



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

***SNIFFIN' STICKS* ILLATAZONOSÍTÁS TESZT
FEJLESZTÉSI PONTJAINAK MEGHATÁROZÁSA**

**Identifying development points for the *Sniffin' Sticks* odour identification
test**

TDK dolgozat

Szerző:

Galambosi Zsófia

PGNMB1

Élelmiszerbiztonsági és -minőségi mérnöki

Mesterképzés

nappali tagozat

Budai Campus

Konzulensek:

Dr. Sipos László, egyetemi docens, MATE, Budai Campus,
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Árukezelés,
Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítés Tanszék

Csóka Mariann, egyetemi docens, MATE, Budai Campus,
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Táplálkozástudományi
Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi szekció

Budapest

2023.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
2. Célkitűzés	3
3. Irodalmi áttekintés	4
3.1. <i>Illatérzékelés és tesztelési lehetőségei</i>	4
3.1.1. Orto- és retronazális illatérzékelés és befolyásoló tényezők	4
3.1.2. Aromanyagok	5
3.1.3. <i>Sniffin' Sticks</i> tesztek az illatérzékelés vizsgálatára	7
3.2. <i>Műszeres illat- és aromavizsgálatok</i>	9
3.2.1. Mintaelőkészítés	9
3.2.2. Gázkromatográfia-tömegspektrometria	12
3.2.3. Gázkromatográfia-olfaktometria	13
3.2.4. Gázkromatográfia- olfaktometria-tömegspektrometria	15
4. Anyagok és módszerek.....	16
4.1. <i>Sniffin' Sticks</i> illatérzékelési tesztrendszer.....	16
4.2. <i>Műszeres aromavizsgálat</i>	18
4.2.1. Mintavétel.....	18
4.3.2. Műszeres vizsgálat	19
5. Eredmények és értékelésük	20
5.1. <i>Sniffin' Sticks</i> illatérzékelési tesztrendszer eredményei	20
5.2. <i>A kulturálisan adaptált Sniffin' Sticks tesztek statisztikai szempontú elemzése</i>	21
5.2.1. Helyes válaszok gyakoriságának kiegyenlítetttsége.....	22
5.2.2. Válasz illat alternatívák számának hatása	23
5.3. <i>A műszeres aromavizsgálat eredményei</i>	25
6. Összefoglalás	32
7. Irodalomjegyzék.....	34
8. Mellékletek.....	39

1. Bevezetés

Az emberi szervezet öt fő modalitása a szaglás, az ízlelés, a tapintás, a látás és a hallás. Általában természetesnek vesszük ezek normális működését, és nem mindig vesszük észre csökkent működésüket (van Spronsen et al., 2013). Az öt érzékelés közül a szaglás a legösszetettebb és a legegyszerűbb (McGinley et al., 2000). A humán illatérzékelésnek számos területen van kiemelt szerepe, beleértve az étvágyat, az örömrészt vagy érzelmi emlékeztet. Az egészséges szaglásnak széleskörű hatása van a biztonságra, például olyan veszélyes vagy kockázatos helyzet érzékelésénél, mint a tűz, a füst, a gázszivárgás vagy a romlott élelmiszerek észlelésében, azonosításában (Cameron és Doty, 2013; Chalouhi et al., 2005; Davidson et al., 1998; Gellrich et al., 2019, Jaramillo et al., 2022).

A humán illatérzékelés tesztelésére a világon legelterjedtebb pszichofizikai teszt a *Sniffin' Sticks* tesztrendszer, amelyek az eredeti német rendszer (Burghart Messtechnik GmbH, Holm, Németország) alkalmazásai, fejlesztései, adaptációi. Ezek a rendszerek jól használhatók, egyszerűek, relatíve olcsó diagnosztikai eszközök az illatküszöbérték, illat megkülönböztető képesség, illatazonosító képességek vizsgálatára (Kobal et al., 1996). Annak ellenére, hogy a nemzetközi kutatások a *Sniffin' Sticks* tesztrendszert és célspecifikus adaptációit számos szempontból elemezték már (Cavazzana et al., 2017, Fjaeldstad et al., 2015, Konstantinidis et al., 2008, Shu et al., 2007, Silveira-Moriyama et al., 2008, Skorvanek et al., 2017, Sorokowska és Hummel, 2014), azonban ezek statisztikai szempontú felülvizsgálata mindezekig nem valósult meg.

Magyarországon még nem létezik kulturálisan adaptált *Sniffin' Sticks* illatazonosító teszt, azonban a Semmelweis Orvostudományi Egyetem Fül-Orr-Gégészeti és Fej-Nyaksebészeti Klinika poszt-COVID Szaglász Ambulanciáján az eredeti német teszt magyar fordítását alkalmazva szaglászvizsgálattal és szaglásztréninggel segítenek a koronavírus-fertőzés során elvesztett szaglász embereknek (Internet 1).

A *Sniffin' Sticks* illatazonosító teszt tollaiban található aromakomponensek pontos összetétele mindezekig ismeretlen. Erre vonatkozó kutatást csak Fjaeldstad et al. (2017) végzett, amelyben a citrom illatú toll illatanyagait és aromáit mutatták ki gázkromatográf-tömegspektrométer-olfaktometria kapcsolt analitikai módszer segítségével.

2. Célkitűzés

Kutatásom fő célkitűzése a *Sniffin' Sticks* illatazonosítás teszt fejlesztési pontjainak meghatározása, valamint az illatanyagok műszeres minőségi azonosítása.

A fő célkitűzéshez kapcsolódó alcélkitűzések:

1. Az eredeti, a fejlesztett és az adaptált *Sniffin' Sticks* illatérzékelési rendszerek összehasonlító értékelése a nemzetközi szakirodalom és gyakorlati protokollok alapján.
2. A *Sniffin' Sticks* illatazonosítási tesztek statisztikai fókuszú értékelése, a potenciális torzító tényezőinek meghatározása és ezek megoldására kidolgozott javaslatok megfogalmazása.
3. A teljes *Sniffin' Sticks* tesztrendszer (küszöbérték teszt, illatmegkülönböztetés teszt, illatazonosítás teszt) integrálásával célspecifikus illatazonosítási kísérlet megtervezése, megvalósítása, kiértékelése a nem valódi válaszalternatívák hatásainak tesztelésére.
4. A *Sniffin' Sticks* illatazonosítási teszt aromakomponenseinek meghatározása, a gázkromatográfia-tömegspektrometria-olfaktometria (GC-MS-O) kapcsolt analitikai rendszerrel.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Illatérzékelés és tesztelési lehetőségei

A szaglőrendszer fejlődése már az emberi embrió korai szakaszában elkezdődik. A szaglógumók kialakulása az 56. napon fejeződik be, és ekkor érik el végleges szerkezetüket. Ezt követően a *placode* sejtek *gonadotrop* sejtekké differenciálódnak, majd a terminális idegen, a szaglőidegen és a *vomeronasalis* idegen keresztül jutnak el a hipotalamuszba. A szaglőrendszer egy része a hipotalamusz elülső részébe vezet, ami a szagok érzékeléséért és megkülönböztetéséért felelős. A másik része pedig a limbikus rendszerbe és a hippocampusba vetül, ami a szaglás viselkedési hatásáért és a szagok emlékezetéért felelős. Szaglás során az illékony vegyi anyagok az orrüregben elhelyezkedő szaglógumó speciális hámszövetében található receptor neuronokat stimulálják, amelyek információi a szaglópályákon és szaglőidegeken keresztül jutnak el az agy egyes területeihez (Dalton et al., 2013). Az ecetsav még nagyon alacsony koncentrációban is képes egy specifikus trigeminális receptort ingerelni. Ennek eredményeként bizsergő érzés keletkezik, amely magasabb koncentráció esetén éles, égető, sőt fájdalmas érzéssé válik (Mariño-Sánchez et al., 2020).

A szaglóképesség leírására többféle diagnosztikai kategória létezik. Az *anosmia* a szaglás teljes elvesztését, míg a *hyposmia* a részleges elvesztését jelenti. Ugyanakkor a *presbyosmia* kifejezést arra használják, hogy az öregedéssel járó szaglásvesztést leírják. Ez a kifejezés azonban kevésbé pontos, mivel nem különbözteti meg a teljes és részleges szaglásvesztést. Az elnevezés azt sugallja, hogy az időskori szaglásvesztést pusztán az öregedés okozza, aminek hátterében egyéb tényezők is állhatnak (Gotow et al., 2021).

3.1.1. Orto- és retronazális illatérzékelés és befolyásoló tényezők

Az illatanyagok kétféle úton juthatnak el a szaglő receptorokhoz. Az elsődleges út során a normál belélegzéssel az orrlyukakon keresztül áramlik a levegő, ez az úgynevezett ortonazális út. A másodlagos út a retronazális illatérzékelés, ekkor a légáram a szájüreg hátsó részéből, az orrgaraton keresztül, a szaglőreceptorokhoz kerül. Az ételek ízének érzékelése, a rágás, az ivás és a nyelés során az orrgaratba retronazálisan bejutó illatanyagok, az ízérzékelés és a szájüregi szomatoszenzoros érzetek (textúra, hőmérséklet, hideg) kombinációjából tevődnek össze (Dalton et al., 2013).

A szaglás és az ízérzékelés csökkenése gyakran egy időben jelentkezik. Általában az ízérzékelési problémák megelőzik a szaglásban bekövetkező panaszokat. Ennek következtében a kutatók gyakran alkalmazzák a retronazális szaglási teszteket az illatérzékelés tesztelésére.

Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy ezek a tesztek még mindig fejlesztés alatt állnak, és messze elmaradnak az orthonazális tesztektől (Özay et al., 2019).

Az egyének szaglása, az illatok észlelésének, felismerésének és azonosításának képessége változó lehet, de általában a normális működés tartományába esik (Pomares et al., 2002).

A nemzetközi szakirodalom alapján a szaglást számos tényező befolyásolja:

- életkor (Cain et al., 2008, Chalouhi et al., 2005, Han et al., 2018, Hummel et al., 2012, Nováková és Havlíček, 2020, Pomares et al., 2002),
- nem (Nováková et al., 2014, Nováková és Havlíček, 2020),
- légúti fertőzések, orr- és orrmelléküreg-betegségek (orrnyálkahártya gyulladás, allergia, bronchiális asztma, orrmandula megnagyobbodás, SARS-CoV-2 fertőzés) (Dalton et al., 2013, Davidson et al., 1998, Gellrich et al., 2019, Hertz et al., 1974, Hugh et al., 2015, Jaramillo et al., 2022, Mariño-Sánchez et al., 2020, van Spronsen et al., 2013),
- rendellenességek (Alzheimer-kór, Parkinson-kór, Kallmar-szindróma, Down-szindróma, CHARGE-szindróma, autizmus, figyelemhiányos/hiperaktivitási zavar, cisztás fibrózis, skizofrénia, szklerózis multiplex, krónikusan csökkent pajzsmirigyműködés, pajzsmirigy megnagyobbodás, cukorbetegség) (Cameron és Doty, 2013, Chalouhi et al., 2005, Davidson et al., 1998, Gellrich et al., 2019, van Spronsen et al., 2013),
- siketség (Guducu et al., 2016),
- fejsérülés (Dalton et al., 2013, Davidson et al., 1998, Hugh et al., 2015, Mariño-Sánchez et al., 2020),
- neurológiai károsodás (Cain et al., 2008, Frank et al., 2003),
- depresszió, pánikbetegség (Schienle és Schlögl, 2019),
- gyógyszer (Doty és Bromley, 2004),
- dohányzás (Hugh et al., 2015),
- toxinok, szennyező anyagok (Dalton et al., 2013).

3.1.2. Aromaanyagok

Az élelmiszerekben fellelhető több mint 10 000 illékony vegyület közül csak körülbelül 5-10% tekinthető valódi aromakomponensnek (Jeleń et al., 2017). Ezek az aromák a levegőben található illékony vegyületek egyszerű vagy összetett keverékei, amelyek olyan koncentrációban vannak jelen, hogy az állatok szaglószervük receptorai által érzékelhetik ezeket. Az aroma lehet egyetlen vegyület vagy néhány vegyület keveréke, ahol az egyik a

domináns vagy fő komponens. Az élelmiszerek aromái általában több száz különböző vegyületből állnak, amelyek mindegyike hozzájárul az aroma egyedi tulajdonságaihoz és jellemzőihez (Wilson és Baietto, 2009). Az illatkomponensek aromajellegét nem csak minőségük, hanem mennyiségük, koncentrációjuk is jelentősen befolyásolja. Kis mennyiségben kellemes illatú vegyületeket nagyobb koncentrációban gyakran kellemetlennek vagy zavarónak érzékelhetünk (Belitz et al., 2009). Az aromák gyakran illatoknak vagy szagoknak nevezhetők, attól függően, hogy kellemes vagy kellemetlen érzetet keltenek, amelyek szinonimaként használhatók (Wilson és Baietto, 2009).

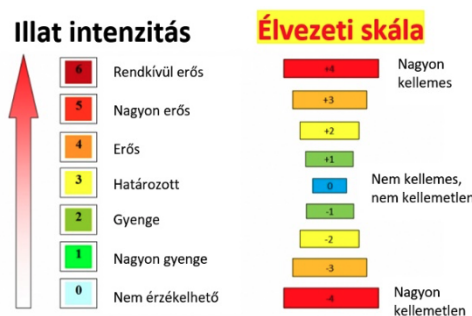
Az aromákat általában négy számszerűsíthető minőségi dimenzió jellemzi: küszöbérték, intenzitás, minőség és kedveltség (Wilson és Baietto, 2009). Az illatanyag észlelése csak akkor történik meg, ha annak mennyisége meghaladja az illatérzékelés abszolút felismerési küszöbértékét. A felismerési küszöbérték alatt, a detektálási küszöbön kisebb mennyiség is érzékelhető, bár az aroma minőségét még nem lehet egyértelműen meghatározni (Belitz et al., 2009, MSZ ISO 5492:2009).

Az illat érzékelt intenzitása az aromaérzet észlelt erősségére utal, és a koncentráció függvényében növekszik (Wilson és Baietto, 2009). Az intenzitás az illataktivitás értékkel (*odor activity value*, OAV) jellemezhető, amely az adott vegyület koncentrációjának és az illatküszöb értékének hányadosával egyenlő. Azok az anyagok, amelyek illataktivitás értéke 1-nél nagyobb, azok már érezhető illattal rendelkeznek (Belitz et al., 2009).

Az illatminőség meghatározása során az aromát ismert anyagok aromaminőségéhez társítva határozzák meg, nyolc aromacsoportban:

1. földes aromák (dohos, penészes, pézsmá, áporodott, füves, gyógynövényes, fás),
 2. virágos aromák (illatos, virágos, parfümös, eukaliptuszos, levendulás),
 3. gyümölcsös aromák (citrusfélék, narancs, citrom, alma, körte, ananász, eper),
 4. fűszeres aromák (fahéj, menta, borsmenta, hagyma, kapor, fokhagyma, bors, szegfűszeg, vanília, mandula, fenyő),
 5. halas aromák (halas, garnélarák),
 6. szennyvíz aromák (rothadó, avas, kénes, bomlott, bűzös, savanyú, csípős, égett, mocsaras),
 7. gyógyászati aromák (fertőtlenítő, fenol, kámfor, szappan, ammónia, alkohol, éter, mentol),
 8. kémiai aromák (oldószer, lakk, terpentín, petróleum, kátrány, olajos, műanyag)
- (Wilson és Baietto, 2009).

A Német Mérnök Szervezet (Verein Deutscher Ingenieure) VDI 3882-es szabványai részletezik, hogy az olfaktometriás méréseket hogyan lehet alkalmazni az illatintenzitás és az illat kedveltségi fok (*hedonic tone*) meghatározására. Az illatintenzitást egy 0-tól 6-ig terjedő monoton növekvő kategória skálán értékelik, ahol 0 jelenti, hogy nem érzékelhető az illat, míg a 6 rendkívül erős illatintenzitást jelent. Az illat kedveltségét pedig egy monoton növekvő -4-től +4-ig terjedő kategória skálán értékelik, ahol -4 nagyon kellemetlen illatot, míg +4 nagyon kellemes illatot jelöl (1. ábra) (VDI 3882 Blatt 1:1992; VDI 3882 Blatt 2:1994).



1. ábra: Az illat intenzitás és az élvezeti skála

(Forrás: VDI 3882 Blatt 1:1992; VDI 3882 Blatt 2:1994 nyomán)

Az aromás vegyületek általában kisebb molekulatömegűek, 30-300 Da közöttiek. Az illékony tulajdonságukat a köztük lévő kötések erőssége befolyásolja. Az olyan apoláris molekulák, amelyekben nincsenek, vagy csak kevés poláris kötés van, általában illékonyabbak, mint a poláros molekulák. Az illékony vegyületek gyakran tartalmaznak oxigéntartalmú részeket, de lehetnek benne nitrogén- vagy kénatomok is (Wilson és Baietto, 2009).

Illatvizsgálat során mind az érzékszervi, mind az analitikai megközelítésnek van relevanciája. Az érzékszervi vizsgálatok általában az aromakomponensek együttes hatását értékelik, míg a műszeres analitikai eljárások az élelmiszerek aromáját részekre bontják, megpróbálva az egyes illatalkotók egyedi jellemzőit meghatározni és leírni a minta tulajdonságait. Fontos kiemelni ugyanakkor, hogy az illatanyagok szinergizmusa miatt az aromaalkotók együttes érzékszervi hatása eltérhet az egyedi illatkomponensek jellemző aromáitól. A kromatogram elemzése során nem lehet meghatározni, hogy az aromakomponensek keveréke hogyan lép kölcsönhatásba az érzékelő receptorokkal és az milyen illatérzetet kelt az egyénekben (Marsili, 2007).

3.1.3. *Sniffin' Sticks* tesztek az illatérzékelés vizsgálatára

Az illatérzékelés komplex vizsgálatára a *Sniffin' Sticks* tesztrendszert és annak változatait, adaptációit alkalmazzák, amelyet a következőkben részletesen elemzem.

A *Sniffin' Sticks* (Burghart Messtechnik GmbH, Holm, Németország) tesztrendszer 3 altesztből áll: illatküszöb teszt, illatmegkülönböztetés teszt, illatazonosítás teszt. Az illatküszöb és a megkülönböztetés (diszkrimináció) vizsgálata 16-16 úgynevezett tollhármassal (triplettel) történik, az azonosítás (identifikáció) pedig 16 toll illatának felismeréséből áll (Molnár et al., 2022). A célillat bemutatására szolgáló tollak 14 cm hosszúak, belső átmérőjük 1,3 cm, és 4 ml folyékony illatanyagot tartalmaznak (Hummel et al., 1997; Kutlug et al., 2016).

A szaglás küszöbértékét (*threshold*) lépcsőzetes technikával határozzák meg. Az tesztelőnek (alanynak) különböző koncentrációjú célillatokat adnak, majd azt vizsgálják, hogy melyik koncentrációnál képes megkülönböztetni az illatot tartalmazó tollat az illatot nem tartalmazótól. A célillat n-butanol (n-butil-alkohol) vagy 2-feniletil-alkohol (rózsa illatú). A piros kupakos toll mind az illatot, mind az oldószert tartalmazza, míg a kék és a zöld kupakos tollak csak az oldószert. A teszt során az alanynak kétszer egymás után kell helyesen azonosítania a tollhármast. Az első fordulópont az alany első két helyes válasza, a második fordulópont az első helytelen válasz a gyengébb koncentrációjú illatoknál, a harmadik fordulópont pedig két helyes válasz az erősebb koncentrációjú illatoknál. Így folytatódik tovább a vizsgálat egészen a hetedik fordulópont eléréséig. Az illatküszöb értéke az utolsó négy fordulópontban kapott hígítási értékek átlagértéke lesz (Gellrich et al., 2019; Hummel et al., 1997; Molnár et al., 2022; Renner et al., 2009).

