



Aromaanyagok összehasonlító vizsgálata fajtaazonosítás céljából

Mednyánszky Zsuzsanna

Budapesti Corvinus Egyetem  
Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

Budapest, 2012

## A doktori iskola

**megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Élelmiszertudományok

**vezetője:** Dr. Fodor Péter  
Egyetemi tanár, DSc  
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM Élelmiszertudományi Kar  
Alkalmazott Kémia Tanszék

**Témavezető:** Dr. Amtmann Mária  
Egyetemi docens, PhD  
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM Élelmiszertudományi Kar  
Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.



Az iskolavezető jóváhagyása



A témavezető jóváhagyása

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanács 2012. október 15 -i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:

**BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:**

**Elnöke:**

**Farkas József, MHAS, BCE**

**Tagjai:**

**Biacs Péter, DSc, BCE**

**Kiskó Gabriella, PhD, BCE**

**Stefanovitsné Bányai Éva, DSc, BCE**

**Beczner Judit, CSc, KÉKI**

**Opponensek**

**Daood Hussein, CSc, SZIE-RET**

**Kókai Zoltán, PhD, BCE**

**Titkár:**

**Kiskó Gabriella, PhD**

## Tartalomjegyzék

<b>1. BEVEZETÉS.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. A teanövény .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. A teanövény termesztése.....	5
2.1.2. Teatermesztő országok .....	6
2.1.2.1. India .....	6
2.1.2.2. Kína.....	7
2.1.2.3. Srí Lanka .....	8
<b>2.2. A tea kémiája .....</b>	<b>9</b>
2.2.1. A teahajtás összetétele .....	9
2.2.2. A tea illóanyagai.....	15
2.2.2.1. Zöld illat .....	15
2.2.2.2. Virágaroma.....	16
2.2.2.3. Égett és diós aroma.....	18
<b>2.3. Aromavizsgálati módszerek .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. A tea gyártástechnológiája .....</b>	<b>22</b>
2.4.1. A fehér tea.....	22
2.4.2. A zöld tea .....	23
2.4.3. Az Oolong tea.....	25
2.4.4. A fekete tea .....	27
<b>2.5. A tea egészségre kifejtett hatásai .....</b>	<b>30</b>
<b>3. CÉLKITŰZÉSEK.....</b>	<b>33</b>
<b>4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1. A vizsgált teaminták .....</b>	<b>34</b>
4.1.1. Kínai Keemun fekete tea.....	34
4.1.2. Ceyloni fekete tea .....	34
4.1.3. Indiai Assam fekete tea.....	34
4.1.4. Indiai Darjeeling fekete tea .....	34
4.1.5. Kínai fehér tea .....	35
4.1.6. Kínai zöld tea .....	35
4.1.7. Kínai Oolong tea.....	35
<b>4.2. Vizsgálati módszerek.....</b>	<b>35</b>
4.2.1. Gázkromatográfiás mérések.....	35
4.2.1.1. Alkalmazott vegyszerek.....	35
4.2.1.2. A mintaelőkészítés műveletei.....	36
4.2.1.2.1. Vízgőzdesztilláció.....	36

4.2.1.2.2. Szimultán desztilláció-extrakció.....	36
4.2.1.2.3. Szilárd fázisú mikroextrakció (SPME) .....	37
4.2.1.3. GC-MS mérési körülmények .....	38
4.2.2. Érzékszervi bíráló.....	38
4.2.3. Elektronikus orr vizsgálatok .....	40
4.2.4. Elektronikus nyelv vizsgálatok .....	41
<b>5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1. A gázkromatográfiás vizsgálatok eredménye.....</b>	<b>43</b>
5.1.1. A kiértékelés módja.....	43
5.1.2. A mintaelőkészítési módszerek összehasonlítása.....	45
5.1.3. A teák gázkromatográfiás vizsgálatának eredményei.....	52
5.1.3.1. A kínai Keemun fekete tea aromaösszetétele.....	52
5.1.3.2. A Ceyloni fekete tea bemutatása .....	57
5.1.3.3. Az indiai Assam tea bemutatása.....	61
5.1.3.4. A Darjeeling tea kromatográfiás vizsgálata .....	64
5.1.3.5. A kínai fehér tea .....	69
5.1.3.6. A kínai zöld tea aromaösszetétele .....	73
5.1.3.7. A kínai Oolong tea aromaösszetétele.....	76
<b>5.2. Összehasonlító vizsgálatok .....</b>	<b>80</b>
5.2.1. A fekete teák aromaösszetételének összehasonlítása .....	80
5.2.1.1. A gázkromatográfiás mérések .....	80
5.2.1.2. Érzékszervi bíráló .....	90
5.2.1.3. Elektronikus orr vizsgálatok.....	93
5.2.1.4. Elektronikus nyelv vizsgálatok.....	96
5.2.2. A különböző fermentáltságú teák összehasonlítása .....	98
5.2.2.1. A gázkromatográfiás mérések .....	98
5.2.2.2. Érzékszervi bíráló .....	107
5.2.2.3. Elektronikus orr vizsgálatok.....	109
5.2.2.4. Elektronikus nyelv vizsgálatok.....	112
<b>5.3. Új tudományos eredmények.....</b>	<b>114</b>
<b>6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK .....</b>	<b>115</b>
<b>7. ÖSSZEFOGLALÁS.....</b>	<b>116</b>
<b>8. SUMMARY .....</b>	<b>121</b>
<b>9. IRODALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>126</b>
<b>10. MELLÉKLETEK .....</b>	<b>139</b>

## RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ANOVA	Variancia analízis (Analysis of Variance)
EGCG	Epigallokatechingallát
C	Katechin
CTC	Vágás, Tépés, Sodrás (Crush, Tear, Curl)
DA	Diszkriminancia analízis
EC	Epikatechin
ECG	Epikatechin gallát
EGC	Epigallokatechin
ER	Endoplazmás retikulum
GC	Gallokatechin
GC-MS	Gázkromatográfia-Tömegspektrometria (Gas-Chromatography-Mass Spectrometry)
OT	Illatküszöb érték (Orthonasal Odor Threshold)
OAV	Illataktivitás érték (Odor Activity Value)
PA	Poli-akril
PCA	Főkomponens analízis (Principal Component Analysis)
PDMS	Poli-dimetil-sziloxán
PDMS-DVB	Poli-dimetil-sziloxán-divinilbenzol
POD	Peroxidáz
PPO	Polifenoloxidáz
Q%	Felismerési valószínűség (Match Quality)
SDE	Szimultán Desztilláció Extrakció
SPE	Szilárd Fázisú Extrakció
SPME	Szilárd Fázisú Mikroextrakció
TI	Terpén Index
VFC	Illó Aroma Komponens (Volatile Flavor Compound)

## 1. BEVEZETÉS

Az Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék a 90-es évek közepétől intenzív vizsgálatokat folytat fűszerek, borok, pálinkák, gyümölcsök és zöldségek, mézek valamint gombák, általában az illatukkal jellemezhető növényi nyersanyagok és a belőlük készült termékek aromaszervezet meghatározásában, az illatforrás felismerését is lehetővé tevő céllal. Ebben a kutatásban a korábbi fűszervizsgálataim folytatásaként teafajták illattulajdonságainak vizsgálatával vállaltam részt.

A teanövény (*Camellia sinensis*) leveleiből készített tea a legnagyobb mennyiségben fogyasztott italok közé tartozik. Az elmúlt években a benne található hatóanyagok a tudományos érdeklődés középpontjába kerültek annak köszönhetően, hogy felfigyeltek rendszeres fogyasztásának számtalan jótékony hatására. A tea ital csökkenti a kardiovaszkuláris megbetegedések előfordulását, jótékonyan befolyásolja a vérzsírok szintjét, megelőzi az érlemezsedést, antitrombotikus és vérnyomáscsökkentő hatású (VITA, 2003). Javítja a szájhigiénét, antivirális és antibakteriális aktivitással rendelkezik, megelőz bizonyos neurodegeneratív betegségeket, mint a Parkinson-kór és az Alzheimer-kór, sőt stroke esetén csökkenti az ischaemia okozta agyi károsodást, és véd az öregkori agyi atrófia ellen is. Mindezek mellett külön kiemelhetőek antidiabetikus és tumorelles hatásai. Kimutatták, hogy a tea illetve hatóanyagai csökkentik a vércukorszintet, növelik az inzulinérzékenységet, gátolják az elhízást. Ezen effektusok következtében különösen a zöld tea a cukorbetegség megelőzésében is hatékonyak tűnik. A legnagyobb érdeklődést mégis azok a megfigyelések váltották ki, melyek szerint a teakatechinek mind a rosszindulatú dagatok kialakulását, mind azok növekedését és terjedését akadályozzák (CHUNG *et al.*, 2003).

A tea elsőként Kínát hódította meg, ahol háromezer évig őrizték titkát. Európába csak meglehetősen késéssel, a 17. században jutott el, s népszerűvé válását elsősorban az angol fogyasztóknak köszönhetette. Angliát sokan manapság is a teával, illetve az ötörái teával azonosítják, holott 1650 előtt az angolok szenvedélyes kávéfogyasztók voltak, és csak 1650-1700 között váltak elkötelezett teaivókká (TAMÁS, 2003). A világ teatermelése töretlen ütemben növekszik. A termelés 2005-ben elérte a 3,43 millió tonnát, melynek háromnegyedét a fekete teák teszik ki, egynegyedét a zöld teák (FAO, 2005). A világ nagy teatermelő országai India és Kína, akik az összes termelés több mint felét adják. A teafogyasztási statisztikák Magyarországon is folyamatos növekedést mutatnak: az 1970-es évek 8-9 dkg-os mennyiségével szemben 2000-ben 20,3 dkg, 2004-ben már fejenként 31,9 dkg levelet használtunk fel teázáshoz (TÓTH, 2005).

A tea minőségét nem egyszerű meghatározni, a minősítést részben objektív módon műszeres, részben szubjektív úton, érzékszervi jellemzők alapján végzik el (TOGARI *et al.*, 1995,

OWUOR, 2005). Az érzékszervi minősítéshez hozzátartozik a teafű, a belőle készült ital és a kiáztatott tealevelek minőségi megítélése. A műszeres fizikai (szín mérés, teaital vezetőképességének mérése) és az analitikai mérések (pH, gázkromatográfiás, folyadékkromatográfiás mérések, multieleemes analízisek) nagyon gyakran az érzékszervi vizsgálatok kiegészítésére és megerősítésére szolgálnak (KIM *et al.*, 2007). Az elmúlt 5-6 évben kezdtek el használni az elektronikus orr és elektronikus nyelv berendezéseket tea termékek és teaitalok gyártástechnológiájának nyomon követésére és minőségének ellenőrzésére.

Az élvezeti értéket és érzékszervi tulajdonságokat jelentős mértékben meghatározzák a növényben található illékony komponensek, melyek kinyerésére a szimultán desztilláció-extrakció módszere kiválóan alkalmas. A módszer alkalmazásáról elsőként Likens és Nickerson számoltak be (LIKENS, NICKERSON, 1964). A komponensek elválasztására, mérésére és kvalitatív meghatározására a GC-MS műszeregyüttes nagy érzékenysége miatt jól alkalmazható (ZHU *et al.*, 2008).

Magyarország a teát importálja, ezért fontos, hogy az országba bekerülő termékek minőségét és geográfiai eredetét ismerjük és ellenőrizzük. A teahamisítás komoly probléma a globális teapiacra. Az évente Darjeeling-ként eladott mennyiség rendszeresen meghaladja azt a 11 000 tonnát, amit a darjeelingi gyártók előállítani képesek. Ezen problémák megoldására az aromaszervezeti és -felismerési vizsgálatoktól várhatunk eredményeket.



## 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A teanövény

A tea (*Camellia sinensis*) a Magnóliafélék osztályába (Magnoliopsida), Teavirágúak rendjébe (Theales), a Teafélék családjába (Theaceae) és a Teanemzetségbe (*Camellia*) tartozik. Minden fajta és alfajta ugyanattól az egy növénytől származik, a *Camellia sinensis*-től. A termesztett növény három ősi fajta természetes hibridje: *C. sinensis* (L.) O. Kuntze kínai típusú, *C. assamica* (Masters) Assam típusú és a *C. assamica* sub spp. *lasiocalyx* (Planchon ex Watt.) kambodzsai vagy déli típusú fajtáké (MONDAL *et al.*, 2004).

LINNE 1753-ban a "Species Plantarum" 1. kiadásában írta le *Thea sinensis*-ként a Kínában őshonos növényt és *Camellia japonica* néven a Japánban termesztett fajtát. A *sinensis* név latinul „kínai”-t jelent. A *Camellia* Georg Kamel moráviai jezsuita szerzetes (1661-1706) nevéből származik, aki kiváló botanikus volt, és bár nem ő fedezte fel a teanövényt, Linné tisztelete jeléül róla nevezte el. 1818-ban Sweet ismerte fel, hogy ugyanarról a fajról van szó és választotta a *Camellia* L. nemzetség nevet mindkét növénynek. 1887-ben Kuntze javasolta a „két faj” elnevezésére a *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze nevet.

Ennek ellenére még hosszú ideig úgy vélték, hogy a *Thea* és *Camellia* külön nemzetségek. MASTERS még 1844-ben adta a kislevelű kínai fajtának a *Thea sinensis* nevet, a nagylevelű Assam növénynek pedig a *Thea assamica* nevet. Fujita *et al.* (1973, in: YOUNG-SU, 2002) az eugenol-glikozid jelenléte alapján különítette el a két nemzetséget: a *Camellia* nemzetségben jelen van, a *Thea*-ban nincs. Később mégis úgy találták, hogy a két nemzetség annyira hasonlít egymásra, hogy sem morfológiailag, sem anatómiailag, sem biokémiai tulajdonságaik alapján nem különíthető el egymástól. Ezért WIGHT (1959) javaslatára a *Thea* szinonímájává vált a *Camellia*-nak és a két név közül a *Camellia* maradt fenn. A faj elnevezése még mindig zavaros volt. Watt Indiában *Camellia thea*-nak nevezte, Cohen-Stuart Indonéziában *Camellia theifera*-nak (BANERJEE, 1992). SEALY (1958) az Egyesült Királyságban szintén a *Camellia sinensis* nevet adta a növényfajnak, megkülönböztetve két fajtát: var. *sinensis* (kis levelű fajta) és var. *assamica* (nagy levelű fajta).

A *Camellia sinensis* var. *sinensis* Kínában őshonos, és Kínán kívül még Indiában, Tibetben és Japánban termesztett, legfeljebb 2,7-4,5 m magasra növő cserje. Nagyon hideg időjárásnak is ellenáll, és mintegy 100 évig képes hozni a 10-12 cm hosszú leveleket, amelyek kemények, sötét zöld színűek és matt felületűek. A *Camellia sinensis* var. *assamica* inkább fa, mint cserje. Metszés nélkül eléri a 13,5-18 m magasságot. Ilyen magas termetű fákkal csak a magtermesztésre nevelt állományokban találkozhatunk, mert a tealevél nyéréséhez a növényeket rendszeresen metszik, alakítják. Levelei 12-15 cm hosszúak, világos zöld színűek, fényes felületűek. A trópusi klímát

kedveli, és nagyjából 40 évig terem. A kambodzsai fajta, a *Camellia sinensis* var. *lasiocalyx* szintén fa, de átlagosan 4,5 m magasra nő, és többnyire teahibridek előállítására használják.



TEA LEAVES, FLOWERS, AND SEEDS, PAINTED FROM NATURE  
Branch starting at lower left is fully matured. Branch starting at lower right has young shoots ready for plucking. At extreme left, young shoot and bud. The specimen shown is *Camellia (L.) Sims.* variety *assamica*.

**1. ábra: A teanövény**

porzója van, amelyek két körben helyezkednek el, s a külsők összenöttek a szirmolevelekkel. Termése többnyire háromrekeszű, fásodó falú tok; minden rekeszben egy-egy nagy, gömbölyű, halványbarna mag van. A 10-13 mm átmérőjű magvak csírázó képességüket csak rövid ideig (2-3 hónap) őrzik meg. A tea augusztustól késő ősziig virágzik és termését októbertől decemberig érleli meg. Gyökérrendszerében az oldalágak sekélyen gyökereznek, számuk nem nagy, főgyökerük viszont a 8 m mélységet is elérheti és igen sok tápanyagot raktároz főleg keményítő formájában.

A teanövény legjobban meleg és nedves környezetben fejlődik. Termesztése laza vulkanikus talajban ideális. Az a legmegfelelőbb környezet számára, ahol a hőmérséklet 10-28 °C között mozog, az átlagos csapadékmennyiség évi 2000-2500 mm, a tengerszint feletti magasság pedig 300-2100 m. A tengerszint feletti magasság és a páratartalom ideális kombinációja esetén alakul ki a növény megfelelően lassú növekedése, és minél nagyobb tengerszintfeletti magasságban terem a tea, annál aromásabb lesz és annál jobb lesz a minősége. A világ híres teái – a magasan termesztett ceyloni teák, a kínai Weyi, India legjobb Darjeelingjei – mind legalább 1200 m tengerszint feletti magasságban található ültetvényekről származnak (PETTIGREW, 2007).

### 2.1.1. A teanövény termesztése



2. ábra: Teaültetvény

Régebben a teanövényt hagyományos módon magról szaporították, ma azonban egyre inkább teret hódít a vegetatív szaporítási mód: dugványozással, gyökeres oltványokkal illetve klónozott levéldugványokkal dolgoznak. A jól termő, szárazságnak, kártevőknek, betegségnek ellenálló alanyok klónozásával a termelők célja az egyenletes termésminőség biztosítása, az ültetvények életminőségének fokozása. A *Camellia* nemzetségnek 82 fajtáját jegyezték fel

1958-ban (SEALY,1958), 2000-ben számuk meghaladta a 325-öt (MONDAL, 2002), ami jelzi a nemzetség genetikai instabilitását. Jelenleg világszerte több mint 600 termesztett fajta létezik, közülük számos rendelkezik olyan egyedi tulajdonsággal, mint pl. magas/alacsony koffein tartalom, magas/alacsony aminosav tartalom, pH tűrőképesség, kisebb/nagyobb levélméret.

A fiatal növényeket faiskolában nevelik, majd általában hat hónap után ültetik ki a végleges helyükre. A cserjéket átlagosan két évig hagyják szabadon nőni szedés és metszés nélkül, mialatt 1,5-1,8 méteres magasságot érnek el. Ezt követően 30 cm-esre visszametszik a növényeket és nem engedik, hogy erőteljes növekedésnek induljanak, ezért hetente alakítják a cserjéket, hogy megmaradjanak csípőmagasságban. A kereskedelmi célú szedés csak a harmadik-ötödik évben esedékes. A világ egyes részein a növény egész évben egyenletesen fejlődik, míg más helyeken megkülönböztethetünk növekedési és téli nyugalmi életszakaszt. A betakarítás akkor kezdődik, amikor megjelennek az új hajtások (angol elnevezése *flush*). Forróbb éghajlaton a növények többször hoznak új hatást, míg hűvösebb éghajlatokon ez a szakasz egyszer van az év során, és rövidebb ideig tart. A korai hajtásnövekedésből származó levelek a legkeresettebbek, de ahol van második hajtás, ott ebből a második szedésből származó leveleket tartják a legfinomabbnak. (PETTIGREW, 2007).

A teaszüret a mai napig hagyományos módon történik. Bár Kínában és Afrikában elvétve alkalmaznak gépeket is, Sri Lankán és Indiában kizárólag kézzel végzik a szüretet – amely továbbra is a legjobb minőséget garantálja, mivel a szüretelő munkások minden egyes növénynél meg tudják különböztetni a szüretelhető leveleket a még nem érett rügyektől. Az alacsonyabban fekvő ültetvényeken a teát évente 30 alkalommal szüretelik, míg a magasabban fekvőkön „csak“ 15 alkalommal, mivel itt lassabban növekszik a növény.

## 2.1.2. Teatermesztő országok

### 2.1.2.1. India

Az indiai emberek teaivási szokásairól már a XVI. században említést tett egy holland utazó, mely szerint az assami fa leveleit egyrészt zöldségként fogyasztják, másrészt pedig italként hasznosítják a bennszülöttek. Banks brit botanikus 1784-ben arra a megállapításra jutott, hogy az indiai éghajlat megfelelő lenne a teatermesztéshez, de azt nem tudta, hogy Indiában is honos a növény. Kínai teafajtákkal való sikertelen kísérletezés után 1820-ban fedezték fel az Indiában honos teafajtát. Ma 39.700 teültetvény működik több mint 2 millió alkalmazottal. Indiában gyártják a világon elfogyasztott fekete teák 30 %-át.

Az Indiai Teatanács a helyi kutatóintézetekkel együtt fontos fejlesztési programot dolgozott ki India három leghíresebb teája, a darjeeling-i, az assami és a nilgiri teák hírnevének megőrzésére. Ahogy az évek során nőtt ezeknek a teáknak a népszerűsége és az irántuk való kereslet, úgy adtak el egyes kereskedők megtévesztésből olyan Pure Darjeeling, Pure Assam és Pure Nilgiri márkanevű teákat, amelyeket valójában más területekről származó teákkal keverték, így nem voltak méltóak a „tisza darjeelingi”, „tisza assami” és „tisza nilgiri” névre. Sürgetővé vált, hogy az igazi, tiszta teáknak a minőségét a világ előtt bizonyítsák. Az Indiai Teatanács ezért bevezetett három jól megkülönböztethető logót azon csomagok számára, amelyek garantáltan 100%-ban darjeeling-i, assami és nilgiri teát tartalmaznak (3.ábra).



**3.ábra:** Az indiai tealogók

Az assami teát a Brahmaputra-völgy mindkét oldalán termesztik, ez a világ legnagyobb fekete tea termelő régiója. A csapadék éves mennyisége rendkívül nagy, 2-3000 mm, eloszlása egyenetlen, a monszun idején nem ritka, hogy naponta 250-300 mm eső esik. A heves esőzéseknek ebben az időszakában a hőmérséklet átlagosan 39 °C. A magas hőmérséklet és páratartalom miatt kialakult üvegházi körülmények az oka, hogy az erről a vidékről származó teák a világ legjobbjai közé tartoznak. A teacserjék a téli nyugalmi időszak után márciusban kezdenek hajtani és az első szedési periódus nyolc-tíz hétig tart. Ez a szedés ritkán kerül exportra gyengébb minősége miatt. A második hajtásból szedett teák szüretelését júniusban kezdik, a csúc szezon júliustól szeptemberig

tart. A *Camellia sinensis var. assamica* nagy leveleinek fonákját sűrű, ezüstös bolyhok borítják, és teája a jó minőségű „tippy” kategóriába tartozik, vagyis sok rügycsúcsot tartalmaz.

Darjeeling Nyugat-Bengália északi szélén található. 1.000-2.000 méteres magasságban termesztik a teát olyan ültetvényeken, amelyek a Himalája előhegységéhez simulnak. Ebben a régióban a legtöbb tea kínai magról, kínai hibridből vagy assámi hibridből nevelt teacserjéről származik. A kínai növények jobban ellenállnak a hidegnek, ezért ezeket a Darjeeling északi részén fekvő, magasabban található ültetvényeken telepítik. A délebbi ültetvényeken inkább az assámi növényeket telepítik, mert jobban kedvelik a sok csapadékot. Az éghajlat és a nagy tengerszint feletti magasság miatt a darjeelingi teacserjék nem hajtanak egész évben. A leveleket áprilistól októberig szedik. Az új hajtások márciusban jelennek meg az első tavaszi záporok után, ebből lesz az első szedésű (first flush) darjeelingi tea. Az első szüretből származó zsenge tealevelek a legkeresettebbek az árveréseken. A második szedésre május-júniusban kerül sor. Ez a tea gyümölcsösebb, érettebb, kevésbé csípős ízű, mint a korábbi szedésű. A tealevelek sötétebb barnák és sok ezüstös rügycsúcsot tartalmaznak. A monszun június közepén éri el a területet és szeptember végéig tart. Az ebben az időszakban szedett teának magas a nedvességtartalma és átlagos minőséget képvisel. A tealeveleket hagyományos módszerrel dolgozzák fel, a tealevelek barnásak vagy feketék, szépen csavarodók és sok köztük az aranyszínű rügycsúcs. Az utolsó szedés őszi, október-novemberre tehető. Főzete rezes árnyalatú, sötétebb tónusú, mint a korábban szüreteltéké.

A Nilgiri hegység India délnyugati részén található hegyes vidék, Assam után ez India második legnagyobb teatermelő régiója. Az ültetvényen évente kétszer vonul át a monszun, ezért a cserjék évente kétszer produkálnak jelentősebb hajtásnövekedést: áprilisban és májusban, amikor az összes termés 25%-át leszedik. A további szüretek egész évben folynak (PETTIGREW,2007).

#### **2.1.2.2. Kína**

A teatermesztés főként Kína délkeleti részén folyik, mégpedig a Shanghai és Dél-Tibet között húzódó vonaltól délre. A szezon március végétől októberig vagy novemberig tart, területtől függően. Yunnanban, ahol az éghajlat meglehetősen enyhe, a szezon korábban kezdődik, és tovább is tart. Egy szezon alatt négy szüretet tartanak: egy korai, két nyári és egy őszi szüretet. A teagyártás szempontjából fontos további tartományok: Sichuan, Hunan, Anhui, Zhejiang, Fujian és Hainan szigete.

Kína gyártja a világ legváltozatosabb minőségi teáit, amelyből sokat még ma is kézzel állítanak elő. A három alapváltozat a zöld, az Oolong és a fekete tea. Kína több más teafélét is gyárt: parfümizált teát, melyhez más növényeket is felhasználnak az intenzív íz- és aromahatás kedvéért; tömörített teát, amely tömör tömbökben kapható; fehér teát, mely ezüstös színű; és Pu-erh teát, melyet gyógyhatása tesz kiválónak.

Minden kínai teát államilag ellenőrzött ültetvényeken dolgoznak fel. A Shanghaitól délre fekvő Zhejiang zöld teájáról híres. Innen származik a Gunpowder zöld tea. Tovább délre, Fujian partjaihoz közel fekszik számos különleges tea származási helye. Ilyen a Lapsang Souchong vagy a Jázmin tea; ez utóbbi zöld tea és frissen szedett jázminvirág illatos keveréke. A félig fermentált kínai Oolong szintén Fujian tartományból származik. Anhui és Yunnan tartományokban készülnek a kitűnő fekete teák, mint a Keemun (Anhui tartományból) és a Yunnan. Szintén Yunnan az otthona a különleges teatéglának és a tömörített teának, mely különböző formákban kapható.

### 2.1.2.3. Srí Lanka

A kávé volt a legjelentősebb mezőgazdasági termék Srí Lankán egészen a XIX. század közepéig. Miután 1869-ben a kávérozsdagomba tönkretette az ültetvényeket, a szigetország mezőgazdasága a tea felé fordult. Ma ez a viszonylag kis ország a teagyártó országok ranglistáján a harmadik helyet foglalja el. A Srí Lanka-i teát a mai napig az ország korábbi nevéen, Ceyloni tea néven ismerik.

A tea termőterületei a sziget déli felében találhatóak. Az ültetvények 100-2500 méter magasságban az ország közepén levő hegyvidék körül terülnek el. A Srí Lanka-i teát kivétel nélkül kézzel szedik. A nyugati lejtőkön termő fajtákat általánosan Dimbula-teáknak nevezik. Ezek a fajták augusztus és szeptember hónapokban ki vannak téve a monszun természeti hatásainak, és legjobb minőségüket a januári és februári száraz évszakban érik el. A keleti lejtőkön az ún. Uva-teák teremnek. Itt a monszun januártól márciusig jellemző, és a legjobb és legaromásabb teákat az augusztus-szeptemberre eső száraz évszakban szüretelik.

A világ teatermesztésének alakulását az **1. táblázat** mutatja be.

*1. táblázat: A világ teatermesztésének alakulása (millió kg)*

<b>Ország</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>	<b>2009</b>	<b>2008</b>	<b>2007</b>
Kína	1550,00	1475,06	1358,64	1257,60	1140,00
India	988,33	966,40	979,00	980,82	986,43
Kenya	377,91	399,01	314,20	345,82	369,61
Srí Lanka	328,37	331,43	289,78	318,70	304,61
Vietnam	178,00	170,00	175,00	166,38	148,27
Törökország	145,00	148,00	153,00	155,00	178,00
Indonézia	123,70	129,20	136,48	137,50	137,25
Banglades	59,16	59,27	60,00	58,66	58,42
Malawi	47,06	51,59	52,56	41,64	48,14
Uganda	44,00	56,47	50,98	42,75	44,91
Tanzánia	32,76	31,65	32,09	31,61	34,86
Egyéb	342,85	344,45	342,65	328,31	345,58
<b>Összesen</b>	<b>4217,14</b>	<b>4162,53</b>	<b>3944,38</b>	<b>3864,79</b>	<b>3796,08</b>

(Forrás : ITC Supplement, 2011, <http://www.teaboard.gov.in/>)

## 2.2. A tea kémiaja

### 2.2.1. A teahajtás összetétele

A tealevél kémiai összetétele nagymértékben függ a termesztett növény fajtájától, a termőhelytől, annak tengerszint feletti magasságától, időjárási körülményektől a termesztés és betakarítás alatt, a szüretelési időszaktól és napszaktól, a teabokor és a levelek korától, szedési módszertől és a feldolgozási folyamattól. A friss és fermentált tealevelek összetétele eltér egymástól, hiszen a feldolgozás során kémiai változások mennek végbe. A **2. táblázat** a friss és fermentált tealevél, valamint a belőle készült teaital átlagos összetételét mutatja (BELITZ *et al.*, 2009).

A **flavanolok** adják a fenolos komponensek 80 %-át, a maradékot leukoantocianidinek, fenolsavak, flavanolok és flavonok képezik. A flavanolok (régbebi elnevezésük katechinek) vízben oldódó színtelen anyagok és a tea fanyarságáért és keserű ízéért felelősek, valamint előanyagai a fekete tea teaflavinjainak (elnevezésük és szerkezeti képletük a Mellékletben látható: **M1**).

2. táblázat: A friss és fermentált tealevelek és a teaital összetétele  
(szárazanyagtartalom %-ában)

Összetevők	Friss tealevél	Fekete tea	Fekete tea ital
fenolos komponensek	30	5	4,5
oxidált fenolos komponens	0	25	15
fehérje	15	15	nyomokban
aminosavak	4	4	3,5
koffein	4	4	3,2
nyers rost	26	26	0
egyéb szénhidrátok	7	7	4
zsírok	7	7	nyomokban
színanyagok	2	2	nyomokban
illékony komponensek	0,01	0,01	0,01
ásványi anyagok	5	5	4,5

(Forrás: BELITZ *et al.*, 2009)

A tea főzetben található katechinek legnagyobb része galluszsavval észterezett formában van jelen. Az éter típusú katechinek [(-)-ECG és (-)-EGCG] keserűségben és fanyarságban is erősebbek, mint az (-)-EC és (-)-EGC. Az egyes katechinek és gallátészterek egymáshoz való relatív mennyisége genetikailag meghatározott, fajtára jellemző tulajdonság, de függ az évszaktól és más környezeti tényezőktől is. Általában nyáron nagyobb a katechin tartalom, mint tavasszal, ugyancsak több található a nagy levelű fajtákban, mint a kislevelűekben. A rosttartalom növekedésével csökken a katechintartalom a hajtásban. Ez az oka, hogy jó minőségű teák a lágyabb, gyengébb

hajtásokból nyerhetők, amelyek magasabb katechin- és alacsonyabb rost- tartalmúak (SONG, CHUN, 2008).

