)	Szín-íz hatások vizsgálata	Üdítőitalok	10 különböző szín, 8 különböző íz	pozitív összefüggés: sárga szín és a savanyú, a citrusos és gyümölcsös íz közt, negatív összefüggés: a kék szín és a savasság, a keserűség és a sósság közt
(Guéguen, 2003)	Színek hatása a szomjoltó hatásra	Üdítőitalok	Sárga, kék, zöld és piros színű poharak	A kék színű pohárol fogyasztott üdítő volt a leginkább szomjoltó hatású
(Koza et al., 2005)	Színek hatása az ortonazális és retronazális illatintenzitás érzékelésére	Gyümölcsös ízesítésű palackozott vizek: cranberry–grapefruit & tangerine–pineapple–guava	cranberry–grapefruit & tangerine–pineapple – guava	a piros szín az ortonazális módon szagolt illatoknak nagyobb intenzitást adott, míg a retronazális szaglás esetén a piros szín csökkentette az érzékelt illat intenzitását

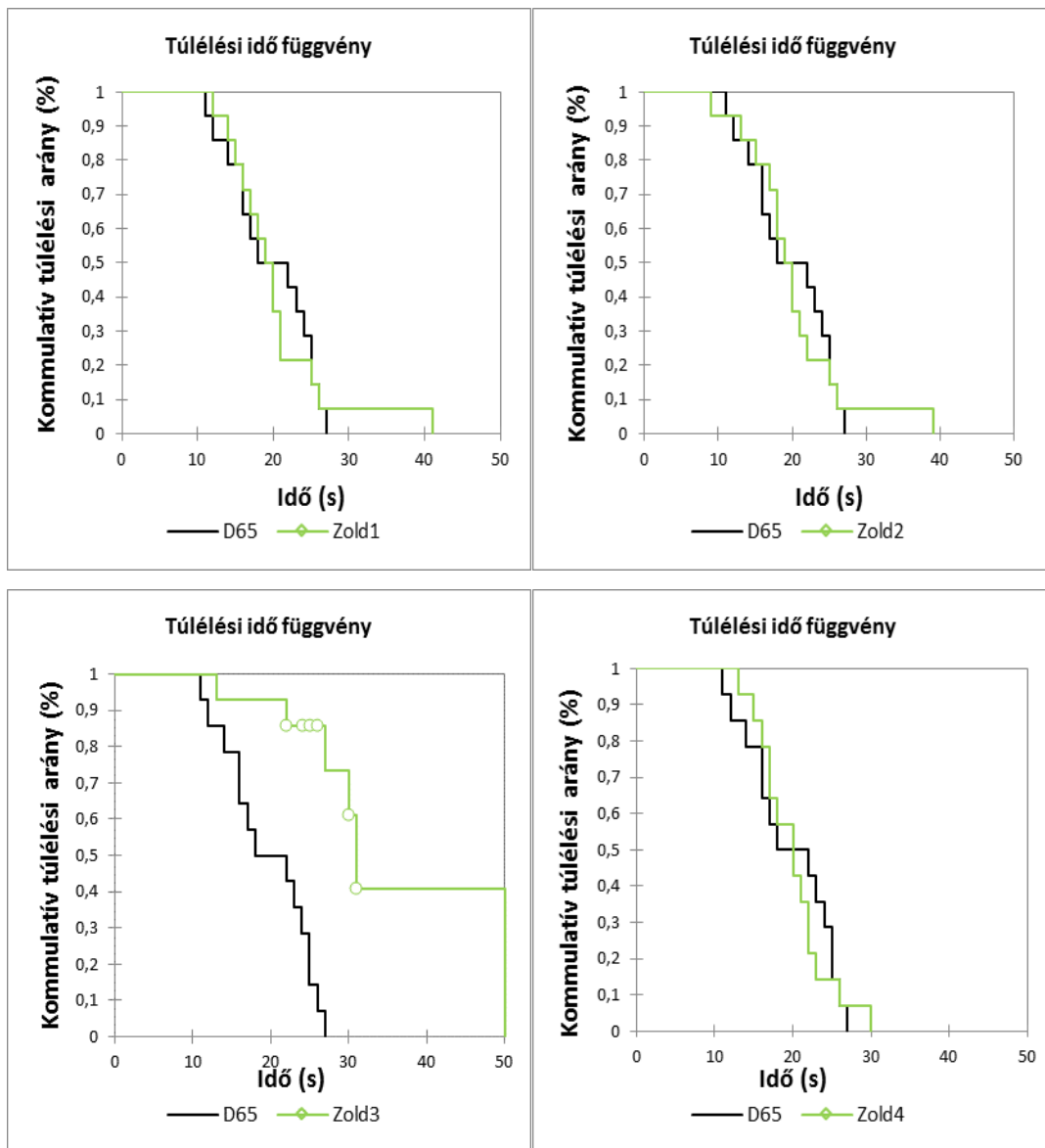
(Ross et al., 2008)	Eltérő vizuális körülmények hatása a terméktulajdonságokra	Vörösbor	Pohár és fény kombinációja: átlátszó pohár és fehér fény; kobalt-színű pohár és fehér fény; átlátszó pohár és vörös fény	vörös fény alatt az egyik borfajta szignifikánsabban fűszeresebbnek érződött, mint más megvilágítások alatt, a vörös fény alatt a bor szájösszehúzó-hatása is erősebbnek bizonyult