Az illatok megkülönböztetésén (*discrimination*) alapuló vizsgálat során is tollhármásokat használnak, azonban itt a tollak minden esetben küszöbérték feletti koncentrációban tartalmazzák az illatokat. A teszt során két azonos és egy eltérő illattal rendelkező tollat mutatnak be. Az alany feladata, hogy kiválassza, hogy melyik illat tér el a másik kettőtől. Az alany akkor ad helyes választ, ha az eltérő illatú tollat jelöli meg (Hummel et al., 1997; Molnár et al., 2022).

Az illatazonosítás (*identification*) teszt lényege, hogy az alany a bemutatott illatot 4 válaszlehetőséget tartalmazó kártya segítségével azonosítsa. A tollak célillatait és a hozzájuk tartozó válaszlehetőségeket az **1. mellékletben** mutatom be részletesen. A vizsgálatot el lehet végezni külön a jobb vagy a bal orrfélen keresztül, vagy mindkét orrféllel egyszerre is. Ha csak az egyik orrfelet használják, a tollak sorrendjét módosítani kell. A másik orrfelet addig be kell fedni, de úgy, hogy a vizsgált orrfél ne deformálódjon (Hummel et al., 1997; Molnár et al., 2022).

A *Sniffin' Sticks* tesztnek a megjelenése óta már számos változata létezik. Ezeket a *1. táblázatban* ismertetem.

1. táblázat: A Sniffin' Sticks teszt változatai (Forrás: saját munka)

Név	Teszt típusa	Tollak száma	Válaszlehetőségek száma	Forrás
<i>Sniffin' Sticks</i>	azonosítás	16	4	Hugh et al., 2015
	küszöbérték	16 x 3	-	
	diszkrimináció	16 x 3	-	
<i>Sniffin' Sticks odor-curves-on paper</i>	azonosítás	16	4	Besser et al., 2020
	küszöbérték	16 x 3	-	
	diszkrimináció	16 x 3	-	
<i>Sniffin' Sticks 2AFC</i>	küszöbérték	16 x 2	-	Gellrich et al., 2017
	diszkrimináció	16 x 2	-	
<i>SSomix Test</i>	kombináció azonosítás	13	11 (minden esetben ugyanaz)	Liu et al., 2020
<i>Monell Extended Sniffin' Sticks Identification Test</i>	azonosítás	40	4	Freiherr et al., 2012
<i>Extended version of Sniffin' Sticks test</i>	azonosítás	32	4	Haehner et al., 2009, Sorokowska et al., 2015
	diszkrimináció	32 x 3	-	
<i>Sniffin' Kids</i>	azonosítás	14	4	Cameron, 2018, Kutlug et al., 2016, Schriever et al., 2014
<i>Sniffin' Sticks Screening 12 Test</i>	azonosítás	12	4	Hinz et al., 2019
<i>Universal-Sniff Test</i>	azonosítás	12	4	Gellrich et al., 2019; Jaramillo et al., 2022; Mariño-Sánchez et al., 2020; Schriever et al., 2021
<i>Five-Item Test</i>	azonosítás	5	20+2 (minden esetben ugyanaz)	Mueller és Renner, 2006
<i>Quick olfactory test</i>	azonosítás	3	4	Hummel et al., 2010

Fontos megjegyezni, hogy az illatokkal/szagokkal kapcsolatos tapasztalatok kultúrától függően eltérhetnek. Az Amerikai Egyesült Államokban például a kúszó fajdbogyó (*Gaultheria procumbens*) illata általában édes dolgokkal kapcsolatos, míg Európában gyógyszeres szagnak azonosítják, vagy nem is ismerik fel. Ezek a kulturális különbségek azt mutatják, hogy szükség van az illatérzékelési tesztek kultúrák közötti fokozott vizsgálatára (Cavazzana et al., 2017).

3.2. Műszeres illat- és aromavizsgálatok

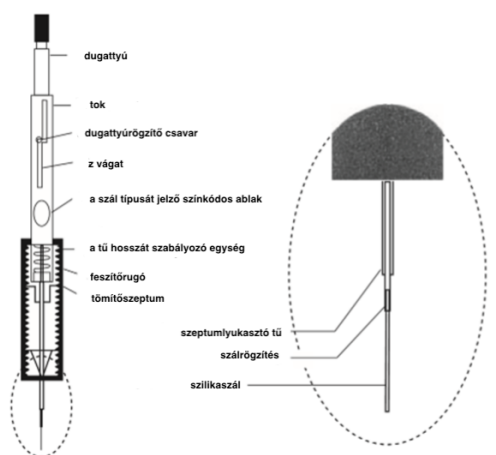
Egy hagyományos analitikai mérés az alábbi lépésekből áll: mintavételezés, mintaelőkészítés, elválasztás, meghatározás és adatelemzés (de Koning et al. 2009). A továbbiakban ezeket a lépéseket mutatom be az aromaanyagvizsgálat szempontjából.

3.2.1. Mintaelőkészítés

Az aromakomponensek vizsgálata során kiemelt jelentősége van a mintavételnek és a mintaelőkészítésnek. Első lépésben az illékony vegyületeket el kell különíteni a minta mátrixtól. Az illatanyagok kivonására hagyományosan desztillációs módszereket alkalmaznak, melyek az 1990-es években kiegészültek a gőz fázis újonnan kidolgozott analitikai módszereivel (Csóka, 2014). Ezen módszerek egyike a szilárd fázisú mikroextrakciós (*solid*

phase microextraction, SPME) eljárás (Pawliszyn et al., 1997). A módszer lényege, hogy a vizsgálandó szilárd vagy folyékony mintát egy szeptummal lezárt üvegedénybe helyezik, majd az SPME eszközt a minta feletti gőztérbe – vagy akár közvetlenül a folyékony mintába – helyezik el. A minta illékony vegyületei egy kvarcszál felületén szorbeálódnak, amelyet egy polimer borít. Az így megkötött illékony komponenseket később hő hatására deszorbeálják, majd azokat analizálják tovább (Csóka, 2014). A SPME mintavételi technika gyors és oldószermentes alternatívája a hagyományos extrakciós módszereknek. Jól kombinálható gázkromatográfia-tömegspektrométer (*gas chromatography–mass spectrometry*, GC-MS) kapcsolt analitikai rendszerrel is (de Koning et al. 2009).

Maga az SPME eszköz egy száltartóból és egy szálból áll. A védelem érdekében a beépített szál egy tűben található. A száltartó egy rugós dugattyúból, egy acéltartóból és egy állítható mélységű műszerből áll (**2. ábra**) (Kataoka et al., 2000).



2. ábra: Az SPME-készülék és -szál felépítése

(Forrás: Székelyhidi, 2007; Zhang et al., 1994 nyomán)

A szilárd fázisú mikroextrakció fő típusai közé tartoznak a gőztéranalízises (*headspace solid phase microextraction*, HS-SPME) és a közvetlen bemerítéses (*direct immersion solid phase microextraction*, DI-SPME) eljárások. A gőztéranalízises technikában a mintavétel a vizsgálandó szilárd vagy folyékony minta fölötti gőztérből történik. A közvetlen bemerítéses típusnál pedig az SPME szálát közvetlenül a folyékony mintába merítik. A DI-SPME egy rendkívül egyszerű technika, de a szál törékenysége és érzékenysége miatt a HS-SPME mód vált népszerűbbé. Ez a módszer elsősorban az illékony komponensek vizsgálatára szolgál a gőztérben, megvédve ezzel a szálbevonatot a nagy molekulatömegű anyagok okozta károsodásoktól. Ennek eredményeként a szál élettartama jelentősen meghosszabbodik (de Koning et al. 2009).

Az extrakciós idő után az eszközt közvetlenül csatlakoztatják a gázkromatográf injektorához, ahol lezajlik a deszorpció (de Koning et al. 2009, Kataoka és Saito, 2011). Az extrakciós idő az az időtartam, amíg az egyensúly kialakul a minta fölötti gőztérben és a mátrixban lévő komponens koncentrációja, valamint a légtérben és a SPME szál bevonatán megkötődött komponens koncentrációja között. Számos tényező befolyásolja az extrakciós időt, beleértve az extrakció típusát, a minta hőmérsékletét, a minta koncentrációját, a szálbevonat típusát és vastagságát stb. (Spietelun et al., 2013).

A kereskedelmi forgalomban különböző polaritású szálak érhetők el. A megfelelő szál kiválasztásához információra van szükségünk a vizsgálandó vegyületek típusáról (moltömeg, alkoholok, aminok, poláros komponensek stb.) (Kataoka és Saito, 2011).

A divinil-benzol (*divinylbenzene*, DVB) kiváló szálbevonat típus a pórusos tulajdonságai miatt. Fizikailag visszatartja a vizsgált komponens, különösen azokat, amelyek beleférnek a pórusokba. Ez stabil és szoros retenciót eredményez, így alkalmas a kis méretű és mennyiségű komponensek megkötésére. A DVB szálbevonat szilárd pórusokból áll, ezért szükség van egy folyadék halmazállapotú szálbevonatra a szálra való felvitelhez. A DVB réteg felvihető polidimetil-sziloxán (*polydimethylsiloxane*, PDMS) szálbevonatra. Ez a kombináció jobb visszatartást biztosít a kis moltömegű komponensek számára, mint a PDMS, és némi affinitást mutat egyes poláris vegyületekkel szemben. Az ilyen keverék szálbevonatoknak az a hátránya, hogy törékenyebbek és bizonyos körülmények között leválhatnak a szálról, így nagyobb körülményt igényelnek a használatukkor. A carboxen (CAR) szálbevonat szintén kiváló tulajdonságokkal rendelkezik. Ha PDMS szálbevonattal kombináljuk, egy bipoláros fázist kapunk, amely alkalmas kisebb molekulák megkötésére. A carboxen szintetikus szénsorból áll, és makro-, mezo- és mikroporózus részeket tartalmaz. Ez a pórusos szerkezet ideális a kis molekulatömegű vegyületek megkötésére (Shirey, 1999).

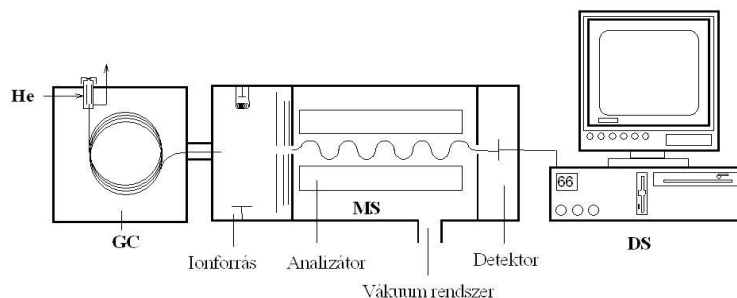
Minél vastagabb a szálbevonat, annál több analitot képes megkötni. Ugyanakkor az extrakció ideje hosszabb lesz. Másrészt, a vékonyabb szálbevonatok használatával az extrakciós idő csökkenthető, azonban az extrahált komponensek mennyisége is kisebb lesz (Shirey, 1999).

Az aromaanyagok műszeres analitikai vizsgálata általában gázkromatográfiás módszerekkel történik. Az elválasztást gázkromatográfal (*gas chromatograph*, GC) végzik, majd az elválasztott aromaalkotók azonosítása lángionizációs detektorral (*flame ionization detector*, FID), tömegspektrométerrel (*mass spectrometer*, MS) vagy akár olfaktométerrel (*olfactometer*, O) történik (Barótfi, 2000).

3.2.2. Gázkromatográfia-tömegspektrometria

A mintaelőkészítést követő lépés a műszeres vizsgálat. Az illatanyagok analízisére gyakran a GC-MS műszeregyüttest alkalmazzák (**3. ábra**), amely lehetővé teszi az illékony, vagy az illékonnyá tehető, hőstabil anyagok vizsgálatát. Ennek előnyei közé sorolható a kis mintaigény, az érzékenység és a reprodukálhatóság (Bak, 2011). Ma már széles körben alkalmazzák a gázkromatográfias módszereket az élelmiszeranalízis számos területén. Ilyen módszerrel határozzák meg az antioxidánsokat, a tartósítószerket, a szermaradványokat, az íz- és aromaanyagokat, valamint az illó vagy illóvá tehető komponenseket (alkoholok, aldehidek, zsírsavak, észterek). Emellett a gázkromatográfia használható aminosavak meghatározására is (Kovács és Csapó, 2015).

A műszer fontos része a gázrendszer, amely nagy tisztaságú mozgófázist – például héliumot – és szabályozó egységeit tartalmazza. Az injektor elpárologtatja a mintát, amit az itt belépő vivőgáz az analitikai oszlopba juttat. A termosztát biztosítja az egyenletes hőmérsékletet, amely a retenciós idők ismételtetését biztosítja. Az oszlopban vagy kolonnában helyezkedik el az állófázis. A detektor végzi a mennyiségi elemzést. Végül pedig áll egy adatfeldolgozó rendszerből, ami lehet egy számítógép is (Palotai, 2012).



3. ábra: A GC-MS berendezés sematikus ábrája

(Forrás: Balla, 1997 nyomán)

A gázkromatográfia során a mozgó fázis gáz, míg az álló fázis egy több tíz méter hosszú, feltekert kapilláris belső felületén megkötött anyag. A gázkromatográf a molekulákat különböző kémiai és fizikai tulajdonságaik alapján választja szét. A minta, amit az eszköz injektorába helyeznek, a mozgó fázis vagy vivőgáz (pl. H_2 , He, N_2) segítségével halad át az oszlopon. A kromatográfias oszlopot az analízis ideje alatt meghatározott hőmérsékleti program alapján fűtik. A minta alkotói különböző erősséggel, különböző időtartamig kötődnek az álló fázishoz, így eltérő időpontokban eluálódnak az oszlopról és jutnak el a tömegspektrométerbe (Bonaduce és Andreotti, 2009).

A tömegspektrométer ionforrásában a molekulák ionizált töredékekké (fragmentum) válnak, majd az ionokat a tömeg/töltés arány alapján az analizátorban szétválasztják, és az intenzitásukkal arányos jelet küldenek a detektorba, ami a tömegspektrum formájában jelenik meg (Kremmer és Torkos, 2010). A tömegspektrométer ionforrásának feladata, hogy az energiát felhasználva ionokká alakítsa a vizsgált molekulát, majd ezeket minél simábban szállítsa az analizátorba. Az alkalmazott gerjesztési energia függvényében többféle ionforrás típus létezik. A legelterjedtebb az elektronütközéses ionizáció (*electron impact/electron ionization*, EI), amelyet széles körben alkalmaznak GC-MS technika során. Emellett egyre elterjedtebb a kémiai ionizáció (*chemical ionization*, CI) használata is (Bak, 2011). A tömegspektrum az ionok relatív intenzitását ábrázolja az iontömeg (m)/töltés (z) függvényében. Ez a spektrum egyfajta "ujjlenyomat", amely egyértelműen azonosítja az adott vegyületet. A GC-MS vizsgálat során egy kromatogramot kapunk, amely különböző csúcsokat tartalmaz, amelyek a retenciós időt és a detektorjel intenzitását mutatják. A retenciós idő azt jelzi, hogy az adott összetevő mennyi ideig tartózkodik az oszlopon, az egyes csúcsok pedig az elválasztott molekuláknak felelnek meg. A vegyületeket a tömegspektrumok alapján azonosítják. A kromatogramok minőségi és mennyiségi információt is hordoznak. Az oszlopról eluálódó vegyületek minőségét a retenciós adatok alapján – adatbázisokban lévő tömegspektrumokkal történő összehasonlítással –, mennyiségüket a csúcs alatti terület pontos meghatározásával kapjuk meg (Kremmer és Torkos, 2010).

Bár a GC-MS technika az aromaanalitika kezdeti módszerei közé tartozik, eredetileg nem kifejezetten az illatok mérésére lett kifejlesztve. Az aromák összetettsége komoly kihívást jelent, mivel az érzékelt illat általában több vegyület együttes hatásaként alakul ki. Az egyes illatkomponensek egymás hatását erősíthetik, gyengíthetik, elfedhetik vagy akár teljesen meg is változtathatják. Emellett egyes aromaanyagok igen alacsony koncentrációban fordulnak elő, gyakran a műszer kimutatási határa alatti mennyiségben. A GC-MS nem nyújt információt az emberi érzékelésről, vagyis nincs egyenes arányosság a mért koncentráció és az érzékelt illatintenzitás között (Brattoli et al., 2011).

3.2.3. Gázkromatográfia-olfaktometria

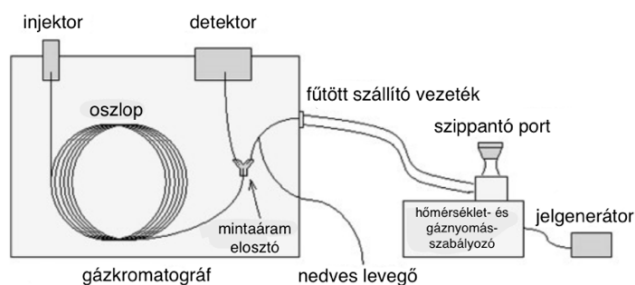
Az emberi szagérzet vizsgálatával, illetve mérésével az olfaktometria foglalkozik. Ebben a módszerben az illatot érzékszervi vizsgálatokkal elemzik, ahol a műszer maga az emberi orr (Al Aïn és Frasnelli, 2017).

A környezetanalitikai gyakorlatban a szag koncentrációját az MSZ EN 13725:2003 szabvány alapján mérik. Az olfaktométeres (szagmérő berendezés), dinamikus olfaktometriás

eljárás során a vizsgálandó szagos levegőt semleges referenciagázzal (tisztá, szagmentes levegő vagy oxigéngáz) hígítják addig, amíg azt a vizsgálatot végző személy nem érz (Béres et al., 2014). Az illat-koncentrációt általában szagegységben (odour unit, ou/m³) fejezik ki, amely a szaglasküszöb eléréséhez szükséges hígítási tényezővel egyenértékű (Brattoli et al., 2011).

A legtöbb műszeres detektor általában valamilyen tömeggel összefüggő jelet ad, és minden illó vegyületet rögzít, beleértve azokat is, amelyek nem rendelkeznek illataktivitással. Ez azt jelenti, hogy a kapott csúcsok nem pontosan tükrözik a minta illatprofilját. Azonban a gázkromatográfia-olfaktometria (*gas chromatography-olfactometry*, GC-O) hatékonyan alkalmazható az illékony vegyületek összetett keverékéből származó aromakomponensek azonosítására (Brattoli et al., 2013).

A GC-O technika egy gázkromatográfot és egy olfaktométert kapcsol össze (**4. ábra**) (Song és Liu, 2018).



4. ábra: A GC-O sematikus ábrája

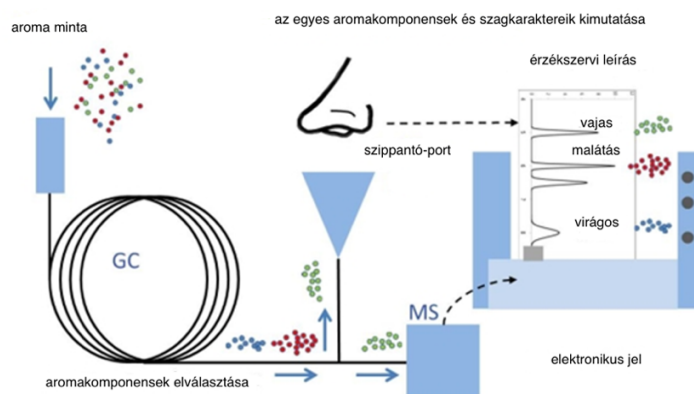
(Forrás: Plutowska és Wardenkcki, 2008 nyomán)

A gázkromatográf az illékony keverék elválasztását végzi, míg az olfaktométer egy olyan eszköz, amelyben az emberi orr érzékeli az analit szag intenzitását. A gázkromatográfból kiáramló anyagot nedves levegővel vagy inert gázzal keverik, majd az olfaktométerbe vezetik. A mintákban lévő aromaaktív vegyületek azonosítására és rangsorolására különböző GC-O technikákat alkalmaznak, mint például a CHARM (*combined hedonic aroma response method*), az AEDA (*aroma extract dilution analysis*), az OSME (szaglást jelent görögül) elemzést és a detektálási gyakoriságot. Az élelmiszer-mátrixból származó kivonatot vagy desztillált mintát injektálnak a gázkromatográfba. Az olfaktométer kimeneténél egy személy érzékel és rögzíti, hogy milyen illatokat érez a nedves levegőben. Az aromaaktív vegyületek azonosítása a tömegspektrum, a retenciós index és a referencia vegyületekkel való összehasonlítás révén történik. Annak ellenére, hogy a GC-O alkalmas az élelmiszer-mintákban lévő aromaaktív vegyületek azonosítására, nem hatékony az illékony vegyületek minőségi elemzésére. A retenciós index és a referencia vegyületekkel való összehasonlítás segítségével csak

korlátozottan lehet azonosítani a vegyületeket. Ezért a GC-MS továbbra is szükséges ezeknek az aromaaktív vegyületeknek a szerkezeti információinak teljes megértéséhez. Ezen kívül más analitikai technikák, mint az infravörös spektroszkópia vagy a nukleáris mágneses rezonancia is alkalmazhatók a vegyületek biztos azonosításához (Song és Liu, 2018).