A flavanolak enzimes oxidációja vezet a teaflavinok, epiteaflavinsavak és benzotropolon származékok kialakulásához, amelyek a fekete tea színének létrehozói. A teaflavinok narancs-vörös színű vegyületek, 0,3-1,8 %-át adják a fekete tea szárazanyagtartalmának, 1-6 %-a a tea főzetnek. Döntően hozzájárulnak a tea főzet fényes színéhez és élénk ízéhez (BARUAH *et al.*, 1986).

A flavanolak oxidációja a megfelelő o-kinonná polifenol-oxidáz enzim segítségével történik oxigén jelenlétében. A kinonok gyorsan reagálnak egymással és más komponensekkel, létrehozva a teaflavinokat (ROBERTSON, 1983).

A tearubiginek narancs-barna, fanyar ízű, gyengén savas pigmentanyagok, fontosak a tea „testessége”, „színmélysége” létrehozásában. Meglehetősen heterogén csoport, molekulaméretük nagyon különböző. Bármely katechin oxidációjával illetve azok kombinációjával keletkeznek. Mennyiségük a fermentációs folyamat során nő, míg a teaflavinoké csökken, jelezve, hogy a teaflavinok a tearubiginek intermedierei lehetnek. DIX *et al.* (1981) igazolta a teaflavinok transzformációját tearubiginekké.

A **flavonolak** és flavanol glikozidok kis mennyiségben vannak jelen a teaiban. Négy fő flavanol aglikon található a friss tealevélben: kempferol, kvercetin, miricetin és naringenin, amelyek a gyűrű hidroxiláltságában különböznek: mono-, di- és trihidroxil származékok. Mindegyik jelen van flavanol és glikozidos formában is, a glikozid csoport lehet glükóz, ramnóz, galaktóz, arabinóz vagy rutinóz. A 3-glikozidok a nagylevelű fajtára jellemzőek, míg a ramnodiglikozidok a kislevelű fajtákban találhatók.

A zöld tea zöldes vagy sárgás színét a flavonolak és **flavonok** (vitexin, izovitexin, szaponaretin, vicenin-2, teiferin A és teiferin B) jelenléte okozza. A zöld és fekete teák tehát a fenolos komponenseik összetétele alapján is jól megkülönböztethetőek.

A levelek **fenolos hidroxilcsoportot tartalmazó savai** közé tartozik a galluszsav, a klorogénsav és a *p*-kumaril-kínasav. A legfontosabb depszid (aromás hidroxikarbonsav kondenzációs terméke) a 3-galloil-kínasav (teogallin), ami csak a teaiban fordul elő. A figyelem a relatíve nagy mennyiség miatt irányult rá a tealevélben, mennyisége összefüggésben van a fekete tea minőségével (ROBERTS, MYERS, 1958). Kevésbé ismert, hogy ezek az anyagok miként befolyásolják a tea minőségét.

A tealevél **aminosav** tartalma 2-4 %. A zöld tea ízének és a fekete tea aromájának kialakításában is részt vesznek. Csak teanövényben található a teanin (5-N-etil-glutamin), mennyisége a szabad aminosav tartalom 50 %-a. A teaninnak két enantiomerje van: L-és D-teanin. A D-teaninszint átlagosan 1,85%-a az összmennyiségnek. Az alacsony D-teanin tartalom (<1%) egyben a jó minőség jelzője is. Magas hőmérsékleten történő tárolás alatt a D-teanin mennyisége



szignifikánsan nő. A hosszú idejű tárolás, szállítás és kezelés indikátora lehet a teanin enantiomer aránya, illetve a minőségi osztályba sorolás eszközeként is alkalmazható (ALCAZAR *et al.*, 2007).

A teanin bioszintézisének prekursora a teanővényben a glutaminsav és az etilamin. A bioszintézis helye a gyökér, ahonnan a fiatal levelekbe szállítódik az aminosav. Farmakológiai hatásai bizonyítottak: csökkenti a vérnyomást, fokozza a neurotranszmitterek aktivitását az agyban, segít stresszes állapotban ellazulni (TAKEO, 1974).

További 26 fehérjeépítő aminosav található a teában: glutaminsav, arginin, glutamin, aszparaginsav, glicin, szerin, aszparagin, lizin, treonin, hisztidin,  $\alpha$ -alanin,  $\beta$ -alanin, tirozin, prolin, hidroxiprolin, valin, S-metilmetionin, triptofán, leucin, izoleucin, fenilalanin,  $\gamma$ -glutanil metilamid,  $\gamma$ -aminovajsav,  $\gamma$ -N-etilasparagin, ciszteinsav és pipekosav. Közülük az első négy mennyisége kb.200-280 mg/100g tea. Ezek szabad formában való jelenléte a zöld tea kiváló minőségének jelzője. A leucin és izoleucin minél nagyobb mennyisége a fekete tea minőségét javítja. Az aminosavak egyben az aroma anyagok keletkezéséhez is szükségesek (ALCAZAR *et al.*, 2007).

A teafű előállításánál a hajtás aminosav tartalma változik. A fonyasztás alatt peptidáz enzimek hatására a fehérje tartalom csökken, ezáltal az aminosav tartalom nő. Néhány aminosav (glicin, alanin, valin, leucin, izoleucin és metionin) Strecker aldehiddé, majd alkohollá redukálódva a tea minőségét rontja. Más aminosavak átalakulnak, mint pl. a fenilalanin fenilacetaldehiddé, amiből alkohol keletkezik. Ezek a komponensek a tea minőségét javítják (OWOUR *et al.*, 1986a). A fonyasztás hatása az aminosavakra függ a fonyasztás időtartamától, a környezet hőmérsékletétől és nedvességtartalmától. A hosszabb idejű fonyasztás több aminosav keletkezésével jár. Keletkezésük 18 °C alatt leáll, 40 °C felett felgyorsul. Hat órás fonyasztás után a növényi szövetek elhalása miatt képződésük leáll (TOMLINS, MASHINGAIDZE, 1997).

A friss tealevél legfontosabb **pigmentanyagai** a klorofilok és a karotinoidok. A klorofill mennyisége a friss tealevél szárazanyagtartalmában 0,2-0,6 %. A klorofill A és B aránya közelítőleg 2:1-hez. A fekete tea gyártása során a klorofill mennyisége csökken, belőle bomlástermékek, klorofillid, feofitin A és B, feoforbid keletkeznek. Ezek a komponensek adják a fekete teából készült ital színét, a feoforbid barna és a feofitin fekete árnyalatával.

A tealevélben 15 karotinoid komponenst azonosítottak: fitofluen,  $\alpha$ -karotin,  $\beta$ -karotin,  $\beta$ -zeakarotin, aurokrom, mutatokrom, kriptoxantin, kriptoflavin, kriptoxantin-5,8-diepoxid, lutein, zeaxantin, lutein-5,6-epoxid, violaxantin, leuteoxantin és neoxantin (SANDERSON *et al.* 1971; HAZARIKA, MAHANTA, 1984). Közülük a xantofilok, neoxantin, violaxantin és  $\beta$ -karotin a legfontosabbak. Az összkarotinoid tartalom a levélben 0,03-0,06 %-a a szárazanyagtartalomnak. Az érett levelekben több karotinoid található, mint a fiatalokban. A karotinoidok fontos szerepet játszanak a fekete tea minőségének kialakításában, úgyis, mint az aromaanyagok prekursorai. A

fekete tea gyártása során a karotinoidok 47-70 %-a bomlik le, mialatt belőlük aromaanyagok keletkeznek, például  $\beta$ -ionon, dihidroaktinidiolid, teaspirán (RAVICHANDRAN, 2002).

A tealevél **egyszerű cukortartalma** a szárazanyagtartalom 3-5 %-a, főleg glükóz (0,72%), fruktóz, szacharóz, arabinóz, ribóz, raffinóz és sztachióz. A cukortartalom változik a termesztés körülményeinek függvényében. A fotoszintézis elsődleges terméke a glükóz, mennyisége a növény hajtásának növekedésével együtt nő. A normál körülmények között termesztett tealevél cukortartalma 40-50 %-kal magasabb, mint az árnyékolt termesztésűé. A tealevélben található monoszacharidok és diszacharidok adják a tea főzet édes ízét. Fonnasztás során nő az egyszerű cukortartalom a poliszacharidok lebomlása miatt. A cukrok aminosavakkal reagálva aroma komponenseket hoznak létre (BELITZ *et al.*, 2009).

**Poliszacharid** tartalma cellulóz, hemicellulóz és pektin (6-8%). A cellulóz és hemicellulóz mennyisége negatív korrelációt mutat a teahajtás zsengeségével. Minél alacsonyabb a rosttartalom, annál jobb minőségű a nyersanyag és a belőle készült termék. Keményítő főleg a gyökérzetben található, a tealevél csak jelentéktelen mennyiségben tartalmazza.

A **lipidek** az aromaanyagok keletkezéséhez fontosak a teában. A telített zsírsav tartalom csökkenését figyelték meg a fonnasztás alatt fekete tea mintákban. Ezek hatása az aromára nem ismert (WRIGHT, FISHWICK, 1979). Többet tudunk a telítetlen zsírsavakról. A fonnasztás alatt a zsírok bomlásnak indulnak, a szabad telítetlen zsírsavak oxidatív átalakulásával aromaanyagok keletkeznek (TOMLINS, MASHINGAIDZE 1997). A zsírsavak közül a linolénsav, a palmitinsav és a linolsav a leggyakoribb, lebomlásuk a lipoxigenáz enzim segítségével megy végbe, melynek aktivitása nő a fonnasztás alatt (TAKEO, TSUSHIDA, 1980).

A tealevél többféle **szerves savat** tartalmaz, di- és trikarbonsavakat: borostyánkősav, oxálsav, kinasav, almasav, citromsav és zsírsavakat. Több ezek közül aroma alkotó. Néhány nem része az aromatartalomnak, de oxidációval vagy más reakcióval aromás komponenssé alakul. Az összes szerves sav tartalom a tealevél szárazanyagtartalmának 0,5-2,0 %-a. A kinasav tartalom a legnagyobb, majd az oxálsav, ami a levél sejtjeinek vakuolumában kristályos formában van jelen.

A friss tealevél szárazanyagtartalmának 2-5 %-a **koffein**. A koffein a purin-2,6-diol trimetil-származéka. Runge izolálta először 1820-ban a teából és nevezte el tein-nek. Később felismerték, hogy a tea tein tartalma ugyanaz a vegyület, mint a kávéban található koffein, ezért a tein nevet törölték. A tea tehát az egyik koffein forrásunk, a humán koffeinfogyasztás 15-45 %-a származik teából. A tea koffein tartalma függ a tea típusától és a teaital készítésének módjától. A teagyártás során a koffein tartalom nem csökken szignifikánsan, bár a sütés alatt csökkenhet a mennyisége. A hőkezelés során a koffein reagál a teaflavinokkal és a keletkező komponens okozza a teaital „élénkségét”. A magas koffein tartalom „krémes” állagot ad a teaitalnak. A koffein tartalom tavasszal a legmagasabb a levelekben, nagymértékben csökken a levél növekedésével. Fogyasztás

után rövid időn belül teljesen felszívódik a tápcsatornából. A vér koffein szintje teafogyasztás után 30-60 percen belül éri el a maximumot. Felezési ideje a vérplazmában 3-7 óra, de dohányosok esetében a felezési idő 3 óránál is kevesebb lehet, a máj aril-hidrokarbon-hidroxiláz enzimje hatására (PARSONS, NEIMS, 1978). A koffein mellett más *metil-xantin származékok* is találhatóak a teában igen kis mennyiségben: teobromin (0,07-0,17 %), teofillin (0,002-0,013%), xantin, hipoxantin és guanin.

A tea átlagos *hamutartalma* 5% körüli a szárazanyagtartalomra vonatkoztatva. Összehasonlítva más növényekkel, a következő 8 elem található az átlagnál nagyobb mennyiségben a teában: fluór, kálium, alumínium, jód, szelén, nikkel, arzén és mangán (GILLIES, BIRKBECK, 1983).

A teanövény jól koncentrálna a fluórt. A hajtásokban 100-200 mg/kg sz.a., a fejlett levélben 300-400 mg/kg, az öreg levelekben 1000 mg/kg is lehet a mennyisége. A fluor szerepe a növény életében nem ismert, az emberi szervezetre azonban jótékony hatással van, különösen a fogszuvasodás megelőzésben. A fogzománcba beépül és fluorofoszforittá alakul, ami növeli a fogak keménységét és savellenálló képességét. Ugyanakkor a túlzott teafogyasztás indiai, kínai és tibeti gyerekek körében fluorozist váltott ki (YONG-SU, 2002; WU, WEI, 2002).

A tea az alumínium felhalmozására is hajlamos, főleg a levelekben: 200-1500 mg/kg Al tartalom is előfordul. Ennek csak kis hányada kerül be a teaitalba, 2-6 mg/l koncentrációban. Valószínűleg a katechinek átalakulásában vagy tárolásában játszik szerepet. Ezekkel a vegyületekkel szívesen képez komplexeket. Túlzott fogyasztása egészségre ártalmas, Alzheimer-kór kialakulását okozhatja. (YONG-SU, 2002).

A réz fontos szerepet játszik a tea biokémiai folyamataiban, mivel a polifenoloxidáz enzim alkotórésze. A levélben 12-18 mg/kg mennyiségben található. Többszörös réztartalom is előfordulhat a réz tartalmú fungicidek használata következtében. A mangán számos enzim katalizátora az emberi szervezetben, pl. DN-áz, kolinészteráz, foszfátáz, foszfohexokináz, adenzinkináz, pektinkináz, transz-glutamináz, polimeráz stb. A tealevélben 200-1200 mg/kg mennyiségben található, az öreg levelekben több, mint a fiatalokban. A főzetbe a tartalom 35 %-a jut át (GILLIES, BIRKBECK, 1983).

A tea gazdag *vitaminokban*, különösen C-vitaminban. A zöld tea 150-300 mg/100 g C-vitamint tartalmaz, az Oolong és fekete tea kevesebbet a fermentáció miatti lebomlás következtében. B vitaminokból mindegyikben ugyanannyi, kb. 1-2 mg/100 g található. Mivel vízben oldódnak, a főzés során átkerülnek a tea italba. Az E vitamin antikarcinogén és öregedésgátló hatású vegyület, a tea lipid frakciójában található, 24-80 mg van 100 g tea italban. K vitaminból 300-500 NE/g van a teaitalban, tehát 5 csésze napi fogyasztása kielégíti az emberi szervezet K vitamin igényt (YONG-SU, 2002).

A tealevél fehérjéinek legfontosabb része az *enzimfrakció*, mert ez tartalmazza azokat az enzimeket, amelyek a teanövény metabolizmusához és a tea jó minőségének kialakulásához szükségesek.

A *polifenoloxidáz* (PPO) a legfontosabb enzim a tealevélben, kulcs szerepe van a fekete tea előállításában. Nagy fokú specificitással rendelkezik, a tea polifenoljának B gyűrűjét támadja meg. Réz tartamú enzim, 4 izoenzimje létezik, a molekulatömege  $144000 \pm 16000$  dalton, Cu tartalma 0,32 w/w%. A PPO aktivitás kb. 3-szor nagyobb a tea fiatal hajtásában, mint az érett levélben, de függ az évszaktól és a feldolgozástól is (TAKEO, BAKER, 1978). A PPO a levélben a kloroplaszthoz kötve található, de jelen van a mitokondriumban is és megtalálták a levél edénynyalábok körüli epidermiszében is. Az enzim aktivitása folyamatosan nő a levelek fonnyasztása és fermentálása során a fekete tea gyártásakor. További vizsgálatok pontosították az enzimaktivitás változásával kapcsolatos ismereteket: a PPO aktivitás az első 16 órában nő, azután csökken. A csökkenés oka a fonnyasztás alatti dehidratáció. A fermentáció és szárítás során folyamatosan csökkent. A szárítás előtt az aktivitás a kiindulási érték 25-30 %-a, szárítás után pedig éppen csak mérhető (WU,1990).

A *sikimát-dehidrogenáz*, amely reverzibilisen átalakítja a dehidrosikiminsavat és sikiminsavat, kulcsenzime a fenolos komponensek fenilalaninból történő bioszintézisének. A *fenilalanin-ammónia-liáz*, mely a fenilalanin hasadását katalizálja transz-cinnamát és ammónia keletkezése mellett, szintén nélkülözhetetlen a fenolos komponensek bioszintézisében. Aktivitása biztosítja a katechin- és epikatechintartalom kiegyenlítődéését a tea levelekben.

A *proteinázok* a fonnyasztás alatt fehérje hidrolízist okoznak, aminek eredményeként növekszik a peptid- és szabad aminosavtartalom.

A linolénsav oxidációja cisz-3-hexenallá, ami azután izomerizálódik transz-2-hexenallá, a *lipoxigenáz* és *hidroperoxidliáz* enzimek segítségével megy végbe. A keletkező aldehidek és a belőlük keletkező alkoholok (alkohol-dehidrogenáz enzimek közreműködésével) a tea aromájának kialakításában játszanak szerepet.

A *klorofillázok* részt vesznek a klorofill lebontásában, a *transzaminázok* aromaanyagok prekursorainak termelésében.

A *pektin-metilészteráz* a pektin demetilézését végzi, aminek eredményeképpen pektinsav-gél keletkezik, amely hatással van a sejtmembrán áteresztőképességére és csökkenti a fermentáció során az oxigén levélbe történő diffúziójának mértékét (JAIN, TAKEO,2007).

## 2.2.2. A tea illóanyagai

A tea illatanyagai döntő jelentőséggel bírnak a minőség kialakításában, már a kóstolás előtt eldönthetik a teáról kialakult véleményünket. A tea illóanyagainak vizsgálata több mint 170 évvel ezelőttre datálódik (MULDER, 1838), de komoly tudományos alapú vizsgálatok az 1960-as évek óta folynak, mióta a gázkromatográfia alkalmazása széles körben elterjedt, a kapilláris oszlopok bevezetésével pedig nagy lendületet vettek a kutatások. A gázkromatográfia, majd a GC-MS módszer nagymértékben növelték ismereteinket a tea-aromákról. Sok kísérlet folyt kulcskomponensek azonosítására (TAKEI *et al.* 1976; YAMAGUCHI, SHIBAMOTO, 1981), de nem definiálható egy bizonyos alkotó vagy akár vegyületcsoport, amely a teljes aromáért felelőssé tehető. Általában elmondható, hogy a különböző teafajták karakteres illatjellemezője aroma komponensek keverékének komplikált összhatásából adódik (**3. táblázat**).

3. táblázat: A tea aromaanyagainak csoportosítása

<b>I. Szénhidrogének</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. alifás</li><li>2. aromás</li><li>3. terpénszármazék</li></ol>	<b>VI. Észterek</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. alifás</li><li>2. aliciklikus</li><li>3. aromás</li><li>4. terpénszármazék</li></ol>
<b>II. Alkoholok</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. alifás</li><li>2. aromás</li><li>3. terpénszármazék</li></ol>	<b>VII. Laktonok</b>
<b>III. Aldehidek</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. alifás</li><li>2. aromás</li><li>3. terpénszármazék</li></ol>	<b>VIII. Fenolos komponensek</b>
<b>IV. Ketonok</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. alifás</li><li>2. aromás</li><li>3. aliciklikus</li><li>4. terpénszármazék</li><li>5. ionon származék</li></ol>	<b>IX. Nitrogén tartalmú vegyületek</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. pirrolok</li><li>2. piridinek</li><li>3. pirazinok</li><li>4. egyéb komponensek</li></ol>
<b>V. Savak</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. alifás</li><li>2. aromás</li><li>3. terpénszármazék</li></ol>	<b>X. Oxigéntartalmú egyéb komponensek</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. furánok</li><li>2. aromás vegyületek</li><li>3. ionon származékok</li><li>4. egyéb komponensek</li></ol>
	<b>XI. Kén tartalmú komponensek</b>

(Forrás: YAMANISHI, 1995.)

### 2.2.2.1. Zöld illat

A zöld illatot úgy jellemezhetjük, mint a frissen vágott fű vagy felaprított levelek, zöld növényi részek illata. 1959 óta HATANAKA (1993) és munkatársai szisztematikusan vizsgálják a növények, köztük a tea zöld illatát. Azt állapították meg, hogy 8 illó komponens hozza létre a levelek zöld illatát: (*E*)-2-hexenal (levél aldehid), (*Z*)-3-hexenol (levél alkohol), (*Z*)-3-hexenal, (*E*)-

3-hexenol, (*E*)-3-hexenal, (*E*)-2-hexenol, n-hexanal és n-hexanol. Ezek a komponensek a zöld levélben  $\alpha$ -linolén- és linolsavakból szintetizálódnak a saját hidroperoxidáz enzimjeikkel, valamint a tea gyártása során keletkeznek a zsírsavak bomlásakor. Az aldehidek aminosavakból (alanin, valin és leucin) keletkeznek polifenoloxidáz enzim segítségével katechin és más difenolok jelenlétében. Ezek az aldehidek hozzájárulnak a tea aromájának további fejlődéséhez (CHATURVEDULA, PRAKASH, 2011).

### 2.2.2.2. Virágaroma

A virágillat édes, zöld és gyümölcsös karaktereket is tartalmaz. A terpének, közülük is főleg a monoterpének hozzák létre. A citronellol friss rózsaszaromát hordoz, a geraniol édes, gyümölcsös és rózsás, a linalool friss, édes és citrus aromájú, a nerol friss, édes, rózsás, az  $\alpha$ -terpineol orgona és őszibarack illatot hordoz. Ezek a látszólag különböző komponensek 5 szénatomból álló izoprén-egységből (2-metil-1,3-butadién), mint alap vázszerkezetből épülnek fel. Két izoprén egység összekapcsolódásával monoterpént alkotnak, 3 egység a szeszkviterpén, de 4, 6, 9 vagy több izoprén is kapcsolódhat egymáshoz, melyek lehetnek nyíltláncúak, ciklikusak, telítettek vagy telítetlenek, oxidáltak. A monoterpénekhez képest illatuk kevésbé kifejezett. A szabad monoterpén alkoholok mellett a glikozidkötésben lévő monoterpén alkoholok jelenlétét először TAKEO (1981) vetette fel. Megállapította, hogy a terpén alkoholok  $\beta$ -glikozidáz enzim hatására keletkeznek és feltételezte, hogy az enzim előenzim formájában a levelekben megtalálható. YANO *et al.* (1990) vizsgálatai megerősítették aromakomponensek felszabadulását, köztük a monoterpén alkoholokét is, amikor a tealevél nem-illó komponenseit kezelték a levélből kivont enzimekkel. FISCHER *et al.* (1987) és munkatársai a friss tealevél nem illó komponenseinek enzimes hidrolízisét vizsgálták a fekete tea gyártási folyamatában, különösen a fermentáció alatt. Megállapították, hogy a fő aromaalkotók, mint a (*Z*)-3-hexenol, benzilalkohol, 2-feniletanol, linalool és geraniol kötött formában fordulnak elő. A glikozidok mellett néhány primeverozid és vicianozid is azonosításra került a friss tealevélben (SAKATA, 1987; GUO *et al.* 1994, 1995; MOON *et al.* 1994). A leggyakoribb aglikonok, amelyek glikozidos formában vannak jelen aromaalkotóként, a **4. táblázatban** láthatók.

4. táblázat: A tealevélben előforduló leggyakoribb aglikonok

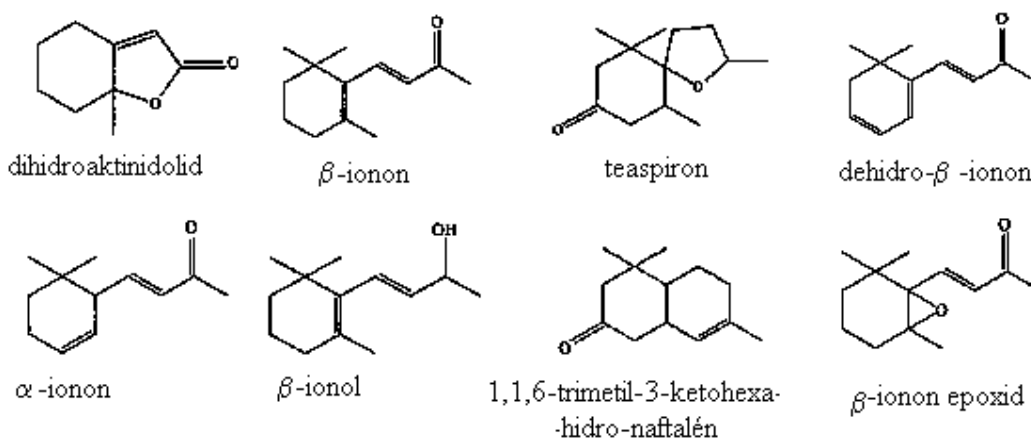
	Komponens		Komponens		Komponens
1	pentán-1-ol	8	oktán-3-ol	15	geranilacetone
2	pentán-2-ol	9	nonanol	16	linalool
3	pentán-3-ol	10	benzilalkohol	17	9-hidroxi-linalool
4	( <i>Z</i> )-2-penten-1-ol	11	metilszalicilát	18	nerol
5	hexanol	12	fenol	19	$\alpha$ -terpineol
6	( <i>Z</i> )-3-hexenol	13	2-feniletanol	20	$\alpha$ -ionon
7	( <i>E</i> )-3-hexenol	14	geraniol	21	dihidroaktinidiolid

(Forrás.: STAHL-BISKUP *et al.*, 1993)

MOON és mtsai (1994) mérték az alkoholos aromaprekurzorok mennyiségét és a glikozidáz aktivitást teahajtásban (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv Yabukita, var. *sinensis* cv Izumi). Megállapították, hogy az aromaprekurzorok mennyisége a fiatal hajtásban több, és csökken a levél öregedésével. A glikozidáz aktivitás is csökkent a levél érésével. Az enzim aktivitása a fonnyasztás alatt 2-2,5-szeresére nőtt a friss levélben mérthez képest, majd csökkent a fermentáció alatt. Minél magasabb a fermentációs hőmérséklet, annál gyorsabb az enzimaaktivitás csökkenése. A szerzők ezért a fonnyasztás és fermentálás alacsony hőmérsékleten történő végrehajtását javasolják, mert ez az enzimaktivitás és aromakeletkezés szempontjából hasznos.

A kötött monoterpének hidrofil természete jelzi, hogy nem vesznek részt az aroma kialakításában. Ezért sok kutató érdeklődik ezen potenciális aromaprekurzorok hidrolízise iránt, amellyel a virágillatú szabad terpének felszabadulnak és növelik az aromát. GUO *et al.* (1992) gyenge kereskedelmi minőségű zöld teából próbált előállítani Congou fekete teát enzimatikus úton. A tapasztalatok szerint a fekete tea fő komponensei, a geraniol, linalool és oxidjai, metilszalicilát, benzilalkohol, 2-feniletanol és  $\beta$ -ionon jelentősen nőttek. A geraniol, ami jóval kisebb mennyiségben van jelen a zöld teában, adta a legnagyobb csúcsot a fekete teában.

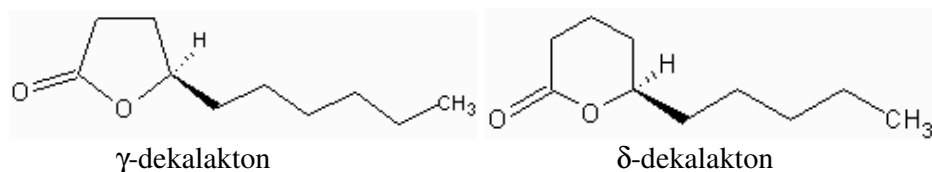
A iononok és ionon-izomerek ciklikus terpén komponensek ibolya és rózsa virágillattal. SANDERSON *et al.* (1973) megállapítása szerint a karotinoidok származékai a legfőbb illathordozók, főleg a fekete teában. Ezek az aroma komponensek hőbomlással keletkeznek a karotinoidokból a tea feldolgozása során (**4. ábra**). Ezt a feltételezést HAZARIKA és MAHANTA (1983) is igazolták, a négy fő karotinoid ( $\beta$ -karotin, lutein, violaxantin és neoxantin) mennyiségének csökkenését mérve a fekete tea gyártása alatt.



**4. ábra:** Karotinoidokból keletkező aromaanyagok

Laktonok szintén megtalálhatók a fekete teában (YAMANISHI *et al.* 1973a), pouchong teában (NOBUMOTO *et al.* 1993) és zöld teában (KAWAKAMI, YAMANISHI, 1983). Általában

kellemes íz tulajdonságokkal rendelkeznek, illatuk gyümölcsös, kókuszos, vajas, édes és diós. A természetesen előforduló laktonok általában  $\gamma$ - és  $\delta$ -lakton szerkezetűek, néhány makrociklusos lakton szerkezetű (**5.ábra**).

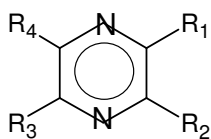


**5.ábra:** A  $\gamma$ - és  $\delta$ -dekalakton szerkezeti képlete

A laktonok általában telített vagy telítetlen hidroxizsírsvakból vagy prekuzoraikból keletkeznek a  $\beta$ -oxidáció útján. Szemben a glikozidos kötésben lévő monoterpénalkoholokkal (pl. linalool konjugáltjai) vagy a fenolokkal (pl. málnaketon konjugáltja), amik enzimes hidrolízis után illatos aglikont szabadítanak fel, a legtöbb ismert C13-glikozidból szagtalan, íztelen aglikon (poliol) válik szabaddá. Ebben az esetben további átalakulás, pl. sav katalizálta átalakulás magas hőmérsékleten szükséges az illatos komponens kialakulásához (WINTERHALTER, 2002).

### 2.2.2.3. Égett és diós aroma

Ez az aroma a gyengén pörkölt dió aromájára emlékeztet. A teában keletkező pirazinok felelősek ezért az aromáért. Mennyiségük a nem-enzimes barnulás (Maillard reakció) során nő. Ez a reakció akkor megy végbe, amikor redukáló cukor karbonil csoportja kondenzációs reakcióba lép a fehérje aminos csoportjával 100 °C-on vagy annál magasabb hőmérsékleten (BELITZ *et al.*, 2009). Pirazinok a növényekben és mikroorganizmusok által is keletkeznek és minden fermentált ételben, italban és zöldségben jelen vannak. A pirazinok általános szerkezete látható a **6. ábrán**.