(Oberfeld et al., 2009)	Környezet színének hatása a kedveltségre	Fehérborok	Vörös, kék, fehér és zöld szín megvilágítási környezet	vörös és kék megvilágítási környezetben a borok magasabb kedveltségi pontszámokat kaptak, mint fehér vagy zöld környezetben
(Piqueras-Fiszman & Spence, 2012)	A kóstolópohár színének hatása az intenzitásra kedveltségre	Forró csokoládé	piros, narancssárga, fehér és sötét-krém színű poharak	a narancssárga és a sötét-krém színű poharak esetén magasabb csokoládé ízt és jobb fogyasztói elfogadottságot jeleztek a bírálók. A sötét poharakból édesebbnek, és intenzívebb aromájúnak érezték, mint a többi pohár esetében.
(Van Doorn et al., 2014)	Kóstolóedény hatása a kedveltségre	Kávé	Kék, fehér bögre és átlátszó üvegpohár	a fehér bögréből fogyasztott kávé intenzívebb ízűnek érezték, mint az átlátszó pohárban bemutatott kávékat
(Cho et al., 2015)	Elfogyasztott étel mennyisége és kedveltsége színezett fény alatt	készételek: sonkás-sajtos omlett és mini palacsinta	Fehér, sárga és kék megvilágítás	kék színű megvilágítás alatt csökken az ételek megjelenésének kedveltsége, valamint a férfiak esetében szignifikánsan kevesebb étel fogyott