3.2.4. Gázkromatográfia-tömegspektrometria-olfaktometria

Az olfaktometriás detektor és a gázkromatográfia-tömegspektrometria kombinációja különösen hatékony és előnyös az aromaaktív vegyületek azonosítására és kimutatására (Song és Liu, 2018). A műszeres detektálás segítségével meghatározható az egyes aromaalkotók minősége és mennyisége, míg az olfaktométer használatával ezek a jellemzők összefüggésbe hozhatók az illatjellegekkel (Brattoli et al., 2011). Azonban a tömegspektrométer vákuumban, míg az olfaktometriás detektor atmoszférikus nyomáson működik. Ennek következtében az analitok retenciós ideje a két detektor esetében eltérő lehet, a tömegspektrométer esetében általában rövidebb. Ezt a problémát szűk furatú kapilláris formájában elhelyezett szűkítővel lehet kiküszöbölni, ami növeli a nyomáscsökkenést a határfelület és az áramláselosztó között. A vivő- és segédgázok áramlási sebességének gondos megválasztása is fontos. A GC-MS-O műszerben (5. ábra) az elágazást egy Deans-kapcsolóval oldják meg, amely lehetővé teszi a GC-kiáramlások egyszerre történő szállítását különböző detektorokhoz, mint például a tömegspektrométerhez és a szippantó porthoz. Ennek fő előnye, hogy egyetlen injektálással az aromaaktív vegyület illatminősége és kémiai szerkezete gyorsan és pontosan azonosítható, ezáltal elkerülve az illatanyag téves azonosítását (Song és Liu, 2018).



5. ábra: A GC-MS-O ábrázolása

(Forrás: Internet 2 nyomán)

4. Anyagok és módszerek

4.1. *Sniffin' Sticks* illatérzékelési tesztrendszer

A *Sniffin' Sticks* tesztrendszer teljes vizsgálatát a Molnár et al. (2022) által leírt protokoll alapján, a következő sorrendben végeztem el: először a szaglasküszöböt, majd az illatmegkülönböztetését és végül az illatazonosítást teszteltem. Minden alteszt között 3 perc szünetet tartottam. A tesztelés során szagtalan kesztyűt használtam, amit minden alanynál lecseréltem. A vizsgálat során mindig csak egy toll kupakját vettem le, amit a tesztelés után visszahelyeztem, majd a tollat az eredeti helyére helyeztem. A tollak bemutatása között körülbelül 5 másodperces szünetet tartottam. A tollak nem érintkeztek az alany bőrével.

A vizsgálatot az érzékszervi laboratórium bírálati helyiségében, bírálati fülkékben végeztem. Ez egy kis, falakkal határolt munkaterület, ahol az alany zavaró külső tényezőktől mentesen, szabványos körülmények között értékelhette a vizsgálati mintát. A bírálati helyiség jól szellőzött, mentes volt idegen illatoktól, és annyi bírálót tudott fogadni egyszerre, amennyit a vizsgálati módszer előírt (ISO 8589:2007).

A szaglás küszöbértékének meghatározása során az alanyok szemét először letakartam. A teszt előtt megmutattam a legerősebb koncentrációjú tollat, hogy az alany megismerje az illatot, majd a vizsgálatot már a leggyengébb koncentrációjú tollal kezdtem. A különböző koncentrációjú célillatokat tartalmazó tollakat az orrnyílástól kb. 2 cm-re helyeztem és figyeltem rá, hogy csak egyszer szagolják meg. A tollak bemutatásának sorrendjét minden tollhármasban a következők szerint variáltam: piros, zöld, kék; kék, piros, zöld; zöld, kék, piros (lásd **6. ábra**). A szaglasküszöb értékét az utolsó 4 fordulópontban kapott hígítási értékek átlagaként határoztam meg. Az adaptáció elkerülése érdekében két tollhármas bemutatása között legalább 30 másodperces szünetet tartottam. Az alanyoknak kötelezően válaszolnia kellett.



6. ábra: A szaglasküszöb meghatározása a *Sniffin' Sticks* készlettel

(Forrás: saját fotó)

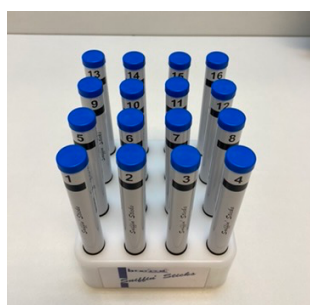
Az illatok megkülönböztetésén alapuló vizsgálatot is az alanyok szemének letakarásával kezdtem. A tollak bemutatása között szintén 30 másodperces szünetet tartottam. Minden tollat csak egyszer lehetett megszagolni, és a tollak sorrendje a korábban leírtak szerint változott (lásd

7. ábra). Az alanyoknak kötelezően válaszolniuk kellett. A pontszámot a helyes válaszok számával adtam meg.



7. ábra: Az illatmegkülönböztetés képességének meghatározása a *Sniffin' Sticks* készlettel
(Forrás: saját fotó)

Az illatazonosítás vizsgálata során a 16 illatosított tollat (8. ábra) 30 másodpercenként mutattam be. Az alanyak kötelezően válaszolnia kellett. A bemutatott illatot először körülírta, majd azt 4 válaszlehetőség segítségével azonosította. A vizsgálatot mindkét orrféllel egyszerre végeztettem el. A pontszámot a helyes válaszok összeadásával adtam meg.



8. ábra: Az illatazonosítás képességének meghatározása a *Sniffin' Sticks* készlettel
(Forrás: saját fotó)

A végső TDI (*threshold, discrimination, identification*) pontszámot az egyes résztesztek pontszámának összegeként határoztam meg. Ha valaki 31 pontot vagy annál többet ér el, az normális szaglással rendelkezik, 16-30 pont között csökkent illatérzékelést (*hyposmia*), 15 pont vagy kevesebb illatvesztést (*anosmia*) jelez.

A *Sniffin' Sticks* illatazonosítására alkalmas altesztjével 1 hét után további vizsgálatokat végeztem a válasz illat alternatívák hatásának elemzése érdekében. A teszt során az előbbieken ismertetett protokollt alkalmaztam, az eredeti válaszlehetőségeket azonban lecseréltem. Ehhez először kigyűjtöttem és összegeztem a különböző országokban kulturálisan adaptált tesztek megváltoztatott válaszlehetőségeit. Ezek közül kiválasztottam az egyes tollak esetében legtöbbször alkalmazott, illetve a célillathoz szerintem legkevésbé társítható, de ismert illatokat. A négy válaszlehetőség közül először mindig a célillat után kettővel található módosítottam, ezután cseréltem le a célillat után hárommal, majd ötten található illat

alternatívát. Ezzel elértem azt, hogy a nem valódi válaszlehetőségek helyének gyakorisága kiegyenlített lett. Az alanyok az eredeti azonosító teszt után csak az egyik módosított tesztet hajtották végre.

Az alanyok demográfiai és személyes adatainak felmérése (nem, életkor, lakóhely, háztartás és nettó keresete, ételintolerancia, ételallergia, gyógyszerek szedése, dohányzás, alkoholfogyasztás, szaglási rendellenességgel összefüggő betegségek), illetve a tesztelés során adott válaszok rögzítése minden esetben egy általam létrehozott Google űrlap kitöltésével történt.

4.2. Műszeres aromavizsgálat

A *Sniffin' Sticks* illatazonosítás altesztjéhez tartozó 16 toll illékony vegyületeit gázkromatográfia-tömegspektrometria-olfaktometria (GC-MS-O) kapcsolt analitikai műszerrel határoztam meg. A mérési paraméterek beállításánál elemeztem Fjaeldstad et al. (2017) által elvégzett vizsgálat menetét, paramétereit is.

4.2.1. Mintavétel

A mintaelőkészítés során a tollak kupakját egy 40 ml-es üvegfiolába helyeztem, melyet előzetesen üveggyönggyel töltöttem fel úgy, hogy a mintavételi szál számára a lehető legkevesebb helyet hagyjam a kupak fölött. Ilyen módon az illékony vegyületek a minta fölötti kis térfogatú légtérben koncentráálódtak. A fiolát lezártam egy 24 mm-es Mininert® szeleppel (Supelco, Bellefonte, USA, PA), ennek nyitásával tudtam a minta gőzterébe helyezni az SPME-szálat.

Az így előkészített és lezárt fiolát 37 °C-os vízfürdőben, 30 percig kondicionáltam, majd ezt követően a minta fölötti légtérbe helyeztem a mintavevő szálat 20 percre (**9. ábra**). Az extrakcióhoz 2 cm-es, 50/30 µm DVB/CAR/PDMS, Stableflex (Supelco, Bellefonte, USA, PA) SPME szálat alkalmaztam. A mintaszál kondicionálását minden mérési napon elvégeztem a gyártó utasításai szerint (270 °C, 30 perc). A kupakok vizsgálata előtt vak mérést is végeztem: ehhez az üveggyönggyel töltött fiolából vettem mintát.



9. ábra: A mintavevő szál a mintatérben

(Forrás: saját fotó)

4.3.2. Műszeres vizsgálat

Az extrakciós idő letelte után a műszeres mérést egy GC-MS-O kapcsolt analitikai műszeregyüttessel (lásd **10. ábra**) végeztem, az alábbi mérési paraméterekkel.

Műszeregyüttes:	Shimadzu GCMS-QP2010 SE + PHASER Pro Olfactory GC Port
Oszlopok:	MEGA-WAX MS 60 m × 0,25 mm × 0,25 µm 4,8 m × 0,25 mm inert 3 m × 0,15 mm inert
Megosztási arány:	0,24 : 0,76 (MS/olfaktométer)
Hőmérséklet program:	40 °C → 250 °C, 5 min; 8 °C/min (31,25 min)
Injektor hőmérséklet:	250 °C
MS hőmérséklet:	250 °C
Gázok:	He (6.0), 1 ml/min Levegő (5.0), 5 ml/min
Injektor üzemmód:	<i>splitless</i>
Lefűtás késleltetés:	2 min
Lefűtési arány:	6:1
Tömegtartomány:	m/z=35-500 Da
Pásztázási sebesség:	1666 Da/sec



10. ábra: GC-MS-O készülék

(Forrás: saját fotó)

Az aromavizsgálatok eredményének kiértékelése a LabSolutions és az Olfactory Voicegram programok segítségével történt. Az illatalkotók azonosításához a NIST05 és a NIST05s spektrumkönyvtárakat használtam. A táblázatok szerkesztése Microsoft Excel-ben történt.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. *Sniffin' Sticks* illatérzékelési tesztrendszer eredményei

Első lépésben az illatérzékelés szűrő tesztjét végeztem el. Az eredeti *Sniffin' Sticks* tesztrendszer három altesztjét – küszöbérték (*threshold*), illatdiszkrimináció (*discrimination*), illatazonosítás (*identification*) – 39 egyetemista diák (19-25 év, 11 férfi, 28 nő) bevonásával teszteltem. A három alteszt eredményeként kapott helyes válaszok számát összegeztem, így a TDI (*threshold, discrimination, identification*) pontszám alapján 34 alany (9 férfi, 25 nő) normál illatérzékeléssel (*normosmia*), 4 alany (2 férfi, 2 nő) csökkent illatérzékeléssel (*hyposmia*) és 1 alany (1 nő) illatvesztéssel (*anosmia*) rendelkezett. A további vizsgálatokba már csak a normál illatérzékeléssel rendelkező alanyokat vontam be, ugyanakkor az illatazonosító teszt elvégzése számos tanulsággal szolgált:

- a válaszlehetőségek megadása megkönnyítette a célillat azonosítását,
- a nem kedvelt illatok azonosítása mindig gyorsabban történt a többi illathoz képest,
- a terpentin illatot kevesen tudták azonosítani, mert a kifejezést kevesen ismerték,
- az ánizs illatot nehezen tudták beazonosítani, mert állításaik szerint soha nem találkoztak ezzel az illattal,
- a bőr, az alma és az ananász illatokat jellemzően még a válaszlehetőségek megadása után is csak kevesen tudták azonosítani.

Második lépésben a négy válaszlehetőseges módosított *Sniffin' Sticks* illatazonosítási tesztben a nem valódi válaszalternatívák növelésének torzító hatást teszteltem. Az eredeti illatazonosítási teszt eredménye határozza meg, hogy lehet-e torzító hatás, és ha igen, akkor maximum mekkora. Az eredményeimmel igazoltam, hogy a nem valódi válaszalternatívák felfelé torzíthatják a mérés eredményeit (V1: egy nem valódi válaszalternatíva, V2: két nem valódi válaszalternatíva, V3: három nem valódi válaszalternatíva). A tesztek válaszlehetősegeit és eredményeit a **2. mellékletben** ismertettem.

Azokat az eseteket érdemes külön megvizsgálni, ahol az azonosítás százalékok csökkentek, szinten maradnak, vagy ahol egy törés következik be az illatazonosítás növekedésben a nem valódi alternatívák növelésével.

A bőr illatú toll azonosítása már az eredeti *Sniffin' Sticks* válaszlehetősegei közül is alacsonynak adódott (50,0%-os azonosítási arány). A bőr illat azonosításának alakulása (50,0% → 50,0% → 20,0% → 33,3%) abból adódik, hogy az általam javasolt, nem valódi alternatívának gondolt rózsa és rágógumi illatokat valódi alternatívának érzékelték. Az alanyok nagyobb arányban választották ezek az illatokat, mint a bőr célillatot. Ez az eredmény az illatazonosítási

tesztek kulturális adaptációjára hívja fel a figyelmet, mert az azonosításnak legalább 75%-nak kell lennie (Niklassen et al., 2017).

A fahéj illatú tollnál az azonosítási arány közel azonos maradt (94,1% → 100,0% → 90,0% → 88,9%), amelyben a tesztelő alanyok csökkenése a relatív befolyás növekedésével párosul.

A narancs, a banán, a citrom, a terpentín, az ananász és az ánizs esetében törés következett be az azonosításban. Ezeknél az illatoknál minden esetben az eredetihez képest a három nem valódi alternatíva használata magasabb azonosítást eredményezett. Ezeket az eseteket egyesével elemzem:

- a narancs célillat esetében az eredeti szeder válaszlehetőséget csak abban a tesztben választották, amikor már két válaszalternatívát is lecseréltem,
- a banános célillatot egy alany kókuszosnak azonosította, majd annak lecserélt változatát a szappant jelölte meg helytelenül,
- a citromos illatot gyakran a grépfrút illattal tévesztették össze,
- a terpentín megnevezés önmagában is nehézségeket okozott, sokan nem tudták értelmezni, és csak a kizárás elve alapján választották,
- az ananász célillatot gyakran gyümölcsös illatúnak érzékelték, a nehézséget az okozta, hogy az eredeti válaszlehetőségek mindegyike gyümölcsös (körte, szilva, barack) volt,
- az ánizs illatát kevesen ismerték fel, nem volt ismerős számukra ez az illat.

Összességében megállapítható, hogy két alanytól eltekintve minden normál illatérzékeléssel rendelkező alany azonosítási pontszáma növekedett, csak néhány esetben maradt változatlan, amikor a nem valódi válaszalternatívákat tartalmazó tesztek végezték.

5.2. A kulturálisan adaptált *Sniffin' Sticks* tesztek statisztikai szempontú elemzése

A nemzetközi gyakorlatban a kulturálisan adaptált *Sniffin' Sticks* illateszteket elemeztem: brazil felnőtt 16 db-os teszt (Silveira-Moriyama et al., 2008), brazil gyerek 16 db-os teszt (Bastos et al., 2015), dán felnőtt 12 db-os teszt (Fjaeldstad et al., 2015), dán felnőtt 16 db-os teszt (Niklassen et al., 2017), amerikai gyerek 11 db-os teszt (Cavazzana et al., 2017), angol felnőtt és gyerek 16 db-os teszt (Neumann et al., 2012), egyiptomi felnőtt és gyerek 16 db-os teszt (Oleszkiewicz et al., 2016), észt felnőtt 12 db-os teszt (Antsov et al., 2014), görög felnőtt 16 db-os teszt (Konstantinidis et al., 2008), irán felnőtt 16 db-os teszt (Kamrava et al., 2021), kínai felnőtt 12 db-os teszt (Pinkhardt et al., 2019), kongói felnőtt 16 db-os teszt (Balungwe et al., 2020), koreai felnőtt 16 db-os teszt (Cho et al., 2009), lengyel felnőtt 16 db-os teszt (Sorokowska és Hummel, 2014), litván felnőtt 16 db-os teszt (Čičelienė et al., 2018), maláj

felnőtt 16 db-os teszt (Sai-Guan et al., 2020), malawi felnőtt 16 db-os teszt (Rodas-Moya, 2020), portugál felnőtt 16 db-os teszt (Ribeiro et al., 2016), román felnőtt és gyerek 16 db-os teszt (Catana et al., 2012), spanyol felnőtt 16 db-os teszt (Delgado-Losada et al., 2020), sri lankai felnőtt 16 db-os teszt (Silveira-Moriyama et al., 2009), szlovák felnőtt 16 db-os teszt (Skorvanek et al., 2017), tanzán felnőtt 16 db-os teszt (Dotchin et al., 2010), török felnőtt és gyerek 16 db-os teszt (Oniz et al., 2013), taiwani felnőtt 16 db-os teszt (Shu et al., 2007). Ezen nemzetközi eredmények alapján megállapítható, hogy a tesztelés eredményeit az alábbi tényezők jelentősen befolyásolják: tesztelő illatérzékelése (nem, életkor, betegség, terhesség, gyógyszeresedés stb.), illatok felismerésének könnyűsége, tesztelendő illatok ismétlése, illatot nem tartalmazó tesztfeladat alkalmazása, segítség nélküli azonosítás/választási alternatívák, választási alternatívák száma, választási alternatívák minősége (kizárható illatok, redukált alternatívák), választási alternatívák ismétlése, válaszadási módszer, adott szinonima mentális könyvelése, véletlen eltalálás valószínűsége, helyes megoldások gyakoriságának véletlenszerűsége, tesztelés körülményei (illatmentes, nyugodt, csendes), aggregációs szabály, tesztelő személyzet jártassága (illat teszt végrehajtása, érzékelővel szembeni együttműködés).