**6. ábra:** A pirazinok általános szerkezete

A nitrogén tartalmú heterociklusos vegyületeknek számos szubsztituált formája van, ez a nagy vegyületcsalád egyedülálló organoleptikus tulajdonságokkal bír, rendkívül kis koncentrációban is. Az egyes pirazinok illattulajdonságai kémiai szerkezetüktől és koncentrációjuktól függenek. Ahogy nő a metoxialkil pirazinok 3-alkil szubsztituensének lánchossza, a létrehozott aroma a diós-földes-zöld aromától a fűszerpaprika aromáig változik, C-6 lánchosszúság felett pedig földes aromát ad (PARLIAMENT, EPSTEIN, 1973). A pirazinok mellett a Maillard-Strecker reakció számos egyéb vegyületcsoportot hoz létre, furánok, pirrolok, tiofének és



más heterociklusos komponensek keletkeznek ezen az úton. Ezek a vegyületek is részt vesznek a tea pirított és diós aromájának létrehozásában (YAMANISHI *et al.* 1973b).

Az L-teanin a legnagyobb mennyiségben jelenlévő aminosav a teában. Hő hatására 180 °C felett a teaninból nagy mennyiségű N-etilformamid keletkezik, valamint etilamin, propilamin, 2-pirrolidon, N-etil-szukcinimid és 1-etil-3,4-dehidropirrolidon jelenik meg a teában. Ha a melegítést glükóz jelenlétében végzik 150 °C fölött, a jellemző keletkező komponens 1-etil-3,4-dehidropirrolidon lesz, kis mennyiségű pirazinokkal és furánokkal (EKBORG-OTT *et al.*, 1997).

TEMPLE (2001) vizsgálta a sütés hőfokának hatását a tea aroma keletkezésére. Az eredmények azt mutatták, hogy pirazinok csak akkor keletkeznek, ha a sütés 100 °C felett történik, de a sütési idő és a levelek mennyisége is hatással van a keletkezésükre.

### **2.3. Aromavizsgáló módszerek**

Az aromaanyagok kimutatására a gázkromatográfia a legalkalmasabb. Ez a módszer kellően hatékony és érzékeny lehet, tömegspektrometriás detektálással minőségi információt nyújt az elválasztott vegyületekről, tiszta standard birtokában pedig mennyiségi mérés is lehetséges. A mérés eredményessége nagymértékben függ az aromakomponensek kinyerésének hatékonyságától.

A mintaelőkészítés lehetséges és eddig vizsgált módjai teák esetében: közvetlen oldószer extrakció, vízgőzdesztilláció, szilárd fázisú mikroextrakció (SPME), szimultán desztilláció-extrakció (SDE), vákuum desztilláció, szilárd fázisú extrakció (SPE), „purge and trap” kinyerés.

**Közvetlen oldószeres extrakció** esetén apoláros oldószerrel az illó komponensek jól kivonhatók lennének a teából (KIM, CHUNG, 2000), azonban a nem-illó vegyületek is beleoldódhatnak az extraktumba és ezek tönkreteszhetik az oszlopot és elszennyezik az injektort.

A Likens és Nickerson által kidolgozott, **desztillációt és extrakciót** egyszerre alkalmazó módszert (LIKENS, NICKERSON 1964) módosították és széles körben alkalmazzák a teák illó komponenseinek meghatározására (GU *et al.*, 2009). Ennél a módszernél a mintából kidesztillált apoláros vegyületek a gőztérben szerves oldószer gőzeivel találkoznak és azzal együtt, általa extrahálva kondenzálnak a hűtött kondenzátorban. Mivel a minta hőterhelést kap, elkerülhetetlen bizonyos műtermékek keletkezése, pl. furán-származékoké vagy Maillard-reakció termékeké. A hőterhelésnek tulajdonítják például a fenilacetaldehid fenilalaninból való keletkezését az extraktumban (JOHNS, 1988).

A hőterhelés csökkentése megoldható **vákuumdesztilláció** segítségével. Az így kapott extraktum kevesebb műterméket tartalmaz, jobban tükrözi a minta eredeti aromaösszetételét (YANAGIMOTO *et al.*, 2003).

Az extrakcióval járó kellemetlenségeket elkerülné a **gőztéranalízis**, hiszen egyébként is az illékony vegyületek mérése a cél. A tea illékony anyagának összmennyisége azonban igen kicsi és

kísérletek szerint a kinyerési hatások is rossz. A dinamikus, „purge-and-trap” megoldás, amely az illékony vegyületeket inert gázzal egy hűtött csapdába hajtja, alkalmazható teák vizsgálatára (KOBAYASHI, KAWAKAMI, 1991), de ez a meglévő gázkromatográfias rendszer bizonyos fokú átépítését teszi szükségessé. A gőztér vegyületei adszorbensen is feldúsíthatók. TSUGITA és mtsai (1979) ezzel a módszerrel teaital gőztéréből vett mintát elemezték.

A fent leírt módszerek mindegyike szerves oldószereket használ. Ezek gyártásuk és megsemmisítésük során is terhelik a környezetet, ezért a mai analitikai módszerek egyre inkább a miniaturizálás irányába fejlődnek (pl. mikro-kromatográfia, kapilláris kromatográfia). A mikromódszerek nagyságrendekkel kevesebb oldószert használnak fel, ami nemcsak az oldószer megvásárlásánál, hanem a megsemmisítésénél is nagy anyagi előnyt jelent, nem is beszélve a környezeti károk csökkentéséről. A dinamikus gőztér analízis egyáltalán nem használ oldószert, de miatta át kell építeni a kromatográf injektorát. Ezeken a hátrányokon igyekszik segíteni a **szilárd fázisú mikroextrakció**. Ennél a módszernél egy vékony szorbens-szálát merítenek a vizsgálandó mintába (vagy annak gőztérébe), majd a szálát a kromatográf injektorában magas hőmérsékleten deszorbeáltatják és innen fűtik rá a kromatográfias oszlopra. A szál polaritásának, vastagságának, a mintaoldat pH-jának ill. sókoncentrációjának és hőmérsékletének, valamint az extrakciós időnek a változtatásával megoldható a poláros-apoláros, savas-bázisos stb. komponensek kinyerése és vizsgálata (WANG *et al.*, 2008). Ennek a módszernek az a hátránya, hogy a teában mennyiségileg igen kevés aromaanyagot az adszorbens szál igen kis méretei miatt (néhány mikronos rétegvastagság és néhány centiméter szálhosszúság) nem dúsítja fel olyan mértékig, hogy a minor komponensek is kellő érzékenységgel mérhetőek legyenek.

Bár köztudott, hogy nincs egyedi kulcskomponens, ami a teák aromájáért felelős, több kísérlet folyt arra, hogy az összetett aromaképet valamilyen egyszerűsített modell segítségével jellemezni lehessen. Néhány, a gyakorlatban alkalmazott példa:

*Wickremasinghe-Yamanishi index*: YAMANISHI *et al.* (1968) különböző földrajzi helyről származó fekete teák vízgőzdesztillációval kivont aromanyagainak hasonlították össze. Különbséget találtak a linalool és oxidjai valamint a linalool retenciós idejénél kisebb retenciós idejű komponensek csúcs alatti területének összege és a nagyobb retenciós idejű komponensek csúcsalatti területének összege arányában. WICKREMASINGHE *et al.* (1973) használták ezt az arányt fekete teák minőségének értékelésére. Minél kisebb az arány értéke, annál jobb a tea minősége.

*Mahanta index*: Az arányt a terpének és nem-terpének mennyiségének hányadosa adja. MAHANTA és munkatársai (1988) fekete teák illó anyaga között kerestek biokémiai korrelációt eltérő előírás szerinti szedésmód és eltérő magasságú termőhely esetén. Eredményeik azt mutatták, hogy a zsebébb levelekben több monoterpén és kevesebb nem-terpén típusú komponens található. Az arány a terpének és nem-terpének között döntő lehet a kiváló minőségű tea azonosításakor.

Assam teák esetében az arány 0,12-0,18, míg Darjeeling teáknál, amelyek lényegesen illatosabbak, 0,62-0,90.

*Owuor Flavor index:* OWUOR *et al.*(1986b.) dolgozta ki a teák aromaanyagának értékelésére az aroma-index (FI=flavour index) fogalmát, a Wickremasinghe-Yamanishi arányon alapul. Az azonosított komponenseket két csoportba sorolja: VFC I és VFC II (Volatile Flavour Compounds). A VFC(I)-et túlnyomó részben C6 aldehidek és alkoholok alkotják, amelyek lipidek bomlástermékei, létrehozva a zöld fű illatot a fekete teában és negatív előjellel korrelálnak a tea minőségének kialakításában (OWUOR *et al.* 2005). A linolénsavból cisz-3-hexenal, ami részben cisz-3-hexenollá redukálódik alkohol-oxidoreduktáz enzim hatására, részben izomerizálódik transz-2-hexenollá izomeráz enzim segítségével. Ez utóbbi tovább redukálódik és keletkezik transz-2-hexenol. A linolsav a forrása az n-hexanálnak, ami n-hexanollá redukálódik, valamint az 1-okten-3-onnak és 1-oktán-3-olnak. Az olajsavból n-nonanal, majd n-nonanol, míg a palmitinsavból n-heptanal és n-heptanol keletkezik. Az 1-penten-3-on, 1-penten-3-ol, cisz-3-penten-1-ol és cisz-3-penten-1-on vegyületek is a linolénsav bomlástermékei (RAVICHANDRAN, PARTHIBAN, 1998). A VFC I csoport komponenseinek 90 %-át a zsírsavak bomlásából a gyártás során keletkező vegyületek képezik. Mennyiségük a levélben jelenlévő telítetlen zsírsavaktól és a lipoxigenáz enzim aktivitásától függ. A VFC II csoport a virágos, édes illat kialakításáért felelős összetevők, a linalool és utána eluálódó komponensek, nagyobb részben terpének és származékaik, valamint benzolgyűrűs vegyületek. Ezen aromaalkotók a karotinoidok bomlásával, terpén-glikozidok hidrolízisével, aminosavakból és cukrokból Maillard reakcióval és Strecker degradációval keletkeznek. A két csoport aránya (VFCII/VFCI) adja az „aroma indexet”, melynek értéke nagy mértékben függ a feldolgozási folyamattól. A magasabb aromaindex-szel rendelkező fajtákból jobb minőségű teafüvet lehet előállítani. Az I. csoport domináns komponense a (*E*)-2-hexenal, a II. csoporté a linalool és oxidjai, a fenilacetaldehid és a geraniol.

*Yamanishi-Botheju hányados:* Ez az arány a gázkromatográfiával elválasztott komponensek közül csak a linalool és (*E*)-2-hexenal csúcs alatti területével számol, a többi komponenst figyelmen kívül hagyja (YOUNG. 2002).

*Terpén index:* A terpén index (TI) a linalool és oxidjai, valamint a geraniol csúcs alatti területéből számított arány.

$$TI = \frac{\text{linalool} + \text{linalool oxidjai}}{\text{linalool} + \text{linalool oxidjai} + \text{geraniol}}$$

A vizsgálatok igazolták, hogy a monoterpén alkoholok mennyisége nagymértékben különbözik a teanövény fajtáknak megfelelően. Az Assami teafajtákban a terpénalkoholok fő összetevői a linalool és oxidjai, míg a kínai teafajtákban a geraniol a fő komponens (LISKENS, JACKSON, 1991). OWUOR *et al.* (1987) továbbfejlesztette a terpén indexet az (*E*)-geránsavat is figyelembe véve, mennyiségét hozzáadva a nevezőhöz. A módosított index még megbízhatóbbnak mutatkozott

bizonyos klónok azonosítására. A magas terpén indexű teafajták élénk és ragyogó aromával rendelkeznek, míg a Darjeeling tea TI értéke alacsony, aromája harmonikus, rózsás és erős.

YOU *et al.* (in: ZHEN, 2002) teavirág illó anyagait vizsgálta, a fő komponensek a 2-pentanol, 2-heptanol, bezaldehid, linalool és oxidjai, acetofenon, geraniol, nerol és 2-feniletanol voltak. A virágzás alatt végbemenő aromaváltozásokat elemezve a terpén indexet tovább fejlesztette a virágra vonatkozóan. Azt állapította meg, hogy a terpének összmenyisége változik a virágzás során, de a TI érték sokkal stabilabb a virágban, mint a levélben. Mivel a virág neroltartalma lényegesen magasabb, mint a levélé, és ugyanabból a prekursorból keletkezik, mint a geraniol és linalool, a TI arányt a következőképpen módosították virágra vonatkozóan:

$$TI = (\text{Linalool} + \text{Linalool oxidok}) / (\text{Linalool} + \text{Linalool oxidok} + \text{Geraniol} + \text{Nerol})$$

A terpénindex azon túl, hogy a fajta genetikai rokonságát, eredetét jelzi, a feldolgozott tea aromájának jelzője is egyben.

#### **2.4. A tea gyártástechnológiája**

A teanövényt évezredek óta termesztik Kínában. A *te*, *qia* és *cha* szavak teát jelentenek különböző kínai dialektusokban, és egyik-másik formát más nyelv is átvette a tea jelentésére. Kezdetben az erdőben gyűjtött levelek forrázatát fogyasztották. A II. és III. században a leveleket rizskásával préselték pogácsa formába, majd kiszáritották. A száraz pogácsákat ezután felaprították a teaital készítéséhez. A X-XIV. században dolgozták ki és alkalmazták a serpenyős sütés módszerét zöld tea előállítására. A XIV. század végén a sötétzöld árnyalatú tea fogyasztása vált szokássá. Ezt követte a fehér, a fekete, az Oolong és az illatosított tea. A teafélék csoportosítása a tealevél polifenoltartalmának oxidációs állapota alapján történik. A hat különböző típusú – a fehér, a zöld, az Oolong, a fekete, az illatosított és a préselt – tea tehát a feldolgozás módjában különbözik egymástól, az egyes típusoknak az egész világ teatermelésében előforduló altípusait számba véve összesen több mint 3000 féle teakategóriája ugyanabból a növényből származó termék (CHEN *et al.*, 2007).

##### **2.4.1. A fehér tea**

A fehér tea új termék a nemzetközi teapiacra, kedveltségét az egészségre kifejtett pozitív hatásával érte el, mivel antioxidatív, antimikrobiális és antikarcinogén hatást tulajdonítanak neki. Kína történelmében azonban nem újdonság, már a Tang Dinasztia korában (VII-X. század) is fogyasztották, elsősorban a királyi udvarok itala volt. A fehér tea nagy változáson ment át a XIX. században, amikor különleges minőségű fajtákat nemesítettek ki előállítására céljából. Exportja ezután kezdődött 1891-ben (HO *et al.*, 2009).

A fehér tea nevét egyedi karakterének, ezüstös árnyalatának köszönheti. Az egyedi minőség a különleges gyártásból adódik: nem sütik, nem törik. Az éves termelés relatíve kevés, alig 2000 tonna, 0,1 %-a a fekete tea mennyiségének. Csak Kína egyes területein (Fuding, Zhenghe, Jianyang, Songxi, Fujian tartományban) és Sri Lankán termelik, főleg exportra (JIANG, 2008). A fehér teához az új rügyeket már akkor leszedik, mikor azokat ezüstfehér bolyhok borítják és a levelek még nem nyíltak ki. A leghíresebb Yin Zhen (Ezüsttű) teának évente mindössze két napig tart a szedése, amit gondosan, kizárólag kézzel végeznek. Szedés után a friss leveleket napon megfonnyasztják és szárítják, a leveleket viszonylag friss állapotban hagyják a zöld és fekete teához képest. A száradás során összepöndörödött rügyek ezüstös árnyalatúak, a belőlük készült ital pedig halvány szalmaszínű. A gyengébb és édesebb íz miatt a fehér tea közelebb áll a friss tealevélhez, mint a zöld tea (HILAL, ENGELHARDT, 2007).

Fő összetevői a polifenolok, aminosavak és a víz. Ezek határozzák meg a teaital illatát és ízét, a fehér tea minőségét. A minőség a gyártási folyamat függvénye. A kulcslépés a fonnyasztás, amely kiváltja a víz, az enzimek, a polifenolok és egyéb összetevők reakcióját. A víztartalom hatással van az enzimek aktivitására, melyek közül a polifenoloxidáz (PPO) és peroxidáz (POD) a legfontosabbak. A legeredményesebb a lassú, kíméletes polifenoloxidáció 30 °C alatt.

A polifenolok a fanyar, keserű íz létrehozói a teaitalban. Mennyiségük a fonnyasztás alatt több, mint 50 %-kal csökken a PPO és POD hatására (HO *et al.*, 2009). Az aminosavak a teaital frissességét és fényességét határozzák meg. A fonnyasztás alatt a szabad aminosavtartalom nő a fehérjék hidrolízise miatt. Mennyiségük a teanövény fajtájától is függ (ALCAZAR *et al.*, 2007). A szénhidrát tartalom is változik a hőkezelés és enzimes hidrolízis miatt. A szénhidrátok aminosavakkal léphetnek reakcióba, a reakció termékei a teaital színét és aromáját befolyásolják. A klorofill tartalom a fonnyasztás és szárítás alatt egyaránt csökken. A rügyeket borító ezüstfehér pihék szimbóluma az Ezüsttű (Yin Zen) teának, összetevőik a tea színének és ízének kialakításában fontosak. Aminosav tartalmuk magasabb, mint a tealeveleknek.

#### **2.4.2. A zöld tea**

A zöld, nem fermentált tea Kínában nagyon régóta ismert, ma is a legnagyobb mennyiségben gyártott és forgalmazott teafajta. 2000-ben a világ zöld tea termelésének 73,4 %-a származott Kínából, de gyártják még Japánban, Indonéziában, Tajvanon és más ázsiai országokban is (FAO, 2001). Napjainkban egyre nagyobb figyelem fordul a zöld tea felé az egészségre kifejtett hatása miatt.

Általában bármelyik teafajta megfelel a zöld tea alapanyagának, levélméret szerint a kis vagy közepes levelű fajtákat részesítik előnyben. A tea minőségét elsősorban a friss tealevél zsenesége határozza meg. A kész teafű formája lehet tű, csavart, sima, kerekített, préselt vagy

porrá őrölt. A gyártás több lépésből áll: a friss levél fonnyasztása – fixálás (pörkölés vagy gőzölés) – sodrás – szárítás (kosárban, serpenyőben, géppel vagy a napon).

A zöld leveleket leszedik, a szedés módja a tea fajtájától függ. Zsenge és egyforma leveleket szednek a kiváló minőségű teafű készítéséhez, mint pl. Longjing, Biluochun, Gyokura. A gyengébb minőségű vagy „puskapor” teához érettebb hajtásokat szednek egy rüggyel és két - három levéllel. A leszedett hajtásokat bambusztálcákon szétterítik a földön 1-3 órára, ami alatt veszítenek fűillatukból és csökken a nedvességtartalmuk. A következő lépés a fixálás, aminek célja a levelekben lévő enzimek működésének leállítása és ezzel a fermentáció megakadályozása, egyben a levelek zöld színének megőrzése. Kínában a serpenyős sütés a leggyakrabban alkalmazott módszer, de gőzöléssel is fixálnak. A legtöbb gőzölt zöld teát azonban Japánban állítják elő. A serpenyős sütés hőmérséklete általában 180 °C-nál magasabb, míg a gőzölést 100 °C-on végzik. A zöld levelek gyors és tökéletes fixálása nagyon fontos. Ha a hőmérséklet túl alacsony, a levelek vöröses színűvé válnak; de ha túl magas, a levelek megperzselődnek. A zsenge levelekben nagyobb az enzimaktivitás, ezért magasabb hőmérsékletű és hosszabb idejű fixálásra van szükség. Ez a fehérjék nagyobb mértékű hidrolízisét vonja maga után. Ugyanakkor a túlfixálás megperzselheti a leveleket és füstös ízt, tört leveleket okozhat. A szükségesnél alacsonyabb hőmérséklet és rövid fixálási idő a polifenolok oxidációja miatt vörös leveket hoz létre, ami csökkenti a zöld tea minőségét. A fixált levelek víztartalmát 60 %-ra állítják be. Hosszú fixálási idő és túlszáritás kedvezőtlen a következő feldolgozási lépés, a sodrás szempontjából. A sodrás alatt a levél sejtjei felszakadnak, felszabadulnak a sejtszervecskékből az anyagok, a levelek pedig sodrott formájúak lesznek. A sodrás sikeressége függ az alkalmazott nyomástól, a sodrási időtől és a levél hőmérsékletétől. A túl nagy nyomású és hosszú idejű sodrás hatására sárgás és tört levelek keletkeznek, több levélnedv préselődik ki, a klorofill hidrolízise és a polifenolok autooxidációja miatt a tea rossz ízű lesz. Kínában a zsenge leveleket általában rövid ideig kis nyomással sodorják, az érettebb leveleket nagyobb nyomással, hosszabb ideig és esetleg többször is átsodorják. Az összepréselődött leveleket, a sodrás hatására keletkezett golyókat szétördelik, hogy a következő folyamat, a szárítás tökéletes legyen. A szárítást többször is megismétlik. A kézzel készült teánál, pl. a Longjing tea esetében, hosszú és ismételt szárításra van szükség, hogy a nedvességtartalom eltávozhasson és kialakuljon a teafű kívánt formája és különleges aromája. A szárítást serpenyőben, kosárban, géppel vagy napon lehet elvégezni. A serpenyős szárítás egységesebb formát és illatos aromát eredményez, a napon szárítás gyengébb ízminőséget és formát ad (XU, CHEN, 2002).

A zöld teaital fő színanyaga a *klorofill*. A növény klorofill tartalmának növelése érdekében a teacserjéknek május elejétől kb. 20 napon keresztül legalább 90 %-ban árnyékban kell lenniük. Ahogy az új rügycsok megjelennek, az ültetvényeket bambuszról, nádfonatból vagy vászonból készített ponyvákkal takarják le. A csökkentett fény mennyiség hatására az apróbb levelek több

klorofillt termelnek és alacsonyabb lesz a csersavtartalmuk. A gyártás során a klorofill tartalom közel felére csökken. A technológia során a klorofill elveszti magnézium tartalmát a magas hőmérséklet és pH változás következtében.

A *polifenolok* fő kémiai változásai a gyártás során: oxidáció, hidrolízis és polimerizáció. A polifenoltartalom tehát csökken a technológia során, kb. 15 %-kal. Ez a változás fontos a karakteres zöld íz és aroma kialakításában. A hő hatására keletkező autooxidációs komponensek sárga színanyagok, amelyek a teaital színét adják; ezek konjugálódhatnak a levél fehérjetartalmával vízdoldható molekulákat képezve, melyek a főzet fényességét adják.

A feldolgozás alatt magas hőmérsékleten és nagy nedvesség tartalom mellett a *fehérjék* egy része hidrolizál, tehát a szabad aminosav tartalom a kész teában magasabb, mint a friss levélben. Ez fokozza a főzet frissességét. Mivel a polifenoltartalom csökken, a szabad aminosavtartalom pedig nő, a kettő arányának változása emeli a teaital friss és füves ízét. Egyes aminosavakból viszont illókomponensek keletkeznek, pl. izoleucinból izopentánaldehyd, fenilalaninból fenilaldehyd keletkezik. Ez a két komponens igen meghatározó minőségi mutató (HORITA *et al.*, 1985).

A vízdoldható szénhidrát tartalom nő a technológia során a keményítő hidrolízise következtében. A növekedés mértéke a fixálás körülményeitől függ. Általában a sütés során nagyobb mértékű.

Komplex biokémiai változás megy végbe az *aromaanyag* tartalomban a zöld tea gyártástechnológia alatt. Az aromaanyagok igen kis része származik a friss levélből, a nagyobbik rész a feldolgozás során alakul ki. Az alacsonyabb forráspontú illó komponensek, mint a fűillat összetevői, a gyártás alatt elillannak, a magasabb forráspontúak mennyisége a kész teafűben nő. A friss levél alacsony forráspontú komponensei pl. a *Z-3-hexen-1-ol*, *E-2-hexenal*, acetaldehyd, ecetsav. A *Z-3-hexen-1-ol* erős fű illatú molekula, 156 °C a forráspontja, a friss levél illó komponenseinek kb. 60 %-át adja. Ennek nagy része elpárolog a fixálás és szárítás során, kisebb része pedig *E-3-hexen-1-ol*-lá változik, ami friss illatot kölcsönöz a forrázatnak (XU, CHEN, 2002).

### **2.4.3. Az Oolong tea**

A félig-fermentált tea (Oolong tea) egyedülálló illattal és minőséggel rendelkező teafű fajta. Az Oolong tea kínai eredetű, Fujian tartományból ered, elnevezése a kínai Wulong, fekete sárkány szóból ered és a tekintélyt, nemességet, előkelőséget szimbolizálja. Az Oolong tea megjelenése az 1800-as évekre datálódik. Kombinálva a zöld és fekete teák gyártástechnológiáját az Anxi vidéki (Fujian tart.) termelők dolgozták ki az új típusú, Oolong teát. Oolong tea készítéséhez teljesen érett hajtásokat szednek (szunnyadó rügy 2-3 levéllel). Általában a teanövény telepítésekor már olyan fajtát választanak, amely megfelel az Oolong tea gyártásának. Ezeknek a fajtáknak az elnevezését tükrözi a kész tea elnevezése is (pl. Fenghuang Shuixian).

A fonnasztási folyamatnak külön elnevezése van (Zuoqing: zöld-készítő). A leveleket közvetlen napfénynek kitéve fonnasztják. A fonnasztás sikere nagymértékben függ az időjárási körülményektől, a napos és szeles idő a legmegfelelőbb. A leveleket bambusztálcákra terítik és 30-60 percig teszik ki a napsütésnek, közben 2-3-szor átforgatják. Amikor a levelek megpuhulnak és a nedvesség 10-20 %-a eltávozik, a leveleket beviszik és fedett helyen folytatják a feldolgozást. A fonnasztás a szükséges nedvességtartalom elérésekor ér véget.

A forgatás a levélszélek megsérülését, egyben a sejtek felszakadását okozza. A legjobb minőségű Oolong teákat kézzel bambuszkosarakban rázzák, míg a széleik meg nem sérülnek. Az egyszerűbb fajtákat géppel rázzák, a szoba hőmérséklete 20-25 °C, nedvességtartalma 75-85 %. A forgatás alatt fermentáció megy végbe, a levélszélek vöröses színt vesznek fel, ahogy a berepedezett levél vegyületei érintkezésbe lépnek a levegő oxigénjével. Erre a folyamatra a fermentáció kifejezés terjedt el, s használata fennmaradt annak ellenére is, hogy valódi, baktériumos erjedés nem történik. A rázás végén a levelek mozaikos színelrendezésűek, a fermentált levélszélek vörösek, a fermentálatlan részek az erek mentén zöldek maradnak. A rázás teljes ideje 6-8 óra és 5-6 alkalommal ismétlik. A rövid fermentációs vagy oxidációs időszak alatt 12-20 %-os fermentációt engednek. Az Oolong teák mindig egész tealevelekből állnak, soha nem tördelik össze a leveleket hengerléssel. Ezután hevítéssel leállítják a folyamatot, befejeződik a fermentáció a levelek szélén és inaktiválják az enzimeket a zöld részben. A fixálás 3-7 percig 180-220 °C-on való sütéssel történik.

Mielőtt a hőmérséklete lecsökken, egyszer megsodorják a teát. Ezután még 2-3-szor átsodorják megfelelő nyomással teatípustól függően. A sodrást hengermalomban végzik. A sejtek összetörése kisebb mértékű, mint a zöld vagy fekete tea esetén, kb. 30 %-os, ez az oka, hogy az Oolong teafű többször is kiáztatható (TOKIMOTO *et al.*, 1984).

A szárítás két lépésben történik. Először a leveleket vékony rétegben bambusztálcákra terítik vagy szárítógépbe helyezik, és magas hőmérsékleten gyorsan megszáritják. A második szárításkor a hőmérséklet alacsonyabb. A szárítások ideje és hőfoka szintén függ az előállított Oolong tea típusától.

Az Oolong tea minőségét négy fő tényező befolyásolja: növényfajta, környezet, termesztési gyakorlat, feldolgozási technika. A minőség sokkal fontosabb, mint a nagy terméshozam. A talaj és a klíma nagymértékben befolyásolják a tea minőségét, a legjobb minőség a magasabb termőterületekről származik, ahol a hőmérséklet alacsonyabb. A termesztési körülmények, mint trágyázás, gyomtalanítás, növényvédelem, betakarítás a termés mennyiségére hatnak, míg a levél érettsége és a szedési évszak a minőségre. A teahajtásnak megfelelően érettnak kell lennie az Oolong tea gyártásához. A hajtást egy alvó rüggyel és 3-4 levéllel szedik. Ha a levél túl zsenge, mind megpirosodik fonnasztás és rázás után, de ha túl érett, a kész tea veszít megjelenéséből és aromaanyagtartalmából (XU, CHEN, 2002).



#### 2.4.4. A fekete tea

A teljesen fermentált teát hívjuk fekete teának. 2000-ben a világ teatermelésének 75 %-a (2,1 millió tonna) volt fekete tea (FAO, 2001). A fekete tea gyártását a 17. század közepén fejlesztették ki Kínában, Fujian tartomány Chongan megyében. Az első terméket *Xiao Zhong fekete teának* nevezték el, amit fenyőfa füstöléssel állítottak elő. 1850-ben létesítették az első ipari üzemet Fujian tartományban erre a gyártástechnológiára alapozva. Később a fekete tea gyártása elterjedt Kína más tartományaiban is, Keemunban, Anhui-ban.

Szemben a zöld teával, ahol az enzimeket teljesen inaktíválják, a fekete tea gyártásakor az enzimeket használják fel a pigment anyagok kialakításához (teaflavin, tearubigin). A különböző termőterületek eltérő módszerekkel dolgozhatnak, ám a feldolgozási folyamat öt alaplépést mindig tartalmaz: a friss levelek leszedése, a fonnyasztás, a hengerlés, a fermentálás és szárítás. Közülük a fermentáció kritikus lépés a végtermék minősége szempontjából, mely zömében a katechinek oxidációjából és oxidációs reakció termékek keletkezéséből áll (OWOUR *et al.*, 2008).