(Huang & Lu, 2015)	Csomagolás színének befolyása a termék jellegére	Müzli, jégkrém, jeges tea és joghurt	Különböző színű csomagolások	a fogyasztók a piros színű csomagolást édesnek, míg a kék és zöld színű csomagolást egészséges terméknek kódolják
(Risso et al., 2015)	Pohár színének hatása az észlelt szénsavasságra	Ásványvíz	Kék, piros és fehér műanyagpoharak	kék vagy piros pohárból fogyasztott ásványvizet szénsavasabbnak érezték a fogyasztók
(Schifferstein et al., 2017)	Háttér színének befolyása a kedveltségre	Zöldségek: paradicsom, répa, sárga paprika, uborka, padlizsán	világoskék, sötétkék, világos narancssárga és sötét narancssárga háttér	Egyik vizsgált háttérszín sem növeli globálisan a megjelenés kedveltségét. Minden egyes zöldségre célszerű egy termékspecifikus háttérszín meghatározása.

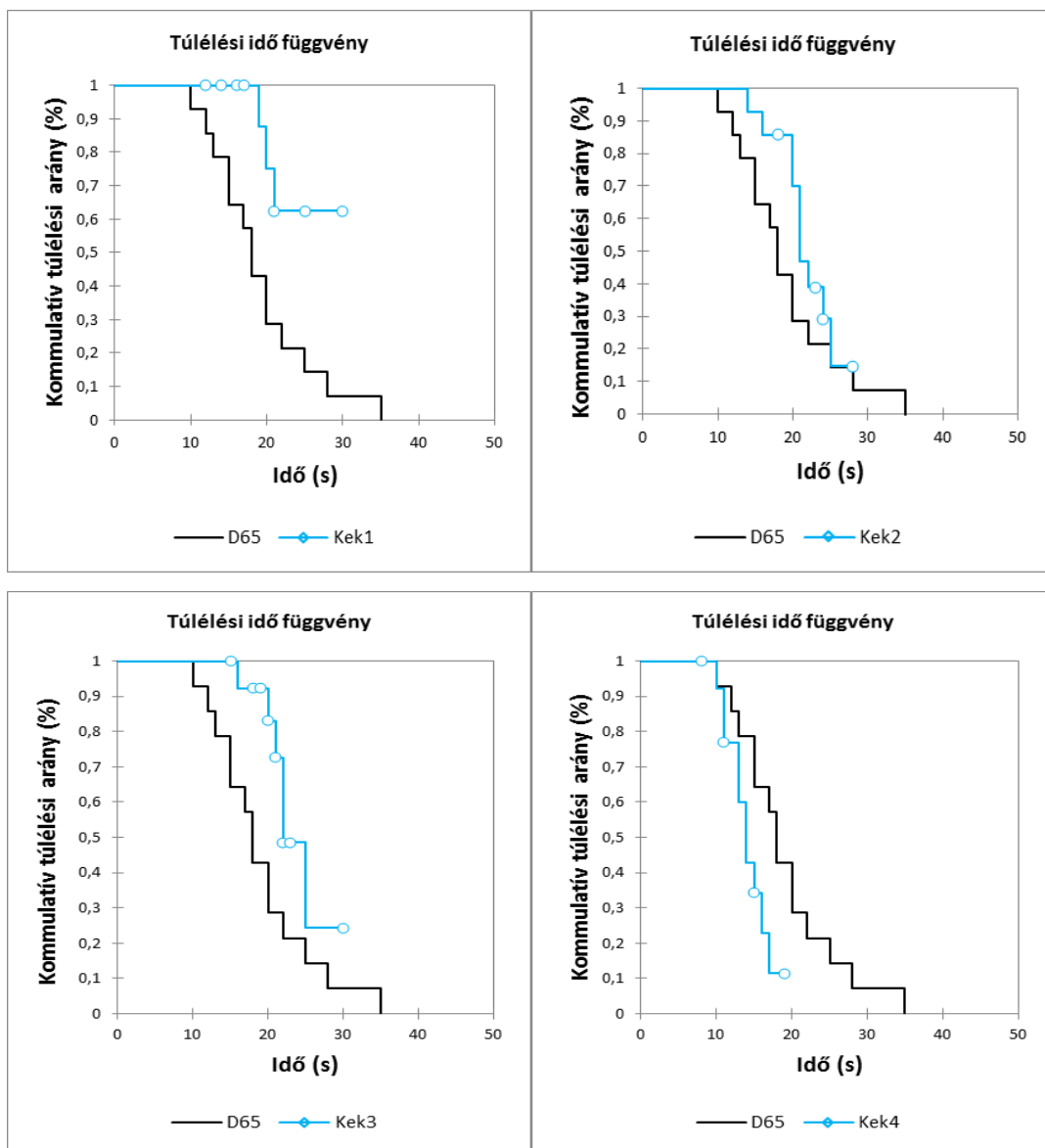
M6 Melléklet: A szörpök és az egyes megvilágítási környezetek túlélés görbéi