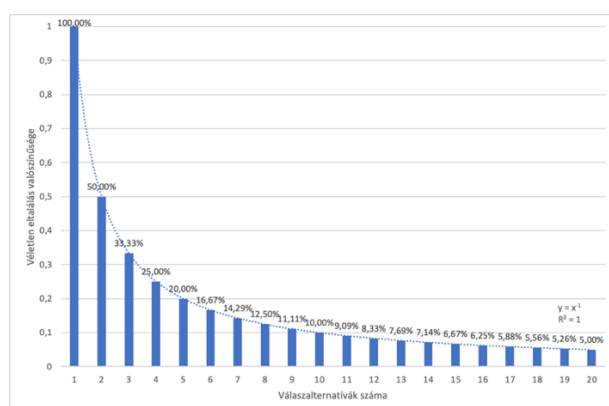
5.2.1. Helyes válaszok gyakoriságának kiegyenlítettége

A kiegyenlített mintapozicionálás általánosan elvárt az érzékszervi tesztek gyakorlatában, így biztosítva, hogy a tesztelendő termékek lehetséges kombinációja egyenlő számban legyenek kiosztva a bírálóknak (ISO 6658:2007). Ideális esetben minden helyes válasz sorszáma ugyanannyiszor szerepel, így az eredeti (Burghart Messtechnik GmbH, Holm, Németország) *Sniffin' Sticks* 16 illat (kérdés), 4 válaszlehetőség illat (alternatíva) esetén 4-4-4-4 db, 1. helyen szereplő, 2. helyen szereplő, 3. helyen szereplő, 4. helyen szereplő helyes válasz van. Az országokat összehasonlítva kiegyenlített mintapozicionálást találtam ezeknél az adaptált *Sniffin' Sticks* teszteknel: Dánia, Görögország, Irán, Kongó, Lengyelország, Malajzia, Portugália, Románia, Spanyolország, Srí Lanka, Szlovákia, Tanzánia, Törökország, Taiwan. Ezekkel szemben nem volt kiegyenlített mintapozicionálás az alábbi adaptált *Sniffin' Sticks* teszteknel: Brazília (3-4-4-5), Egyesült Királyság (4-5-3-4), Egyiptom (3-5-5-3), Korea (4-5-4-3). Ezek közül a legkiegyenlítetlenebb az egyiptomi *Sniffin' Sticks* teszt. Fontos ugyanakkor kiemelni, hogy a gyakorlatban a 16 darabos *Sniffin' Sticks* tesztek mellett 12 darabos tesztek is elterjedtek. Mivel a kiegyenlített mintapozicionálást az azonosítandó illatok száma határozza meg, ezért az elvi kiegyenlített mintapozicionálás 12 illat esetében (3-3-3-3). Az eredeti (Burghart Messtechnik GmbH, Holm, Németország) 12 darabos *Sniffin' Sticks* tesztet a 16 darabos teszt redukálásával készítették úgy, hogy a legmagasabb azonosítású arányú illatokat

tartották meg, viszont sem a válaszlehetőségeket, sem azok sorrendjét nem változtatták meg. Ennek következménye, hogy a 12 darabos teszt kiegyenlített lett (3-4-3-2). A többi ország pedig ezt a kiegyenlített mintapozicionálást vette át. Egyedül az Amerikai Egyesült Államokban alkalmazzák a *Sniffin' Sticks* 11 darabos tesztet. A páratlan számú tollakból következik, hogy a mintapozicionálás ebben az esetben is kiegyenlített.

5.2.2. Válasz illat alternatívák számának hatása

Megállapítottam, hogy az eredeti *Sniffin' Sticks* azonosítási tesztben a kötelező választású négy alternatívás rendszerben 25% a véletlen eltalálás valószínűsége. A véletlen eltalálás valószínűsége az alternatívák számának növelésével csökken, ezt az összefüggést a hiperbolikus függvény határozza meg. Tehát az alternatívák számának növelése valójában egy lehetőség arra, hogy a tippelésből fakadó torzításokat csökkentsük. Amennyiben az alternatív választási lehetőségek között bizonyos illatok kizárhatók, akkor ennyivel nő a véletlen eltalálás valószínűsége. A hiperbolikus függvény görbéjén ennek megfelelően felelé haladunk (**11. ábra**). Ebből következnek a valódi alternatívák jelentősége, hiszen a nem valódi alternatívák jelenléte felfelé torzítja a mérés eredményeit, tehát a valósnál jobb illatazonosítási eredményeket fognak adni a tesztelők. Gudziol és Hummel (2009) kimutatta, hogy a nem valódi válaszalternatívák használata javította a szagazonosítás eredményét a *hyposmiás* egyéneknél, de az *anosmiás* személyeknél nem okozott változást. Ezért a nem valódi válaszalternatívákat tartalmazó szagazonosító tesztek segíthetnek megkülönböztetni a *hyposmiás* és funkcionálisan *anosmiás* betegeket. A vizsgálat során igazolták, hogyha a *Sniffin' Sticks* illatazonosítási teszt során valódi és közelálló válaszalternatívákat együtt alkalmaznak (fokhagyma és hagyma), akkor a fokhagyma szagának helyes azonosításának aránya 46%-ra csökken, annak ellenére, hogy a fokhagyma egy nagyon ismert és gyakori illat.



11. ábra: A véletlen eltalálás valószínűségének alakulása, a válaszalternatívák számának növelésével

(Forrás: saját munka)

Az illatazonosítási tesztekben jelenleg alkalmazott illatanyagok (kérdések) nem egyformán nehezek. A nem valódi válaszalternatívák nem egyformán hibásak az egyéni érzékelés szempontjából. Cél lehet, hogy az illatok (kérdések) egyformán legyenek nehezek, mivel az összpontszámban azonos súllyal szerepel minden egyes kérdés, hiszen csak a helyes válaszok számát összegezzük. Ha az alternatív illatválaszlehetőségek közel vannak a helyes illathoz, akkor nehéz a kérdés, akkor is, ha a helyes illat könnyen felismerhető. Ha az alternatív illatválaszlehetőségek mind távol vannak a helyes illattól, azaz nem valódi alternatívák, akkor a kérdés könnyű, ha a helyes illat nehezen felismerhető.

Összefoglalóan megállapítható, hogy az áalternatívák a véletlen eltalálás valószínűségét növelik, felfelé torzíthatják az azonosítás eredményeit, viszont a valódi alternatívák alkalmazásával kiszűrhető ez a torzító hatás.

Az eredmények alapján új kutatási kérdések merülnek fel. A véletlen eltalálással kapcsolatban érzékszervi szempontból a plusz alternatívákat a bírálónak csak mentálisan kell végig gondolnia, így a bíráló érzékelő rendszerét nem fárasztja az válasz illat lehetőségek növelése. További kutatási kérdés, hogy hány válaszalternatíva lenne optimális az illatérzékelés tesztekben.

5.2.3. Aggregációs szabály

A *Sniffin' Sticks* tesztek kiértékelésénél a helyes válaszok számát összegzik (*threshold, discrimination, identification, TDI*). Ezek összege alapján határozza meg a diagnózist: illatvesztett (*anosmia*) 0-15 pont, csökkent illatérzékelés (*hyposmia*) 16-30 pont, normál illatérzékelés (*normosmia*) 31-48 pont. A véletlen eltalálás valószínűségeket figyelembe véve az illatazonosítás (25%, 4 pont) és az illatdiszkrimináció (33,33%, 5,3 pont) alteszttel átlagosan 9,3 pontot is összegyűjt egy illatvesztett beteg is. A küszöbérték tesztben a megszerezhető 16 pontból mindösszesen 6 pont is elegendő ahhoz, hogy téves diagnózist állítsunk fel (illatvesztett → csökkent illatérzékelés). Az érzékszervi vizsgálatok gyakorlatában az illatküszöbérték és az illatmegkülönböztetés módszertanával megegyező szabványos érzékszervi módszert, a háromszög tesztet (három alternatívás kötelező választású, 3-AFC) elterjedten alkalmazzák. Viszont a kiértékeléshez a binomiális tételből számított, szignifikáns különbségeket meghatározó táblázatokat alkalmazzák (ISO 4120:2021, ISO 16820:2019).

További kutatási kérdés, hogy a rossz válaszlehetőségeket célszerű-e megkülönböztetni egymástól. Ha igen, akkor célszerű a helyes illattól eltérő mértékben különböző alternatívákat alkalmazni a tesztekben, és szükséges meghatározni, hogy az egyes illatok milyen távolságban helyezkednek el egymáshoz képest, és ezt milyen metrikákkal lehet jellemezni, kognitív

szempontból leképezni. Elképzelhető az az aggregációs szabály, hogy a válaszok alapján részpontokat kap a tesztelő, így árnyaltabb képet kaphatunk az illatértékelésről. Ha nem akarjuk a hibás válaszokat megkülönböztetni, akkor az megfelel a mostani rendszereknek, azaz a helyes illatértékelések összegzésének.

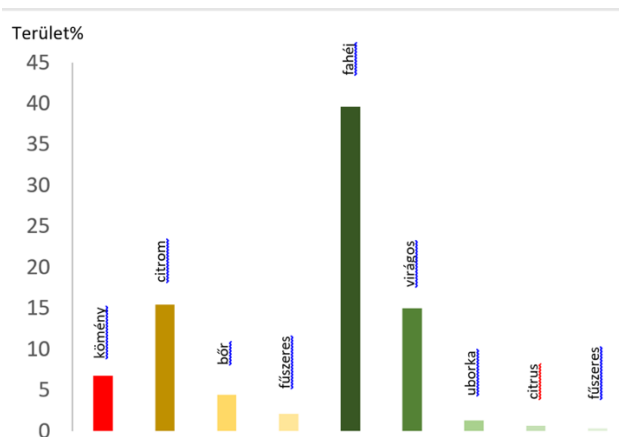
5.3. A műszeres aromavizsgálat eredményei

Az aromavizsgálatok kiértékelését a gázkromatográf által elválasztott illatalkotók minőségi azonosításával kezdtem. Az aromakomponenseket táblázatokba foglaltam, és az elúció sorrendjében tüntettem fel a vegyületeket. A táblázatok tartalmazzák a retenciós időket (t_R), a vegyületek neveit, terület%-os részesedésüket (a csúcsterületük arányát az össz-csúcsterülethez viszonyítva, amit 100%-nak vettem), a felismert illatjellegeket, valamint az illatintenzitásokat. Ez utóbbi jellemző gyenge, közepes és erős lehet a kiértékeléshez használt program alapján. Az egyes tollakban azonosított aromaalkotók összesített táblázatait az **3. mellékletben** közlöm.

A vak mintában nem azonosítottam olyan vegyületeket, amelyek zavaró komponensként jelentek volna meg a minták kromatogramjain. Előzetes feltételezésem, mely szerint az egyes illatokat egy, esetleg néhány jellegzetes, a toll illatával rendelkező aromakomponens alkotja, a minták többségénél nem bizonyult helyesnek: a tollakban összesen 2-39 illatalkotót detektáltam, legkevesebbet az 1-es, legtöbbet a 2-es toll illékony frakciója tartalmazta. Néhány toll illatalkotói között megjelentek az oldószerek, a propilén-glikol és a dietil-ftalát, illetve származékaik is. Az oldószereket a táblázatokban vastag betűvel jelöltem, ezek nem részei a tollak valódi illatkomponenseinek.

Az **1-es toll** (narancs illat) csupán két terpén vegyületet, az α -pinént és a limonént tartalmazta, ezek illatjellege jól felismerhetően (közepes illaterősséggel) narancsos, illetve virágos volt. A két vegyület közül a csúcsterületüket tekintve a limonén dominált (98,51%) az α -pinénnel (1,49%) szemben.

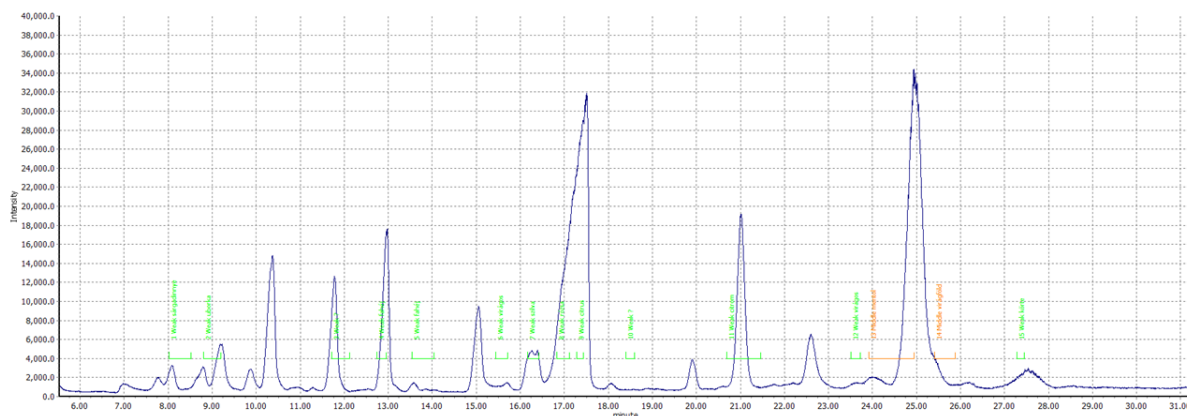
A **2-es toll** (bőr illat) illékony frakciójában azonosítottam a legnagyobb számú, 39 aromakomponenst. A kromatogram domináns vegyületei a D-limonén (37,29%) és az α -pinén (14,54%) voltak. Az illataktív vegyületek aromáját tekintve számos különböző jelleg megjelent, a virágos-fűszeres jegyeiktől a gyümölcsös, eltérő intenzitásokkal. A „bőr” jelleget is éreztem, közepes intenzitással. Az egyes illatjellegeket a csúcs intenzitással összefüggésben a **12. ábrán** mutatom be. Az oszlopok színe is hordoz információt: a piros az erős, a sárga árnyalatai a közepes, a zöldek pedig a gyenge illatintenzitást jelentik.



12. ábra: A 2-es számú toll illataktív vegyületei

(Forrás: saját ábra)

A **3-as számú toll** (fahéj illat) kupakjának gőzterében 30 vegyület jelent meg, melyek közül egy virágos jellegűt nem tudtak azonosítani a spektrumkönyvtárak. Az érzékelt illatjellegek igen változatosak voltak, gyenge és közepes intenzitással jelentek meg (**13. ábra**). Közülük 2 vegyület (*transz*-4-terc-butilciklohexanol és etil-izobutiril-acetát) esetén kifejezetten érzékelhető volt a fahéj jelleg, gyenge illaterősséggel. Ennél a mintánál néhány csúccsal megjelentek az oldószerek is, ezek össz-intenzitása viszonylag nagy volt. A legnagyobb csúccsal megjelenő illatalkotók ebben a mintában is a limonén (24,98%) és az α -pinén (7,56%) voltak.

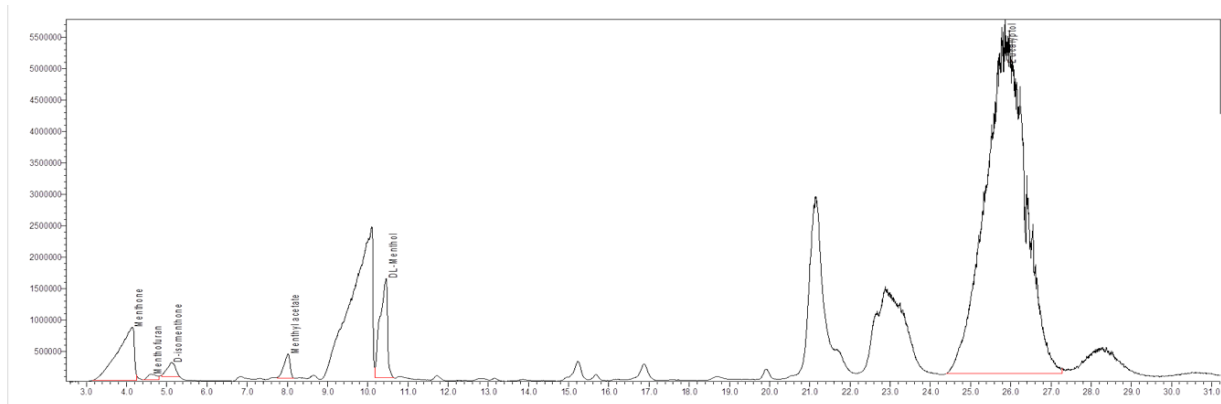


13. ábra: A 3-as számú toll kromatogramja és aromaaktív komponensei

(Forrás: saját ábra)

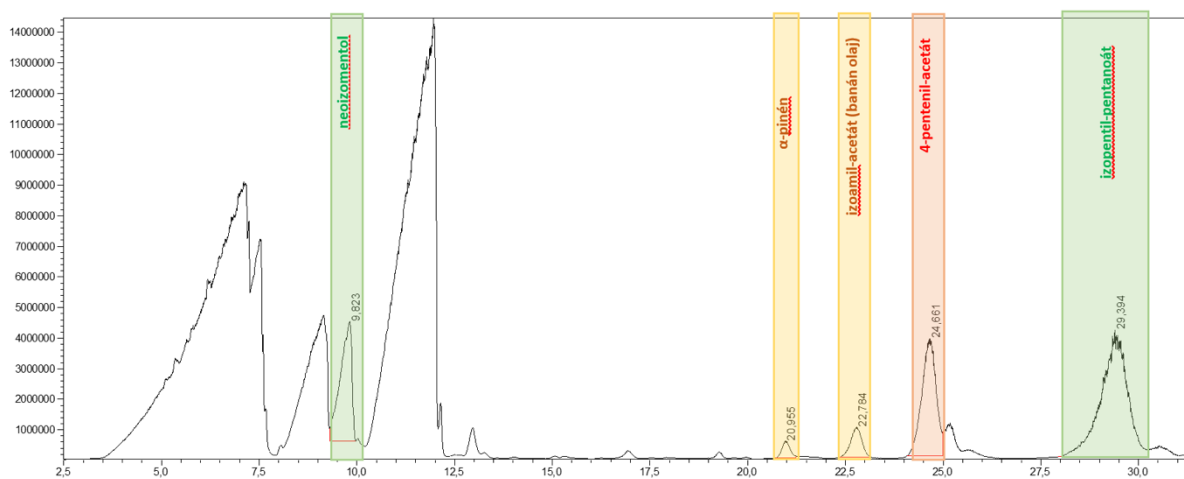
A **4-es tollban** (borsmenta illat) összesen 26 aromakomponens jelent meg, oldószer csúcsokat ebben az esetben is azonosítottam. Hat olyan illatvegyület jelent meg, melyek az irodalom szerint (Burdock, 2010) a menta jellegzetes aromaalkotóinak tekinthetők. Ezek a menton, a mentofurán, a D-izomenton, a mentil-acetát, a DL-mentol és a 3-karvomentenon

voltak, csúcsterületük összesen 8,37%-ot tett ki. Ezeken kívül hatalmas mennyiségben (45,61%) jelent meg az eukaliptol, melynek erős intenzitású mentol illata volt. A toll mentol-jelleges vegyületeinek megjelenését a minta kromatogramján a **14. ábrán** mutatom be.



14. ábra: A mentol-jellegű vegyületek megjelenése a 4-es toll kromatogramján
(Forrás: saját ábra)

Az **5-ös tollban** (banán illat) összesen 27 aromakomponenst sikerült kimutatni. Ezek közül a neoizomentol és az izopentil-pentanoát bírt gyenge banános jelleggel, az α -pinén és az izoamil-acetát (banánolaj) esetén éreztem közepes banán jelleget, a 4-pentenil-acetátot pedig erős banános illat jellemezte (**15. ábra**).