Általában egy rügyből és két levélből álló hajtást szednek a fekete teához. A feldolgozás ezután hagyományos, **ortodox** módon vagy gépi, **CTC berendezéssel** végzik. Az **ortodox** módszert a mai napig alkalmazzák többek közt Kínában, Tajvanban, India egyes részein, Sri Lankán, melynek segítségével nagyobb levéldarabokat kapnak. Beszállítva a gyárba a leveleket nagy tálcákra, állványokra, gyékényszőnyegekre terítik, majd hagyják fonnyadni természetes levegőn napfényben vagy kontrollált körülmények között meleg levegő ventilációjával. A levél nedvességtartalma eltávozik és annyira puhává, hajlékonyá válik, hogy a levélfelület felhasadása nélkül hengerelni lehet. Ebben a stádiumban a leveleknek gyümölcsös, almára emlékeztető illatuk van. A szikkadt leveleket ezután hengerlik. Az ortodox hengerlőgép a hagyományos berendezés a tea készítéséhez. A gép enyhén megroppantja a leveleket, ezáltal a levelek belseje is érintkezni tud a levegővel. A sodrás-hengerlés során a levél sejtfalai felszakadnak, és a levél felületére kerülnek a sejtnedv anyagai, ahol levegő jelenlétében keverednek el a polifenol-oxidáz enzimmel. A hengerlést végezhetik kézzel is teasodró asztalokon, vagy két recézett hengerből álló mángorlón. Az egyik henger kb. 70 fordulatot tesz meg percenként, a másik tízszer annyit, az ellenkező irányban. A berendezés a recés hengerek közötti kis résben sodorja meg a leveleket. A sodrás célja a levélsejtek feltörése és az oxidázok felszabadítása. Az összetömörödött tearögöket széttördelik, majd a kiterítik, elrendezik a fermentációhoz.

A **CTC berendezést** (crush, tear, curl: vágás, tépés, sodrás) Indiában fejlesztették ki. Két fogazott henger mozog benne különböző sebességgel és ellentétes irányban. A levelek folyamatosan mozognak a hengerek között. Ezzel a módszerrel kisebb levéldarabkákat kapnak, amelyek erősebb, hamarabb elkészülő főzetet adnak, és ezáltal ideálisan felhasználhatók filteres teák készítéséhez. A fonnyasztott leveleket átengedik a CTC-gép különböző sebességgel forgó hengerein, vagy az LTP

(Lawrie Tea Processor) elnevezésű, kalapácsos malom elvén működő aprítógépbe kerülnek, amely apró darabkákra tépi és zúzza őket. A CTC módszerrel nagy mennyiségű tealevél feldolgozására van lehetőség, gyorsan feltörik a leveleket kis darabkákra és elősegítik a sejtnedv kiáramlását, ami a megfelelő fermentáció feltétele. A CTC tea a világ tört fekete tea termelésének 60 %-át adja.

Sodrás után az összetört leveleket a fermentációs helyiségbe viszik, tálcákra vagy a padlóra terítik vékony rétegben, és 25-35 °C-on nagy páratartalmú (>95%) légréteg biztosítanak a fermentációhoz. A fermentálás során megindulnak a kémiai oxidációs folyamatok: a katechinekből teaflavinok és tearubiginok, a klorofillból feofitinek és a feoforbidok, az aminosavak bomlásából illóanyagok keletkeznek. A polifenoloxidáz a kulcs enzim a folyamatban, ami a katechinekből a teaflavinok és tearubiginok keletkezéséért felelős. A teaflavin és tearubigin tartalom ellenőrzött paraméter a fekete tea minőségének értékelésekor. A folyamatokhoz megfelelő oxigén ellátottság szükséges (OWUOR,1992).

A fermentáció ideje 0,5-3 óra, függ a teanövény fajtájától, a levelek korától, a tört levelek méretétől és a fermentációs körülményektől. A tépési mód nagy mértékben befolyásolja a fermentáció idejét. Általában a CTC módszerrel feldolgozott levelek rövid idejű, 30-60 perces fermentációt igényelnek, míg a hagyományos módszerrel feldolgozottak 2-3 órát. Ebben a lépésben befejeződik az oxidáció, ami a sodrás alatt kezdődött el. Az oxidáció következtében a zöld levelek arany vörösesbarna színűvé válnak és kialakul friss, jellegzetes teaaromájuk. A fermentálás során szinte az összes aromaanyag mennyisége nő, és új vegyületek is képződnek. A vizsgálatok szerint ilyenkor jelentősen emelkedik például az 1-penten-3-ol, a cisz-2-pentenol, a benzil-alkohol, a transz-hexanal, a benzaldehid, az n-kapronsav és a szalicilsav koncentrációja. Az aromaanyagok képződése leáll, ha a fermentálást nitrogén alatt folytatják, ami jelzi, hogy az oxigén fontos szerepet tölt be a folyamatban. A fekete tea aromája elsősorban az aminosavakból, a karotinoidokból, a klorofillból és a zsírsavakból származik (LIANG *et al.*, 2003; OBANDA *et al.*, 2001).

Az *aminosavak* bomlásából illékony anyagok keletkeznek, ezek némelyike károsan, másika előnyösen befolyásolja a tea minőségét. A glicin, alanin, valin, leucin, izoleucin és metionin formaldehidet, acetaldehidet, izobutiraldehidet, izovaleraldehidet, 2-metil-butanolt és metionalt képez. Ha ezekből túl sok keletkezik, a tea íze és illata is kellemetlen lesz. A fenil-alaninból és a fenil-glicinből fenil-acetaldehid és benzaldehid keletkezik: ezek használnak az aromának.

A *karotinoidok* bomlásából sok aromaanyag származik; a jononoknak köszönhető például a fekete tea édes virágillata. Azok az illékony vegyületek - például a fitol és az izofitol -, amelyek a fermentáció során keletkeznek a klorofillból, az illat szempontjából jelentősek. Keletkezik azonban egy kevés nem illékony bomlástermék is (klorofillidek és feoforbidok), melyek a főzet ízét és színét befolyásolják.

A zsírsavak sokféle aromaanyaggá bomlanak, többek között aldehidekké és alkoholokká. A linolénsavból és a linolsavból hexanal és transz-2-hexenal keletkezik, ezekből pedig hat szénatomos alkoholok képződnek.

A fekete teák minőségére alapvető hatással van az előállítás módja. A tradicionális és a CTC teák aromatartalmának mennyisége lényegesen különbözik, a CTC tea aromája általában alatta marad az ortodox teákénak. A monoterpén alkoholok felszabadulása anaerob körülmények között kedvezőbb. Az illóanyagok össz mennyisége, csak úgy, mint egyes komponenseiké, pl. Z-3-hexanal, linalool és oxidjai, a metilszalicilát a CTC teák extraktumaiban kevesebb, mint az ortodox teákban. Ez okozhatja, hogy a CTC teák kevésbé illatosak (TAKEO, 1983a). Általában a CTC teáknak nagyobb a teaflavin tartalma. Ez összefügghet azzal, hogy az oxidoreduktáznak nagyobb az aktivitása. Viszont ez gátolja a hidroláz enzim aktivitását, ami felelős a linaloolnak és oxidjainak termelődéséért a szétszakított tealevélben anaerob körülmények között. A CTC teák esetében magasabb a lignin- és összes színanyag-tartalom, az összes lipid- és oldható szárazanyag-tartalom, és alacsonyabb a cellulóz és hemicellulóz tartalom összehasonlítva a hagyományos módszerrel. A nagyobb számú vágás a CTC folyamata alatt nagyobb százalék törmelék és port állít elő. A teaflavin, tearubigin és oldható szárazanyag-tartalom nő, ahogy a kategória mérete csökken (MAHANTA *et al.* 1988).

A fermentáció szintén nagy jelentőséggel bír a minőség szempontjából. Az illóanyag tartalom alacsonyabb a nem fermentált teákban, mint a fermentáltakban. Linalool oxidokat nem találunk a friss levelekből készült homogenizátumban, csak a fermentált levelek kivonataiban (NISHIKITANI *et al.*, 1999). Összehasonlítva az ugyanabból a fajtából előállított féligfermentált és fekete tea illóanyagait azt tapasztaljuk, hogy a fekete tea nagyobb mennyiségben tartalmaz E-2-hexenal, Z-3-hexenal, E-2-hexenilformát, monoterpén alkoholok és metilszalicilát komponenseket, míg a félig fermentáltban Z-furanoid- $\beta$ -ionon, uroledal, jázminlakton és metiljázmonát található nagyobb mennyiségben. Általában a sodrás után a hagyományos módszernél nagy mennyiségű illó komponens található, ami a fermentáció alatt csökken. A polifenolok gyors oxidációja gátolja az illó komponensek keletkezését a levelekben (TAKEO, 1981). Alacsonyabb fermentációs hőmérséklet hatására több illó komponens halmozódik fel (HAZARIKA *et al.* 1984). Tehát a fermentáció idejét és hőmérsékletét optimálni kell a tökéletes aromájú tea készítéséhez.

Ahogy az optimális fermentációt eléri, a leveleket szárítják vagy sütik az enzimek inaktiválása és a fermentáció leállítása céljából. A hagyományos üzemi szárítók lyukacsos szállítószalaggal működnek, de a meleg levegőt használó fluidágyas szárítók is elterjedtek. A folyamat végére a tea nedvességtartalma kb. 60%-ról 4% alá csökken. A szárítók első traktusában 80-100 °C-ot tartanak fenn. Az illékony aromaanyagok nagy része a meleg hatására elvész. A klorofill feofitinné alakul át, a teaflavinokkal és a tearubiginokkal együtt ez határozza meg a fekete

tea színét. Ekkor a levelek színe sötét barnává vagy feketévé válik, az aroma virágillatú, a nedvességtartalom 4 % alatti értékre csökken.

A tea feldolgozásának utolsó fázisa a levelek válogatása és osztályozása. Ahogy a levelek elhagyják a szárítóberendezést vagy kemencét, különböző lyukátmérőjű rostasoron haladnak át, ahol a méretüknek megfelelően külön csoportokba gyűjtik őket. Az egyes mérettartományokon belül az osztályozást szakemberek végzik, akik nem csak a minőséget és az ízt vizsgálják, hanem a tealevél darabkák megjelenését is szemrevételezik. Az osztályozás a tea előállításának kritikus pontja, hiszen a főzet elkészítésekor a tealevél ereje, íze és színe a levél méretétől függően különböző mértékben kerül át a forró vízbe – minél nagyobb a tealevél, annál lassabb a kioldódási folyamat. Különböző teákból összeállított teakeverékek esetén is arany szabály, hogy minden egyes csomag azonos méretű teafüvetket kell, hogy tartalmazzon. Az osztályozási rendszer tehát a méretet veszi alapul, de ettől még ugyanannak a teának a különböző méretű levelei azonos minőségi kategóriát képviselnek. Az egyetlen különbség köztük az, hogy a kisebb levéldarabok gyorsabban áznak ki a főzetben.

A kész nyers teát ezután szitálják, vágják, osztályozzák, ízesítik, keverik, tisztítják és csomagolják. Tisztítás során a szárdarabkákat, szálakat és szennyezőanyagokat eltávolítják. A tisztított teát három osztályba sorolják: egész leveles tea, tört leveles tea valamint törmelék levelek és por. Mindegyik osztály további kategóriákra bontható (Melléklet: **M2**).

## **2.5. A tea egészségre kifejtett hatásai**

Az egészséges táplálkozás, életmód előtérbe kerülése, a civilizációs betegségek nagy száma miatt a tudomány az élelmiszerek egészségre gyakorolt hatását egyre széleskörűbben vizsgálja. A tea eredetileg orvosság gyanánt szolgált. Gyógyító hatását a tudomány is igazolta és az elmúlt években a benne található anyagok a tudományos érdeklődés középpontjába kerültek. Elsősorban antioxidáns tartalma emelhető ki, melynek következtében csökkenti a szív- és érrendszeri megbetegedések előfordulását, jótékonyan befolyásolja a vérsírok szintjét, megelőzi az érlemezését, antitrombotikus és vérnyomáscsökkentő hatású (DAVIES *et al.*, 2003). Javítja a szájhigiénét, antivirális és antibakteriális aktivitással rendelkezik, megelőz bizonyos neurodegeneratív betegségeket, mint a Parkinson-kór és az Alzheimer-kór, stroke esetén csökkenti az ischémia okozta agyi károsodást és véd az öregkori atrófia ellen is (GARDNER *et al.*, 2007).

Külön figyelemre méltó antidiabetikus és tumorelles hatása (MORRÉ *et al.*, 2003). Kimutatták, hogy a tea, illetve hatóanyagai csökkentik a vércukorszintet, növelik az inzulinérzékenységet, befolyásolják a zsírszövet differenciálódását és proliferációját, valamint gátolják az elhízást. Ezen effektusok következtében a zöld tea a cukorbetegség megelőzésében is hatékony. A legnagyobb érdeklődést mégis azok a megfigyelések váltották ki, melyek szerint a

teakatechinek mind a rosszindulatú daganatok kialakulását, mind azok növekedését és terjedését akadályozzák. Csökkentik az oxidatív DNS-károsodás mértékét, gátolják a sejtek malignus transzformációját és proliferációját, ugyanakkor serkentik a transzformált sejtek apoptózisát. Mindezen felül hátráltatják az angiogenezist és az áttétképződést is (KUBO, MORIMITSU, 1995).

A friss tealevél a kis mennyiségben jelenlévő alkaloidok, klorofill, vitaminok (B1, B2, pantoténsav) és ásványi anyagok (fluor) mellett bőségesen tartalmaz polifenolokat. A polifenolok a tea fermentálása során oxidálódnak és polimerizálódnak, így a fekete és Oolong tea kisebb mennyiségben tartalmazza őket, mint a fehér és zöld tea. A flavanok – más polifenolokhoz hasonlóan – erős antioxidánsok és számos ponton avatkoznak be sejteink működésébe. A tea hatóanyagainak tumorelles és metabolikus hatásai részben az endoplazmás retikulum (ER) különböző funkcióin keresztül érvényesülnek. Az endogén és exogén anyagok, köztük a kémiai karcinogének jelentős része inaktiválódik a szervezetben glukuronsavas konjugáció segítségével. Ezt a májban, vesében, tüdőben az ER lumenében működő UDP-glukuronozil-transzferázok katalizálják. A keletkező glukuronid rendszerint nem mérgező, vízdékony, ami alkalmassá teszi kiürítésre az epén vagy a vizeleten keresztül. A legtöbb sejt képes azonban a glukuronidok hidrolízisével a karcinogén vegyületet az eredeti formájába visszaállítani. Ezt a  $\beta$ -glukuronidáz enzim katalizálja, amely szintén az ER lumenében helyezkedik el. Az enzim működéséhez szükség van a szubsztrátglukuronidok transzportjára az ER membránján keresztül. Vizsgálatok azt igazolják, hogy a tea flavanokjai, különösen az epigallokatechingallát (EGCG) gátolja a glukuronid-transzportot, ezáltal közvetve jelentősen fékezi a deglukuronidáció folyamatát, ezzel kifejtve tumorelles hatását (RÉVÉSZ et al., 2007).

A tea fogyasztásának elhízást gátló, vércukorszintet csökkentő és cukorbetegséget megelőző hatásait epidemiológiai vizsgálatok mellett állatkísérletes modelleken is kimutatták. Az EGCG kezelés a vércukorszint csökkenését, a glükóztolerancia növekedését és a májban a glikogénraktározás fokozódását váltja ki. Különösen fontos a máj glükóztermelésének csökkenése, vagyis az EGCG inzulinserű hatása. A szer serkenti az inzulinreceptor és az inzulinreceptor-szubsztrát tirozinfoszforilációját, így csökkenti a glukoneogenezis két irreverzibilis lépését katalizáló enzim, a foszfoenol-piruvát-karboxikináz és a glükóz-6-foszfát expresszióját. Az utóbbi által katalizált reakció (glükóz-6-foszfát hidrolízise glükózzá és foszfáttá) a glukoneogenezisből és a glikogénolízisből származó glükóz előállításában egyaránt részt vesz (WALTNER-LAW et al., 2002).

A tea aromaanyagainak antibakteriális hatását először 1992-ben írták le KUBO és munkatársai (1992). A tíz legnagyobb mennyiségben jelenlévő komponens aktivitását vizsgálták. A legtöbb komponens gátolta a *Streptococcus mutans* növekedését. Közülük a nerolidol volt a leghatékonyabb, a linalool a legkevésbé hatásos. Az indol szignifikánsan fokozta a  $\delta$ -kadinén és a

$\beta$ -kariofillén *Streptococcus mutans* elleni hatását. Ez a két szeszkviterpén határozottan gátolta a *Propionibacterium acnes* aktivitását is. Szinergikus hatást tapasztaltak a linalool, a geraniol és a nerolidol indollal történő kombinációjakor is. A legfontosabb pedig, hogy az indol gátolta az összes vizsgált Gram-negatív baktérium - *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli* - növekedését.

*In vitro* vizsgálatok folytak zöld tea aromaanyagainak citotoxikus hatására vonatkozóan. A nerolidol,  $\beta$ -ionon,  $\delta$ -kadinén, és  $\beta$ -kariofillén mutattak citotoxikus hatást a BT-20 emlőrák és HeLa méhnyak karcinoma sejtek ellen (KUBO, MORIMITSU, 1995). A tujon,  $\beta$ -kariofillén és farnezol baktericid hatása igazolt az *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* és *Staphylococcus aureus* tenyészetekben (YOUNG *et al.*,1994).

### **3. CÉLKITŰZÉSEK**

Doktori dolgozatom célja fajtaazonos teák összehasonlítása volt aromakomponenseik alapján. A műszeres vizsgálatok segítségével egzakt, objektív módon kívántam értékelni a teák minőségét. A megvalósítás során a legfontosabb feladat a minták aromaanyagainak kinyerése, az illat komponensek gázkromatográfiás elválasztása és azok tömegspektrometriás azonosítása volt.

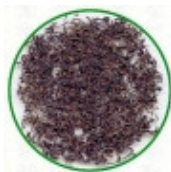
A kromatográfiás eredményeket elektronikus orr és nyelv műszerekkel végzett vizsgálatokkal, valamint érzékszervi profilanalízis eredményeivel hasonlítottam össze annak eldöntésére, hogy a műszeres vagy az érzékszervi vizsgálatok célravezetőbbek-e a teák jellegének/minőségének megítélésében. A vizsgálati eredmények mind a kiváló minőség bizonyításában, mind pedig az esetleges hamisítások gyors kiszűrésében segítséget nyújthatnak.

## 4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

### 4.1. A vizsgált teaminták

A teamintákat a Sara Lee Hungary bocsátotta rendelkezésemre. Magyarországon a teáknak csak csomagolása és forgalmazása történik, a feldolgozást a termesztő helyeken végzik. A vizsgálatokat tehát kész, filterezésre gyártott teafűvel végeztem.

#### 4.1.1. Kínai Keemun fekete tea



A kis levelű teanövény, a *Camellia sinensis* var. *sinensis* convar. *forma-bohea* növényből gyártott tea az egyik leghíresebb kínai fekete tea. Az Anhuj tartományban termesztett teát „congou” teának nevezik, ami „fáradtságos, kitartó” jelentéssel bír, jelezve, hogy speciális szakértelem kell a vékony, szorosan sodrott csíkok előállításához. A szorosra tekert fekete levelek gazdag barna főzetet adnak, amelynek illatos aromája és kifinomult íze van.

#### 4.1.2. Ceyloni fekete tea



Filteres tea készítéséhez ceyloni teakeveréket vásárolnak a forgalmazók. A jó teakeverék rézszínű, aromagazdag, élénk ízű főzetet ad. A növény a *var.assamica* típushoz tartozik. A vizsgált fekete tea keverék 450-540 m tengerszint feletti magasságú termőhelyről származik. Az itt termesztett teák általában jó minőségűek, színük és erősségük is jó, de hiányzik belőlük az a jellegzetes íz és élénk frissesség, kellemes aroma, ami a magasabban fekvő területekről származó teák sajátja, így többnyire keverékek alkotórészeként hasznosítják őket. CTC feldolgozású teakeverék.

#### 4.1.3. Indiai Assam fekete tea



Az Assam teát a *Camellia sinensis* var. *assamica* növényből készítik. Klasszikus, erős fekete tea, nevét a termesztés helyéről kapta. Az indiai Assamból származik, a Brahmapurtha folyó völgyéből. Ezen a trópusi klímán alakul ki a tea jellegzetes malátás íze. Színe sötét, íze telt, virágos utóízzel.

#### 4.1.4. Indiai Darjeeling fekete tea



A tea India nyugati területéről, Nyugat-Bengáliából származik, Darjeeling-ből. Az itt termesztett teák többségéből fekete teát készítenek, de egyre gyakoribb az Oolong és a zöld tea is. A növény a *Camellia sinensis* var. *sinensis*, amely a kislevelű fajtája a teáknak.



#### 4.1.5. Kínai fehér tea



Fujian tartományban termesztett *Camellia sinensis* var. *sinensis* convar. *khenghe bai hao* és convar. *fudin bai hao* fajtákból készül a fehér tea. A fehér tea a legkevésbé feldolgozott teaféle, innen származik a szűztea elnevezése. Előállítására csak az év meghatározott napjain lehetséges, amikor a fiatal hajtások éppen kibontakozás előtt állnak. Ilyenkor a zsenge, fiatal leveleket ezüstös, fehér pihe borítja be, ezzel védve a tearügyeket a hajnali hidegtől, az erős hőingadozástól. A hegyekben található ültetvényeken a hajnali órákban gyakran fordul elő 5 °C alatti hőmérséklet, néhol az enyhe fagy se ritka. A szűztea vagy fehér tea leveleket bizonyos teafajtákról szüretelik: Da Bai –Nagy Fehér, Xiao Bai –Kis Fehér és Narcissus Chaicha egyedeokről. A fehér tea Európában legelterjedtebb fajtája a Pai Mu Tan (Fehér Bazsarózsa), a legjobb minőséget pedig a Yin Zhen (Ezüst Tű, Silvery Pekoe) jelenti.

#### 4.1.6. Kínai zöld tea



A kínai zöld teák gyártásához a var. *sinensis* fajtát használják, ennek polifenoltartalma alacsonyabb, így a belőle készült tea ízletesebb, nem annyira fanyar, összehúzó hatású, mint a var. *assamica*. Ez a fajta a hűvösebb, mérsékelt éghajlatot kedveli, a hidegnek jól ellenáll, lassú növekedésű, kis levelű, ami az aromanyagok kialakulása szempontjából pozitív hatású.

#### 4.1.7. Kínai Oolong tea



A vizsgált kínai Oolong tea Shui Xian (Vízitündér) fajtájú tea volt. Ez a tea Fujian tartományból származik, nagy levelű, magas termetű teafa levele. A levelek fényesek, sötétzöldek, a rügyek pedig húsosak, sárgás-zöldek és levélszőrök borítják őket. Fekete és fehér teát is készítenek belőlük.

### 4.2. Vizsgálati módszerek

#### 4.2.1. Gázkromatográfiai mérések

##### 4.2.1.1. Alkalmazott vegyszerek

Munkám során a mintaelőkészítés és a mérés során kellően tiszta eszközökkel dolgoztam, mivel a legkisebb szennyeződések is meghamisíthatják a mérési eredményt. A desztilláló és extraháló eszközöket két minta között tiszta oldószerral forraltam ill. extraháltam, a mérés körülményei között.

A mérések során alkalmazott vegyszerek:

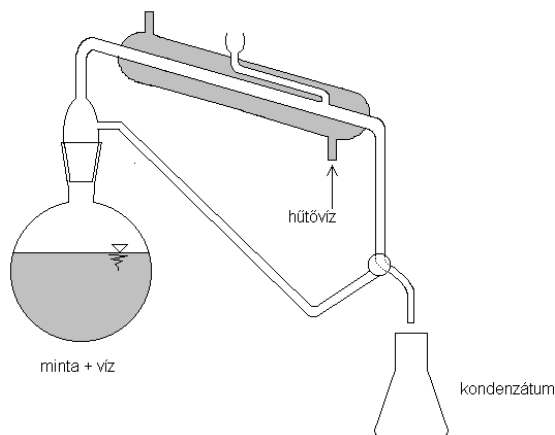
- n-pentán a.lt., Merck, melyet desztillációval speciálisan megtisztítottam
- 1-undekanol belső standard a.lt., Merck
- szénhidrogén standard oldat a.lt., Merck
- desztillált víz
- NaCl a. lt.

#### 4.2.1.2. A mintaelőkészítés műveletei

##### 4.2.1.2.1. Vízgőzdesztilláció

A vízgőzdesztillációhoz a gyógynövények laboratóriumi vizsgálatában elterjedt üveg berendezést használtam (7. ábra). Ebben a berendezésben a kétfázisú kondenzátum alsó (vizes) fázisa visszafolyik a desztilláló lombikba, a felső fázis pedig, amely oldva tartalmazza a kevésbé poláros vegyületeket, a sűrűségkülönbség alapján elválasztható.

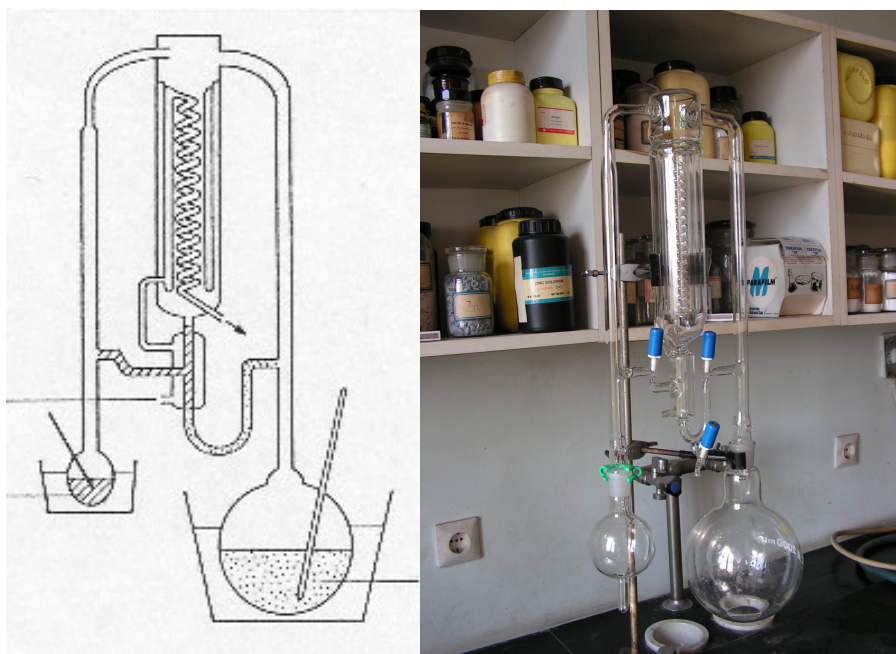
A tea illóanyagainak extrakciójához háromszor 20 g teafüvet 100 g konyhasó hozzáadásával 500-500 cm<sup>3</sup> desztillált vízben 1,5 óráig forraltam. A felszabaduló illatkomponenseket ugyanabban 4 cm<sup>3</sup> nagy tisztaságú hexánban fogtam fel. Belső standardként 150 µl 1-undekanol-t adtam az extrahálendő mintákhoz. A hexán oldatot 1,0 cm<sup>3</sup>-re pároltam be, ebből 1-1 µl került injektálásra. Vagyis hatvan gramm minta illó anyagainak kivonata került át 1,0 cm<sup>3</sup> oldatba.



7. ábra: A vízgőzdesztillációs berendezés összeállítása

##### 4.2.1.2.2. Szimultán desztilláció-extrakció

A 8. ábra a Likens-Nickerson féle szimultán desztillációs-extrakciós készülék vázlatát és magát a berendezést mutatja. Az előkísérletek eredménye szerint ez a mintaelőkészítés volt a leghatékonyabb az illékony komponensek kivonására, ezért végül ezzel a módszerrel dolgoztam.



**8. ábra:** A Likens-Nickerson féle szimultán desztillációs-extrakciós készülék

A berendezés jobboldali lombikja tartalmazza az extrahálendő mintát vizes oldatban, a baloldali lombik pedig az extraháló szerves oldószert. A desztilláció alatt a mintában levő aromakomponensek a forralás során a vízgőzzel együtt távoznak, a berendezés felső részén találkoznak a pentán gőzével és egy hűtőn kondenzálva megtörténik az anyagátadás folyadék-folyadék extrakció formájában. A berendezés alsó részén egymásra rétegződik a vizes és a szerves fázis. Az aromakomponensek ekkor már a pentános fázisban vannak (LIKENS, NICKERSON, 1964).

Az extraktum készítéséhez háromszor 20 g teafüvet 180 g konyhasó hozzáadásával 900-900 ml desztillált vízben 150  $\mu$ l (1,2 mg ) 1-undekanol belső standard hozzáadása után 1,5 óráig forraltam úgy, hogy a berendezés másik oldalán 200 cm<sup>3</sup> nagy tisztaságú pentán forrt. A pentános kivonatból a vizet (egy éjszakán át tartó hűtéssel) kifagyasztottam, majd az oldószert 1,0 cm<sup>3</sup>-re bepároltam hideg légáramban. Az extraktumból 1-1  $\mu$ l-t gázkromatografáltam három párhuzamos mérés elvégzésével. (60 g minta kivonata került 1,0 cm<sup>3</sup> oldatba).

#### 4.2.1.2.3. Szilárd fázisú mikroextrakció (SPME)

A szilárd fázisú mikroextrakció folyadék és gőztér analízisre is alkalmas mintaelőkészítési eljárás. Egy fecskendőszerű hordozóban ki-be húzható tű található, ennek végén helyezkedik el az szorbens szál. A szál a minta feletti légtérbe vagy a folyadék állapotú mintába mártva az aktív felület szelektíven megköti az aromaanyagokat. Az egyensúly gyorsan beáll: gőztér analízisnél 10 perc, oldatban intenzív keverés mellett kb. 0,5 óra alatt. Az adszorpciós egyensúly beállása után a

szálat az injektorba helyezzük. Az extrahált komponensek hő hatására deszorbeálódnak, majd az oszlopra jutnak.

A rendelkezésemre álló adszorbens szálak a következők voltak: PDMS-DVB 65 bipoláros szál, PA 85 poláros szál, PDMS 100 apoláros és Carboxen-PDMS 75 bipoláros szálak. A mintaelőkészítés a következő módon történt: a mintatartó edénybe 50 g száraz teafüvet tettem, majd a mintatartót 60 °C-os vízfürdőbe állítottam az aromakomponensnek jobb felszabadítása érdekében. A szálat 10 perces szorbeálási idő letelte után rögtön a gázkromatográf injektorába helyeztem. A SPME mérések speciális előlyukasztott szeptumot és kis belső átmérőjű split-splitless kvarc béléstestet igényelnek. Az injektálás után 1 perces splitless időt alkalmaztam.

#### 4.2.1.3. GC-MS mérési körülmények

Az Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszéken végzett hasonló jellegű, illékony aromakomponensek vizsgálatára irányuló mérések során a már kísérletileg meghatározott optimális GC-MS paramétereket alkalmaztam.