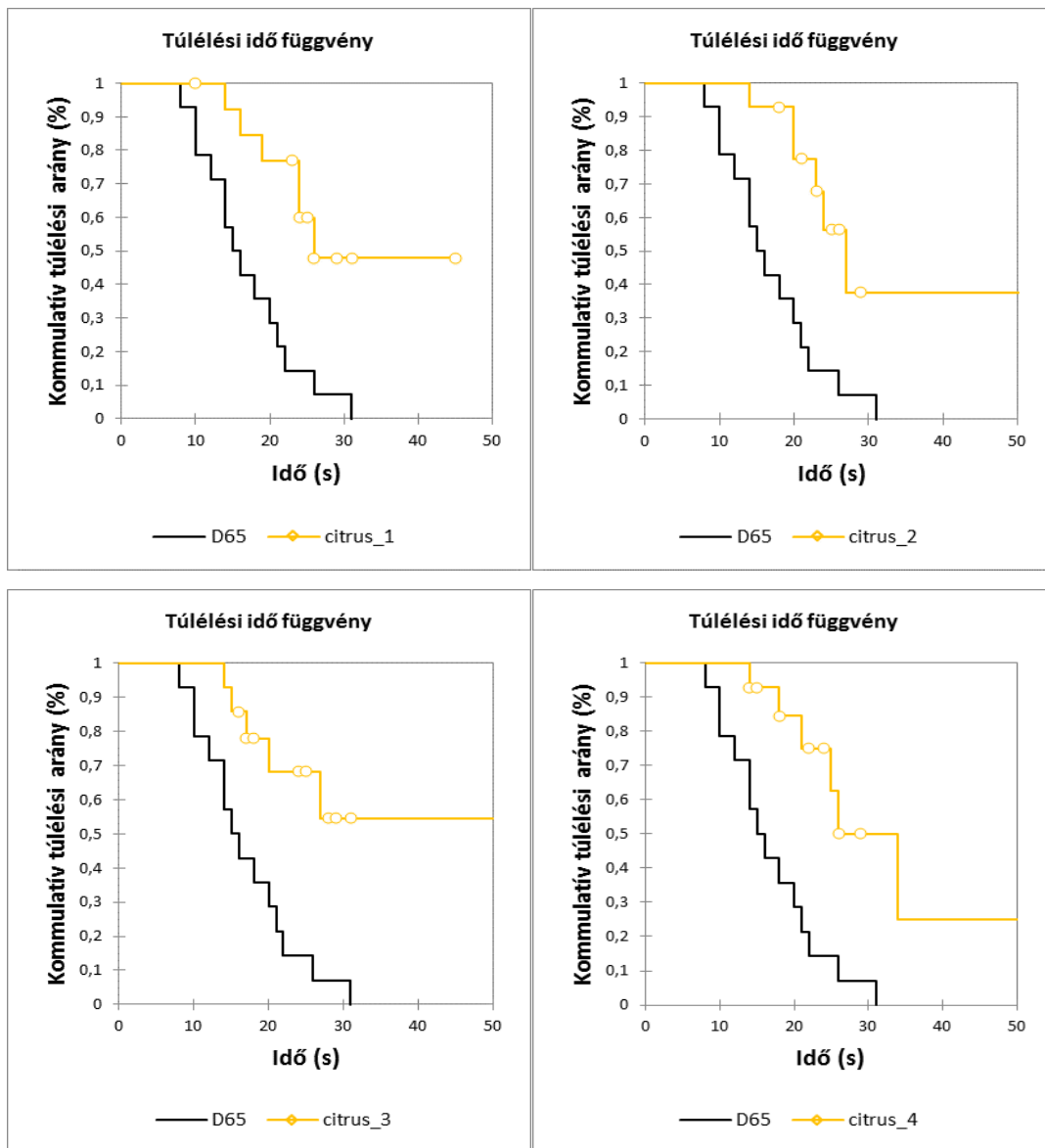
49. ábra: D65 és Fény1 (bal felül), Fény2 (jobb felül), Fény3 (bal alul) ill. Fény4 (jobb alul) túlélés görbéi piros szörpök esetében



50. ábra: D65 és Fény1 (bal felül), Fény2 (jobb felül), Fény3 (bal alul) ill. Fény4 (jobb alul) túlélés görbéi Zöld szörpök esetében



51. ábra: D65 és Fény1 (bal felül), Fény2 (jobb felül), Fény3 (bal alul) ill. Fény4 (jobb alul) túlélés görbéi Kék szörpök esetében



52. ábra: D65 és Fény1 (bal felül), Fény2 (jobb felül), Fény3 (bal alul) ill. Fény4 (jobb alul) túlélés görbéi Kék szörpök esetében

M7 Melléklet: Az EEG vizsgálatban alkalmazott kérdőívek

Többdimenziós fáradtságtünet-leltár – Rövid változat (Multidimensional Fatigue Symptom Inventory-Short Form, MFSI-SF) (Stein et al., 1998 alapján, saját fordítás)