15. ábra: Az 5-ös számú toll banán-jelleges illatalkotói
(Forrás: saját munka)

A gyümölcsös illat ellenére a mentolos jelleg is megjelent két vegyület – menton, DL-mentol – esetében, amelyek a legnagyobb csúcsokat eredményezték a kromatogramon (menton 35,07%; DL-mentol 34,28%). Továbbá a gumis, füves jelleggel bíró mentil-acetát is viszonylag nagy mennyiségben fordult elő, csúcsterülete 7,2%-ot tett ki. A további aromajellegetek – földes, savanyú, széna, gyógynövény, szegfűszeg, rózsa, virágos – gyenge intenzitással éreztem. A

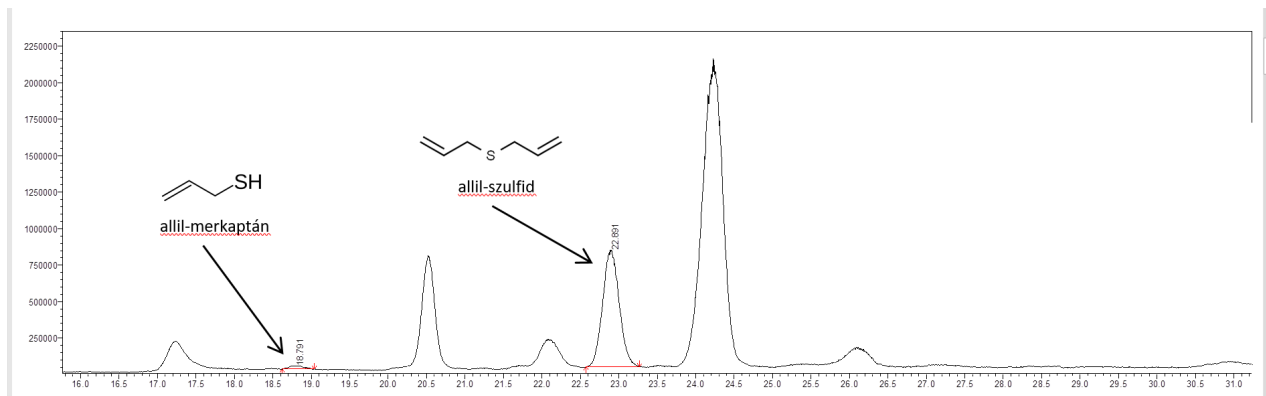
spektrumkönyvtárak segítségével egy virágos jellegű vegyületet nem sikerült beazonosítanom. A tollban 2 oldószert sikerült kimutatni, a dipropilén-glikolt, illetve a dietil-ftalátot.

A **6-os tollban** (citrom illat) a narancs illatú tollhoz hasonlóan kevés, 5 aromakomponens található. Ezek közül a *D-limonén* található a legnagyobb arányban (68,61%), utána következik a β -pinén (16,31%), majd az o-cimén (10,99%). Ezek közül a *D-limonén* esetében éreztem gyenge mentolos, míg az o-cimén esetében gyengén virágos illatot. A további két vegyület közül az α -pinén rendelkezett citromos illattal. Oldószer csúcsokat nem találtam a kromatogramon.

A **7-es számú toll** (medvecukor illat) összesen 37 aromakomponenst tartalmaz. Ezek közül az egyik a propilén-glikol, a tollban jelenlévő oldószer. A legnagyobb csúccsal a *D-limonén* (31,77%), illetve a α -pinén (11,53%) rendelkeztek. Illatokat egyik vegyület esetében sem érzékeltem. Az ennél kisebb arányban jelen lévő illatkomponensek esetében gyengén mentolos, illóolajos és virágos jelleget éreztem. A feniletil-alkohol az irodalom szerint (Burdock, 2010) rózsza illatú, amelyet én is tisztán éreztem. A tollban nem volt jelen ánizsos vagy édes, cukros jelleget adó aromakomponens. Négy esetben a spektrumkönyvtárak segítségével nem sikerült azonosítanom konkrét vegyületet.

A **8-as toll** (terpentin illat) vizsgálata során 21 komponenst azonosítottam. Ebben a tollban is az előzőekhez hasonlóan az α -pinén (74,76%), illetve a β -pinén (14,13%) rendelkezett a legnagyobb csúccsal. Ennél a két vegyületnél éreztem csak közepes intenzitású, medvecukros, illetve citrusos illatjelleget. A további illatok – mentol, virág, kamilla, hígító, gyógynövény – gyenge intenzitással jelentek meg. Két oldószert, a propilént-glikolt, illetve a dietil-ftalátot detektáltam az illó vegyületek között.

A **9-es számú toll** (fokhagyma illat) viszonylag kevés, 9 aromakomponensből áll. Legnagyobb százalékban (54,9%) *D-limonént* tartalmaz. Ezen kívül viszonylag nagy mennyiségben van jelen a közepes intenzitású fokhagyma illattal rendelkező allil-szulfid (16,86%), illetve az α -pinén (12,58%). Közepes erősségű fokhagyma illatot éreztem még az allil-merkaptán megjelenése során is (**16. ábra**). A kénvegyületek általában nagyon illataktív vegyületek, azaz jelenlétük az élelmiszerekben már igen alacsony koncentrációban is érzékelhető.



16. ábra: A 9-es számú toll kromatogramja, a jellegzetes, fokhagyma illatú aromakomponensekkel
(Forrás: saját munka)

A **10-es tollban** (kávé illat) összesen 22 vegyület jelent meg, amelyből kettő, a propilén-glikol, illetve a dipropilén-glikol oldószer. A kromatogram domináns vegyületei itt is a D-limonén (56,34%) és az α -pinén (13,04%) voltak. Kávés vagy kávéhoz hasonló illatjelleget nem éreztem, a pörkölt kávékban általában nagy intenzitással megjelenő nitrogéntartalmú heterociklusos vegyületek, mint a pirazinok, pirrolok, piridinek (Várvölgyi et al., 2015) egyáltalán nem voltak jelen a tollban. A feniletil-alkohol rózsás illatát ebben az esetben is érzékeltem.

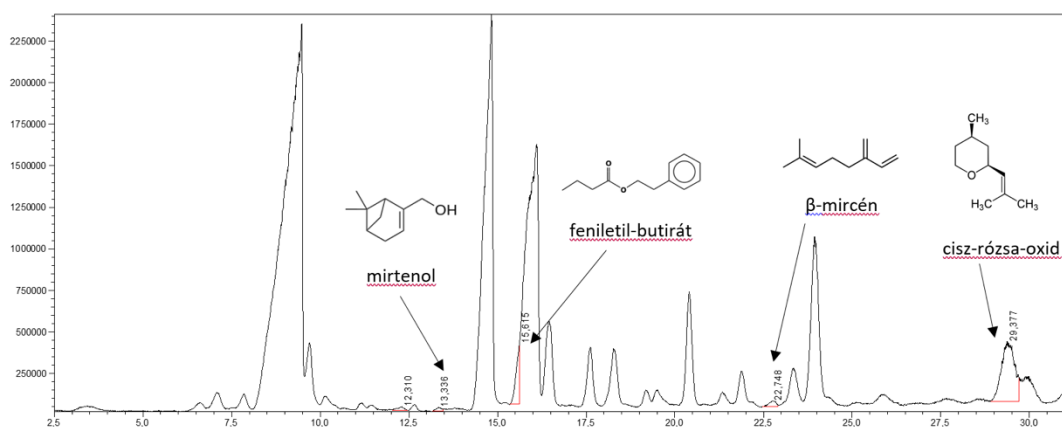
A **11-es toll** (alma illat) illékony frakciójában 29 aromakomponenst találtam. Ezek közül kettő oldószer – propilén-glikol, dietil-ftalát –, négyet pedig nem sikerült beazonosítani. A toll édes, almás illatát a metil-2-metil-butanoát, az (E)-2-hexenal és a hexil-acetát vegyület adja. Éreztem még továbbá gyengén pörkölt magvas, rózsás, hígító, virágos, fahéjas, zöldes illatjelleget is. A különböző almafajták jellegzetes illatát általában észterek és szeszkviterpén vegyületek, farnezenek alakítják ki (Ban et al., 2010). A farnezenek a toll illékony frakciójában nem voltak jelen.

A **12-es toll** (szegfűszeg illat) 22 komponenst tartalmaz. Ezek közül a legnagyobb mennyiségben a négy oldószer – 2-hexenal-propilén-glikol-acetát, propilén-glikol, dipropilén-glikol, dietil-ftalát – található, amelyek összesen 70,17%-ot tesznek ki. A toll szegfűszeges jellegét az eugenol (0,31%) adja. Azonban ennél az illatjelleget nem mutató α -pinén és D-limonén nagyobb csúcsot eredményezett a kromatogramon. Az etil-maltol esetében éreztem még egy gyenge intenzitású vattacukor illatot.

A **13-as számú toll** (ananász illat) esetében 21 vegyületet sikerült kimutatni. Az ananászos illat ellenére a tollban a közepes erősségű szegfűszeges jelleget adó eugenol dominál, csúcsterülete 63,91%-ot tesz ki. Továbbá a toll jellegének kialakításában szerepet játszik még

a kariofillén és a gyengén virágos illatú allil-hexanoát is. Édes, gyümölcsös illatot az α -pinén, illetve az etil-2-metil-butanoát esetében éreztem, bár nem kifejezetten ananász jellegű volt ez az aroma. A rózsás aroma a feniletil-alkoholnál jelent meg. Oldószerként ebben az esetben is a dietil-ftalátot sikerült beazonosítani. A spektrumkönyvtárak két vegyületet nem tudtak beazonosítani, annak ellenére, hogy az egyiknél édeskés illatot érzékeltem.

A **14-es toll** (rózsza illat) kupakjának gőzterében 32 aromakomponens jelent meg. A legnagyobb kromatogram csúcsot, illetve a legintenzívebb, rózsás illatot is egy-egy oldószer okozta. A propilén-glikol, a dipropilén-glikol és a dipropilén-glikol-monometil-éter az össz- csúcsterület 72,9%-át adta. A többi komponens közül a D-limonén, a *cisz*-rózsza-oxid, az α -pinén és a *transz*-rózsza-oxid rendelkezett még nagyobb csúccsal. Ezek közül csak a *cisz*-rózsza-oxid esetében éreztem illóolajos jelleget. A vizsgálat során még az alábbi, gyenge erősségű illatokat érzékeltem: pörkölt magvak, virágos, fűszeres, kenyér, vattacukor, hagyma, szegfűszeg. A spektrumkönyvtár egy esetben nem tudta pontosan beazonosítani a csúccsal rendelkező vegyületet. A virág-jelleges aromakomponensek megjelenését a minta kromatogramján a **17. ábra** szemlélteti.



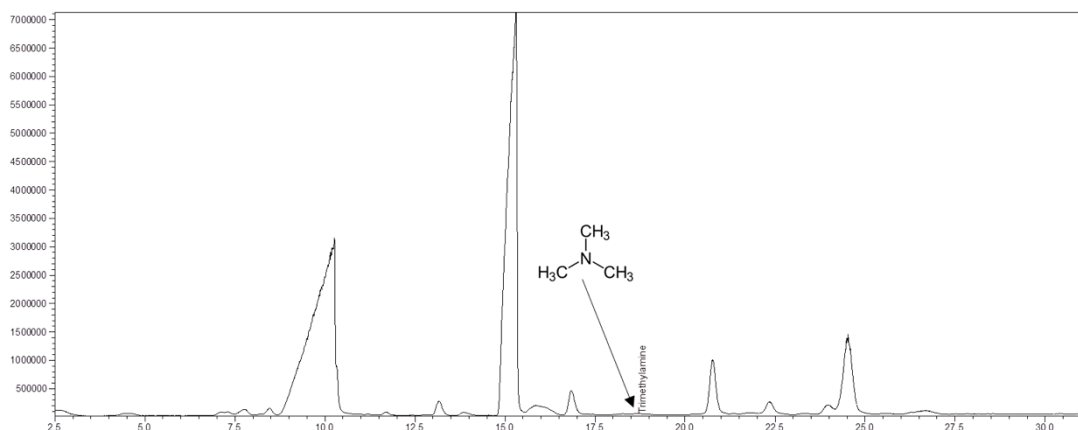
17. ábra: A 14-es toll virág/rózsza jellegű vegyületei

(Forrás: saját munka)

A **15-ös toll** (ánizs illat) vizsgálata után 14 komponenst sikerült azonosítani. A dietil-ftalát oldószer 35,09 terület%-ban volt jelen. Ebben az esetben is a legmeghatározóbb vegyület a D-limonén (31,84%), illetve az α -pinén (15,12%) voltak. Gyenge intenzitású szilva illatot a 2-metil-1,3-dioxán, gyengén édes illatot pedig az o-cimén esetében éreztem. Ánizs jellegű vegyületet nem azonosítottam a tollban.

A **16-os számú tollban** (hal illat) 22 vegyület jelent meg. Ezek közül egyet nem sikerült beazonosítani a spektrumkönyvtár segítségével, annak ellenére, hogy megjelenésekor közepes intenzitású rózsás jelleget éreztem. A jellegzetes hal illatot a trimetil-amin adja, ami a toll

illatában mindössze 0,07%-ot tett ki (**18. ábra**). A vegyület nagy illataktivitását mutatja az az eredmény, hogy bár az illatkomponens alig látható csúcsterülettel jelent meg, intenzív hal illata mégis észlelhető volt az olfaktometriás mérés során. A tollban háromféle oldószert találtam, a propilén-glikolt, a dietil-ftalátot és a dipropilén-glikolt, melyek az össz-csúcsterület 41,57%-át adják. Szaglás során egy közepesen erős ánizsos jelleget is éreztem, amely a nagy mennyiségben (39,87%) található anetolnak volt köszönhető. A D-limonént ebben az esetben virágosnak, az α -pinént pedig vaníliásnak, medvecukrosnak érzékelttem.



18. ábra: A jellegzetes hal-illatú komponens megjelenése a 16-os toll kromatogramján
(Forrás: saját munka)

A GC-MS vizsgálat eredményeiből jól látható az az eredmény is, hogy az általam használt oszlop el tudja választani, de a tömegspektrométer nem tudja nagy biztonsággal megkülönböztetni az enantiomereket, izomereket (például *cisz*-rózsa-oxid, *transz*-rózsa oxid). Erre a célra enantiomer szelektív oszlopot, esetleg tandem GC-t kellene alkalmazni.

A *Sniffin' Sticks* illatazonosítási teszt gázkromatográfia-tömegspektrometria-olfaktometria kapcsolt analitikai műszeregyüttessel (GC-MS-O) történő aromavizsgálat műszeres és érzékszervi eredményeit összevetettem. Arra a következtetésre jutottam, hogy a tollak többségében a bírálók által érzett mentolos jelleget főként a menton, az izomenton és a mentofurán adja. Emiatt lehetséges az, hogy például a terpentín illatú tollat mentolként azonosították. A medvecukor illattal rendelkező tollat pedig néhányan fodormentásnak jelölték meg, azonban e válaszlehetőség kicserélése után már egyértelműen helyesen azonosították a medvecukor célillatot. Az ananász illatú toll esetében az olfaktométeres vizsgálat során csak édes, gyümölcsös jelleget tudtak azonosítani. Az alanyok az első vizsgálat során nem ismerték fel az illatot, senki sem használta az ananász jelzőt a célillat jellemzésére. Emiatt az eredeti teszt során a válaszlehetőségekre adott válaszok (körte, szilva, barack, ananász) viszonylag kiegyenlítettek lettek.

6. Összefoglalás

A világon a legelterjedtebb humán illatérzékelés diagnosztikai teszt a *Sniffin' Sticks* (Burghart Messtechnik GmbH, Holm, Németország) tesztrendszere (küszöbérték teszt, illatmegkülönböztetés teszt, illatazonosítás teszt). Annak ellenére, hogy a *Sniffin' Sticks* rendszer célspecifikus változatait létrehozták és a gyakorlatban széleskörűen alkalmazzák, ezek átfogó statisztikai szempontú értékelése mindezekig nem valósult meg.

Kutatásomban fő célul tűztem ki a *Sniffin' Sticks* illatazonosítás teszt fejlesztési pontjainak meghatározását, valamint az illatanyagok műszeres minőségi azonosítását. Ehhez a fő célkitűzéshez igazítottam alcélkitűzéseimet:

1. Az eredeti, a fejlesztett és az adaptált *Sniffin' Sticks* illatérzékelési rendszerek összehasonlító értékelése a nemzetközi szakirodalom és gyakorlati protokollok alapján.
2. A *Sniffin' Sticks* illatazonosítási tesztek statisztikai fókuszú értékelése, a potenciális torzító tényezőinek meghatározása és ezek megoldására kidolgozott javaslatok megfogalmazása.
3. A teljes *Sniffin' Sticks* tesztrendszer (küszöbérték teszt, illatmegkülönböztetés teszt, illatazonosítás teszt) integrálásával célspecifikus illatazonosítási kísérlet megtervezése, megvalósítása, kiértékelése a nem valódi válaszalternatívák hatásainak tesztelésére.
4. A *Sniffin' Sticks* illatazonosítási teszt aromakomponenseinek meghatározása, a gázkromatográfia-tömegspektrometria-olfaktometria (GC-MS-O) kapcsolt analitikai rendszerrel.

Első lépésként, kutatásomban feldolgoztam, összehasonlítottam és értékeltem a nemzetközi szakirodalomban megtalálható és gyakorlati protokollokon alapuló *Sniffin' Sticks* módszereket, többek között a teszt típusát, tollak számát, válaszlehetőségek számát.

Második lépésként kutatásomban azonosítottam az identifikációs tesztek statisztikai szempontból potenciális torzító tényezőit. Ezek közül két statisztikai torzító tényezőt, a helyes válaszok gyakoriságának kiegyenlítettségét, illetve a válasz illat alternatívák számának hatását elemeztem. Az aggregációs szabály alapján meghatároztam, hogy a véletlen eltalálás valószínűségeket figyelembe véve a *Sniffin' Sticks* tesztrendszerrel a 48 pontból átlagosan 9,3 pontot is összegyűjt egy illatvesztett egyén is. Megállapítottam, hogy az eredeti *Sniffin' Sticks* azonosítási tesztben a kötelező választású négy alternatívás rendszerben 25% a véletlen eltalálás valószínűsége. A válaszalternatívák számának növelésével a véletleneltalálás valószínűsége a hiperbolikus függvény szerint csökken.

Harmadik lépésként kutatásomban a nemzetközi protokollnak megfelelően integráltam a teljes illatérzékelési *Sniffin' Sticks* tesztet (identifikáció, küszöbérték, diszkrimináció). A 39

egyetemista hallgató (19-25 év, 11 férfi, 28 nő) közül kiszűrtem a csökkent illatérzékelésű (*hyposmia*) (4 fő) és szaglásvesztett (*anosmia*) (1 fő) egyéneket. A normál szaglással rendelkezőkkel (*normosmia*) pedig további módosított illatazonosítás tesztek végzettem a *Sniffin' Sticks* teszt felhasználásával. Kutatásomban igazoltam a valódi illatalternatívák jelentőségét, hiszen a nem valódi illatalternatívák jelenléte felfelé torzíthatják a diagnosztikai eredményeket. Két toll (bőr, fahéj) esetében adódott csak csökkenés, amely abból adódik, hogy az eredetileg nem valódi válaszalternatívák valódi alternatíváknak számítottak. Ahol törés következett be az azonosítási százalék növekedésében, ott az eredetihez képest a három nem valódi alternatíva magasabb azonosítást eredményezett. Az alanyok azonosítási pontszámainak elemzése alapján megállapítható, hogy két alanytól eltekintve minden résztvevő azonosítási pontszáma növekedett, vagy változatlan maradt. A tesztjeimmel igazoltam, hogy az illatazonosítási tesztek kulcs kérdése az azonosítandó illatok meghatározása (kulturális különbség), mivel az ánizs illatú tollat nehezen azonosították, mert a tesztelők közül kevesen találkoztak ezzel az illattal. Ugyanakkor az illatokat leíró kifejezések megválasztása is döntő fontosságú (szocio-demográfia különbség), mert a terpentín kifejezést nehezen értelmezték a teszt résztvevői.

Negyedik lépésként kutatásomban meghatároztam a *Sniffin' Sticks* illatazonosító teszt tollaiban található aromakomponenseket GC-MS-O kapcsolt analitikai műszeregyüttessel és SPME mintaelőkészítéssel. Az aromavizsgálatok eredményének kiértékelését a LabSolutions és az Olfactory Voicegram programok segítségével végeztem. Az illatalkotók azonosításához a NIST05 és a NIST05s spektrumkönyvtárakat is felhasználtam. Eredményeimmel igazoltam, hogy az illatok komponenseinek száma széles határok között változott (2-39 illatkomponens). A legkevesebb komponens a narancs, a legtöbbet pedig a bőr illatú toll illékony frakciója tartalmazta. A tollak aromakomponenseinek összehasonlítása után meghatároztam, hogy a legtöbb toll illatalkotója között szerepelt a D-limonén, az α -pinén, a β -pinén, az o-cimén és a mentolos jelleget adó menton, izomenton is. Az olfaktométerrel történő érzékszervi vizsgálat során a tollak célillata mellett számos más, főként gyenge erősségű illatjelleget – például virágos, fűszeres, mentolos – azonosítottam.