GC-MS berendezés:	Hewlett Packard 5890 series II.- GC - 5971/A MSD
Kapilláris oszlop:	60 m x 0,25 mm AT-WAX
Filmvastagság:	0,25 µm
T <sub>0</sub> kezdő hőmérséklet:	T <sub>0</sub> =60 °C
Hőmérséklet program:	v <sub>f</sub> = 4,0 °C/ min, T <sub>1</sub> =280 °C
T <sub>2</sub> véghőmérséklet:	T <sub>2</sub> = 280 °C
Detektor hőmérséklet (transfer line):	T <sub>det</sub> = 280 °C
Vivőgáz:	He (160 kPa, lineáris sebessége: 30,0 cm/s)
Injektor:	T <sub>inj</sub> = 270 °C, 160 kPa
Injektor üzemmód:	split/splitless, delay: 0,35 perc
Tömegtartomány:	m/z = 25-350 D
Seprési sebesség:	390 Da/s

#### 4.2.2. Érzékszervi bírálat

A profilanalízis ([ISO 11035:1994](#)) módszer az érzékszervi vizsgálatok egyik legösszetettebb formája. Fő előnye, hogy biztosítja a termékek összehasonlíthatóságát azáltal, hogy az élelmiszerek tulajdonságait részletesen, közel teljes körűen leírja. Az alapvető eltérés a különbségvizsgálati és rangsorolós vizsgálatokhoz képest abban nyilvánul meg, hogy míg ezeknél csak egy érzékszervi jellemző szempontjából vizsgálják a mintákat, addig a leíró módszerek esetében egynél több tulajdonságot értékelnek (KÓKAI *et al.*, 2003; KÓKAI, ERDÉLYI, 2007). A szabvány 8-16 fő

között határozza meg a bírálók számát, ennek megfelelően vizsgálataimat 10 fő segítségével végeztem.

Az érzékszervi tesztek a Budapesti Corvinus Egyetem Érzékszervi Minősítő Laboratóriumában végeztem. A laboratórium a nemzetközi előírásoknak megfelelő, a bírálati körülmények állandóak (ISO 8589:2007). Az egyes bírálati fülkék egymástól elszeparáltak, a minta behelyezésére alkalmas ablakokkal vannak ellátva, folyóvíz bekötési ponttal, lokális hálózatba szervezett számítógépekkel.

A profilanalitikus módszerek közös eleme, hogy a bírálók a minták minősítéséhez leíró kifejezéseket alkalmaznak. A leíró kifejezés a minta által keltett érzet egyik elemére vonatkozik, amelynek intenzitását egy megfelelő skálán értékelik (például a tea citrusos illatának intenzitása). A minősítéshez a bírálócsoport tagjai a korábban általunk meghatározott leíró kifejezéseket alkalmazták.

Vizsgálataimat a ProfiSens célszoftver segítségével végeztem. A szoftver segítségével néhány párbeszédablak kitöltésével elkészíthető a bírálati lap valamint a minták kódolása. Ezután a szoftver lehetővé teszi a bírálati lapok lokális hálózaton keresztüli szétosztását és begyűjtését, majd a feldolgozó-értékelő (önállóan is működtethető) modul elvégzi a statisztikai elemzéseket és megjeleníti a bírálati eredményeket, amelynek eredményeképpen a bírálók azonnal megismerhetik az eredményeket. A bírálók a Budapesti Corvinus Egyetem hallgatói és oktatói voltak, akik képzésben részesültek a skálák és a szoftver használatával valamint a módszer alapelveivel kapcsolatban. A termékhez kötődően semmilyen speciális képzettséggel nem rendelkeztek, feltehetőleg átlagos érzékszervi érzékenységűek, s így modellezik az átlagos fogyasztót.

A teaminták a következő két csoportban kerültek értékelésre:

1. csoport: különböző fekete (kínai, ceyloni, indiai Assam és indiai Darjeeling) teák profilanalízise
2. csoport: különböző fermentáltsági fokú kínai teák profilanalízise

A minősítés a következő lépések szerint történt:

1. A bírálót vezetője általánosan ismertette az érzékszervi vizsgálat célját, a módszer lényegét, valamint a csoport által elvégzendő feladatokat.
2. A bírálók a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően 3 számjegyű, véletlenszerűen generált mintakódokkal ellátott mintasort kaptak.
3. Kijelölt referenciamintához csoportos munkával – a konszenzuscsoport módszerrel – pontszámot rendeltek az egyes tulajdonságok esetében. Ez a minta kínai fekete tea, amely mindkét vizsgálati csoportban jelen volt.
4. Minden bíráló a bírálati lapok és az előkészített minták segítségével, az előzőekben megállapított tulajdonságoknak megfelelően értékelte a mintákat. A ProfiSens rendre kiolvasta a kitöltött

elektronikus bírálati lapokból az egyes mintákra és tulajdonságokra vonatkozó bírálati eredményeket. A bírálati lapot a Mellékletben mutatom be (M3).

5. Az eredmények statisztikai értékelése 3 lépésben történik. A bírálati lapok eredményeként megkapjuk az egyes tulajdonságok átlagos értékét, szórását. Az átlagértékek segítségével elkészítjük az egyes teákhoz tartozó érzékszervi profildiagramokat. Ezt követi a tulajdonságonkénti (édes, savanyú, keserű, citrusos, friss virágos, széna, zöld, frissen vágott fű, kénés, füstös illat stb.) egytényezős varianciaanalízis. Ennek segítségével megállapítjuk, hogy az adott tulajdonság tekintetében van-e legalább két minta, amely egymástól szignifikánsan különbözik. Ahol szignifikáns differencia adódott, ott tovább folytattam vizsgálataimat, és páronkénti összehasonlítást is végeztem a legkisebb szignifikáns differencia módszerével annak megállapítására, hogy a további minták szignifikánsan eltérnek-e egymástól. A ProfiSens tulajdonságonként kiszámítja két különböző valószínűségi szinten ( $p = 5\%$  és  $p = 1\%$ ) a szignifikáns differenciákat, és előállítja az egyes mintákra vonatkozó szignifikancia félmátrixot. Ezután következnek a grafikus megjelenítés lépései, a grafikonokhoz tartozó táblázatok és oszlopdiagramok előállítása (SIPOS, 2009).

#### 4.2.3. Elektronikus orr vizsgálatok

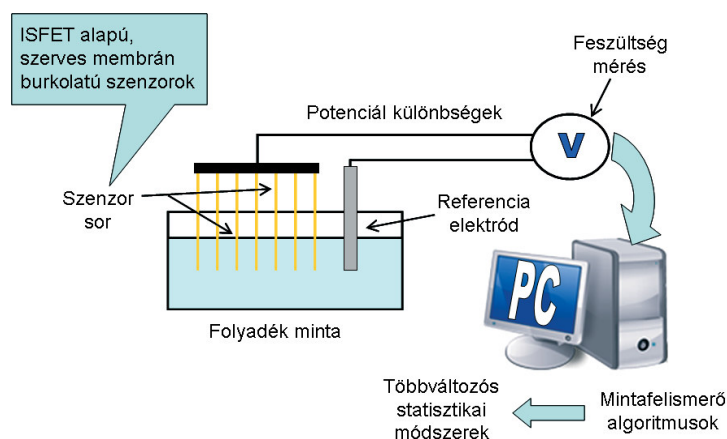
A vizsgálatokat az NST-3320 típusú elektronikus orr berendezéssel végeztem a BCE Hűtő- és Állattermék Technológia Tanszékén. Mind a teafüvek, mind a belőle készült italok mérését elvégeztem. A teaitalhoz a fűből 2g-ot mértem ki analitikai mérlegen, 100 ml csapvízzel forráztam le és áztattam 2 percig, majd leszűrtem. A minták 6 párhuzamosban kerültek lemérésre. A műszer 23 érzékelőt tartalmaz, az érzékelő sor 12 fénoxid félvezetőből (MOS) és 10 katalitikus fémérzékelőből (MOS-FET) valamint egy relatív páratartalommérő szenzorból áll. A mérésekhez tiszta referenciagázként szárítóoszlopon (szilikagél) és aktív szén oszlopon átáramoltatott környezeti levegő szolgál. A mérés a minták inkubálásával kezdődik, majd ezt követi az alapvonal felvétele. Az inkubációs idő 25°C-on 25 percig tartott. A mérés hőmérséklete 25°C és 55 °C volt. A gázáramlás sebessége 50 cm<sup>3</sup>/perc volt. Az alapvonal felvétele 10 másodpercig tartott, amit 30 másodperces mintagáz áramoltatása követett. A mintavétel során a referencia levegő és a mintatérben lévő levegő, amely az illatmolekulákat is tartalmazza, passzívan helyet cserélnek. Az illatanyagot tartalmazó levegő a mintavevő tűn keresztül a szenzorokra kerül, azokon keresztül áramlik, majd kijut a műszerből. A referencia levegő az injektáló tűn keresztül jut a mintatérbe. A mérés a tisztítási fázissal fejeződik be, amely során referencia levegő áramlik át mind a mintavevő, mind az injektáló tűn keresztül, továbbá a mintatartó üvegekbe is referencia levegő kerül. A szenzorok regenerálódása 260 másodpercig tartott 90 másodperces öblítéssel. Az eredményeket a

műszer érzékelőinek jelválaszai, mint alapadatok főkomponens-analízissel (NST Senstool Version 2.7.4.27.) és diszkriminancia-analízissel (SPSS 11.0) való feldolgozásával értékeltem. Ezek az adatfeldolgozási módszerek, mint jellegzetes alakfelismerési eljárások a szakirodalmi tapasztalatok alapján is alkalmasak az elektronikus orr eredményeinek feldolgozására, így ezek segítségével kívántam eredményeimből következtetéseket levonni.

#### 4.2.4. Elektronikus nyelv vizsgálatok

Az Alpha Astree (Alpha-MOS cég, Toulouse, Franciaország) elektronikus nyelvet az emberi nyelv működésének elvén oldott szerves és szervetlen komponensek analizésére, felismerésére, azonosítására tervezték. A rendszer hét keresztselektív szenzort, valamint egy Ag/AgCl (3 M KCl) referencia elektródot alkalmaz, ez végzi a teljes ízanalízist, hasonlóan az emberi nyelv íz receptoraihoz. A szenzorok kereszt-szelektivitása azt jelenti, hogy minden szenzor érzékeny minden alapízt adó kémiai komponensre, csak különböző szenzitivitással, ezért a szenzorsor globális folyadék- és ízérzékelést nyújt, képes meghatározni a kölcsönhatások különböző fajtáit. A szenzorok kereszt-szelektivitását a referencia Ag/AgCl elektróddal szemben értékelik az 5 alapízre.

A rendszerhez tartozik egy 16 egységből álló automatikus mintavevő. Az elektronikus nyelv szenzorsora, valamint a referencia elektród egyszerre merül a mintába, a közöttük fellépő potenciálkülönbséget mérjük, ez továbbítódik a számítógépbe. Az adatokat többváltozós statisztikai módszerekkel értékeljük ki (9. ábra).



9. ábra: Alpha Astree elektronikus nyelv (Forrás: KOVÁCS, FEKETE, 2008)

A vizsgálatokat az Astree II. típusú elektronikus nyelvvel végeztük. A mintaelőkészítés az elektronikus orr esetében is alkalmazott receptúra szerint történt: a teafüvből 2g-ot mértem ki analitikai mérlegen, 100 ml csapvízzel forráztam le és áztattam 2 percig, majd leszűrtem.

A mérés megkezdése előtt előkészítő kondicionálást kell végezni a szenzorok átnedvesítése, tisztítása érdekében, ehhez 0,01 N sósavoldatot használtunk. A kalibrálást kínai fekete teával végeztük, melynek célja, hogy a szenzorokat a mérendő mintához szoktassuk. A mérés szobahőmérsékleten történt, a mérési idő 120 sec volt mintánként és ismétlésenként. A minták elhelyezkedése a szekvenciában véletlenszerű volt. Minden minta mérése után egy tisztító fázis (15 sec) következett a szenzorok tisztítása illetve a szenzorjelek egyensúlyi helyzetből való kimosztása érdekében. A mintákon 9 párhuzamos mérést hajtottunk végre. A mérés időtartama alatt másodpercenként történt adatfelvétel. Az adatok kiértékeléséhez a mérési idő utolsó 10 másodpercének átlagait használtuk fel, mert ebben a tartományban kerültek egyensúlyba a szenzorok. Az adatok kiértékelésére főkomponens (PCA) és diszkriminancia analízist (DA) végeztem. Mindkét matematikai módszer képes a szenzorjelekből képzett 7 dimenziós térből két dimenziós, az emberi szem számára jól átlátható ábrát készíteni. A két fő komponens által meghatározott rendszerben az egymáshoz közel eső minták hasonló jellegűek, míg a távolabb esők eltérő karakterűek. A diszkriminancia analízis segítségével a csoportok közötti különbségek maximálására van lehetőség.



## 5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

### 5.1. A gázkromatográfiás vizsgálatok eredménye

#### 5.1.1. A kiértékelés módja

A számítógép spektrumkönyvtára körülbelül 275 ezer tömegspektrumot tartalmaz. Egy-egy vegyületről több spektrum is található a könyvtárban. A számítógép az azonosítást a felvett és a tárolt spektrumok összehasonlításával végzi. A molekulaszervezet felismerési eljárást (PBM, **Probability Based Matching**) McLafferty professzor és csoportja (Cornell University, Ithaca, USA) dolgozta ki. Az eljárás szerint, ha a felismerési valószínűség (Q %) eléri vagy meghaladja a 70 %-ot, akkor a komponenset kellő biztonsággal meghatározottnak tekinthetjük.

Az azonosítás során a könyvtári spektrumnál több információt tartalmazó spektrumot a programban rögzített szabályok szerint addig kell transzformálni, amíg az a tárolt spektrumba vetíthetővé válik. Minél nagyobb az ehhez szükséges transzformációs lépések száma, annál rosszabb a mért és a könyvtári spektrum egyezése. A 70 %-os mértékű egyezéshez szükséges lépések száma olyan alacsony, ami mellett az egyezést biztosnak tekinthetjük. A számítógép a csúcsok integrálását automatikusan elvégzi, azonban ebben az esetben számtalan hibalehetőség áll fenn, kezdve az alapvonal ingadozásoktól az egymáshoz nagyon közel lejjövő komponensek problémáig. Ezért kézi üzemmódban is át kellett nézni a kromatogramot és ahol szükséges volt, kézi integrálással módosítani a program által kapott eredményeket. Ezután a nem megfelelő biztonsággal megállapított vegyület-azonosításokat egyenként megvizsgáltam, és kézi üzemmódban próbáltam az egyezés valószínűségét 70 % fölé növelni.

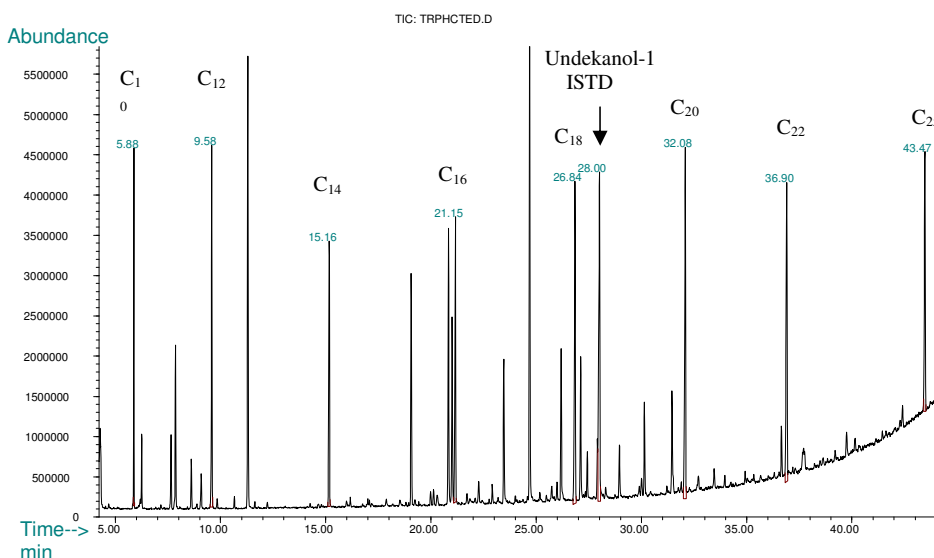
Következő lépésként a párhuzamos mérésekből származó csúcsokat „hangoltam össze”, és csak azokat tartottam meg, amelyek mindegyik kromatogramban szerepeltek. Ezzel kiküszöbölhetővé vált az alapvonal ingadozásból származó téves csúcsdetektálás.

Az eredmények kiértékelését a BCE Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén kidolgozott aromaspektrum módszerrel végeztem el az alábbiak szerint:

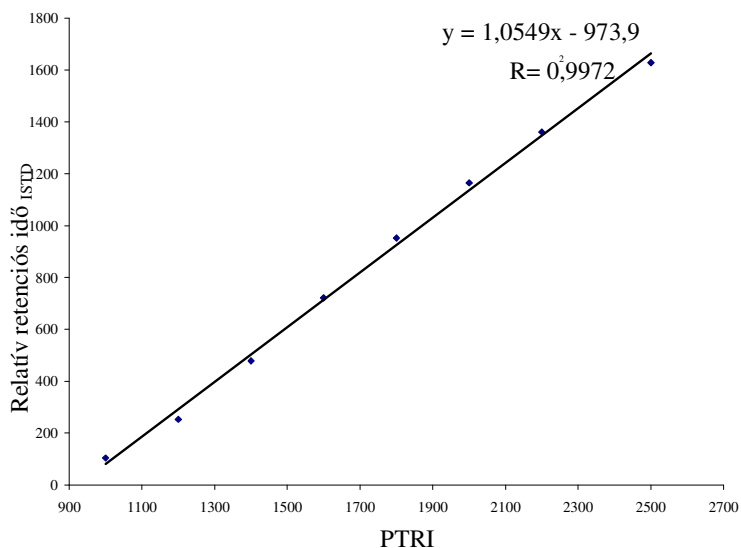
*A retenciók idő problémája (az x-tengely normálása):*

A kromatogramok vízszintes tengelyén a retenciók idő szerepel, ami az adott kísérleti körülmények között a komponensek anyagi minőségére jellemző. Ez a paraméter azonban nem általánosítható az adott alkotóra vonatkozóan, mert a mérési körülmények (oszlop-tulajdonságok, vivőgázsebesség, hőmérséklet, fűtési sebesség stb.) változása és ingadozása nagymértékben befolyásolja. A retenciók idő helyett ezért a PTRI-t (programozott hőmérsékleti retenciók indexet) határozzuk meg, amelyet az RRT-ből (relatív retenciók idő) számolunk. Az RRT egy arányszám – a mi esetünkben egyenlő a komponensek retenciók ideje osztva a 1-undekanol (belső standard)

retenciós idejével –, ami a kisebb retenciós idő ingadozásokat kompenzálja. A normál szénhidrogének retenciós indexe definíció szerint a szénatomszám százszorosa ( $n\text{-C}_{14} = 1400$ ,  $n\text{-C}_{16} = 1600$ ,  $n\text{-C}_{18} = 1800$  stb.), aminek függvényében a relatív retenciós idők egyenes mentén fekszenek. A mintával azonos körülmények között (az adott mérési nap első futtatása) kromatografált szénhidrogénekkel ezt a PTRI vs. RRT egyenest minden mérésre meghatároztam (**10-11. ábra**) és a regressziós egyenlet felhasználásával a tea aroma komponensek RRT értékeihez a PTRI koordinátákat hozzárendeltem. Így a kémiai neveket a computer által közvetlenül értelmezhető és kezelhető számszerű információkká alakítottam át, amelyek ráadásul függetlenek a mérési körülményektől adott polaritású oszlopon. A kémiai neveket és retenciós időket helyettesítő alkalmazásukkal a teák aromaanyagai a helykoordináták szerint is azonosíthatóvá válnak.



**10. ábra:** A normál szénhidrogének elúciója lineáris hőmérsékletprogramozás esetén



**11. ábra:** A programozott hőmérsékleti retenciós index (PTRI) vs. relatív retenciós idő egyenes illesztése

*A proporcionális zavaró hatások kiküszöbölése (az y-tengely normálása):*

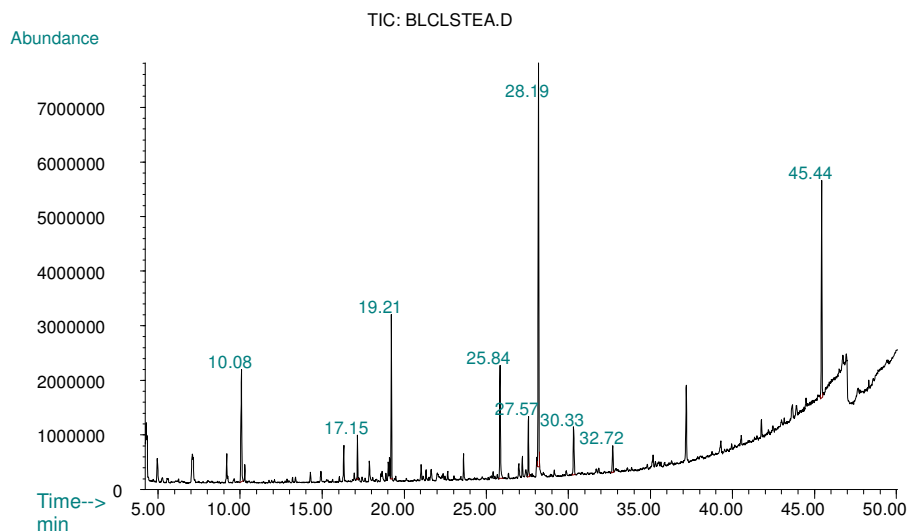
A kromatogram függőleges tengelyén a komponensek mennyiségével arányos detektor válasz jelenik meg, mely függ a kivonás hatékonyságától, a mintabevitel pontosságától és a kromatográfiás berendezés mérésről mérésre változó érzékenységétől. A zavarás kiküszöbölésére itt is egy arányszámot használunk, melyet relatív intenzitásnak nevezünk. Ezt úgy kapjuk, hogy a komponensek csúcsterületét osztjuk a vonatkozási anyag csúcsterületével (1-undekanol belső standard), majd szorozzuk százszal, így a belső standard %-ban kapjuk az eredményt. Ezeket a számításokat minden mintánál elvégezzük a párhuzamos mérésekre, majd a PTRI és RRT átlagokat vesszük, és ezek alapján rajzoljuk meg a teák aromaszpektrumát. Ha ezek egymásra illeszthetőek, akkor illatkomponenseikben a teák hasonlítanak egymásra.

### **5.1.2. A mintaelőkészítési módszerek összehasonlítása**

Az illó komponensek eredeti arányának meghatározása nehéz feladatot jelent, mivel az extrakciós módszer és a detektálás módja is befolyásolhatja az összetételt. Általánosan alkalmazható, minden komponens egyidejű meghatározására alkalmas mintaelőkészítési módszer nem létezik, mert az aromaanyagok oldhatósága és illékonyága különböző, mennyiségük is széles határok között változik. Vizsgálataim célja az volt, hogy minél pontosabb képet nyerjek a teák aromaanyagairól, a lehető legtöbb komponenst kinyerjem és azonosítsam annak érdekében, hogy a vizsgált fajták között hasonlóságokat és különbségeket találjak a fajtaazonosítás illetve teatípus beazonosítása céljából.

A mintaelőkészítés kritikus szerepet játszik a megfelelő analízis elvégzésében, mindegyik módszernek megvannak az előnyei és hátrányai. A tanszéken rendelkezésre álló módszerek közül ezért megvizsgáltam a vízgőzdesztilláció, a szimultán desztilláció-extrakció és a szilárd fázisú mikroextrakció hatékonyságát a tea illókomponenseinek kinyerésére.

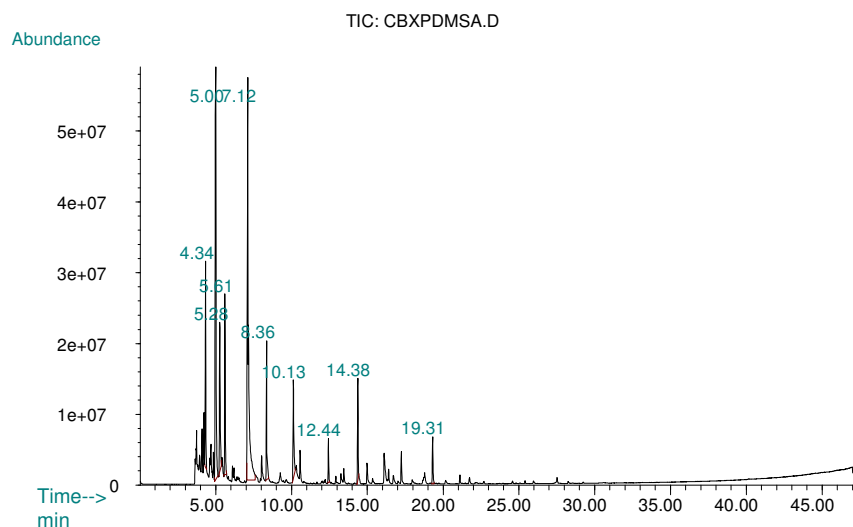
Mivel a teaital vizes extraktum, vizsgálataimat a vízgőzdesztillációs módszer kipróbálásával kezdtem. Az aromaanyagok vízgőzdesztillációjakor a magas hőmérséklet és a vizes közeg hatására egyes komponensek (pl. észterek, éterek) hidrolizálhatnak, és egyéb szerkezeti átalakulások is elképzelhetők, viszont kevésbé illékony komponensek is kinyerhetők. A desztillátum összetétele valószínűleg nem egyezik meg a növényben található vagy a „levegőben érezhető” illat összetevőkkel, ugyanakkor a gyakorlatban mégis a vízgőzdesztillációs technika a legelterjedtebben alkalmazott extrakciós módszer, minthogy nemcsak analitikai, hanem illóolaj előállításra is alkalmazható. A teák illóanyag tartalma nagyon csekély, önálló fázis létrehozásához nagyon nagy mennyiségű teafű desztillációjára volna szükség, ezért a kinyerhető alkotókat hexánban fogtam fel és ennek bepárlása után végeztem a kromatográfiás vizsgálatot. Egy így előkészített minta kromatogramja a **12. ábrán** látható.



**12. ábra:** A vízgőzdesztillátum kromatogramja

Az azonosított komponenseket a **6. táblázat** tartalmazza. A kromatogram csúcshegységét azt mutatja, hogy a módszer nem elég hatékony a komponensek kinyerésére. Néhány, a szakirodalom által megállapított főkomponens (az ábrán a kiintegrált csúcsok: transz-2-hexenal, linalool és linalool-oxid, metilszalicilát, geraniol, béta-ionon, farnezol, fitol, a legnagyobb csúcs a belső standard 28,19 percnél) nagy biztonsággal azonosítható, a minor komponensek azonban hiányoznak, amelyek éppen arra adhatnának lehetőséget, hogy az aromakép „finomszerkezetét” felrajzoljuk, esetleg marker komponenseket találjunk.

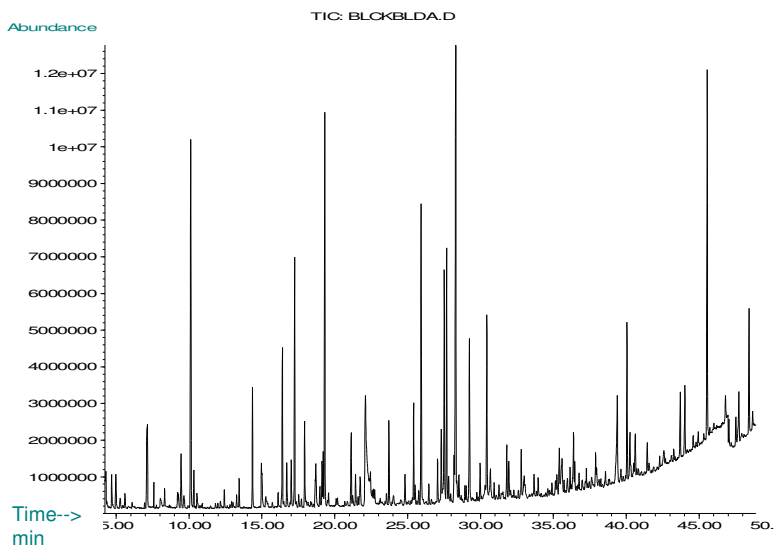
A növények illatát legjobban megközelítő illóolaj összetételt szilárfázisú mikroextrakcióval (SPME) határozhatjuk meg. A SPME gyors és egyszerű módszer lévén elterjedten használatos mintaelőkészítő módszer. Lehetőséget nyújt teaű head-space mintavételére. A kivonás vízmentes, és a hőmérséklet is alacsonyabb a vízgőzdesztillációhoz képest, ezért a komponensek nem bomlanak vagy alakulnak át, viszont az illékonyabb komponensek aránya megnő a kevésbé illékony komponensekéhez képest. Négy mintavevő szálát próbáltam ki (PA 85 poláros, PDMS 100 apoláros, PDMS-DVB bipoláros, Carboxen-PDMS bipoláros szál), melyek közül a 75 µm filmvastagságú Carboxen-PDMS bipoláros szál volt a legeredményesebb. Ennek kromatogramját mutatom be a **13. ábrán**.



**13. ábra:** A SPME mintavétel kromatogramja

A kiintegrált komponensek a zsírsavak bomlásából származó alacsony forráspontú aldehidek, alkoholok. A teák fő illatkomponensei, a terpének közül viszont alig néhány detektálható. Az azonosított 54 komponens közül mindössze 10 tartozik a terpének közé. A SPME kivonatokban az illékonyabb szénhidrogén arány volt a magasabb. Meg kell azonban jegyezni, hogy a módszer érzékenysége néhány komponensre nézve többszöröse a vízgőzdesztilláció és a szimultán desztilláció-extrakció érzékenységének. A csúcsalatti területeket figyelembe véve a hexenal (7,12 percnél) 68- illetve 27-szeres mennyiségben jelenik meg a vízgőzdesztillációs illetve SDE mintaelőkészítéshez képest a kromatogramon. (A komponensek mennyiségét a linalool csúcsalatti területére vonatkoztatva adtam meg.) Ugyanakkor a transz-2-hexenal (10,13 perc), amely a teák friss, zöld illatát létrehozó komponensek között a fő alkotó, csak 6,2- illetve 1,6-szeres mennyiségű a másik két mintaelőkészítéshez képest. Ezek az illékony komponensek a hosszú desztillációs folyamatok vagy a bepárlás alatt valószínűleg veszteséget szenvednek, míg a mikroextrakció során nem illannak el, hanem adszorbeálódnak a bipoláros szálon. A SPME mintavétel tehát az illékonyabb aromaösszetevők kimutatásának kedvez. Az alacsony forráspontú alkoholok, aldehidek nagyobb arányú jelenléte a minta légterében tükröződik a kromatogramon, míg a magasabb forráspontú alkotók háttárbe szorulnak. A SPME módszer diszkriminációja miatt úgy gondolom, nem tekinthető megfelelő mintaelőkészítési módszernek teák illókomponenseinek vizsgálatához. A módszer érzékenysége nem elegendő a nyomnyi mennyiségben jelenlévő komponensek megkötésére. Hasonló megállapításra jutottak ZHU és munkatársai (2008) teavizsgálataik során a mintaelőkészítési módszereket illetően.