Jelölje be, hogy jelen pillanatban mennyire jellemzőek Önre!						
		Nem jellemző	Kissé jellemző	Mérsékeltén jellemző	Meglehetősen jellemző	Rendkívül jellemző
1.	Nehezen emlékszem dolgokra	1	2	3	4	5
2.	Fájnak az izmaid	1	2	3	4	5
3.	Lehangolt vagyok	1	2	3	4	5
4.	Gyengének érzem a lábaim	1	2	3	4	5
5.	Vidám vagyok	1	2	3	4	5
6.	Nehéznek érzem a fejem	1	2	3	4	5
7.	Élénk vagyok	1	2	3	4	5
8.	Idegeseknek érzem magam	1	2	3	4	5
9.	Kipihentnek érzem magam	1	2	3	4	5
10.	Ki vagyok fulladva	1	2	3	4	5
11.	Össze vagyok zavarodva	1	2	3	4	5
12.	Nyüzöttnek érzem magam	1	2	3	4	5
13.	Szomorúnak érzem magam	1	2	3	4	5
14.	Kimerültnak érzem magam	1	2	3	4	5
15.	Problémás a figyelmem fenntartása	1	2	3	4	5
16.	Gyengének érzem a karjaimat	1	2	3	4	5
17.	Lomhának érzem magam	1	2	3	4	5
18.	Lestrapáltnak érzem magam	1	2	3	4	5
19.	Mindenem fáj	1	2	3	4	5
20.	Nem tudok koncentrálni	1	2	3	4	5
21.	Levertnek érzem magam	1	2	3	4	5
22.	Frissnek érzem magam	1	2	3	4	5
23.	Feszült vagyok	1	2	3	4	5
24.	Energetikusnak érzem magam	1	2	3	4	5
25.	Több hibát vétek, mint általában	1	2	3	4	5
26.	Nehéznek érzem a testem	1	2	3	4	5
27.	Feledékeny vagyok	1	2	3	4	5
28.	Fáradt vagyok	1	2	3	4	5
29.	Nyugodt vagyok	1	2	3	4	5
30.	Bosszús vagyok	1	2	3	4	5

PANAS-skála (*Positive Affect Negative Affect Scale*) (Watson et al., 1988; fordította: Deák, 2011)

Az alábbi lista számos olyan kifejezést tartalmaz, amely különböző érzéseket és érzelmeket ír le. Kérjük, hogy valamennyi tételt figyelmesen olvassa el és az adott kifejezés melletti szám bekarikázásával jelölje, hogy milyen mértékben jellemző Önre az adott érzés.

		Nem jellemző	Kissé jellemző	Mérsékelten jellemző	Meglehetősen jellemző	Rendkívüli módon jellemző
1.	édeklődő	1	2	3	4	5
2.	lehangolt	1	2	3	4	5
3.	izgatott	1	2	3	4	5
4.	zaklatott	1	2	3	4	5
5.	élénk	1	2	3	4	5
6.	bűntudatos	1	2	3	4	5
7.	rémült	1	2	3	4	5
8.	ellenséges	1	2	3	4	5
9.	lelkes	1	2	3	4	5
10.	bűszke	1	2	3	4	5
11.	ingerlékeny	1	2	3	4	5
12.	éber	1	2	3	4	5
13.	megszégyenült	1	2	3	4	5
14.	ihletett	1	2	3	4	5
15.	ideges	1	2	3	4	5
16.	eltökélt	1	2	3	4	5
17.	figyelmes	1	2	3	4	5
18.	ijedt	1	2	3	4	5
19.	aktív	1	2	3	4	5
20.	félős	1	2	3	4	5

Illattudatosság skála (*Odor Awareness Scale, OAS*) (Smeets et al., 2008)

Ez a kérdőív a különböző helyzetekben kérdez rá az illatkora és a szaglásra. Kérjük, hogy jelölje meg azt a választ, amely a legjobban kifejezi a véleményét, vagy az érzését az adott helyzetben.

Válasz kategóriák: Mindig (5), gyakran (4), néha (3), ritkán (2), soha (1).

1. Amikor erdőben sétál, odafigyel-e az illatokra maga körül?
2. Amikor valaki a konyhában dolgozik, észreveszi-e a készülő étel illatát?
3. Észreveszi-e a házakból kiáramló étel illatokat, amikor a szabadban van?
4. Amikor tanul, vagy koncentrálni valamire, a környezetben levő illatok elvonják-e a figyelmét?
5. Ha egy idegen házba lép be, észreveszi-e hogy milyen az illata?
6. Megszagol-e egy új könyvet?
7. Amikor egy ismerőse -például egy új parfüm miatt- a megszokottól eltérő illatú, egyből észreveszi-e?
8. Észreveszi-e az emberek leheletének vagy izzadságának a szagát?
9. Oda figyel-e a parfümre, a borotválkozás utáni arcszeszre, vagy a dezodorra, amit más emberek használnak?
10. Ön-e az első, aki megérzi a gázzagot?
11. Ön-e az első, aki megérzi, ha megsavanyodott a tej?
12. Ön-e az első, aki megérzi, hogy tűz ég, még akkor is, amikor a szag csak egy kerti griltől, vagy tűzhelytől jön?
13. Ön-e az első, aki kiszagolja a romlott ételt a hűtőszekrényben?
14. Érez-e vidámságot vagy boldogságot, amikor kellemes illatot érez meg a levegőben?
15. Egy zavaros, vagy ismeretlen illat a környezetben feldühíti, vagy bosszússá teszi-e?
16. Aggódik-e egy kellemetlen szag miatt, ha az nem tűnik el?
17. Ébresztenek-e Önben az illatok erős vagy élénk emlékeket?
18. Megszagolja-e ruháit, mielőtt felvenné őket?
19. A füst- vagy ételszag az előző éjszakából továbbra is megmarad a ruháiban. Új ruhákat vesz-e fel a szag miatt?
20. Az ételszag miatt néha leveszi-e azt? Szokott-e ruhát cserélni a beleivódott ételszag miatt?