Összességében megállapítható, hogy a kutatásom célkitűzését teljesítettem, a kutatásaim során azonosítottam a *Sniffin' Sticks* illatazonosítási teszt illatanyagait, valamint meghatároztam a *Sniffin' Sticks* tesztrendszerek fejlesztési pontjait. Az elért eredményeim a *Sniffin' Sticks* illat tesztrendszerek fejlesztéseihez, vagy adaptálásához felhasználhatók. Reményem szerint munkám eredményei hasznosulni fognak a magyarországi illatazonosító *Sniffin' Sticks* teszt adaptálásakor és más illatesztek fejlesztésekor.

7. Irodalomjegyzék

1. Al Aïn, S., Frasnelli, J. A. (2017): Intranasal trigeminal chemoreception. In: Conn, P. M. (szerk.): *Conn's Translational Neuroscience*. San Diego: Elsevier, Academic Press, pp. 379-397.
2. Antsov, E., Silveira-Moriyama, L., Kilk, S., Kadastik-Eerme, L., Toomsoo, T., Lees, A., Taba, P. (2014): Adapting the Sniffin' Sticks olfactory test to diagnose Parkinson's disease in Estonia. *Parkinsonism & Related Disorders*, 20(8), 830-833. DOI: [10.1016/j.parkreldis.2014.04.012](https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2014.04.012)
3. Bak I. (2011): *Műszeres analitikai technikák a gyógyszerészeti és bioanalitikai vizsgálatokban*. Debrecen: Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrum Gyógyszerésztudományi Kar Gyógyszerhatástani Tanszék Gyógyszerészeti műszeres- és bioanalitikai részleg.
4. Balla J. (1997): *A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai*. Budapest: Abigél Bt.
5. Balungwe, P., Huart, C., Matanda, R., Bisimwa, G., Mouraux, A., Rombaux, P. (2020): Adaptation of the Sniffin' Sticks Test in South-Kivu. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 137(6), 467-471. DOI: [10.1016/j.anorl.2020.01.012](https://doi.org/10.1016/j.anorl.2020.01.012)
6. Ban, Y., Oyama-Okubo, N., Honda, C., Nakayama, M., Moriguchi, T. (2010): Emitted and endogenous volatiles in 'Tsugaru' apple: The mechanism of ester and (*E,E*)- α -farnesene accumulation. *Food Chemistry*, 118(2), 272-277. DOI: [10.1016/j.foodchem.2009.04.109](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.109)
7. Barótfi I. (2000): *Környezettechnika*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
8. Bastos, L. O. D., Guerreiro, M. M., Lees, A. J., Warner, T. T., Silveira-Moriyama, L. (2015): Effects of age and cognition on a cross-cultural paediatric adaptation of the Sniffin' Sticks Identification Test. *PLoS One*, 10(8), Paper 0131641, 13 p. DOI: [10.1371/journal.pone.0131641](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131641)
9. Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009): *Food Chemistry*, 4th Edition. Heidelberg: Springer-Verlag.
10. Béres A., Ágoston Cs., Lovrityné Kiss B. (2014): *Szagvédelmi kézikönyv*. Budapest: Magyar Mérnöki Kamara, Környezetvédelmi tagozat.
11. Besser, G., Liu, D. T., Renner, B., Mueller, C. A. (2020): Self-Administered Testing of Odor Threshold and Discrimination Using Sniffin' Sticks – Reviving the „Odor-Curves-On-Paper” Method. *Chemosensory Perception*, 13, 71-77. DOI: [10.1007/s12078-019-09263-x](https://doi.org/10.1007/s12078-019-09263-x)
12. Bonaduce, I., Andreotti, A. (2009): Py-GC/MS of Organic Paint Binders. In: Colombini, M.P., Modugno, F. (szerk.): *Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology*. John Wiley and Sons, Ltd., pp. 303–326.
13. Brattoli, M., Cisternino, E., Dambruoso, P. R., De Gennaro, G., Giungato, P., Mazzone, A., Palmisani, J., Tutino, M. (2013): Gas chromatography analysis with olfactometric detection (GC-O) as a useful methodology for chemical characterization of odorous compounds. *Sensors*, 13(12), 16759-16800. DOI: [10.3390/s131216759](https://doi.org/10.3390/s131216759)
14. Brattoli, M., de Gennaro, G., de Pinto, V., Loiotile, A. D., Lovascio, S., Penza, M. (2011): Odour detection methods: olfactometry and chemical sensors. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 11(5), 5290–5322. DOI: [10.3390/s110505290](https://doi.org/10.3390/s110505290)
15. Burdock, G. A. (2010): *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients – Sixth Edition*. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300: CRC Press Taylor & Francis Group.
16. Cain, W. S., de Wijk, R. A., Nordin, S., Nordin, M. (2008): Independence of odor Quality and Absolute Sensitivity in a Study of Aging. *Chemosensory Perception*, 1(1), 24-33. DOI: [10.1007/s12078-007-9002-0](https://doi.org/10.1007/s12078-007-9002-0)
17. Cameron, E. L. (2018): Olfactory perception in children. *World Journal of Otorhinolaryngology – Head and Neck Surgery*, 4, 57-66. DOI: [10.1016/j.wjorl.2018.02.002](https://doi.org/10.1016/j.wjorl.2018.02.002)
18. Cameron, E. L., Doty, R. L. (2013): Odor identification testing in children and young adults using the smell wheel. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77, 346-350. DOI: [10.1016/j.ijporl.2012.11.022](https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2012.11.022)
19. Catana, I., Negoiaș, S., Maniu, A., Porojan, M., Cosgarea, M. (2012): A Modified Version of "Sniffin' Sticks" Odor Identification Test: The Romanian Cultural Adaptation. *Medicine and Pharmacy Reports*, 85(2), 218-223. Letöltés dátuma: 2023.06.21. Forrás: <https://medpharmareports.com/index.php/mpr/article/view/219>
20. Cavazzana, A., Wesarg, C., Schriever, V. A., Hummel, T., Lundström, J. N., Parma, V. (2017): A Cross-Cultural Adaptation of the Sniffin' Sticks Olfactory Identification Test for US children. *Chemical Senses*, 42, 133-140. DOI: [10.1093/chemse/bjw113](https://doi.org/10.1093/chemse/bjw113)
21. Chalouhi, C., Faulcon, P., Le Bihan, C., Hertz-Pannier, L., Bonfils, P., Abadie, V. (2005): Olfactory Evaluation in Children: Application to the CHARGE Syndrome. *Pediatrics*, 116(1), 81-88. DOI: [10.1542/peds.2004-1970](https://doi.org/10.1542/peds.2004-1970)
22. Cho, J. H., Jeong, Y. S., Lee, Y. J., Hong, S.-C., Yoon, J.-H., Kim, J. K. (2009): The Korean version of the Sniffin' stick (KVSS) test and its validity in comparison with the cross-cultural smell identification test (CC-SIT). *Auris Nasus Larynx*, 36(3), 280-286. DOI: [10.1016/j.anl.2008.07.005](https://doi.org/10.1016/j.anl.2008.07.005)
23. Čičelienė, J., Vaičys, Ž., Rastenytė, D. (2018): Development of the Lithuanian Version of Sniffin' Sticks 12 Odor Identification Test. *Medicina*, 54(2), 13. DOI: [10.3390/medicina54020013](https://doi.org/10.3390/medicina54020013)

24. Csóka M. (2014): *Fűszerpaprika őrlemények szín- és illattulajdonságainak vizsgálata*. [PhD értekezés] Budapest: Élelmiszertudományi Doktori Iskola. DOI: [10.14267/phd.2014065](https://doi.org/10.14267/phd.2014065)
25. Dalton, P., Doty, R. L., Murphy, C., Frank, R., Hoffman, H. J., Maute, C., Kallen, M. A., Slotkin, J. (2013): Olfactory assessment using the NIH Toolbox. *Neurology*, 80(3), 32-36. DOI: [10.1212/WNL.0b013e3182872eb4](https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182872eb4)
26. Davidson, T. M., Freed, C., Healy, M. P., Murphy, C. (1998): Rapid Clinical Evaluation of Anosmia in Children: The Alcohol Sniff Test. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 855(1), 787-792. DOI: [10.1111/j.1749-6632.1998.tb10659.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb10659.x)
27. de Koning, S., Janssen, H.G., Brinkman, U.A.T. (2009): Modern Methods of Sample Preparation for GC Analysis. *Chromatographia*, 69(1), 33–78. DOI: [10.1365/s10337-008-0937-3](https://doi.org/10.1365/s10337-008-0937-3)
28. Delgado-Losada, M. L., Delgado-Lima, A. H., Bouhaben, J. (2020): Spanish Validation for Olfactory Function Testing Using the Sniffin' Sticks Olfactory Test: Threshold, Discrimination, and Identification. *Brain sciences*, 10(12), 943. DOI: [10.3390/brainsci10120943](https://doi.org/10.3390/brainsci10120943)
29. Dotchin, C., Msuya, O., Walker, R. (2010): The Use of Smell Identification Tests in the Diagnosis of Parkinson's Disease in Brazil. *Movement Disorders*, 25(4), 510-511. DOI: [10.1002/mds.22241](https://doi.org/10.1002/mds.22241)
30. Doty, R. L., Bromley, S. M. (2004): Effects of drugs on olfaction and taste. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 37, 1229-1254. DOI: [10.1016/j.otc.2004.05.002](https://doi.org/10.1016/j.otc.2004.05.002)
31. Fjaeldstad, A., Kjaergaard, T., Van Hartevelt, T. J., Moeller, A., Kringelbach, M. L., Ovesen, T. (2015): Olfactory screening: validation of Sniffin' Sticks in Denmark. *Clinical otolaryngology and allied sciences*, 40(6), 545-550. DOI: [10.1111/coa.12405](https://doi.org/10.1111/coa.12405)
32. Fjaeldstad, A., Petersen, M. A., Ovesen, T. (2017): Considering chemical resemblance: A possible confounder in olfactory identification tests. *Chemosensory Perception*, 10, 42-48. DOI: [10.1007/s12078-017-9226-6](https://doi.org/10.1007/s12078-017-9226-6)
33. Frank, R. A., Dulay, M. F., Gesteland, R. C. (2003): Assessment of the Sniff Magnitude Test as a clinical test of olfactory function. *Physiology & Behavior*, 78, 195-204. DOI: [10.1016/s0031-9384\(02\)00965-4](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(02)00965-4)
34. Freiherr, J., Gordon, A. R., Alde, E. C., Ponting, A. L., Hernandez, M. F., Boesveldt, S., Lundström, J. N. (2012): The 40-item Monell Extended Sniffin' Sticks Identification Test (MONEX-40). *Journal of Neuroscience Methods*, 205, 10-16. DOI: [10.1016/j.jneumeth.2011.12.004](https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2011.12.004)
35. Gellrich, J., Dabow, M.-L., Vogelberg, C., Reschke, F., Näge, A., von der Hagen, M., Schriever, V. A. (2019): Influence of chronic diseases on the olfactory function in children. *European Journal of Pediatrics*, 178, 1185-1193. DOI: [10.1007/s00431-019-03380-1](https://doi.org/10.1007/s00431-019-03380-1)
36. Gellrich, J., Stetzler, C., Oleszkiewicz, A., Hummel, T., Schriever, V. A. (2017): Olfactory threshold and odor discrimination ability in children – evaluation of a modified „Sniffin' Sticks” test. *Scientific Reports*, Pages 1928, 6 p. DOI: [10.1038/s41598-017-01465-1](https://doi.org/10.1038/s41598-017-01465-1)
37. Gotow, N., Yamamoto, K., Kobayashi, T., Kobayakawa, T. (2021): Screening for Age-Related Olfactory Decline Using a Card-Type Odor Identification Test Designed for Use with Japanese People. *Chemosensory Perception*, 14, 1-10. DOI: [10.1007/s12078-020-09279-8](https://doi.org/10.1007/s12078-020-09279-8)
38. Guducu, C., Oniz, A., Ikiz, A. O., Ozgoren, M. (2016): Chemosensory Function in Congenitally Blind or Deaf Teenagers. *Chemosensory Perception*, 9, 8-13. DOI: [10.1007/s12078-015-9199-2](https://doi.org/10.1007/s12078-015-9199-2)
39. Gudziol, V., Hummel, T. (2009): The Influence of Distractors on Odor Identification. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 135(2), 143-145. DOI: [10.1001/archotol.135.2.143](https://doi.org/10.1001/archotol.135.2.143)
40. Haehner, A., Maye, A.-M., Landis, B. N., Pournaras, I., Lill, K., Gudziol, V., Hummel, T. (2009): High test-retest reliability of the extended version of the „Sniffin' Sticks” test. *Chemical Senses*, 34(8), 705-711. DOI: [10.1093/chemse/bjp057](https://doi.org/10.1093/chemse/bjp057)
41. Han, P., Hummel, C., Hitzler, H., Gerber, J., Schriever, V., Hummel, T. (2018): The Influence of Age on Brain Processing of Odors in Adolescent Girls. *Chemosensory Perception*, 11, 10-18. DOI: [10.1007/s12078-017-9232-8](https://doi.org/10.1007/s12078-017-9232-8)
42. Hertz, J., Cain, W. S., Bartoshuk, M., Dolan, T. F. JR. (1974): Olfactory and Taste Sensitivity in Children with Cystic Fibrosis. *Physiology and Behavior*, 14, 89-94. DOI: [10.1016/0031-9384\(75\)90147-x](https://doi.org/10.1016/0031-9384(75)90147-x)
43. Hinz, A., Luck, T., Riedel-Heller, S. G., Herzberg, P. Y., Rolfs, C., Wirkner, K., Engel, C. (2019): Olfactory dysfunction: properties of the Sniffin' Sticks Screening 12 test and associations with quality of life. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 276, 389-395. DOI: [10.1007/s00405-018-5210-2](https://doi.org/10.1007/s00405-018-5210-2)
44. Hugh, S. C., Siu, J., Hummel, T., Forte, V., Campisi, P., Papsin, B. C., Propst, E. J. (2015): Olfactory testing in children using objective tools: comparison of Sniffin' Sticks and University of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT). *Journal of Otolaryngology – Head and Neck Surgery*, 44(1), 10. DOI: [10.1186/s40463-015-0061-y](https://doi.org/10.1186/s40463-015-0061-y)
45. Hummel, T., Hummel, C., Iannilli, E., Baur, A., Gerber, J., Chopra, A. (2012): Olfactory Processing in Children and Young Adults. *Chemosensory Perception*, 5, 128-137. DOI: [10.1007/s12078-011-9114-4](https://doi.org/10.1007/s12078-011-9114-4)
46. Hummel, T., Pfetzing, U., Lötsch, J. (2010): A short olfactory test based on the identification of three odors. *Journal of Neurology*, 257, 1316-1320. DOI: [10.1007/s00415-010-5516-5](https://doi.org/10.1007/s00415-010-5516-5)

47. Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S. R., Pauli, E., Kobal, G. (1997): 'Sniffin Sticks': Olfactory Performance Assessed by the Combined Testing of Odor Identification, Odor Discrimination and Olfactory Threshold. *Chemical Senses*, 22(1), 39-52. DOI: [10.1093/chemse/22.1.39](https://doi.org/10.1093/chemse/22.1.39)
48. ISO 4120:2021 Sensory analysis – Methodology – Triangle test
49. ISO 6658:2017 Sensory analysis – Methodology – General guidance
50. ISO 8589:2007 Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms
51. ISO 16820:2019 Sensory analysis – Methodology – Sequential analysis
52. Jaramillo, L., van Egmond-Froehlich, A., Liu, D. T., Prem, B., Renner, B., Mueller, C. A., Besser, G. (2022): Pediatric olfactory home testing using regular household items: A cross-over validation study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 158, Paper 111173, 7 p. DOI: [10.1016/j.ijporl.2022.111173](https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2022.111173)
53. Jeleń, H., Majcher, M., Gracka, A. (2017): Application of solid phase microextraction in food analysis – flavor and off-flavor sampling. In: Ouyang, G., Jiang, R. (szerk.): *Solid phase microextraction: recent developments and applications*, Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 223-246.
54. Kamrava, S. K., Hosseini, S. F., Farhadi, M., Jaleesi, M., Talebi, A., Amini, E., Alizadeh, R. (2021): Cultural Adaptation of the Iranian Version of the "Sniffin' Sticks" Olfactory Test. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 35, 153. DOI: [10.47176/mjiri.35.153](https://doi.org/10.47176/mjiri.35.153)
55. Kataoka, H., Lord, H.L., Pawliszyn, J., (2000): Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *Journal of Chromatography A*, 880(1-2), 35–62. DOI: [10.1016/S0021-9673\(00\)00309-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)00309-5)
56. Kataoka, H., Saito, K. (2011): Recent advances in SPME techniques in biomedical analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 54, 926-950. DOI: [10.1016/j.jpba.2010.12.010](https://doi.org/10.1016/j.jpba.2010.12.010)
57. Kobal, G., Hummel, T., Senkinger, B., Barz, S., Roscher, S., Wolf, S. (1996): "Sniffin' sticks": screening of olfactory performance. *Rhinology*, 34(4), 222-226. Letöltés dátuma: 2023.04.14. forrás: https://www.rhinologyjournal.com/Rhinology_issues/manuscript_283.pdf
58. Konstantinidis, I., Printza, A., Genetzaki, S., Kamali, K., Kekes, G., Constantinidis, J. (2008): Cultural adaptation of an olfactory identification test: The Greek version of Sniffin' Sticks. *Rhinology Journal*, 46(4), 292-296. Letöltés dátuma: 2023.06.21. Forrás: https://www.rhinologyjournal.com/Rhinology_issues/723.pdf
59. Kovács B., Csapó J. (2015): *Az élelmiszervizsgálatok műszeres analitikai módszerei*. Debrecen: Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.
60. Kremmer, T., Torkos, K. (2010): *Elválasztástechnikai módszerek elmélete és gyakorlata*. Budapest: Akadémiai Kiadó Zrt.
61. Kutlug, S., Gunbey, E., Sogut, A., Celiksoy, M. H., Kardas, S., Yildirim, U., Karli, R., Murat, N., Sancak, R. (2016): Evaluation of olfactory function in children with allergic rhinitis and nonallergic rhinitis. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 86, 172-176, DOI: [10.1016/j.ijporl.2016.04.038](https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.04.038)
62. Liu, D. T., Besser, G., Lang, M., Sharma, G., Pablik, E., Renner, B., Mueller, C. A. (2020): Odor Mixtures in Identification Testing Using Sniffin' Sticks: The SSomix Text. *Scientific Reports*, Paper 8155, 12 p. DOI: [10.1038/s41598-020-65028-7](https://doi.org/10.1038/s41598-020-65028-7).
63. Mariño-Sánchez, F., Valls-Mateus, M., Fragola, C., de los Santos, G., Aguirre, A., Alonso, J., Valero, J., Santamaría, A., Rojas Lechuga, M. J., Cobeta, I., Alobid, I., Mullol, J. (2020): Pediatric Barcelona Olfactory Test–6 (pBOT-6): Validation of a Combined Odour Identification and Threshold Screening Test in Healthy Spanish Children and Adolescents. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 30(6), 439–447. DOI: [10.18176/jiaci.0451](https://doi.org/10.18176/jiaci.0451)
64. Marsili, R.T. (2007): Comparing sensory and analytical chemistry flavor analysis, In: Marsili, R.T (szerk.): *Sensory-Directed Flavor Analysis*. Boca Raton, Taylor & Francis Group, pp. 1-23.
65. McGinley, C. M., McGinley, M. A., McGinley D. L. (2000): "Odor Basics", *Understanding and Using Odor Testing*. Honolulu: the 22nd Annual Hawaii Water Environment Association Conference, pp. 1-15.
66. Molnár A., Maihoub S., Krasznai M., Tamás L., Kraxner H. (2022): A Sniffin' Sticks szaglásteszt alkalmazásának bemutatása az eredeti használati útmutató alapján. *Fül-Orr-Gégégyógyászat*, 68(4), 160-164. Letöltés dátuma: 2023.07.10. Forrás: <http://repo.lib.semmelweis.hu/handle/123456789/9285>
67. MSZ EN 13725:2003 Levegőminőség. A szagkoncentráció meghatározása dinamikus olfaktometriával.
68. MSZ EN ISO 5492:2009 Érzékszervi vizsgálatok. Szakszótár (ISO 5492:2008).
69. Mueller, C., Renner, B. (2006): A new Procedure for the Short Screening of Olfactory Function Using Five Items from the „Sniffin' Sticks” Identification test Kit. *American Journal of Rhinology*, 20(1), 113-116. DOI: [10.1177/194589240602000121](https://doi.org/10.1177/194589240602000121)
70. Neumann, C., Tsioulos, K., Merkonidis, C., Salam, M., Clark, A., Philpott, C. (2012): Validation study of the "Sniffin' Sticks" olfactory test in a British population: a preliminary communication. *Clinical otolaryngology and allied sciences*, 37(1), 23-27. DOI: [10.1111/j.1749-4486.2012.02431.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-4486.2012.02431.x)
71. Niklassen, A. S., Ovesen, T., Fernandes, H., Fjaeldstad, A. W. (2017): Danish validation of sniffin' sticks olfactory test for threshold, discrimination, and identification. *Laryngoscope*, 128(8), 1759-1766. DOI: [10.1002/lary.27052](https://doi.org/10.1002/lary.27052)