A komponensek számát tekintetbe véve a Likens-Nickerson módosított szimultán desztillációs-extrakciós módszer tűnik optimálisnak. A **14. ábra** jól szemlélteti a módszer eredményességét.



**14. ábra:** A szimultán desztilláció-extrakció eredménye

A nagy számú komponens közül 101-et sikerült teljes biztonsággal azonosítani. Köztük terpének és származékaik, benzolgyűrűs és heterociklusos vegyületek, nyílt láncú alkoholok, aldehidek találhatók, tehát a tea valamennyi primer és szekunder aromaalkotója képviselteti magát. A módszer hátrányaként a 'műtermékek' keletkezését szokták felvetni, mert a desztilláció magas hőmérsékletén lehetőség van a mintában eredetileg jelen nem lévő komponensek kialakulására. A magas hőmérséklet és a vizes közeg hatására egyes komponensek hidrolizálhatnak, és egyéb szerkezeti átalakulások is végbemehetnek. Ez megtörténhet, azonban a mintaelőkészítés minden teafajta esetében azonos körülmények között történik, a forralás ideje rögzített, tehát a tapasztalható különbségek az egyes „új” komponensek esetében is a „rég” komponensek jelenlétéből adódnak. JOHNS 1998-ban Ceyloni fekete tea SDE mintaelőkészítésével kapcsolatban végzett vizsgálatokat. Az extrakciós idők 1, 2, 4 és 6 óra voltak. Különböző illékonyágú komponensek mennyiségét mérte belső standardra vonatkoztatva az extrakciós idő emelésével annak megállapítására, mi az az optimális idő, amin túl nem érdemes folytatni a mintaelőkészítést. Megállapítása szerint 2 óra elteltével a komponensek mennyisége maximális értéket ér el, ezután kismértékű csökkenés figyelhető meg egyrészt a hőbomlás vagy oxidáció hatására, másrészt a berendezés esetleges hibája miatt. A vizsgált komponensek közül a fenilacetaldehid mennyisége nő legszembetűnőbben, ami a fenilalanin hő hatására történő átalakulásából származik. A két órás extrakciós idő tűnik tehát megfelelőnek, ami biztosítja a komponensek megfelelő extrakcióját és minimális mennyiségben

teszi lehetővé műtermékek keletkezését. Így az általunk alkalmazott, forrástól számított másfél órás desztilláció optimális időnek tekinthető a komponensek kinyerése és megőrzése szempontjából is.

5. táblázat: Az extrakciós idő hatása a komponensek mennyiségére (relatív intenzitás%)

Komponens/Idő	1 óra	2 óra	4 óra	6 óra
transz-2-hexenal	137.2	136.1	149.6	147.6
benzaldehyd	8.5	10.5	9.8	8.3
fenilacetaldehyd	67.7	83.3	112.6	120.9
linalool	67.9	81.2	83.9	76.6
metil szalicilát	38.4	45.5	44.6	38.7
geraniol	25	29.9	32.8	29.6
transz- $\alpha$ -ionon	2.3	3.8	2.9	3.5
$\beta$ -ionon	7.9	8.5	9.8	9.3

(Forrás:JOHNS, 1998)

A három mintaelőkészítési módszerrel azonosított komponensek a **6. táblázatban** láthatók. A komponensek mennyiségét a linalool csúcsalatti területére vonatkoztatva adtam meg, mivel a SPME mintaelőkészítés során nem adtam belső standardot a mintához.

Az azonosított komponenseket vegyületsorontonként a **7. táblázat** mutatja be. Látható, hogy az illat szempontjából értékes komponenseket a szimultán desztilláció-extrakció módszerével nyerhetjük ki a mintából a leghatékonyabban. Az illékony komponensekre érzékeny szilárd fázisú mikroextrakció a vízgőzdesztillációnál érzékenyebb a nyíltláncú alkoholok, aldehidek, ketonok csoportjára, de az illatos terpéneket nem tudjuk megfelelő összetételben kinyerni segítségével. A desztillációs módszereket összehasonlítva a vízgőzdesztilláció után 54, a Likens-Nickerson mintaelőkészítést követően 101 komponenst sikerült azonosítani az extraktumból. A mintában talált 28 közös komponens többségében a Likens-Nickerson féle módszer szolgáltatta a nagyobb relatív intenzitás értékeket. A hosszú ideig tartó, magas hőmérsékletű vizes extrakció hidrolizáló hatása az alkalmazott másfél órás forralás alatt feltételezhetően nem hat kedvezőtlenül az észterekre sem, hiszen legnagyobb számban éppen a SDE előkészítés után sikerült azonosítani a mintában.

A mintaelőkészítési műveletek értékelése után az eredmények egyértelműen a Likens-Nickerson féle módosított szimultán desztillációs-extrakciós módszer mellett szóltak, így a továbbiakban a teák vizsgálatát ezzel a módszerrel végeztem.

6. táblázat: A különböző mintaelőkészítési módszerrel azonosított komponensek relatív mennyisége

SPME			VD			SDE			SPME			VD			SDE				
$t_R$	komponens	Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%	$t_R$	komponens	Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%	$t_R$	komponens	Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%	$t_R$	komponens	Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%
3,75	pentán	78,84			18,88	alfa-terpinolén				18,88	alfa-terpinolén		10,59						
3,96	acetaldehid	70,86			18,78	propionsav	33,95			18,97	bornilén		17,68	8,66					
4,12	dimetil-szulfid	80,53			19,21	vitispirane				19,30	linalool	100,00	100,00	100,00					
4,24	propanal	87,98			19,30	linalool	100,00	100,00	100,00	19,49	teaspirán A			4,33					
4,35	metilciklohexán		78,27		19,57	1-oktanol				20,09	5-metil-2-furankarboxaldehid			6,91					
4,63	izobutanal	316,98			20,16	dimetil-szulfoxid	15,51			20,19	3,5-oktadién-2-on			6,59					
4,63	2-metil-furán	28,69			20,86	6-metil-3,5-heptadién-2-on				21,11	3,5-dimetil-ciklohexanol	18,46		5,02					
4,66	etilacetát			8,97	21,12	hotrienol				21,22	1-etil-2-formil pirrol			7,46					
4,70	butanal	48,78			21,33	edulán (2H-1-benzopirán)				21,42	(R,E)-alfa-ionon			12,42					
4,87	2-butanon	44,92			21,59	szantén				21,73	béta-ciklocitrál	24,74	24,52	16,79					
5,01	2-metil-butanal	913,03			22,09	benzénacetaldehid (jácintin)	9,46			22,69	pentánsav metilészter	10,02		127,46					
5,28	2-etilfurán	279,16		4,47	22,73	(Z)-3-hexenil kaproát				23,07	alfa-terpineol			13,64	8,79				
6,52	pentanal	311,68		4,42	23,11	(E)-2-hexenil hexanoát				23,62	alfa-terpineol			30,75					
6,12	1-penten-3-on	35,82			23,70	p-mentén-8-ol				24,58	pentánsav	12,51							
6,22	alfa-pinén	19,26			24,58	cisz-linalool-oxid piranoid				25,41	cisz-linalool-oxid piranoid			13,02					
6,36	toluol	9,87			25,21	naftalén				25,32	1,2-dihidro-1,1,6-trimetil-naftalén			3,89					
6,43	2-butenal	13,26			25,40	transz-linalool oxid piranoid	9,88			25,50	3-dodecén-1-al			8,43					
6,55	heptán	10,97			25,62	béta-kadinén				25,75	2E,4Z-dekadial			8,48					
7,14	hexanal	1289,78	60,07	39,42	25,92	metil-szalicilát	14,66			26,45	nerol			8,84					
8,04	2-pentanal	56,4			26,63	1-feniletanol				26,98	(E,E)-2,4-hexadienal			30,12					
8,36	1-penten-3-ol	128,93		7,30															
8,64	1,5,5-trimetil-1-metilen-ciklohexén			0,76															
8,74	mircén			0,96															
9,12	1-etil-pirrol	5,53																	
9,18	3-pentanol		16,21																
9,24	n-heptanal	44,33	8,01	5,79															
9,45	izoamilalkohol			18,90															
9,66	limonén	18,98		8,64															
9,64	transz-hexenal	290,88	114,44	116,95															
10,11	2-amilfurán	72,44	13,18	11,44															
10,32	cisz-ocimén			1,55															
10,43	1-pentanol	75,73		6,60															
10,54	gamma-terpinén			2,27															
10,73	delta-3-karén			2,27															
10,83	3,7-dimetil-1,3,7-oktatrién (ocimén)			2,48															
10,90	1-metil-2-(1-metiletil)-benzén			1,47															
11,48	alfa-terpinolén			1,62															



6. táblázat: A különböző mintaelőkészítési módszerrel azonosított komponensek relatív mennyisége (folyt.)

$t_R$	komponens	SPME	VD	SDE	$t_R$	komponens	SPME	VD	SDE
		Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%			Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%
11,80	oktanal	5,12		1,56	27,05	(E,E)-dekadienal			15,14
11,97	cisz-2-(2-pentenil)furan			2,04	27,29	damascenon		26,76	25,31
12,15	(E)-2-penten-1-ol	10,84			27,50	hexánsav	25,89		76,17
12,44	(Z)-2-penten-1-ol	79,87		6,19	27,66	geraniol		58,66	71,04
12,93	2,6,6-trimetil-ciklohexanon	17,17		2,11	27,82	dodekánsav 1-metil-etilészter			13,52
13,01	heptenal			2,30	28,17	benzilalkohol	11,01		15,44
13,25	6-metil-5-heptén-2-on	29,76	7,93	4,94	28,51	butánsav butilészter			10,89
13,43	1-hexanol	39,2	8,49	9,22	29,23	feniletilalkohol	6,19		57,60
14,34	cisz-3-hexenol	224,22	12,55	31,29	30,30	heptánsav			8,08
14,96	2-hexen-1-ol	66,6		12,59	30,42	(R,E)-alfa-ionon		60,33	65,17
14,99	nonanal		16,59	7,81	30,67	cisz-jázmon			29,60
15,26	(Z,Z)-2,4-hexadienal			4,95	30,93	2-acetilpirrol			12,06
15,33	alfa-izoforon	18,56		1,87	31,26	delta-oktalakton			9,77
16,04	2-dodecenal		8,09		31,79	(E)-béta-ionon-5,6-epoxid			22,97
16,10	ecetsav	116,5			31,93	1-etil-3,5-diisopropil-benzol			19,87
16,10	2-oktanal			5,22	32,79	nerolidol		39,31	21,04
16,39	cisz-linalool-oxid furanoid	26,97	34,00	36,24	32,98	kaprilsav			16,02
16,70	furfural	33,6		16,31	33,04	izopropil mirisztát			8,34
16,92	3-hexenil-izobutirát			1,75	33,95	5-acetil-6-metil-benzimidazon			8,44
17,00	(Z,Z)-2,4-heptadienal		8,23	13,51	36,38	p-krezol			19,13
17,23	transz-linalool-oxid furanoid	60,74	31,86	56,67	37,19	hexadekánsav metilészter		79,50	
17,34	(Z)3-hexenil 2-metilbutanoát			3,24	38,56	metildihidrojázmon			8,76
17,70	beta-ionon			4,23	39,38	geránsav			90,84
17,92	(E,E)-2,4-heptadienal	17,13	23,90	26,16	40,05	dihidroaktinidiolid			66,99
18,04	2-acetilfuran			6,02	40,61	1-pentadekanol			18,07
18,15	n-dekanal			4,54	41,44	1H-indol			22,47
18,34	1-klór-4-metil-benzol			2,34	43,70	oktadekán			42,20
18,40	(E,E)-2-metil-6-oxo-2,4-heptadienal			3,74	45,55	fitol		216,97	126,47
18,65	(E,E)-3,5-oktadién-2-on	6,02	10,37	5,96					
18,69	benzaldehyd	13,8	15,79	17,23		<b>Komponensek száma:</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>101</b>

$t_R$ : retenciósi idő

Rel.int.%: relatív intenzitás %

SPME: szilárd fázisú mikroextrakció

VD: vízgőzdesztilláció

SDE: szimultán desztilláció extrakció

7. táblázat: A kinyert komponensek száma vegyületcsoportonként

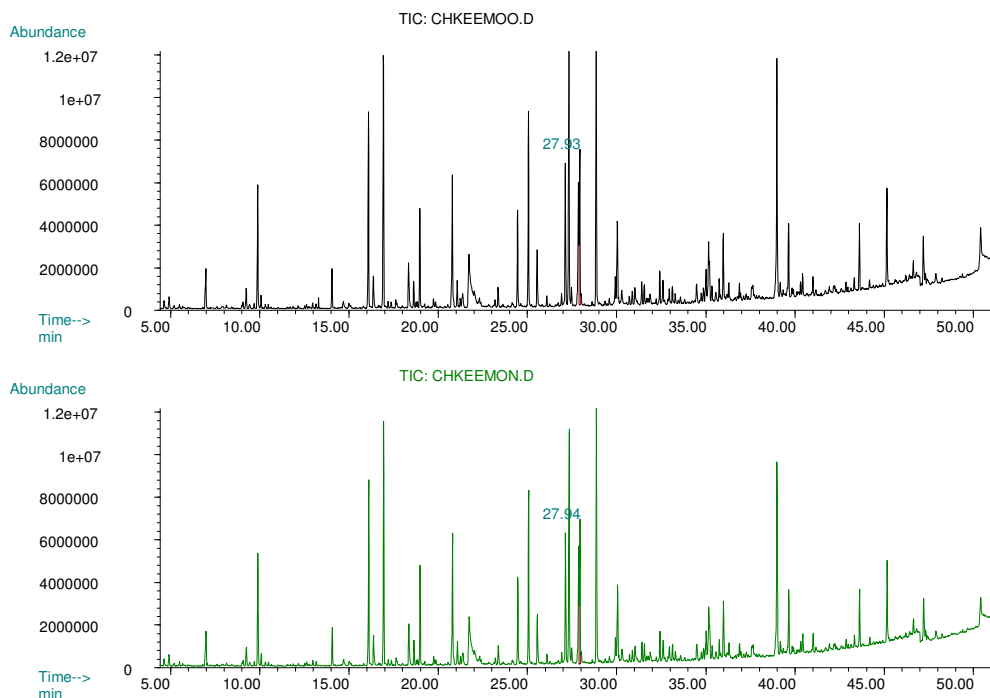
<i>mintaelőkészítési módszer</i>	<b>SPME</b>	<b>VGD</b>	<b>SDE</b>
<i>vegyület csoportok</i>	<i>komponensek száma</i>		
Terpének és származékaik	10	14	36
Benzolgyűrűs vegyületek	9	4	14
Heterociklusos vegyületek	4	1	6
Nyíltláncú alkoholok,aldehidek, ketonok, karbonsavak,észterek	31	17	45
alkoholok	6	3	9
aldehidek	14	7	17
észterek	2	4	10
ketonok	5	2	5
savak	4	1	4
<b>összes azonosított komponens</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>101</b>

### 5.1.3. A teák gázkromatográfiás vizsgálatának eredményei

#### 5.1.3.1. A kínai Keemun fekete tea aromaösszetétele

Az eredmények bemutatását a kínai Keemun fekete tea kromatogramjainak bemutatásával kezdem. Amint a **15. ábra** felvételein látható, a 60 méteres kapilláris oszlop nagyszerűen megoldja a kivonat komponenseinek szeparációját az alkotók mintabeli koncentrációtartományában. A legdominánsabb csúcsok esetében sem tapasztalható az állófázis túlterheltsége. A két párhuzamos kromatogram a mérés megismételhetőségét is jól szemlélteti.

A felvételek csúcsszegénysége látszólagos, az automatikus, a legintenzívebb vegyületek ábrán belüli megjelenítését is lehetővé tevő függőleges tengely léptékválasztásának következménye. A kiintegrált komponens az általunk a mérés előtt a teához adagolt 150µl undekanol-1 belső standardtól származik és azt hivatott szemléltetni, hogy a relatív intenzitás értékek vonatkoztatási alapjául – mert nem túl nagy és nem is túl kicsi –, kiválóan megfelel. A kromatogram közepes érzékenységgű integrálása mintegy 100 csúcsot talál a felvételen. A kromatográfiás elválasztást a felvételek nagyon aprólékos, részletező tömegspektrometriás elemzése követi. Az azonosítás eredményét a **8. táblázat** mutatja be.



15. ábra: A kínai Keemun tea gázkromatogramjai

8. táblázat: A kínai Keemun tea azonosított komponensei

$t_R$ (min)	PTRI	Kínai Keemun fekete tea		
		Komponensek	Q%	Rel.int.%
<b>Terpének és származékaik</b>				
8,43	1121	1,5,5-trimetil-1-metilén-ciklohexén	84	2,36
8,53	1125	béta-mircén	83	1,81
9,43	1160	dl-limonén	74	6,89
10,18	1188	cisz-ocimén	89	2,31
10,48	1200	dehidroxi-linalool oxid	97	4,17
10,64	1206	delta-3-karén	93	2,41
11,53	1240	alfa-terpinolén	93	2,42
12,63	1282	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	89	5,58
12,97	1296	6-metil-5-heptén-2-on	94	5,59
16,10	1416	(2 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid furanoid	91	119,50
16,94	1448	(2 <i>S</i> ,5 <i>S</i> )-transz-linalool-oxid furanoid	93	167,74
17,37	1465	béta-ionon	93	5,21
18,63	1513	bornilén	91	18,81
18,85	1521	vitispirán	95	11,06
18,91	1526	linalool	98	60,44
20,11	1570	alfa-cedrén	89	2,35
20,54	1587	6-metil-3,5-heptadien-2-on	89	4,05
20,80	1596	hotrienol	87	84,76
21,07	1607	alfa-ionon S,E	91	17,75
21,38	1619	béta-ciklocitral	83	14,57
23,36	1695	l-alfa-terpineol	92	21,44
24,45	1737	(3 <i>R</i> ,6 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid piranoid	92	62,28
25,05	1760	(3 <i>S</i> ,6 <i>S</i> )-cisz-linalool-oxid piranoid	92	114,89
25,25	1767	béta-kadinén	93	5,09
26,09	1800	nerol	96	11,50
26,92	1831	béta-damaszcenon	89	10,94
27,34	1848	geraniol	93	177,47
30,05	1952	alfa-ionon R,E	93	71,55
30,12	1954	cisz-jázmon	87	6,69
31,41	2004	transz-béta-ionon-5,6-epoxid	91	27,39

8. táblázat: A kínai Keemun tea azonosított komponensei (folvt.)

$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel.int.%
34,49	2122	alfa-cedrol	96	31,79
39,24	2305	metiljázmonát	86	12,31
39,65	2320	dihidroaktinidiolid	97	60,12
45,21	2532	fitol	87	82,02
		<b>Benzolgyűrűs vegyületek</b>		
13,01	1297	1,2,3-trimetil-benzol	93	0,52
17,98	1488	1-klór-4-metil -benzol	89	2,83
18,35	1502	benzaldehyd	96	42,44
21,73	1632	benzolacetaldehyd (jácintin)	91	153,38
24,63	1744	naftalin	86	5,87
24,83	1751	1,2-dihidro-1,1,6 -trimetil-naftalin	86	3,49
25,55	1779	metil szalicilát	96	46,69
27,47	1853	guaiakol	94	14,99
27,86	1868	benzolmetanol	90	93,95
28,86	1906	2-feniletanol	92	183,52
29,59	1934	2-fenil-2-butenal	96	11,38
31,55	2010	1-etil-3,5-diisopropil-benzol	82	21,75
32,95	2063	p-krezol	95	14,95
35,75	2171	4-vinil-2-metoxi-fenol	87	22,06
39,17	2300	izoeugenol	87	23,95
		<b>Heterociklusos vegyületek</b>		
5,19	997	2-etil-furán	81	4,74
10,08	1184	2-pentil-furán	86	9,42
12,78	1289	etil-pirazin	91	1,93
14,38	1350	2-etil-6-metil-pirazin	92	1,12
14,57	1356	2-etil-5-metil-pirazin	89	1,56
16,37	1426	furfural	92	27,82
17,69	1477	2-acetilfurán	87	5,22
19,74	1556	5-metil-2-furánkarboxaldehyd	96	9,73
20,84	1598	1-etil-2-formil pirrol	96	6,36
30,30	1961	2-acetilpirrol	94	24,81
30,71	1977	delta-oktalahton	96	14,41
32,24	2036	dihidro-5-pentil-2(3H)-furanon	95	7,39
37,57	2240	4-metiltiazol	81	19,16
41,01	2373	1H-indol	96	37,78
		<b>Nyíltláncú alkoholok,aldehidek, ketonok, karbonsavak és észterek</b>		
4,62	975	ecetsav etilészter	89	7,38
4,90	986	3-metil-butanal	88	12,62
6,98	1066	hexanal	91	34,21
8,13	1110	1-pentén-3-ol	79	3,22
9,06	1145	n-heptanal	92	5,61
9,24	1152	iso-amilalkohol	91	17,87
9,89	1177	(E)-2-hexenal	98	80,42
10,31	1193	1-pentanol	81	5,48
11,71	1247	oktanal	89	1,78
12,15	1264	(Z)-2-penten-1-ol	90	3,71
13,16	1303	n-hexanol	81	4,99
14,05	1337	(Z)-3-hexenol	93	24,92
14,70	1362	nonanal	76	10,61
15,00	1374	2,4-hexadienal 2	89	7,61
15,81	1407	2-oktenal	92	2,95
17,63	1475	(E,E)-2,4-heptadienal	95	7,09
19,29	1538	1-oktanal	94	3,42
19,86	1560	(E,E)3,5-oktadién-2-on	89	6,63
26,72	1824	2,4-dekadienal	95	5,84
27,13	1839	hexánsav	95	95,71
29,92	1947	hetánsav	96	24,62
32,60	2050	oktánsav	91	28,13
34,87	2137	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	92	20,36
35,16	2148	nonánsav	96	57,39
36,89	2214	hexadekánsav metilészter	76	18,95
38,987	2295	geránsav	98	199,48

A táblázat a kellő biztonsággal azonosított 90 komponenst tartalmazza kémiai osztályokba sorolva, az osztályokon belül az elúció (a növekvő PTRI) sorrendjében.

A bemutatást a növényteni azonosítás szempontjából legjellemzőbb terpén és terpénszármazék csoporttal kezdtem, ami illat és illékonyági szempontból is a legfontosabbnak tekinthető. A nyíltláncú karbonsavak és szénhidrogének osztálya illatként csaknem jelentéktelen, mert a szereplők tenziója szagérzet keltéshez nem elég nagy.

A terpének és szeszkviterpének közül néhány komponensnek több sztereoizomerje is jelen van a mintákban, melyek más-más illatú anyagok. A linalooloxidnak négy izomerjét tudja elválasztani az oszlop. E molekulák azonos összegképletű vegyületek, amelyek ugyanazon molekulaionnal jelentkezhetnek a spektrumban, tehát nem különböztethetők meg egymástól. Ezért is nagyon fontos, hogy a komponensek azonosítása nem csak a tömegspektrometriás felismerés alapján történik, az azonosítás biztonságát a normált retenciós adatok (PTRI) nagy mértékben megnövelik.

A Keemun tea az egyik leghíresebb fekete tea Kínában. Virágaromával rendelkezik, amelyet magas geraniol (177,47 rel.int.%) tartalma kölcsönöz. Benzolmetanol (93,95 rel.int.%), 2-feniletanol (183,52 rel.int.%) és geránsav (199,48 rel.int.%) tartalma rózsailatot hoz létre. Ezek együttesen a kis levelű teanövény, a *Camellia sinensis* var. *sinensis* convar. *forma-bohea* jellemző komponensei. Elsősorban fekete tea gyártására termesztik (TAKEO, 1983c).

Az alkoholos komponensek glikozidos prekursoraik formájában vannak jelen a friss tealevélben és enzimikus hidrolízissel keletkeznek a fekete tea előállításánál. A benzolmetanol és a (Z)-3-hexenol  $\beta$ -D-glikopiranozidból szabadul fel. A  $\beta$ -primeverozid a furanóz-linalooloxidok, 2-feniletanol, linalool és geraniol glikozidja. Az  $\alpha$ -vicianozidból szintén geraniol keletkezik, a  $\beta$ -apiozidból pedig cisz- és transz-epoxilinalool. A hidrolízis  $\beta$ -glikozidáz enzim hatására megy végbe, melynek aktivitása a fonnyasztás alatt nő, majd a fermentáció alatt csökken. Minél magasabb hőmérsékleten történik a fermentáció, annál gyorsabb az enzim aktivitásának csökkenése (XIA et al., 1996). Célszerű tehát a fonnyasztást és fermentálást alacsony hőmérsékleten végezni, mert ez kedvez az aromaalkotók kialakulásának.

A jononok és jonon izomerek ciklikus terpén komponensek ibolya és rózsa virágillattal, friss ízzel. Ezek az alkotók a karotinoidok származékai, egyben a legfőbb illathordozók a fekete teában. Közülük a dihidroaktinidiolidot,  $\alpha$ - és  $\beta$ -ionont,  $\beta$ -ionon-epoxidot sikerült azonosítani nagy biztonsággal a Keemun teában. Hőbomlással keletkeznek a tea gyártása során  $\beta$ -karotimból, luteinből, violaxantinből és neoxantinből.

A laktonok potenciális, általában kellemes íztulajdonságokkal rendelkező vegyületek. A  **$\delta$ -oktalakton** kókuszos, vajjas, édes, gyümölcsös ízt kölcsönöz a teának, melyet a vizsgált fekete teák közül csak a kínai Keemunban sikerült azonosítani. A laktonok általában telített vagy telítetlen hidroxizsírsavakból vagy prekursoraikból keletkeznek a  $\beta$ -oxidáció útján.

A gyengén pörkölt dió aromáért a teában a pirazinok felelősek. Mennyiségük a nem-enzimes barnulás (Maillard-reakciót követő Strecker degradáció) során nő. Ez a konzekutív reakció-sor akkor megy végbe, amikor redukáló cukor karbonil csoportja kondenzálódik a fehérje aminocsoportjában 100 °C-on vagy annál magasabb hőmérsékleten. E nitrogén tartalmú heterociklusos vegyületeknek számos szubsztituált formája van. A pirazin vegyületcsalád egyedülálló organoleptikus tulajdonságokkal bír rendkívül kis koncentrációkban is. Az egyes tagok illattulajdonságai kémiai szerkezetüktől és koncentrációjuktól függenek. Ahogy nő a metoxialkil pirazinok 3-alkil szubsztituensének szénatomszáma, a létrehozott aroma a diós-földes-zöld aromától a piros paprika aromáig változik, C-6 lánchosszúság felett pedig földes aromát adnak (PARLIAMENT, EPSTEIN, 1973). A 2-etil-pirazin (4,74 rel.int.%) mogyoróvaj, pörkölt kakaó és föld illatot hordoz, a 2-etil-6-metil-pirazin (1,12 rel.int. %) sültkrumplira emlékeztető, a 2-etil-5-metil-pirazint (1,56 rel.int.%) „kávé-pirazinnak” is hívják intenzív kávé illata miatt.

A pirazinok mellett a Maillard reakció számos egyéb fontos illatos vegyületcsoportot eredményez, furánok, pirrolok, tiofének és más heterociklusos komponensek, az illó komponensek komplex sorát létrehozva a teában. Ezek a vegyületek is részt vesznek a tea pirított és diós aromájának kialakításában. Az azonosított 2-etil-furán (4,74 rel.int.%) édeskés, földes, enyhén égett aromatulajdonságú, a 2-pentil-furán (9,42 rel.int.%) gyümölcsös, zöldes aromájú, a 2-acetil-furán (5,22 rel.int.%) pedig édeskés, mogyoróra és mandulára emlékeztető illatú. A 2-acetilpirrol (24,81 rel.int.%) mogyorós illatú kumarinos mellékaromával, enyhén avas jelleggel.

Az 1H-indol (37,48 rel.int.%) a friss, füves, virágos jelleg hordozója a teában. Antibakteriális hatását számos vizsgálat igazolta. Az elsődleges aromaanyagok közé tartozik, a tealevélből származik.

A benzolgyűrűs vegyületek közül a guajakol, a naftalin és származékai adják a tea füstös szagát. Ezek a vegyületek elsősorban a szárítás alatt keletkeznek, de más gyártási folyamatban is kialakulhatnak. A kínai fekete teák hagyományos technológiai lépése, hogy a fermentáció leállítására érdekében sütik vagy szárítják a leveleket, melyhez fenyőfa füsttel illatosítják a szárító levegőt. Ebből a füstből vagy a sütéshez felhasznált fa tüzelőanyag füstjéből származhatnak ezek a benzolgyűrűs vegyületek, így nem tekinthetők a tea marker komponensének.

### 5.1.3.2. A Ceyloni fekete tea bemutatása

A mintában azonosított komponenseket, azok PTRI értékeit, belső standardra vonatkoztatott relatív intenzitásukat és a tömegspektrum könyvtárral való egyezésük %-os értékét tartalmazza a **9. táblázat** kémiai osztályokba sorolva.

9. táblázat: A Ceyloni tea azonosított komponensei

$t_R$ (min)	PTRI	Ceyloni fekete tea		
		Komponensek	Q%	Rel.int.%
		<b>Terpének és származékaik</b>		
6,16	1034	alfa-pinén	95	0,67
8,43	1121	1,5,5-trimetil-1-metilén-ciklohexén	93	1,00
8,53	1125	béta-mircén	91	1,23
9,46	1160	dl-limonén	94	3,05
10,19	1188	cisz-ocimén	96	1,14
10,48	1200	dehidroxi-linalool oxid	94	0,71
10,57	1203	gamma-terpinén	92	1,19
10,65	1206	delta-3-karén	92	1,46
11,55	1240	alfa-terpinolén	89	1,64
12,64	1282	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	85	1,95
12,98	1295	6-metil-5-heptén-2-on	94	3,86
15,04	1374	izoforon	91	2,72
16,11	1415	(2S,5R)-cisz-linalool-oxid furanoid	96	46,04
16,97	1448	(2S,5S)-transz-linalool-oxid furanoid	97	102,65
17,40	1464	béta-ionon	95	1,43
18,09	1491	teaspirán B	83	1,14
18,66	1513	bornilén	85	2,86
18,88	1521	vitispirán	91	9,15
19,04	1527	linalool	94	154,28
19,17	1533	teaspirán A	90	2,00
20,55	1585	6-metil-3,5-heptadien-2-on	96	3,85
20,80	1595	hotrienol	98	18,44
21,09	1606	alfa-ionon <i>S,E</i>	87	4,72
21,26	1613	szantén	94	1,86
21,40	1618	béta-ciklocitral	93	9,60
22,05	1643	szafranal	87	4,65
23,39	1694	l-alfa-terpineol	89	20,85
24,48	1736	(3R,6R)-cisz-linalool-oxid piranoid	92	8,86
24,61	1741	karvon	94	1,31
25,08	1759	(3S,6S)-cisz-linalool-oxid piranoid	96	22,73
25,29	1767	béta-kadinén	91	2,29
26,12	1799	nerol	90	5,15
26,95	1831	béta-damaszcenon	94	12,29
27,36	1846	geraniol	89	79,92
30,09	1951	alfa-ionon <i>R,E</i>	88	43,18
30,15	1953	cisz-jázmon	95	5,00
31,45	2003	transz-béta-ionon-5,6-epoxid	92	17,73
32,46	2042	nerolidol	96	10,15
39,28	2303	metiljázmonát	90	8,72
39,70	2319	dihidroaktinidiolid	84	74,91
45,26	2532	fitol	86	163,16
		<b>Benzolgyűrűs vegyületek</b>		
33,60	1228	1-metil-3-(1-metiletil)-benzol	94	1,14
35,32	1298	1,2,3-trimetil-benzol	96	0,29
18,01	1488	1-klór-4-metil -benzol	85	1,14
18,36	1502	benzaldehyd	87	7,01
21,76	1632	benzolacetaldehyd (jácintin)	92	12,01

9. táblázat: A Ceyloni tea azonosított komponensei (folyt.)