M8. Melléklet: Az illatérzékenység, fáradtság és hanulat befolyásoló hatásai

61. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (béta) egyszempontos varianciaanalízissel

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	1	0,278	0,278	9,435	0,002
Error	638	18,827	0,030		
Corrected Total	639	19,105			

62. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (béta)

Category	LS means	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups
erzekeny	0,770	0,009	0,752	0,788	A
nem-erzekeny	0,728	0,010	0,708	0,748	B

63. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (gamma) egyszempontos varianciaanalízissel

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	1	1,218	1,218	22,987	<0,0001
Error	638	33,814	0,053		
Corrected Total	639	35,032			

64. táblázat: Illatérzékenység alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (gamma)

Category	LS means	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups
erzekeny	0,700	0,012	0,676	0,724	A
nem-erzekeny	0,612	0,014	0,585	0,639	B

65. táblázat: Fáradtság alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (gamma) egyszempontos varianciaanalízissel

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	1	0,285	0,285	5,226	0,023
Error	638	34,748	0,054		
Corrected Total	639	35,032			

66. táblázat: Fáradtság alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (gamma)

Category	LS means	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups
faradt	0,697	0,018	0,661	0,733	A
kipihent	0,648	0,011	0,627	0,669	B

67. táblázat: Hangulat alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (delta) egyszempontos varianciaanalízissel

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	1	0,243	0,243	3,864	0,050
Error	637	40,026	0,063		
Corrected Total	638	40,269			

68. táblázat: Hangulat alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (delta)

Category	LS means	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups
passzív	0,654	0,018	0,619	0,690	A
aktív	0,612	0,012	0,588	0,635	B

69. táblázat: Hangulat alapján klaszterezett csoportok agyi jeleinek összehasonlítása (béta) egyszempontos varianciaanalízissel

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	1	0,188	0,188	6,345	0,012
Error	638	18,917	0,030		
Corrected Total	639	19,105			

70. táblázat: Hangulat alapján klaszterezett csoportok: Dunca-féle post hoc teszt (béta)

Category	LS means	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups
passzív	0,777	0,012	0,752	0,801	A
aktív	0,739	0,008	0,723	0,755	B

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik segítették munkámat.

A témavezetőmnek, dr. Sipos László egyetemi docensnek, aki szakmailag felügyelte doktori munkámat, és mindvégig értékes tanácsokkal látott el a kutatásaimmal kapcsolatban. Hálás vagyok, hogy az évek alatt egyetértésben tudtunk eredményesen együtt dolgozni.

Köszönettel tartozom az Érzékszervi Minősítés Tanszék volt és jelenlegi munkatársainak, dr. Kókai Zoltánnak, dr. Gere Attilának és Bálint Melindának, akik észrevételeikkel, meglátásukkal, támogatásukkal, olykor pedig csak egy-egy baráti szóval vagy nyitott füllel segítettek e disszertáció elkészültét. Különösképpen Boros Ildikó Fruzsina és Biró Barbara kollegáimnak, a baráti segítőkészségért és szakmai vitákért, és a vidám percekért.

Köszönöm a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszéknek, különösen Urbin Ágnesnek, hogy segítette a közös kutatások létrejöttét.

Köszönöm dr. Sztahó Dávidnak (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Távközlési És Médiainformatikai Tanszék), hogy szaktudásával segítette az agyhullámokkal kapcsolatos kutatásomat.

Kifejezetten hálás vagyok feleségemnek, hogy mindenben segített, támogatott és türelemmel viselte doktori munkám készítését.

Nem utolsó sorban szeretném megköszönni szüleimnek, hogy támogatásukkal és ösztönzésükkel biztosították a körülményeket és lehetőséget tanulmányaimhoz.