72. Nováková, L. N., Havlíček, J. (2020): Time, Age, Gender, and Test Practise Effects on Children's Olfactory Performance: a Two-Year Longitudinal Study. *Chemosensory Perception*, 13, 19-36. DOI: [10.1007/s12078-019-09260-0](https://doi.org/10.1007/s12078-019-09260-0)
73. Nováková, L., Valentova, J. V., Havlíček, J. (2014): Engagement in Olfaction-Related Activities is Associated with the Ability of Odor Identification and Odor Awareness. *Chemosensory Perception*, 7, 56-67. DOI: [10.1007/s12078-014-9167-2](https://doi.org/10.1007/s12078-014-9167-2)
74. Oleszkiewicz, A., Taut, M., Sorokowska, A., Radwan, A., Kamel, R., Hummel, T. (2016): Development of the Arabic version of the "Sniffin' Sticks" odor identification test. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 273, 1179-1184. DOI: [10.1007/s00405-015-3718-2](https://doi.org/10.1007/s00405-015-3718-2)
75. Oniz, A., Erdoğan, İ., İkiz, A. O., Evirgen, N., Ozgoren, M. (2013): The Modified Sniffin' Sticks Test in Turkish Population Based on Odor Familiarity Survey. *Neurological Sciences and Neurophysiology*, 30(2), 270-280. Letöltés dátuma: 2023.06.23. forrás: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Modified-Sniffin-%27-Sticks-Test-in-Turkish-Based-Oniz-Erdogan/b7b57844648a034751fb8f678a6fc73a310431b4>
76. Özyay, H., Çakır, A., Ecevit, M. C. (2019): Retronasal Olfaction Test Methods: A Systematic Review. *Balkan medical journal*, 36(1), 49-59. DOI: [10.4274/balkanmedj.2018.0052](https://doi.org/10.4274/balkanmedj.2018.0052)
77. Palotai T. (2012): *Különböző termőhelyekről származó kadarka borok illó komponenseinek vizsgálata GC-MS módszerrel*. [TDK dolgozat] Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem.
78. Pawliszyn, J., Pawliszyn, B., Pawliszyn, M. (1997): Solid Phase Microextraction (SPME). *Chem. Educator*, 2, 1-7. DOI: [10.1007/s00897970137a](https://doi.org/10.1007/s00897970137a)
79. Pinkhardt, E. H., Liu, H., Ma, D., Chen, J., Pachollek, A., Kunz, M. S., Kassubek, J., Ludolph, A. C., Huang, Y., Chen, H., Landwehrmeyer, G. B., Wang, Z., Su, W. (2019): Olfactory screening of Parkinson's Disease patients and healthy subjects in China and Germany: A study of cross-cultural adaptation of the Sniffin' Sticks 12-identification test. *PLoS One*, 14(11), Paper 0224331, 12 p. DOI: [10.1371/journal.pone.0224331](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224331)
80. Plutowska, B., Wardencki, W. (2008): Application of gas chromatography-olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages – A review. *Food Chemistry*, 107, 449-463. DOI: [10.1016/j.foodchem.2007.08.058](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.058)
81. Pomares, C. G., Schirrer, J., Abadie, V. (2002): Analysis of the Olfactory Capacity of Healthy Children Before Language Acquisition. *Developmental and Behavioral Pediatrics*, 23(4), 203-207. DOI: [10.1097/00004703-200208000-00002](https://doi.org/10.1097/00004703-200208000-00002)
82. Renner, B., Mueller, C. A., Dreier, J., Faulhaber, S., Rascher, W., Kobal, G. (2009): The Candy Smell Test: A New Test for Retronasal Olfactory Performance. *The Laryngoscope*, 119(3), 487-495. DOI: [10.1002/lary.20123](https://doi.org/10.1002/lary.20123)
83. Ribeiro, J. C., Simões, J., Silva, F., Silva, E. D., Hummel, C., Hummel, T., Paiva, A. (2016): Cultural Adaptation of the Portuguese version of the "Sniffin' Sticks" Smell Test: Reliability, Validity, and Normative Data. *PLoS One*, 11(2), Paper 0148937, 12 p. DOI: [10.1371/journal.pone.0148937](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148937)
84. Rodas-Moya, S. (2020): *The Nutritious Drink: A Specialized Nutrient Supplement for Adults and Adults Living with HIV in Malawi*. [PhD thesis] Waningen: Wageningen University. [10.18174/507370](https://doi.org/10.18174/507370)
85. Sai-Guan, L., Husain, S., Zahedi, F.-D., Ahmad, N., Gendeh, B.-S. (2020): Cultural Adaptation of Sniffin' Sticks Smell Identification Test: The Malaysian Version. *Iranian journal of otorhinolaryngology*, 32(111), 213-222. DOI: [10.22038/ijorl.2019.34346.2138](https://doi.org/10.22038/ijorl.2019.34346.2138)
86. Schienle, A., Schlötl, C. (2019): Association Between Olfactory Performance and Affective Symptoms in Children. *Chemosensory Perception*, 12, 100-105. DOI: [10.1007/s12078-018-9253-y](https://doi.org/10.1007/s12078-018-9253-y)
87. Schriever, V. A., Mori, E., Petters, W., Boerner, C., Smitka, M., Hummel, T. (2014): The „Sniffin' Kids” Test — A 14-Item Odor Identification Test for Children. *PLOS ONE*, 9(6), Paper 101086, 7 p. DOI: [10.1371/journal.pone.0101086](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101086)
88. Schriever, V. A., Zscheile, L., Gellrich, J., Hummel, T. (2021): Odor identification performance in children aged 3-6 years. *Pediatric Research*, 89, 1304-1309. DOI: [10.1038/s41390-020-1083-3](https://doi.org/10.1038/s41390-020-1083-3)
89. Shirey, R.E. (1999): SPME Fibers and Selection for Specific Applications. In: Wercinski, S. A. S. (szerk.): *Solid Phase Microextraction - A Practical Guide*. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300: CRC Press Taylor & Francis Group, pp. 59-111.
90. Shu, C.-H., Yuan, B.-C., Lin, S.-H., Lin, C.-Z. (2007): Cross-Cultural Application of the "Sniffin' Sticks" Odor Identification Test. *American Journal of Rhinology & Allergy*, 21(5), 570-573. DOI: [10.2500/ajr.2007.21.3075](https://doi.org/10.2500/ajr.2007.21.3075)
91. Silveira-Moriyama, L., Carvalho, M. De J., Katzenschlager, R., Petrie, A., Ranvaud, R., Barbosa, E. R., Lees, A. J. (2008): The use of smell identification tests in the diagnosis of Parkinson's disease in Brazil. *Movement disorders clinical practise*, 23(16), 2328-2334. DOI: [10.1002/mds.22241](https://doi.org/10.1002/mds.22241)
92. Silveira-Moriyama, L., Sirisena, D., Gamage, P., Gamage, R., de Silva, R., Lees, A. J. (2009): Adapting the Sniffin' Sticks to diagnose Parkinson's disease in Sri Lanka. *Movement Disorders*, 24(8), 1229-1233. DOI: [10.1002/mds.22545](https://doi.org/10.1002/mds.22545)

93. Skorvanek, M., Lodomirjakova, Z., Han, V., Lesko, N., Feketeova, E., Jarčuškova, D., Repkova, B., Spisak, P., Urbancikova, Z., Vargova, A., Gombosova, L., Zakuciova, M., Veseliny, E., Trebuna, F., Mechirova, E., Gdovinova, Z. (2017): Prevalence of Prodromal Parkinson's Disease as Defined by MDS Research Criteria among Elderly Patients Undergoing Colonoscopy. *Journal of Parkinson's Disease*, 7(3), 481-489. DOI: [10.3233/JPD-161036](https://doi.org/10.3233/JPD-161036)
94. Song, H., Liu, J. (2018): GC-O-MS technique and its applications in food flavor analysis. *Food Research International*, 114, 187-198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.037>
95. Sorokowska, A., Hummel, T. (2014): Polish version of the Sniffin' Sticks Test – adaptation and normalization. *The Polish Otolaryngology*, 68(6), 308-314. DOI: [10.1016/j.otpol.2014.08.001](https://doi.org/10.1016/j.otpol.2014.08.001)
96. Sorokowska, A., Schriever, V. A., Gudziol, V., Hummel, C., Hähner, A., Iannilli, E., Sinding, C., Azi, M., Seo, H. S., Negoias, S., Hummel, T. (2015): Changes of olfactory abilities in relation to age: odor identification in more than 1400 people aged 4 to 80 years. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 272, 1937–1944. DOI: [10.1007/s00405-014-3263-4](https://doi.org/10.1007/s00405-014-3263-4)
97. Spietelun, A., Kloskowski, A., Chrzanowski, W., Namiesnik, J. (2013): Understanding solid-phase microextraction: Key factors influencing the extraction process and trends in improving the technique. *Chemical Reviews*, 113(3), 1667–1685. DOI: [10.1021/cr300148j](https://doi.org/10.1021/cr300148j)
98. Székelyhidi R. (2007): A szilárd fázisú mikroextrakciós technika. *Magyar Kémikusok Lapja*, LXXII. Évfolyam, 276-279. DOI: [10.24364/MKL.2017.09](https://doi.org/10.24364/MKL.2017.09)
99. van Spronsen, E., Ebbens, F. A., Fokkens, W. J. (2013): Olfactory function in healthy children: Normative data for odor identification. *American Journal of Rhinology & Allergy*, 27, 197-201. DOI: [10.2500/ajra.2013.27.3865](https://doi.org/10.2500/ajra.2013.27.3865)
100. Várvölgyi E., Gere A., Szöllősi D., Sipos L., Kovács Z., Kókai Z., Csóka M., Mednyánszky Zs., Fekete A., Korányi K. (2015): Application of sensory assessment, electronic tongue and GC-MS to characterize coffee samples. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40, 125-133. DOI: [10.1007/s13369-014-1489-5](https://doi.org/10.1007/s13369-014-1489-5)
101. VDI 3882 Blatt 1:1992-10: Olfaktometrie, Bestimmung der Geruchsintensität. Berlin, Beuth Verlag.
102. VDI 3882 Blatt 2:1994-09: Olfaktometrie, Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung. Berlin, Beuth Verlag.
103. Wilson, A. D., Baietto, M. (2009): Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies. *Sensors*, 9, 5099-5148. DOI: [10.3390/s90705099](https://doi.org/10.3390/s90705099)
104. Zhang, Z., Yang, M. J., Pawliszyn, J. (1994): Solid-Phase Microextraction. A Solvent-Free Alternative for Sample Preparation. *Analytical Chemistry*, 66, 844–854. DOI: [10.1021/ac00089a001](https://doi.org/10.1021/ac00089a001)

Internetes hivatkozások

1. Internet 1: Szabó Á. (2021): *Poszt-COVID-ellátás a Semmelweis Egyetem Fül-Orr-Gégészeti és Fej-Nyakebészeti Klinikán*. Semmelweis honlapja. Letöltés dátuma: 2022.10.20. Forrás: <https://semmelweis.hu/hirek/2021/05/19/post-covid-ellatas-a-semmelweis-egyetem-ful-orr-gegeszeti-es-fej-nyaksebeszeti-klinikán/>
2. Internet 2: *Gas Chromatography Olfactometry*: Odour Observatory. Letöltés dátuma: 2023.10.13. Forrás: <https://odourobbservatory.org/measuring-odour/gas-chromatography-olfactometry/>
3. Internet 3: Sniffin' Sticks identification test: Burghart Messtechnik honlapja. Letöltés dátuma: 2023.09.10. Forrás: https://www.burghart-mt.de/daten/www.burghart-mt.de/datei/de/ident%20test_207.pdf

8. Mellékletek

1. melléklet

1. táblázat: A Sniffin' Sticks azonosító altesztjének válaszlehetőségei (Forrás: Molnár et al., 2022 nyomán, a célillatok félkövér betűtípussal jelölve.)

Toll száma	1. válaszlehetőség	2. válaszlehetőség	3. válaszlehetőség	4. válaszlehetőség
1	narancs	szeder	eper	ananász
2	füst	ragasztó	bőr	fű
3	méz	vanília	csokoládé	fahéj
4	snidling	borsmenta	fenyő	hagyma
5	kókusz	banán	dió	cseresznye
6	barack	alma	citrom	grépfrút
7	medvecukor	cseresznye	fodormenta	keksz
8	mustár	gumi	mentol	terpentin
9	hagyma	savanyú	fokhagyma	sárgarépa
10	cigaretta	kávé	bor	füst
11	dinnye	barack	narancs	alma
12	szegfűszeg	bors	fahéj	mustár
13	körte	szilva	barack	ananász
14	kamilla	málna	rózsa	cseresznye
15	ánizs	rum	méz	fenyő
16	kenyér	hal	sajt	sonka

2. táblázat: A Sniffin' Sticks illatanyagai (Forrás: Internet 3 nyomán)

Toll	Illat
1	narancsolaj
2	bőr illat
3	fahéjaldehid
4	borsmentaolaj
5	banán illatanyag
6	citrusolaj
7	anetol
8	terpentinolaj
9	fokhagymaolaj
10	kávéolaj
11	alma illat
12	szegfűszegolaj
13	ananász aroma illata
14	rózsa illóolaj
15	anetol
16	halszag
Oldószer	dietil-ftalát
Oldószer	propilénglikolum

2. melléklet

1. táblázat: A Sniffin' Sticks azonosító tesztek eredményei (Forrás: saját munka, a célillat félkövér betűtípussal és zöld háttérrel, a megváltoztatott válaszlehetőség dőlt betűvel és szürke háttérrel jelölve.)

Toll száma	Eredeti Sniffin' Sticks teszt válaszlehetőségeinek száma							
	4 db		3 db		2 db		1 db	
1	narancs	88,2%	narancs	100,0%	narancs	80,0%	narancs	100,0%
	szeder	0,0%	szeder	0,0%	szeder	20,0%	kávé	0,0%
	eper	0,0%	hal	0,0%	hal	0,0%	hal	0,0%
	ananasz	11,8%	ananasz	0,0%	hagyma	0,0%	hagyma	0,0%
2	füst	20,6%	rózsa	10,0%	rózsa	0,0%	rózsa	55,6%
	ragasztó	11,8%	ragasztó	30,0%	rágógumi	60,0%	rágógumi	11,1%
	bőr	50,0%	bőr	50,0%	bőr	20,0%	bőr	33,3%
	fű	17,6%	fű	10,0%	fű	20,0%	narancs	0,0%
3	méz	2,9%	méz	0,0%	méz	10,0%	sajt	0,0%
	vanília	0,0%	alma	0,0%	alma	0,0%	alma	11,1%
	csokoládé	2,9%	csokoládé	0,0%	hal	0,0%	hal	0,0%
	fahéj	94,1%	fahéj	100,0%	fahéj	90,0%	fahéj	88,9%
4	snidling	0,0%	snidling	0,0%	szemét	0,0%	szemét	0,0%
	borsmenta	100,0%	borsmenta	100,0%	borsmenta	100,0%	borsmenta	100,0%
	fenyő	0,0%	fenyő	0,0%	fenyő	0,0%	izzadság	0,0%
	hagyma	0,0%	festék	0,0%	festék	0,0%	festék	0,0%
5	kókusz	2,9%	kókusz	0,0%	szappan	0,0%	szappan	11,1%
	banán	91,2%	banán	100,0%	banán	90,0%	banán	88,9%
	dió	0,0%	dió	0,0%	dió	0,0%	földimogyoró	0,0%
	cseresznye	5,9%	cigaretta füst	0,0%	cigaretta füst	0,0%	cigaretta füst	0,0%
6	barack	0,0%	hagyma	0,0%	hagyma	0,0%	hagyma	0,0%
	alma	5,9%	alma	10,0%	hal	0,0%	hal	0,0%
	citrom	58,8%	citrom	70,0%	citrom	60,0%	citrom	100,0%
	grépfrút	35,3%	grépfrút	20,0%	grépfrút	40,0%	sonka	0,0%
7	medvecukor	76,5%	medvecukor	100,0%	medvecukor	100,0%	medvecukor	100,0%
	cseresznye	5,9%	cseresznye	0,0%	cseresznye	0,0%	sör	0,0%
	fodormenta	14,7%	benzin	0,0%	benzin	0,0%	benzin	0,0%
	keksz	2,9%	keksz	0,0%	kókusz	0,0%	kókusz	0,0%
8	mustár	8,8%	mustár	0,0%	mustár	10,0%	cseresznye	0,0%
	gumi	8,8%	füst	0,0%	füst	30,0%	füst	11,1%
	mentol	47,1%	mentol	30,0%	hagyma	20,0%	hagyma	0,0%
	terpentín	35,3%	terpentín	70,0%	terpentín	40,0%	terpentín	88,9%
9	hagyma	5,9%	marcipán	0,0%	marcipán	0,0%	marcipán	0,0%
	savanyú káposzta	0,0%	savanyú káposzta	0,0%	szappan	0,0%	szappan	0,0%
	fokhagyma	94,1%	fokhagyma	100,0%	fokhagyma	100,0%	fokhagyma	100,0%
	sárgarépa	0,0%	sárgarépa	0,0%	sárgarépa	0,0%	füst	0,0%
10	cigaretta	2,9%	cigaretta	0,0%	fahéj	0,0%	fahéj	0,0%
	kávé	91,2%	kávé	90,0%	kávé	90,0%	kávé	100,0%
	bor	2,9%	bor	10,0%	bor	0,0%	vanília	0,0%
	füst	2,9%	menta	0,0%	menta	0,0%	menta	0,0%
11	dinnye	32,4%	dinnye	40,0%	dinnye	10,0%	sajt	0,0%
	barack	17,6%	fokhagyma	0,0%	fokhagyma	0,0%	fokhagyma	0,0%
	narancs	0,0%	narancs	0,0%	kávé	0,0%	kávé	0,0%
	alma	50,0%	alma	60,0%	alma	90,0%	alma	100,0%
12	szegfűszeg	94,1%	szegfűszeg	100,0%	szegfűszeg	100,0%	szegfűszeg	100,0%
	bors	0,0%	bors	0,0%	bors	0,0%	petrezselyem	0,0%
	fahéj	5,9%	marcipán	0,0%	marcipán	0,0%	marcipán	0,0%
	mustár	0,0%	mustár	0,0%	fokhagyma	0,0%	fokhagyma	0,0%