$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel.int.%
24,86	1751	1,2-dihidro-1,1,6 -trimetil-naftalin	90	1,14
25,58	1778	metil-szalicilát	91	80,20
27,88	1866	benzolmetanol	88	22,73
28,88	1905	2-feniletanol	91	25,73
29,38	1924	benzolcianid	91	5,72
35,79	2169	4-vinil-2-metoxi-fenol	89	7,29
39,93	2328	4-vinilfenol	90	17,01
		<b>Heterociklusos vegyületek</b>		
5,17	996	2-etil-furán	83	1,86
10,09	1184	2-pentil-furán	91	4,57
11,88	1253	(Z)-2-2-pentenil-furán	94	1,72
16,42	1427	2-furánkarboxaldehid	79	2,86
20,89	1598	1-etil-2-formil pirrol	87	2,43
30,32	1960	2-acetilpirrol	92	8,15
33,60	2086	5-acetil-4-metil-2H-benzimidazon	87	6,29
37,60	2239	4-metiltiazol	90	13,58
41,04	2371	1H-indol	78	24,73
		<b>Nyíltláncú alkohokok, aldehidek, ketonok, karbonsavak és észterek</b>		
4,60	974	ecetsav etilészter	78	2,72
6,98	1065	hexanal	95	12,15
8,12	1109	1-penten-3-ol	78	2,86
9,06	1145	n-heptanal	94	2,00
9,24	1152	iso-amilalkohol	92	7,01
9,89	1177	(E)-2-hexenal	85	34,03
10,31	1193	1-pentanol	81	2,43
11,72	1247	oktanal	90	1,00
12,15	1264	(Z)-2-penten-1-ol	94	3,43
12,35	1271	cisz-3-hexenil-isobutirát	84	1,86
13,17	1302	1-hexanol	92	3,72
14,07	1337	(Z)-3-hexenol	92	30,88
14,68	1360	nonanal	89	6,15
15,82	1404	2-oktenal	78	2,14
16,63	1435	cisz-3-hexenil butirát	88	2,29
17,63	1473	(E,E)-2,4-heptadienal	95	9,44
18,34	1501	(Z,E)3,5-oktadién-2-on	94	7,43
19,27	1536	1-oktanol	87	4,29
19,45	1560	(E,E)3,5-oktadién-2-on	78	2,86
22,26	1651	1-nonanol	91	3,72
22,42	1657	cisz-3-hexenil hexanoát	91	4,29
26,73	1822	(E,E)-2,4-dekadienal	93	5,72
27,16	1838	hexánsav	96	61,05
29,96	1946	heptánsav	92	6,29
32,64	2048	oktánsav	90	12,87
34,90	2135	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	87	9,58
35,20	2147	nonánsav	97	14,01
36,92	2213	hexadekánsav metilészter	92	5,86
39,02	2293	geránsav	88	47,47

A ceyloni tea termőhelye alacsonyabb, 450-540 m tengerszint feletti magasságban található, teaültetvényein a *var.assamica* típusú teanövény gyorsan nő, nagy terméshozamú, ez nem kedvez az aromaanyagok kialakulásának. Az itt termesztett teák általában jó minőségűek, színük és erősségük is jó, de hiányzik belőlük az a jellegzetes íz és élénk frissesség, kellemes aroma, ami a magasabban fekvő területekről származó teák sajátja, így többnyire keverékek alkotórészeként



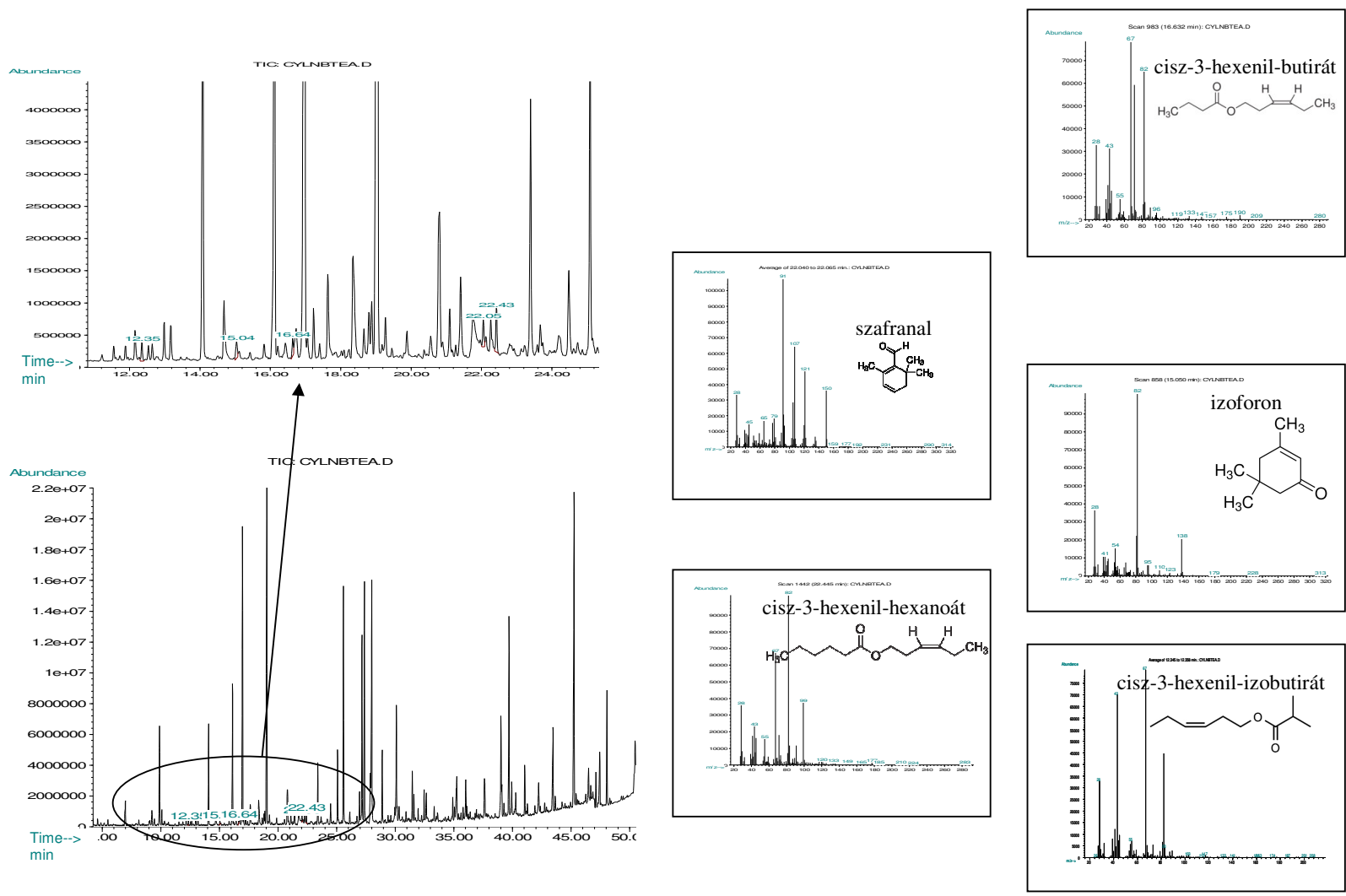
hasznosítják őket. CTC feldolgozású teakeverék, ami szintén szegényebb aromát hoz létre, mint az ortodox gyártástechnológia (KOVÁCS *et al.*, 2010).

Összetevői között található néhány, csak a ceyloni termőhelyről származó mintában azonosított komponens: a **szafranal** (4,68 rel.int.%), amely a sáfrány illatanyaga, kámforos, fűszeres, széna illattal, a zeaxantin bomlásterméke, antioxidáns, antidepresszáns és antikarcinogén hatású vegyület. A **cisz-3-hexenil-hexanoát**, a **cisz-3-hexenil izobutirát** és a **cisz-3-hexenil-butirát** a zöld levél illatanyagai, a friss zöld aroma hordozói, vágott fű, alma, körte illattal rendelkeznek. Az **izoforon** (2,72 rel.int.%) szintén csak a Ceyloni teában volt megtalálható. Telítetlen ciklikus keton, kámforos, édes, borsmenta illattal, a vörös áfonya jellegzetes aroma alkotója.

Linalool tartalma nagyobb, mint a Keemun teában mért érték, linalool-oxidjai azonban kisebb mennyiségben vannak jelen. Ezek az értékek összecsengenek a magasabb levélillat-anyag tartalommal és jelzik, hogy a ceyloni teák feldolgozás módja különbözik a kínai teákétól (AISAKA *et al.*, 1978). A linalool glikozidként van jelen a friss tealevélben, enzimes hidrolízissel szabadul fel a mechanikai aprítás alatt. A linalool könnyen oxidálódik, a napon történő fonnyasztás, forgatás és a fermentáció alatt. Kíméletesebb fermentációval, azaz rövidebb ideig tartó és alacsonyabb hőmérsékleten végzett oxidációval a friss levélre jellemző zöld illatot hordozó komponensek nagyobb arányban maradnak meg a teában, mint a kínai fekete teában. Az összes linalool tartalom genetikailag meghatározott a fajták között, azonban a feldolgozási folyamatok hatására keletkező komponensekben eltérések mutatkozhatnak a másodlagos aromaanyagok mennyiségében (KUMAZAWA, MASUDA, 2001).

Az édeskés menta illatú metil-szaliciát (80,20 rel.int.%) tartalma nagyobb, mint a Keemun teában mért érték (46,69%). A metil-szalicilát növényi feromon, számos növény termeli.

A mintáról készített aroma spektrumot a fekete teák összehasonlítása fejezetben közlöm. A kromatogramot a marker komponensek szerkezeti képletével és tömegspektrumával a **16. ábra** mutatja be.



16. ábra: A Ceyloni fekete tea kromatogramja a marker komponensekkel és azok tömegspektrumával

### 5.1.3.3. Az indiai Assam tea bemutatása

Az indiai teák három fő termőterületről származnak: észak-keleten az Assam síkságról, Darjeeling meredek hegyvonulatairól és délen a Nilgiri hegységből. Assam vidéke vitathatatlanul a legnagyobb teagyártó régió. Az indiai tea csaknem 53%-a a Brahmaputra folyó hatalmas völgyének ültetvényeiről jön.

Az Assam teát a *Camellia sinensis var. assamica* növényből készítik. A fajta metszéssel bokorrá alakított, levele sötét zöld, fényes és széles. A tea erős, testes és fűszeres, kissé malátás mellékízű, ragyogó színű ital. Keverékekben használva erősséget és sűrűséget ad a keveréknek, de szívesen isszák önállóan is. Jellegzetes „reggeli tea”, az English Breakfast tea, az Irish Breakfast tea és a Scottish Breakfast tea is Assam teából készül. A növényt síkvidéken, a folyó völgyében termesztik, az ártér agyagos talaja tápanyagban gazdag. A trópusi klíma, a hideg, száraz tél és esős nyár ideális a termesztéshez. A hosszú növekedési szakasz, a bőséges csapadék miatt Assam a világ legnagyobb teatermesztő vidéke.

Az Assam teanövény magas polifenoltartalmú, EGC és EC tartalma karakteres, emiatt fekete tea gyártásra kiválóan alkalmas. A teafű aroma-indexe (FI) 6,75, ami mutatja az illó komponensek II. csoportjába tartozó vegyületeinek nagy fölényét, melyek a kívánatos édes, virágos illat létrehozói. A genetikai adottságon túl a gyártástechnológia döntően meghatározza az aromaanyagok keletkezését. A fonyasztás és fermentálás hőmérséklete a  $\beta$ -glikozidáz enzim működését szabályozza. Az enzim aktivitása a fonyasztás alatt 2-2,5-szeresése nő, ami az aromaanyagok glikozidos kötésből való felszabadulását eredményezi. A fermentálás – azaz oxidálás – hőfoka befolyásolja az enzimaktivitás csökkenésének sebességét. Minél magasabb a fermentációs hőmérséklet, anél gyorsabb az enzimaktivitás csökkenés. Ezért javasolják a fonyasztást és fermentálást a lehető legalacsonyabb hőmérsékleten végrehajtani TOMLINS, MASHINGAIDZE, 1997).

10. táblázat: Az indiai Assam tea azonosított komponensei

Indiai Assam fekete tea				
$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel.int.%
Terpének és származékaik				
6,65	1034	alfa-pinén	87	0,95
9,00	1124	béta-mircén	90	3,00
10,03	1164	dl-limonén	93	533,44
10,67	1188	cisz-ocimén	96	2,70
10,97	1200	dehidroxi-linalool oxid	95	0,88
11,06	1203	gamma-terpinén	93	1,90
11,13	1206	delta-3-karén	94	2,93
12,05	1241	alpha-terpinolén	94	5,00
13,47	1295	6-metil-5-heptén-2-on	72	3,33
15,20	1361	ciklohexanol	89	18,95
16,64	1417	(2S,5R)-cisz-linalool-oxid furanoid	95	137,28

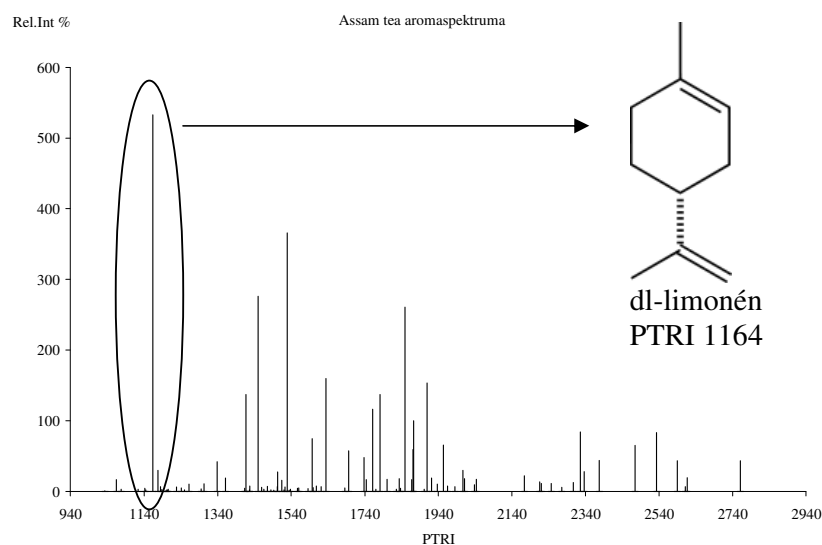
10. táblázat: Az indiai Assam tea azonosított komponensei (folyt.)

$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel.int.%
17,94	1466	béta-ionon	91	2,88
18,43	1485	alfa-kopaén	94	2,03
18,63	1493	teaspirán B	89	1,50
19,20	1514	bornilén	83	15,41
19,43	1523	vitispirán	91	6,19
19,57	1529	linalool	95	365,98
19,74	1535	teaspirán A	92	1,75
21,09	1586	6-metil-3,5-heptadién-2-on	94	3,98
21,36	1597	hotrienol	90	74,87
21,66	1608	alfa-ionon (S)-(-)-(E)	91	7,42
21,99	1621	béta-ciklocitrál	90	6,97
23,97	1696	alfa-terpineol	90	57,39
25,06	1738	(3R,6R)-cisz-linalool-oxid piranoid	94	47,90
25,22	1744	l-karvon	89	16,27
25,68	1762	(3S,6S)-cisz-linalool-oxid piranoid	95	116,58
25,89	1770	béta-kadinén	93	3,12
26,71	1801	nerol	94	17,11
27,57	1834	béta-damaszcenon	76	17,95
27,65	1837	karveol	90	4,43
27,98	1850	geraniol	95	260,94
28,45	1954	alfa-ionon (R)-(+)-(E)	94	65,73
32,09	2007	transz-béta-ionon-5,6-epoxid	91	29,73
33,07	2044	(-)-nerolidol	91	16,98
40,45	2326	dihidroaktinidiolid	90	84,28
45,89	2533	fitol	91	83,16
		<b>Benzolgyűrűs vegyületek</b>		
11,71	1228	1-metil-3-(1-metiletil)-benzol	91	6,10
18,91	1503	benzaldehyd	90	27,68
22,35	1635	benzolacetaldehyd (jácintin)	91	159,83
26,20	1782	metilszalicylát	89	137,12
28,55	1871	benzolmetanol	90	59,28
29,54	1909	2-feniletanol	78	153,32
32,23	2012	1-etil-3,5-diisopropil-benzol	87	17,85
36,50	2174	4-vinil-2-metoxi-fenol	93	22,11
39,95	2307	izoeugenol	89	12,72
40,73	2336	4-vinilfenol	91	27,86
		<b>Heterociklusos vegyületek</b>		
10,57	1184	2-pentil-furán	86	6,49
16,88	1427	2-furankarboxaldehyd	86	7,75
20,33	1557	5-metil-2-furánkarboxaldehyd	83	4,33
21,45	1600	1-etil-2-formil pirrol	93	5,50
31,03	1965	2-acetilpirrol	86	7,46
32,92	2038	4-nonanolid	91	9,50
38,32	2247	4-metiltiazol	84	11,24
41,83	2378	1H-indol	92	43,72
		<b>Nyíltláncú alkoholok, acétálok, aldehidek, ketonok, karbonsavak, észterek</b>		
7,46	1065	hexanal	91	16,58
9,46	1142	3-pentanol	97	4,68
9,54	1145	heptanal	96	2,11
10,39	1177	transz-2-hexenal	90	30,02
12,21	1250	oktanal	83	2,27
13,67	1303	1-hexanol	95	10,59
14,59	1338	(Z)-3-hexen-1-ol	91	42,17
16,56	1413	2-oktenal	90	4,13
18,18	1475	(E,E)-2,4-heptadienal	91	7,14
18,87	1502	(Z,E)3,5-oktadién-2-on	87	6,55
19,81	1538	1-oktanol	83	3,19
20,41	1561	(E,E)3,5-oktadién-2-on	76	4,87
27,36	1826	(E,E)-2,4-dekadienal	92	3,24

10. táblázat: Az indiai Assam tea azonosított komponensei (folyt.)

$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel.int.%
30,27	1937	heptánsav	78	10,44
37,57	2215	hexadekánsav metilészter	88	13,49
<b>Szénhidrogének</b>				
7,81	1078	undekán	92	2,90
11,03	1202	dodecén, Bacchotricuneatin	92	2,22
12,60	1262	1-tetradecén	91	10,55
16,88	1426	pentadecén	89	2,27

A 10. táblázat adataiból az alábbi aromaspektrum szerkeszthető (17. ábra):



17.ábra: Az Assam tea aromaspektruma a fő komponenssel

Az aromaspektrum a kromatogramnál is szemetűnőbb módon mutatja be a minta jellegét: a terpének és származékaik meghatározó jelenlétét. Ezek a komponensek az 1100-1950 retenciós index-szel rendelkező vegyületek, melyek az édes, virágos, gyümölcsös aroma létrehozói.

Az Assam teában nem sikerült olyan komponenst azonosítani, amely csak ebben a teafűben található meg. Miután ugyanarról a botanikai fajról van szó minden esetben, ez nem meglepő, az egyedi komponensek inkább a desztilláció-extrakció sikerének, illetve a komponensek egymáshoz viszonyított arányának köszönhetőek. Az abszolút értékben kevesebb aromaanyagot tartalmazó fajtákból a mintaelőkészítés sikeresebben vonhat ki kis mennyiségben jelenlévő „marker” komponenseket, mint az aromában gazdagabb minták esetében.

Legnagyobb relatív intenzitással a **dl-limonén** (533,44 %) található meg az Assam teában. A ciklikus monoterpén molekula két optikai izomer formájában van jelen a növényekben. A gyakoribb d-izomer narancs és citrom illattal rendelkezik, az l-limonén terpentín és mentol illatú. A limonén antikarcinogén hatással rendelkezik, a máj glutation-S-transzferáz enzimének működését

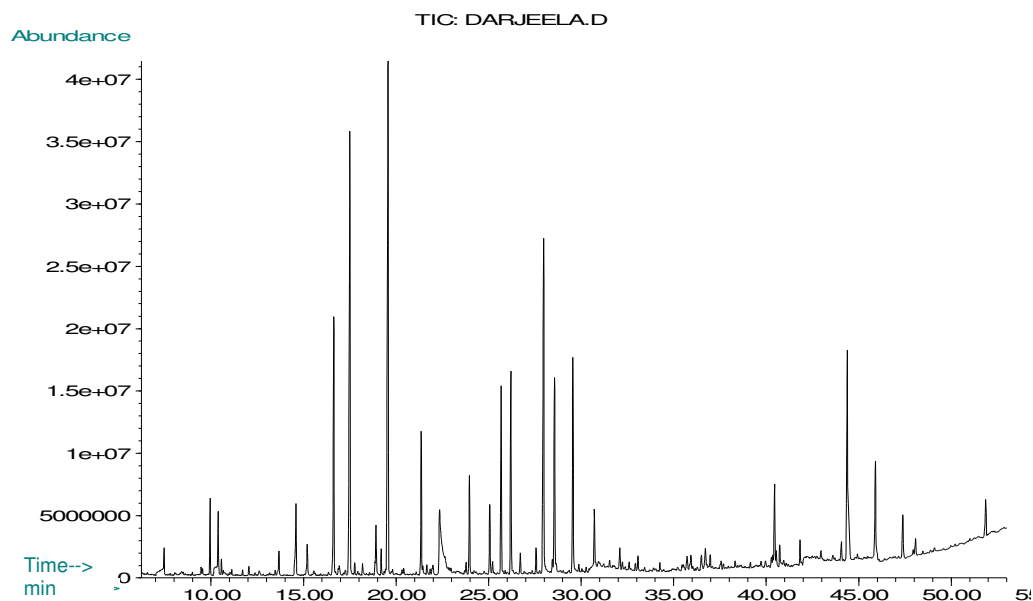
segíti, ezzel csökkentve a karcinogén anyagok károsító hatását. A vizsgált teaminták közül az Assam tea limonén tartalma – a belső standardra vonatkozó relatív intenzitása - több, mint tízszerese a többiének. Narancsos illata ézékszervi bírálat során is feltűnik, jól megkülönböztethetővé teszi a többi fekete teától.

A linalool és oxidjai, benzolacetaldehid, metilszalicilát és geraniol komponensek nagy aránya nem meglepő, az Assam tea nem csak aromadús, de minőségében is kiemelkedik a fekete teák közül. Az l-karvon fodormenta illatú komponens, az indiai teákban található nagyobb hányadban, 16,26 rel.int.%-a az Assam teának, 15,57 rel.int.%-a a Darjeelingnek.

Az Assam tea aromakomponenseinek kémiai csoportok szerinti megoszlása jól jellemzi a tea kiváló minőségét. Legnagyobb arányban a terpének és származékaik vesznek részt az aroma kialakításában, 71,86 % az alkotók részesedése az össz aromából a komponensek csúcsalatti területének %-ában. Ezt követik a benzolgyűrűs vegyületek (19,57 %), melyek a mézes, gyümölcsös aromák kialakítói. A heterociklusos vegyületek részesedése 3,00 %, melyek a pörkölés következtében jönnek létre a teában és karamell, pörkölt dió és mandula, kókusz és kávé aromát hordoznak. A nyílt láncú alkoholok, acetálok, aldehidek, ketonok, karbonsavak és észterek, szénhidrogének 5,05 % -ban vesznek részt a tea aroma kialakításában. Az utolsó csoport illatai a friss levélre emlékeztető zöldes, füves, szalma illatot, a heptadienal, dekadial vegyületek vajjas, zsíros aromát kölcsönöznek.

#### **5.1.3.4. A Darjeeling tea kromatográfiai vizsgálata**

A Darjeeling teát India Nyugat-Bengál régiójában termesztik. A növény a *Camellia sinensis* var. *sinensis*, amely a kislevelű fajtája a teáknak. Hagyományosan fekete tea gyártására termesztik, de engedve a piac elvárásainak, ma már Oolong, zöld és fehér teát is állítanak elő ebből a variánsból. A jó minőségű Darjeeling teákat méltán nevezik a teák „champagne”-ának. Kifinomult, muskotályos íze és virágos aromája a termőhely különleges adottságainak köszönhető: a hűvös, ködös éghajlat, a nagy tengerszintfeletti magasság, a csapadék, a termőhely talajának és levegőjének minősége mind hozzájárul a tea kiváló minőségéhez. A termesztési körülmények miatt a darjeelingi teacserjék nem hajtanak egész évben. A leveleket áprilistól októberig szedik attól kezdve, hogy vége a téli nyugalmi időszaknak, és odáig, míg le nem áll a hajtásnövekedés. A tealeveleket tradicionális módszerrel dolgozzák fel, a feldolgozás végén a levelek barnásak vagy feketék, szépen csavarodóak és sok köztük az aranyszínű rügycsúcs.



**18.ábra:** A Darjeeling tea kromatogramja

A Darjeeling fekete tea kromatogramja a **18. ábrán** látható. A nagy, tailing-es csúcs 22 perc körül a jácintintól származik, a többi minta kromatogramján is hasonló csúccsal látható. Oka nem az oszlop túlterhelése, hanem a megosztófázis (AT-WAX) komponessel szembeni nem kielégítő polaritása. Tekintettel arra azonban, hogy minden más komponensre nézve a szeparáció megfelelő, nem lenne indokolt az állófázis megváltoztatása. A 70 % feletti biztonsággal azonosított komponensek listáját a **11.táblázat** tartalmazza.

*11.táblázat: Az indiai Darjeeling tea azonosított komponensei*

$t_R$ (min)	PTRI	Indiai Darjeeling fekete tea Komponensek	Q%	Rel. Int.%
<b>Terpének és származékaik</b>				
8,99	1125	béta-mircén	94	3,77
9,94	1161	dl-limonén	92	45,69
10,66	1189	cisz-ocimén	89	3,45
10,96	1200	dehidroxi-linalool oxid	96	1,88
11,06	1204	gamma-terpinén	91	2,55
11,12	1206	delta-3-karén	93	4,20
12,04	1241	alfa-terpinolén	94	7,46
13,15	1287	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	92	3,69
13,46	1296	6-metil-5-heptén-2-on	90	4,56
15,55	1376	izoforon	87	4,41
16,63	1417	(2 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid furanoid	91	229,07
17,49	1450	(2 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-transz-linalool-oxid furanoid	97	442,00
17,93	1466	béta-ionon	95	6,91
18,63	1493	teaspirán B	87	2,41
19,21	1515	bornilén	86	21,03
19,43	1522	vitispirane	91	5,07
19,57	1529	linalool	98	543,67
19,73	1535	teaspiránA	90	2,48
21,08	1587	6-metil-3,5-heptadién-2-on	89	5,08
21,35	1597	hotrienol	92	117,26
21,66	1609	alfa-ionon ( <i>S</i> )-(-)-(E)	95	9,41
21,84	1616	szantén	78	6,09

11. táblázat: Az indiai Darjeeling tea azonosított komponensei (folyt.)

$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel. Int.%
21,99	1621	béta-ciklocitrál	81	9,08
23,96	1697	alfa-terpineol	95	83,83
25,06	1739	(3R,6R)-cisz-linalool-oxid piranoid	96	65,43
25,22	1744	karvon	80	15,57
25,68	1762	(3S,6S)-cisz-linalool-oxid piranoid	94	161,40
25,89	1770	beta-kadinen	90	7,57
26,71	1802	nerol	88	20,05
27,57	1834	béta-damaszcenon	79	24,77
27,97	1850	geraniol	81	370,55
30,71	1954	alfa-ionon (R)-(+)-(E)	91	6,10
30,78	1957	cisz-jázmon	88	7,16
32,09	2007	transz-béta-ionon-5,6-epoxid	89	35,46
33,06	2044	nerolidol	94	22,47
36,27	2167	alfa-kadinol	92	14,06
39,96	2308	metiljázmonát	79	21,13
40,45	2326	dihidroaktinidiolid	90	87,97
40,94	2345	farnezol	91	6,60
45,90	2534	fitol	96	125,98
		<b>Benzolgyűrűs vegyületek</b>		
11,70	1229	1-metil-3-(1-metiletil)-benzol	78	4,85
13,64	1305	1,2,3-trimetil-benzol	84	1,03
18,56	1490	1-klór-4-metil -benzol	86	4,67
18,91	1504	benzaldehid	90	43,75
22,34	1635	benzolacetaldehid (jácintin)	91	226,22
26,20	1782	metil-szalicilát	88	183,24
28,54	1872	benzolmetanol	86	97,79
29,54	1910	2-feniletanol	91	198,58
29,87	1922	2,6-bisz(1,1-dimetiletil)-4-metil-fenol	78	10,78
30,03	1929	benzolcianid	90	6,71
36,49	2175	4-vinil-2-metoxi-fenol	86	27,00
39,14	2276	2,4-bisz(1,1-dimetiletil)-fenol	79	13,12
40,72	2337	4-vinilfenol	89	33,06
		<b>Heterociklusos vegyületek</b>		
10,56	1185	2-pentil-furán	77	9,91
12,36	1254	cisz-2-(2-pentenil)furán	81	3,06
13,46	1295	etil-pirazin	90	0,58
16,92	1428	2-furankarboxaldehid	86	10,95
20,32	1558	5-metilfurfural	91	7,17
21,44	1600	1-etil-2-formil pirrol	86	7,66
31,01	1966	2-acetilpirrol	79	8,66
32,92	2039	4-nonanolid	90	14,13
34,25	2090	5-acetil-4-metil-benzimidazonon	91	10,07
38,32	2245	4-metiltiazol	87	14,61
41,82	2379	1H-indol	93	39,07
45,90	2534	fitol	96	125,98
		<b>Nyítláncú alkoholok, acetálok, aldehidek, ketonok, észterek</b>		
7,46	1066	hexanal	94	17,85
4	1146	n-heptanal	90	4,24
10,38	1178	(E)-2-hexenal	91	49,96
12,60	1263	(Z)-2-penten-1-ol	89	9,12
13,67	1304	1-hexanol	90	20,83
14,58	1339	(Z)-3-hexenol	95	74,38
15,19	1362	nonanal	87	30,34
16,34	1406	2-oktenal	89	4,61
18,18	1476	(E,E)-2,4-heptadienal	90	12,08
18,86	1501	(Z,E)3,5-oktadién-2-on	89	7,38
19,81	1538	n-octanol	93	6,86
20,41	1561	(E,E)3,5-oktadién-2-on	89	6,10
27,35	1826	(E,E)-2,4-dekadienal	87	8,36



11. táblázat: Az indiai Darjeeling tea azonosított komponensei (folyt.)