13	körte	20,6%	körte	10,0%	körte	40,0%	<i>mandula</i>	0,0%
	szilva	26,5%	<i>fenyő</i>	0,0%	<i>fenyő</i>	10,0%	<i>fenyő</i>	11,1%
	barack	8,8%	barack	0,0%	<i>hagyma</i>	0,0%	<i>hagyma</i>	0,0%
	ananász	44,1%	ananász	90,0%	ananász	50,0%	ananász	88,9%
14	kamilla	14,7%	<i>bors</i>	0,0%	<i>bors</i>	0,0%	<i>bors</i>	0,0%
	málna	0,0%	málna	0,0%	<i>festék</i>	0,0%	<i>festék</i>	0,0%
	rózsa	79,4%	rózsa	100,0%	rózsa	90,0%	rózsa	100,0%
	cseresznye	5,9%	cseresznye	0,0%	cseresznye	10,0%	<i>csokoládé</i>	0,0%
15	ánizs	67,6%	ánizs	90,0%	ánizs	80,0%	ánizs	100,0%
	rum	17,6%	rum	10,0%	rum	10,0%	<i>kávé</i>	0,0%
	méz	0,0%	<i>fa</i>	0,0%	<i>fa</i>	10,0%	<i>fa</i>	0,0%
	fenyő	14,7%	fenyő	0,0%	<i>csokoládé</i>	0,0%	<i>csokoládé</i>	0,0%
16	kenyér	2,9%	kenyér	0,0%	<i>eper</i>	0,0%	<i>eper</i>	0,0%
	hal	94,1%	hal	100,0%	hal	100,0%	hal	100,0%
	sajt	0,0%	sajt	0,0%	sajt	0,0%	<i>bazsalikom</i>	0,0%
	sonka	2,9%	<i>benzin</i>	0,0%	<i>benzin</i>	0,0%	<i>benzin</i>	0,0%

3. melléklet

1. táblázat: Az 1. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

1	NARANCS		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
21,119	α -pinén	1,49	narancs
26,275	D-limonén	98,51	virágos

2. táblázat: A 2. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

2	BŐR		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
3,217	menton	3,95	
4,629	izomenton	0,76	
6,460	benzaldehyd	0,83	
7,342	longifolén	0,35	
7,765	(4-izopropenil-1-ciklohexen-1-il)metanol	1,27	virágos
7,962	linalol	3,45	
8,154	mentil-acetát	1,39	
8,821	kariofillén	0,27	
9,166	6-metoxi-2-hexanol	1,20	uborka
9,497	dihidro-karvon	0,16	
10,004	transz-p-menta-2,8-dienol	1,19	
10,400	DL-mentol	5,11	
11,062	4-izopropenil-1-metil-2-ciklohexen-1-ol	1,31	
11,463	β -citral	0,63	citrus
11,760	α -terpineol	0,55	
12,060	eremofilén	0,08	
12,266	dihidrokarveol	0,13	
12,907	L(-)-karvon	6,33	kömény
13,055	cisz-karvén	0,65	
13,947	5-izopropenil-2-metilén-ciklohexanol	0,92	virágos
14,275	perilla-aldehyd	0,41	
14,983	cisz-karvol	4,45	virágos
15,170	esztragol	0,22	
15,660	transz-karveol	1,97	fűszeres
16,161	verbenol	0,29	fűszeres
16,941	feniletil-alkohol	0,07	rózsa
18,331	α -limonén-diepoxid	0,05	
18,676	2,3,5-trimetil-hexán	0,03	
18,868	p-menta-1(7),8(10)-dien-9-ol	0,27	
19,196	perilla alkohol	0,35	virágos
20,164	oktánsav	0,09	
21,092	α -pinén	14,54	citrom
21,836	kamfén	0,15	
22,310	3,7-dimetil-dekán	0,18	
22,662	β -pinén	4,16	bőr
23,725	β -mircén	0,41	
25,131	D-limonén	37,29	fahéj
25,420	eukaliptol	2,29	
27,675	o-cimén	2,19	virágos

3. táblázat: A 3. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

3	FAHÉJ		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
2,572	dl-menton	0,25	
4,275	D-menton	0,34	
6,974	benzaldehyd	0,65	
7,766	D-longifolén	0,45	
8,085	mentil-acetát	0,79	sárgadinnye
8,711	allo-aromadendrén	0,34	
8,794	kariofillén	0,52	
9,186	propilén-glikol	2,18	uborka
9,870	dietilenglikol-monoetil-éter	0,81	
10,365	DL-mentol	5,63	
10,946	dihidromircenol	0,08	
11,286	dipropilén-glikol	0,08	
11,776	cisz-4-terc-butil-ciklohexanol	4,08	ismeretlen
12,975	transz-4-terc-butil-ciklohexanol	5,77	fahéj
13,130	transz-2-decenol	0,13	
13,575	etil-izobutiril-acetát	0,26	fahéj
15,053	dipropilén-glikol	3,68	
15,698	ismeretlen	0,21	virágos
16,386	dipropilén-glikol	2,74	szilva
17,516	dietil-ftalát	30,17	rózsa, citrus
18,077	dipropilén-glikol	0,20	
19,908	izopropil-mirisztát	1,03	
21,000	α -pinén	7,56	citrom
22,607	β -pinén	2,65	
23,635	β -mircén	0,21	virágos
23,999	timol	0,53	mentol
24,944	D-limonén	24,98	
25,308	eukaliptol	1,34	földes
26,195	4-tridecil-észter-metoxi-ecetsav	0,22	
27,537	m-cimén (β -cimén)	2,11	körte

4. táblázat: A 4. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

4	BORSMENTA		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
4,139	menton	3,75	ismeretlen
4,610	mentofurán	0,21	rágógumi
5,106	D-izomenton	0,77	fertőtlenítő
6,826	benzaldehyd	0,16	
7,317	2,4-dimetil-1,3-dioxolán-2-metanol	0,03	
7,760	D-longifolén	0,05	
8,018	mentil-acetát	0,60	fahéj
8,650	kariofillén	0,10	
10,095	propilén-glikol	13,13	uborka
10,461	DL-mentol	2,97	
10,790	acetofenon	0,10	eukaliptusz
11,719	α -terpineol	0,12	
12,805	3-karvomentenon (piperiton)	0,07	
13,156	β -citronellol	0,05	gyógynövény
13,851	mirtenol	0,05	fű
15,070	dipropilén-glikol	0,10	mentol
15,222	benzaldehyd-propilenglikol-acetál	0,48	

15,685	pentanal-propilén-glikol-acetál	0,11	eukaliptusz
16,880	dietil-ftalát	0,53	forralt bor
18,696	aceton	0,15	ismeretlen
19,912	izopropil-mirisztát	0,23	
21,143	α -pinén	10,28	rágógumi, fahéj
22,880	β -pinén	9,76	virágos
25,300	D-limonén	7,27	mentol
25,855	eukaliptol	45,61	
28,376	m-cimén (β -cimén)	3,33	virágos

5. táblázat: Az 5. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

5	BANÁN		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
7,102	menton	35,07	mentol
7,161	D-izomenton	2,16	földes
7,604	α -bourbonén	0,24	
7,665	mentil-acetát	0,25	savanyú
8,056	linalol	0,10	ismeretlen
9,150	mentil-acetát	7,20	gumi, fű
9,823	neoizomentol	3,71	banán
11,961	DL-mentol	34,28	mentolos rágó
12,144	α -terpineol	0,39	széna
12,969	3-karvomentenon (piperiton)	0,44	
13,255	(E)-2-tridecenal	0,07	gyógynövény
13,999	mirtenol	0,02	
15,055	dipropilén-glikol	0,03	
15,304	p-cimén-8-ol	0,03	
16,253	dipropilén-glikol	0,02	szegfűszeg
16,954	dietil-ftalát	0,15	rózsa
17,550	kariofillén-oxid	0,02	
17,979	etil-vinil-éter	0,03	
19,267	kariofillén-oxid	0,09	virágos
19,965	izopropil-mirisztát	0,02	
20,955	α -pinén	0,38	banán
22,784	izoamil-acetát (banánolaj)	0,96	banán
24,661	4-pentenil-acetát	4,61	banán
25,182	D-limonén	0,65	
25,604	ismeretlen	0,25	virágos
29,394	izopentil-pentanoát	8,52	banán
30,528	1-hexanol	0,30	

6. táblázat: A 6. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

6	CITROM		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
18,755	aceton	0,03	
21,106	α -pinén	4,05	citrom
23,574	β -pinén	16,31	
26,264	D-limonén	68,61	mentol
29,260	o-cimén	10,99	virágos

7. táblázat: A 7. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

7	MEDVECUKOR		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
3,990	limonén-epoxid	3,55	

4,356	menton	5,90	
5,086	mentofurán	0,45	mentol
5,450	izomenton	1,31	
7,945	linalol	5,49	illóolaj
8,156	mentil-acetát	2,14	
8,896	kariofillén	1,53	
9,274	propilén-glikol	2,14	
9,292	L-4-terpineol	1,59	
9,927	mirtenál	0,42	
10,430	DL-mentol	7,81	
10,530	L-transz-pinokarvol	0,46	
10,839	mirtanil-acetát	0,14	
11,073	cisz-p-ment-2,8-dienol	0,13	
11,488	β-citrál (cisz-citrál)	0,81	
11,824	α-terpineol	7,20	
12,365	cisz-geraniol	0,62	
12,756	α-citrál (transz-citrál)	2,94	virágos
12,875	karvon	0,68	
13,190	β-citronellol	0,47	
13,852	mirtenol	0,96	
14,329	ismeretlen	0,17	
14,970	cisz-karveol	0,91	
15,258	p-cimén-8-ol	0,27	virágos
15,669	transz-karveol	0,36	
16,182	ismeretlen	0,10	
16,919	feniletil-alkohol	0,48	rózsa
18,813	ismeretlen	0,11	
19,181	kariofillén-oxid	0,21	
19,615	2-metil-1,3-dioxán	0,86	
20,906	α-pinén	11,53	
22,488	β-pinén	3,60	
23,491	β-mircén	0,39	
24,801	D-limonén	31,77	
25,164	eukaliptol	0,53	
25,975	ismeretlen	0,27	
27,155	o-cimén	1,67	

8. táblázat: A 8. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

8	TERPENTIN		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
3,885	menton	0,20	
5,101	izomenton	0,04	mentol
7,285	2,4-dimetil-1,3-dioxolán-2-metanol	0,01	
7,616	D-longifolén	0,03	
7,925	mentil-acetát	0,05	virágos
8,619	kariofillén	0,01	
10,106	propilén-glikol	3,05	ismeretlen
10,245	DL-mentol	0,17	
11,652	α-terpineol	0,04	
12,772	D-karvon	0,01	
13,096	esztragon	0,01	
13,766	mirtenol	0,01	
15,105	anetol	2,62	kamilla
17,085	dietil-ftalát	0,73	hígító

18,440	aceton	0,02	
22,574	α -pinén	74,76	medvecukor
23,851	β -pinén	14,13	illóolaj, citrus
24,245	β -mircén	0,35	virágos
25,614	D-limonén	3,37	gyógynövény
27,840	cimén	0,36	
30,079	(E)-2-dodecén-4-in	0,04	virágos

9. táblázat: A 9. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

9	FOKHAGYMA		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
17,237	propilén	5,47	
18,791	allil-merkaptán	0,41	fokhagyma
20,520	α -pinén	12,58	
21,697	3,7-dimetil-dekán	0,36	
22,079	β -pinén	4,30	
22,891	allil-szulfid	16,86	fokhagyma
24,225	D-limonén	54,90	
26,093	o-cimén	3,64	
30,935	dietil-ftalát	1,47	virágos

10. táblázat: A 10. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

10	KÁVÉ		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
2,512	menton	0,34	
4,154	izomenton	0,77	
6,903	longifolén	0,82	
7,323	mentil-acetát	1,19	kellemetlen
7,703	kariofillén	0,29	
8,641	propilén-glikol	5,03	
9,260	2-izopropil-5-metil-ciklohexanol [(1S, 2S, 5R)-(+)-neomentol]	0,52	
9,746	DL-mentol	5,60	
11,205	L- α -terpineol	0,67	
12,183	ismeretlen	0,42	
12,711	β -citronellol	0,46	
13,395	mirtenol	0,33	
14,561	dipropilén-glikol	0,45	
14,622	anetol	0,81	vegeta
15,237	3-hidroxil-2,4,4,4-trimetil-pentil-2-metilpropanoát	0,15	
16,418	feniletil-alkohol	1,70	rózsa
20,474	α -pinén	13,04	
21,999	β -pinén	4,91	
22,959	β -mircén	0,79	
23,405	eugenol	0,55	
24,171	D-limonén	56,34	
26,025	o-cimén	4,79	

11. táblázat: A 11. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

11	ALMA		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
4,104	3-acetoxidodekán	0,28	
6,923	longifolén	0,11	

7,315	mentil-acetát	0,18	
8,030	ismeretlen	0,21	
9,661	propilén-glikol	15,48	
9,785	DL-mentol	0,77	pörkölt magok
10,531	ismeretlen	0,14	
11,224	L- α -terpineol	0,11	
12,345	D-karvon	0,02	
12,536	1,3-dimetoxi-benzol	0,12	
12,640	ismeretlen	0,07	
13,406	mirtenol	0,04	
15,457	benzil-alkohol	2,18	
16,435	dietil-ftalát	6,95	rózsza
17,463	ismeretlen	0,26	
17,795	hexa-hidro-farnesol	0,10	
18,633	etil-acetát	0,65	
19,189	2-metil-1,3-dioxán	4,34	hígító
20,191	metil-2-metil-butanoát	8,73	alma
20,345	etil-butirát	2,45	
20,842	etil-2-metil-butanoát	2,97	
22,170	izoamil-acetát	4,67	virágos
23,326	eugenol	0,06	fahéj
24,200	D-limonén	3,45	zöld növény
24,788	(E)-2-hexenal	7,33	édes
26,285	hexil-acetát	36,90	édes
27,741	cisz-3-hexenil-acetát	0,24	
28,721	1-hexanol	0,19	
29,810	cisz-3-hexenol	1,01	virágos

12. táblázat: A 12. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

12	SZEGFŰSZEG		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
2,511	2-hexenal-propilén-glikol-acetát	4,81	
6,539	longifolén	0,69	
7,044	mentil-acetát	0,51	
7,766	4,11,11-trimetil-8-metilénbicyclo[7.2.0]undec-4-én	0,34	
9,366	propilén-glikol	47,96	
9,656	DL-mentol	1,98	
11,128	L- α -terpineol	0,24	
12,653	β -citronellol	0,08	
14,480	dipropilén-glikol	0,23	
14,594	esztragon	0,34	
16,111	dietil-ftalát	17,17	virágos
16,370	feniletal-alkohol	0,30	
18,395	ismeretlen	0,16	
19,669	etil-maltol	0,15	vattacukor
20,426	α -pinén	6,56	
21,484	5-etil-2-metil-oktán	0,20	
21,945	β -pinén	2,07	
22,930	β -mircén	0,17	
23,319	eugenol	0,31	szegfűszeg
24,050	D-limonén	13,65	
24,339	eukaliptol	0,31	
25,835	o-cimén	1,76	

13. táblázat: A 13. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

13	ANANÁSZ		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
3,928	menton	0,21	
6,901	longifolén	0,11	
7,254	mentil-acetát	0,34	
9,007	kariofillén	19,35	
9,744	DL-mentol	1,24	
10,429	α -kariofillén	3,16	
10,653	ismeretlen	0,04	
11,146	L- α -terpineol	0,11	
11,660	α -gvajén	0,05	
12,300	δ -kadinén	0,16	
14,398	ismeretlen	0,10	édes
14,557	anetol	0,14	
15,644	dietil-ftalát	0,18	
16,365	feniletil-alkohol	0,13	rózsa
18,867	kariofillén-oxid	0,12	
20,444	α -pinén	1,44	édes, gyümölcsös
20,771	etil-2-metil-butanoát	0,18	
21,961	β -pinén	0,41	
24,000	eugenol	63,91	szegfűszeg
25,835	o-cimén	0,34	
29,710	allil-hexanoát	8,30	virágos

14. táblázat: A 14. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

14	RÓZSA		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
3,446	izomenton	0,37	
6,608	longifolén	0,31	
7,098	izomentil-acetát	0,62	
7,850	β -kariofillén	0,48	
9,477	propilén-glikol	36,68	pörkölt magvak
9,698	DL-mentol	1,51	
10,146	2-metil-butánsav	0,22	
11,172	L- α -terpineol	0,19	
11,444	etil-2-metil-butirát	0,12	
12,310	ismeretlen	0,11	virágos
12,656	β -citronellol	0,13	
13,337	mirtenol	0,08	virágos
14,829	dipropilén-glikol	16,83	ismeretlen
15,635	feniletil-butirát	1,16	rózsa
16,110	dipropilén-glikol	14,82	
16,451	dipropilén-glikol-monometil-éter	2,81	rózsa
17,611	dipropilén-glikol	1,76	
18,150	aceton	0,20	fűszeres
18,270	feniletil-izovalerát	1,61	kenyér
19,179	2,4-dimetil-1,3-dioxolán-2-metanol	0,50	
19,511	etil-maltol	0,50	vattacukor
20,405	α -pinén	3,28	
21,335	metil-cinnamát	0,35	fűszeres
21,890	β -pinén	0,90	hagyma
22,748	β -mircén	0,13	virágos

23,337	eugenol	1,39	szegfűszeg
23,940	D-limonén	6,36	
24,294	eukaliptol	0,17	
25,856	o-cimén	0,47	
27,664	acetol	0,30	
29,377	cisz-rózsa-oxid	3,97	illóolaj
29,883	transz-rózsa-oxid	1,63	

15. táblázat: A 15. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

15	ÁNIZS		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
13,383	dietil-ftalát	35,09	
18,657	6-etoxi-6-metil-2-ciklohexenon	0,26	
18,981	2,3,4-trimetil-hexán	0,10	
19,802	2-metil-1,3-dioxán	2,28	szilva
20,915	eugenol	3,08	
21,098	α -pinén	15,12	
21,340	4-metil-2-pentil-1,3-dioxolán	0,42	
22,150	3,7-dimetil-dekán	0,44	
22,700	β -pinén	6,76	
23,669	β -mircén	0,45	
24,995	D-limonén	31,84	
25,369	eukaliptol	0,66	
26,164	metoxiecentsav-2-tetradecil észter	0,66	
27,590	o-cimén	2,84	édes

16. táblázat: A 16. tollban található aromakomponensek (Forrás: saját munka)

16	HAL		
tR	vegyület neve	terület%	aroma
4,490	izomenton	0,34	
7,125	2,4-dimetil-1,3-dioxolán-2-metanol	0,20	
7,306	longifolén	0,13	
7,776	mentil-acetát	0,40	rózsa
8,454	β -kariofillén	0,38	
10,263	propilén-glikol	40,36	kellemetlen
10,320	mentol	0,97	
11,685	L- α -terpineol	0,16	
13,115	esztragol	0,19	
13,165	ismeretlen	0,67	rózsa
15,304	anetol	39,87	ánizs
15,856	dietil-ftalát	0,94	
16,203	dipropilén-glikol	0,27	
16,825	feniletal-alkohol	1,58	rózsa
18,281	trimetilamin	0,07	hal
20,770	α -pinén	3,60	vanília, medvecukor
21,736	3,7-dimetil-dekán	0,08	
22,341	β -pinén	0,90	fahéj
23,311	β -mircén	0,09	virágos
23,965	eugenol	0,86	
24,526	D-limonén	7,32	virágos
26,646	o-cimén	0,63	