$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel. Int.%
27,76	1842	hexánsav	90	7,07
35,52	2138	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	79	9,23
35,93	2154	(1 <i>S</i> *,6 <i>S</i> *,7 <i>S</i> *)-tricyklo[5.3.2.0(1,6)]dodekán-7-	76	20,99
37,56	2216	hexadekánsav metilészter	85	15,13
		<b>Szénhidrogének</b>		
11,02	1203	1-dodecén	83	3,41
39,72	2298	trikoán	79	14,95
44,06	2464	pentakoán	86	35,80
48,06	2617	9-oktil-heptadekán	90	23,90
51,86	2762	nonakoán	94	45,44

A táblázat adatai a terpének és származékaik, valamint a benzolgyűrűs vegyületek nagy intenzitású jelenlétét mutatják. Ez öröndetes, egyrészt mert az első osztály gazdagsága a jó botanikai azonosíthatóság feltétele, másrészt lévén közöttük sok a konjugált kettőskötésű molekula, jelenlétük nyilván hozzájárul a gyökfogó kapacitás kedvező alakulásához. Ugyanez a megfontolás érvényes a benzolgyűrűs anyagokra. A szénhidrogének illatként csaknem jelentéktelenek, mert a szereplők tenziója szagérzet keltéséhez nem elég nagy. Ezért érzékszervi tulajdonságaik sem kellően karakterisztikusak

A mintában található komponensek közül a következőket érdemes kiemelni (**12. táblázat**):

12. táblázat: Az indiai Darjeeling tea fő komponensei

PTRI	Komponens	rel.int.%	PTRI	Komponens	rel.int.%
1066	hexanal	17,85	1762	(3 <i>S</i> ,6 <i>S</i> )-cisz-linalool-oxid	161,40
1161	dl-limonén	45,69	1782	metil szalicilát	183,24
1178	( <i>E</i> )-2-hexenal	49,96	1802	nerol	20,05
1304	1-hexanol	20,83	1834	damaszenon	24,77
1339	( <i>Z</i> )-3-hexenol	74,38	1850	geraniol	370,55
1362	nonanal	30,34	1872	benzolmetanol	97,79
1417	(2 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid	229,07	1910	2-feniletanol	198,58
1450	(2 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-transz-linalool-oxid	442,00	1954	$\alpha$ -ionon	6,10
1515	bornilén	21,03	2007	<i>E</i> - $\beta$ -ionon-5,6-epoxid	35,46
1529	linalool	543,67	2044	nerolidol	22,47
1597	hotrienol	117,26	2308	metiljázmonát	21,13
1635	benzolacetaldehid	226,22	2326	dihidroaktinidiolid	87,97
1697	$\alpha$ -terpineol	83,83	2375	1 <i>H</i> -indol	43,72
1739	(3 <i>R</i> ,6 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid	65,43	2534	fitol	125,98
1744	1-karvon	15,57			

A Darjeeling teafü aromaösszetétele gazdagabb, mint a vizsgált többi fekete teáé. Az azonosított komponensek közül a belső standardra vonatkoztatott nagy relatív intenzitású vegyületek szerepelnek csak a táblázatban, a minor komponensek nem. Nem szabad azonban megfeledkezni arról, hogy a tea aromájának kialakításában az összes jelenlévő, azonosított és azonosítatlan, kis és nagy mennyiségű alkotó részt vesz. Aromaintenzitásuk nem is feltétlenül arányos relatív mennyiségükkel. A vegyületek illatküszöb értéke árulja el, mi az legkisebb

koncentráció, amely elegendő illatának felismeréséhez. Az aroma kialakításában az egyes alkotók jelentőségét nem abszolút mennyiségük, hanem illatküszöb értékükhöz viszonyított nagyságuk szabja meg. Ha ez a küszöbérték nagyon alacsony, akkor a vegyületet nagy illataktivitásúnak nevezzük, mert igen kis mennyisége is teljes mértékben meghatározhatja a minta illattulajdonságait. Az illatot meghatározza a jelenlévő alkotók egymáshoz viszonyított aránya is. Az egyes komponensek erősíthetik, gyengíthetik vagy akár teljesen meg is változtathatják egymás egyedi illatjellegét.

Ugyanaz az anyag különböző koncentrációkban egészen más szagérzetet kelthet. Így például a tömény rózsaoaj kellemetlen szagú, nagy hígításban viszont közismerten kellemes; a szkatol finoman diszpergálva jázminillatú, a tömény szkatol szaga viszont kellemetlen, bűzös; a kumarin tömény oldata bőrszagú, közepes hígításban a széna illatára emlékeztet, igen erős hígításban viszont a szagos müge illatához hasonló.

A szagtalan prekurzorokból keletkező aromaanyagok esetében különösen fontos tudni, melyek azok, amelyek az illat kialakulásában részt vesznek, ingert produkálnak az emberi orr illatreceptorain. Ezeknek a komponenseknek az azonosítása, mennyiségi változtatása szükséges ahhoz, hogy ismerve kialakulásuk útvonulát a kellemes illat hordozóinak mennyiségét növeljék, a kellemetlenekét pedig csökkentsék termékben.

SCHUH és SCHIEBERLE (2006) vizsgálataikban Darjeeling teával 24 aromakomponensének mennyiségét mérték meg, majd az orthonazális illatküszöb értékek (OT) ismeretében a komponensek illat aktivitás értékét (OAV) határozták meg (mennyiség/illatküszöbkoncentráció) (**13.táblázat**). Méréseik szerint a legnagyobb illat aktivitással a linalool rendelkezik, majd a geraniol, (*E,E,Z*)-2,4,6-nonatrienal, (*E*)- $\beta$ -damaszenon, 2-metilbutanal, 2-metilpropanal és így tovább a táblázat szerint.

A Darjeeling tea aromaösszetételére a magasabb termőhely sajátos hatással van. Megfigyelték, hogy a nagyobb dózisu UV sugárzás hatására, amely az első szüret idején áprilistól júliusig a legnagyobb ezen a szubtrópusi területen, a növényben az antioxidáns hatású vegyületek mennyisége megnő. Ez az összes flavonoid tartalmat jelenti, mely vegyületek a növény epidermiszében felszaporodva az UV-A és UV-B sugárzás káros hatásaitól védik a növényt. A növekedés annak következménye, hogy a sugárzás hatására a fenilalanin-ammónia-liáz enzim mennyisége nő, ami a flavonoidok bioszintézisében vesz részt. Az enzimtermelésért felelős gén expressziója változik meg a sugárzás hatására, ez okozza a növekedést. A levélben flavonoid-glikozidok vannak, melyek aglikonjai monoterpénalkoholok és arilalkoholok, belőlük enzimes hidrolízissel szabadulnak fel az aromaanyagok, pl. linalool és geraniol. A hidrolizáló  $\beta$ -D-glikozidáz enzim aktivitása is nagyobb az itt termesztett Darjeeling teában. A *var.assamica* fajta termesztési körülményei nem kedveznek ennek a genetikai módosulásnak (BHATTACHARYA,

SEN-MANDI, 2011). Az általam vizsgált Darjeeling és Assam teák linalool és oxidjai valamint geraniol tartalmában mutatkozó különbségek, a Darjeeling teában mért nagyobb relatív arány %-ok megfelelnek ennek a megfigyelésnek.

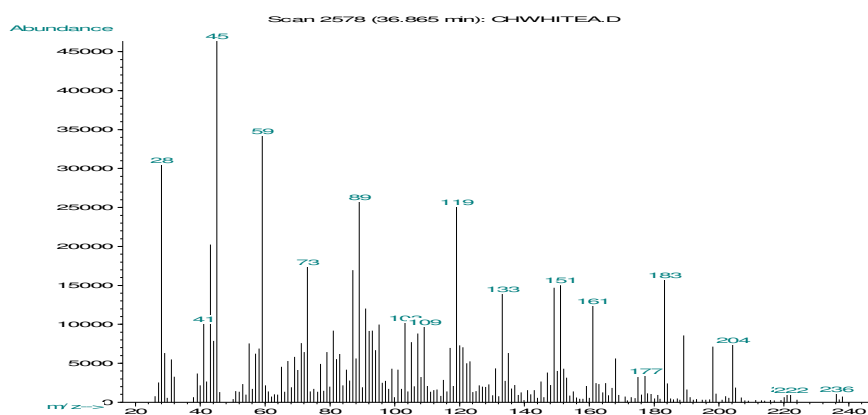
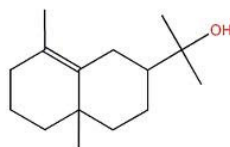
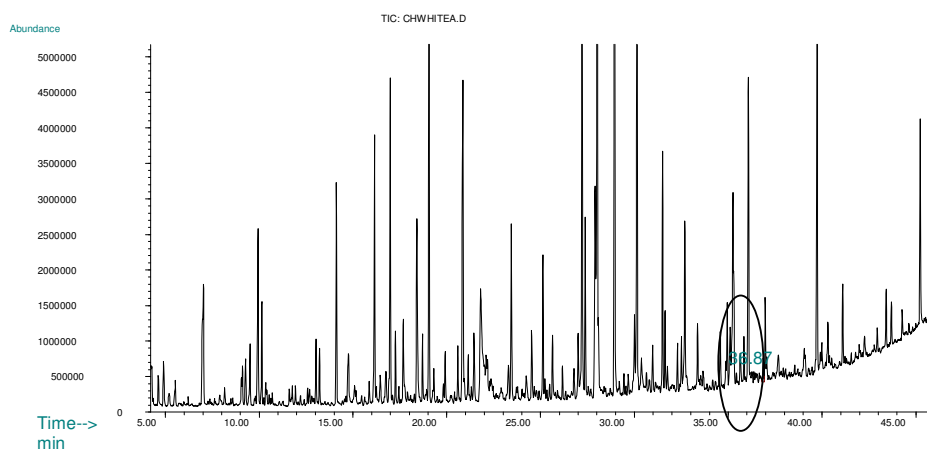
13. táblázat: Fekete tea aromakomponenseinek ortonazális illatküszöb (OT) és illataktivitás (OAV) értékei

aromakomponens	OT µg/l vízben	OAV mennyiség/OT
(R)-linalool	0,6	140
geraniol	3,2	45
(E,E,Z)-2,4,6-nonatrienal	0,026	41
(E)-β-damaszcenon	0,004	38
2-metilbutanal	4,4	37
2-metilpropanal	1,9	37
3-metilbutanal	1,2	37
3-metilnonan-2,4-dion	0,01	37
(E,Z)-2,6-nonadienal	0,03	22
(E,E)-2,4-dekadial	0,16	18
(Z)-4-heptenal	0,06	11
fenilacetaldehid	6,3	9
(Z)-3-hexen-1-ol	13	7
β-ionone	0,2	7
hexanal	10	5
(E,E)-2,4-nonadienal	0,16	3
2-feniletanol	1000	<1
hexánsav	890	<1
(E)-2-hexenal	190	<1
4-hidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanon	30	<1
vanillin	25	<1
3-hidroxi-4,5-dimetil-2(5H)-furanon	20	<1
(E)-2-nonenal	0,4	<1
etil 2-metilbutanoat	0,06	<1

(Forrás: SCHUH, SCHIEBERLE, 2006)

### 5.1.3.5. A kínai fehér tea

A kínai fehér tea mintáról készült kromatogram a **19. ábrán** látható. A kiintegrált komponens a fehér tea marker komponense, a gamma-eudezmol.



**19. ábra:** A fehér tea kromatogramja a gamma-eudezmol tömegspektrumával

A kínai definíció szerint kizárólag a Fujian tartományban termesztett *Camellia sinensis* var. *sinensis* convar. *khenghe bai hao* és convar. *fudin bai hao* fajtákból készül a fehér tea. Más termelő országok definíciója a szedés és gyártás folyamatában határozzák meg a fehér teát: a rügyeket még kinyílás előtt leszedik, majd fonnyasztják és szárítják. A száradás során összepöndörödött rügyek így ezüstös árnyalatúak a fonákjukon lévő pihéktől, a belőlük készült főzet pedig halvány szalmaszínű (HILAL, ENGELHARDT, 2007).

A fehér tea aromaösszetételében a zöld illatot adó komponensek és a gyümölcsös, virágos illatú alkotók aránya 1:1,58. Ez az aroma index számításánál létrehozott VFC I és VFC II csoport arányát jelenti és jelzi, hogy ez a tea nagyon közel áll aromaösszetételében a friss tealevélhez. Megőrzi zöldes, fű jellegét, és bár direkt fermentációt nem végeznek, a hosszabb, kíméletes fonnyasztás mégis lehetőséget ad a másodlagos aromaanyagok kialakulásának. A hexánsav, hexanal, hexenal, hexenol vegyületek és származékaik mind a levél elsődleges aromaanyagai és a friss, zöld, fű illat kialakítói a növényekben (**14.táblázat**).

14. táblázat: A kínai fehér tea azonosított komponensei

$t_R$ (min)	PTRI	Kínai fehér tea Komponensek	Q%	Rel.int. %
<b>Terpének és származékaik</b>				
8,48	1123	1,5,5-trimetil-1-metilén-ciklohexén	93	1,64
8,58	1127	béta-mircén	89	2,04
9,50	1162	dl-limonén	96	8,14
10,23	1190	cisz-ocimén	96	1,06
10,62	1205	gamma-terpinén	93	1,22
10,69	1208	delta-3-karén	89	1,63
11,59	1242	alfa-terpinolén	96	2,31
12,68	1284	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	89	3,26
13,02	1297	6-metil-5-heptén-2-on	86	8,28
15,08	1376	izoforon	92	3,94
16,14	1416	(2 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid furanoid	97	17,59
16,98	1448	(2 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-transz-linalool-oxid furanoid	91	18,72
17,43	1466	béta-ionon	93	2,71
18,70	1514	bornilén	91	7,60
18,92	1522	vitispirán	90	4,93
19,05	1527	linalool	95	88,17
20,58	1586	6-metil-3,5-heptadién-2-on	91	8,96
20,86	1596	hotrienol	90	52,53
21,14	1607	( <i>S</i> , <i>E</i> )-alfa-ionon	94	6,65
21,45	1619	béta-ciklocitral	85	12,62
23,43	1695	l-alfa-terpineol	94	26,76
24,52	1737	(3 <i>R</i> ,6 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid piranoid	91	6,07
25,12	1759	(3 <i>S</i> ,6 <i>S</i> )-cisz-linalool-oxid piranoid	91	9,08
25,33	1768	béta-kadinén	92	3,39
26,16	1799	nerol	97	6,65
26,99	1831	béta-damaszcenon	93	12,76
27,38	1846	geraniol	89	23,75
30,14	1951	( <i>R</i> , <i>E</i> )-alfa-ionon	91	57,01
30,87	1954	cisz-jázmon	87	1,61
31,49	2003	transz-béta-ionon-5,6-epoxid	94	28,91
32,50	2042	nerolidol	91	9,01
34,57	2121	alfa-cedrol	87	17,10
35,64	2162	<b>gamma-eudezmol</b>	89	12,62
39,74	2317	dihidroaktinidiolid	83	78,76
45,18	2528	fitol	95	41,81
<b>Benzolgyűrűs vegyületek</b>				
13,12	1300	1,2,3-trimetil-benzol	92	0,27
18,40	1502	benzaldehyd	94	33,39
21,80	1633	benzolacetaldehyd (jácintin)	93	51,31
24,91	1751	1,2-dihidro-1,1,6 -trimetil-naftalin	89	2,31
25,63	1779	metil-szalicilát	90	11,94
27,89	1866	benzolmetanol	94	32,85
28,93	1906	2-feniletanol	97	88,91
29,67	1934	2-fenil-2-butenal	95	5,44
31,63	2009	1-etil-3,5-diisopropil-benzén	89	11,13
35,83	2169	4-vinil-2-metoxi-fenol	94	10,45
<b>Heterociklusos vegyületek</b>				
5,21	998	2-etil-furán	80	3,53
10,13	1186	2-pentil-furán	97	10,59
12,90	1292	etilpirazin	93	1,90
14,43	1350	2-etil-6-metil-pirazin	97	1,36
14,62	1358	2-etil-5-metil-pirazin	92	2,04
16,45	1428	furfural	90	5,57

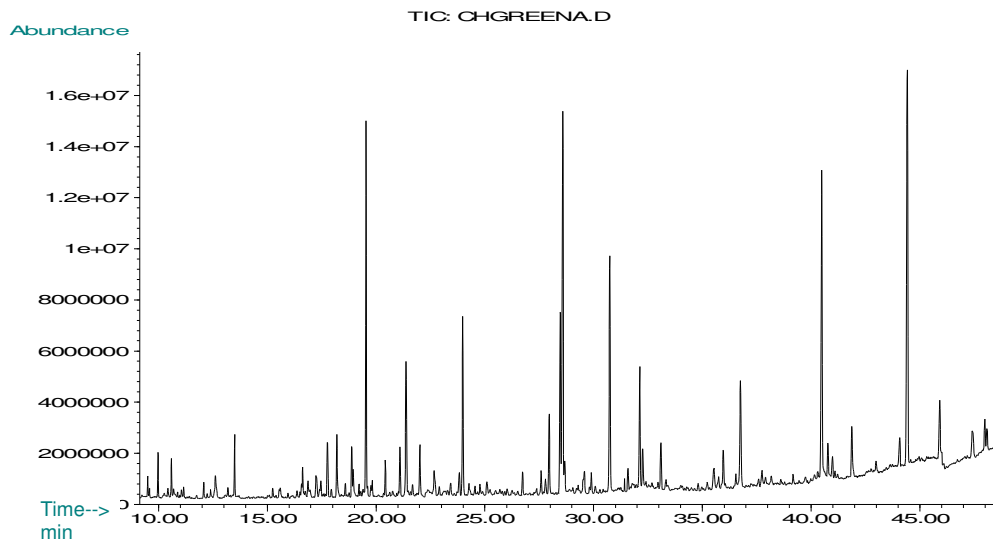
14. táblázat: A kínai fehér tea azonosított komponensei (folyt.)

$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel.int. %
17,74	1477	2-acetilfurán	95	3,26
19,81	1557	2-furankarboxaldehid	93	4,07
20,92	1599	1-etil-2-formil pirrol	94	3,80
30,36	1960	2-acetilpirrol	95	9,09
32,29	2034	dihidro-5-pentil-2(3H)-furanon	92	8,96
37,67	2240	4-metiltiazol	91	16,15
41,10	2369	1H-indol	91	20,09
<b>Nyíltláncú alkoholok, aldehidek, ketonok, karbonsavak és észterek</b>				
4,62	975	ecetsav etilészter	83	4,21
4,90	986	3-metil-butanal	72	7,19
5,53	1010	pentanal	72	3,26
7,02	1067	hexanal	90	27,15
8,16	1111	1-penten-3-ol	92	2,31
9,10	1147	n-heptanal	91	4,21
9,27	1153	iso-amilalkohol	91	7,19
9,93	1178	(E)-2-hexenal	96	25,11
10,34	1194	1-pentanol	90	3,39
11,76	1248	oktanal	94	2,58
11,92	1255	(Z)-2-penten-1-ol	92	2,46
13,21	1304	1-hexanol	93	6,92
14,11	1338	(Z)-3-hexenol	94	25,65
14,76	1363	nonanal	95	5,86
15,85	1405	2-oktenal	91	4,25
17,67	1475	(E,E)-2,4-heptadienal	91	11,13
19,31	1537	1-oktanol	97	4,90
19,91	1560	(E,E)3,5-oktadién-2-on	94	7,87
26,77	1823	(E,E)-2,4-dekadienal	90	9,64
27,20	1839	hexánsav	96	79,27
30,00	1946	heptánsav	91	13,58
32,68	2049	oktánsav	91	29,45
34,95	2136	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	92	13,68
35,24	2147	nonánsav	93	49,14
36,97	2213	hexadekánsav metilészter	99	15,88
39,04	2291	geránsav	96	12,40

A másodlagos aromaanyagok közül nagyobb mennyiségben a benzaldehid, linalool, hotrienol, benzolacetaldehid, 2-feniletanol,  $\alpha$ -ionon és dihidroaktinidiolid vannak jelen, a **gamma-eudezmol** pedig egyedüli marker komponensként azonosított aromaösszetevő a fehér teában. A heterociklusos vegyületek között pirazinok is találhatóak. Ez nem meglepő, hiszen a szárítás utolsó lépése a sütés, amit fajtánként, termőhelyenként más körülmények között, más hőfokon hajtanak végre. A *Silver Needle with White Hair* teánál a sütés 40-50 °C-on 30 percig tart, a *White Peony* sütése 70-80 °C-on 15-20 percet vesz igénybe. Ez a sütés hozza létre a pirazinokat, amelyek pirított, mogyorós aromát kölcsönöznek a fehér teának. Ezen a magas hőmérsékleten keletkezik hőbomlással a karotinoidokból a dihidroaktinidiolid,  $\alpha$ -ionon,  $\beta$ -ionon, transz- $\beta$ -ionon-5,6-epoxid, melyek ciklikus terpénkomponensek, virágos, ibolya és rózsa illat hordozói és jelenlétükkel meghatározó összetevői a fehér tea aromájának.

### 5.1.3.6. A kínai zöld tea aromaösszetétele

A vizsgált kínai zöld tea sütéssel fixált keverék teafű. A mintáról készült a kromatogram a **20.ábrán**, a nagy biztonsággal azonosított komponensek a **15.táblázatban** láthatók.



**20. ábra:** A kínai zöld tea kromatogramja

A zöld tea aromája a komponensek számában és azok belső standardra vonatkoztatott relatív intenzitásában is alatta marad a többi vizsgált teához képest. A minta filteres tea gyártásához szállított keverék zöld tea, származási helye és a keverékhez felhasznált kultivárok nem ismeretesek, feltehetően nem a legkiemelkedőbb zöld teafajták. A kínai zöld teák gyártásához a *var. sinensis* fajtát használják, ennek polifenoltartalma alacsonyabb, így a belőle készült tea ízletesebb, nem annyira fanyar, összehúzó hatású, mint a *var. assamica*. Ez a fajta a hűvösebb, mérsékelt éghajlatot kedveli, a hidegnek jól ellenáll, lassú növekedésű, kis levelű, ami az aromaanyagok kialakulása szempontjából pozitív hatású. A kínai gyártástechnológia általában kézi serpenyős sütéssel végzett, alacsony hőfokon, hosszabb ideig tartó hőkezelést jelent, ami a szénhidrátok és proteinek hidrolízisének, az aromaanyagok kialakulásának kedvez.

Az azonosított komponensek között található a toluol (PTRI: 1043, 3,75 rel.int.%). Ezt, mint markerkomponenst találtam a zöld teában, azonban több forrás (YAMANISHI *et al.*, 1973b; WANG *et al.*, 2008) is jelzi, mint a tea komponensét, édes-füves illatot hordozva, ezért nem tekintettem a zöld teára jellemző egyedi komponensnek.

15. táblázat: A kínai zöld tea azonosított komponensei

$t_R$ (min)	PTRI	Kínai zöldtea Komponensek	Q%	Rel.Int.
<b>Terpének és származékaik</b>				
6,71	1036	alfa-pinén	92	1,88
8,95	1122	1,5,5-trimetil-1-metilén-ciklohexén	88	0,83
9,05	1126	mircén	94	1,86
9,97	1161	dl-limonén	98	8,83
10,69	1189	cisz-ocimén	95	3,36
11,05	1203	gamma-terpinén	96	1,09
11,15	1206	delta-3-karén	89	2,83
12,07	1241	alpha-terpinolén	93	4,77
13,18	1284	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	86	2,98
13,49	1296	6-metil-5-heptén-2-on	91	11,95
16,62	1415	(2 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid furanoid	87	6,80
17,46	1447	(2 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-transz-linalool-oxid furanoid	86	5,13
17,94	1466	béta-ionon	97	3,84
19,21	1514	bornilén	78	4,53
19,45	1523	vitispirán	92	1,44
19,54	1527	linalool	97	68,69
21,09	1586	6-metil-3,5-heptadién-2-on	91	12,46
21,37	1597	hotrienol	86	36,49
21,67	1608	alfa-ionon	94	4,78
22,01	1621	béta-ciklocitrál	96	15,84
22,67	1646	szafranal	94	6,10
23,98	1697	alfa-terpineol	95	42,37
25,91	1762	(3 <i>S</i> ,6 <i>S</i> )-cisz-linalool-oxid piranoid	79	2,21
26,74	1802	nerol	93	9,06
27,58	1834	béta-damaszcenon	90	10,97
27,95	1848	geraniol	97	27,65
28,46	1955	( <i>R</i> , <i>E</i> )-alfa-ionon	94	72,87
29,12	1974	cisz-jázmon	78	4,74
30,17	1987	2-acetilpirrol	81	11,14
32,11	2007	transz-béta-ionon-5,6-epoxid	90	39,18
33,32	2049	d-nerolidol	86	19,27
35,22	2126	alfa-cedrol	90	8,87
40,97	2346	farnezil aceton	98	13,42
45,90	2535	fitol	93	32,42
<b>Benzolgyűrűs vegyületek</b>				
6,90	1043	toluol	89	3,75
11,74	1229	1-metil-3-(1metiletil)-benzol	91	2,44
13,59	1299	benzene, 1,2,3-trimetil-benzol	92	1,47
18,58	1490	benzolklorid	90	4,72
18,94	1504	benzaldehyd	94	7,23
22,37	1635	benzolacetaldehyd (jácintin)	86	5,33
25,49	1754	1,2-dihidro-1,1,6-trimetil-naftalén	90	4,09
26,24	1783	metilszalicilát	89	4,11
28,4	1868	benzolmetanol	89	51,58
29,57	1910	2-feniletanol	86	9,27
30,07	1929	benzilcianid	88	4,82
32,25	2013	1-etil-3,5-diisopropil-benzol	91	15,71
36,53	2176	4-vinil-2-metoxi-fenol	86	6,79
40,48	2327	dihidroaktinidiolid	86	101,29
40,76	2338	4-vinilfenol	88	18,65
<b>Heterociklusos vegyületek</b>				
10,59	1185	2-pentil-furán	92	8,33
16,96	1428	2-furankarboxaldehyd	93	3,79



15. táblázat: A kínai zöld tea azonosított komponensei (folyt.)

Sorszám	PTRI	Komponensek	Q%	Rel.Int.
20,34	1557	5-metilfurfural	93	2,30
21,48	1601	1-etil-2-formil-pirrol	88	2,11
32,95	2040	dihidro-5-pentil-2(3H)-furanon	87	6,12
36,74	2185	2-metoxi-4,5,6-trimetilpirimidin	75	45,48
41,86	2380	1H-indole	90	25,18
<b>Nyíltláncú alkoholok, acetálok, aldehidek, ketonok, karbonsavak, észterek</b>				
7,50	1066	n-hexanal	86	15,64
8,39	1101	1-pentén-3-ol	78	8,05
9,58	1146	n-heptanal	94	3,23
10,43	1178	2-hexenal	96	3,86
10,75	1191	1-pentanol	90	1,34
12,23	1247	oktanal	92	2,12
12,61	1262	cisz-2 -pentenol	88	12,08
15,24	1363	nonanal	89	3,01
16,36	1405	2-oktanal	82	3,14
18,19	1475	(E,E)-2,4-heptadienal	91	17,66
18,87	1501	(Z,E)3,5-oktadién-2-on	89	10,40
19,82	1538	1-oktanol	90	4,64
20,42	1560	(E,E)3,5-oktadién-2-on	83	8,19
27,37	1826	(E,E)-2,4-dekadienal	87	4,42
27,78	1842	hexánsav	96	10,55
35,52	2138	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	79	14,46
37,58	2216	hexadékánsav metil észter	93	8,88
<b>Szénhidrogének</b>				
11,05	1202	(E)-5-tetradecén	94	2,37

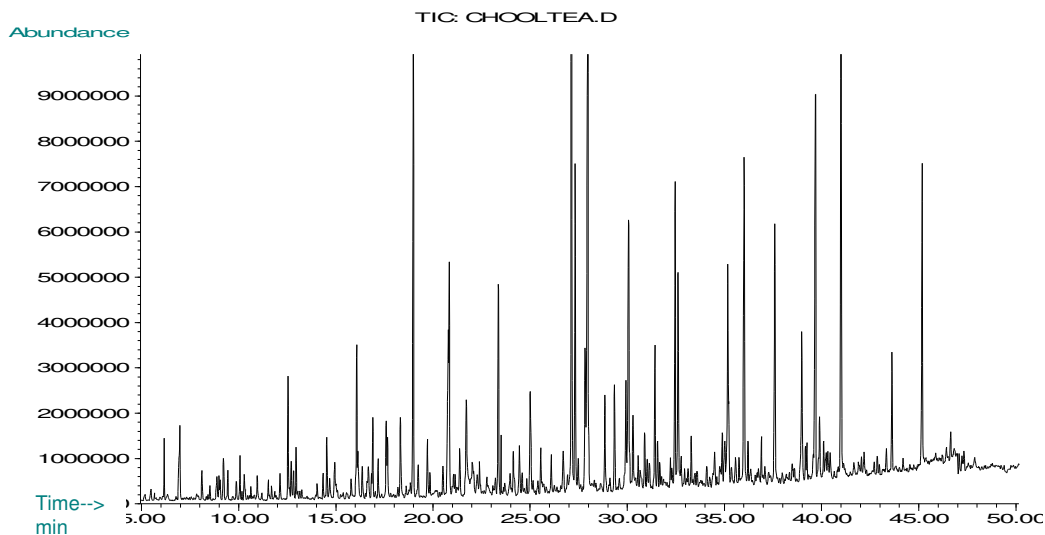
A tealevél trigliceridjeiből szabaddá váló zsírsavak autooxidációval számos aromakomponenst hoznak létre. A vizsgált zöld teában az olajsavból származó heptanal, oktanal, nonanal voltak azonosíthatók, a linolsav származékai közül a hexanal, heptanal, oktanal, 2-oktanal és (E,E)-2,4-dekadienal, a linolénsav autooxidációs termékei közül a 2-hexenal, (E,E)-2,4-heptadienal, (Z,E)-3,5-oktadién-2-on és (E,E)-3,5-oktadién-2-on található meg. Utóbbi három vegyület a vizsgált kínai teák közül a zöld teában volt legnagyobb mennyiségben kimutatható. Az (E,E)-3,5-oktadién-2-on (PTRI: 1560, 8,19 rel.int.%) kellemes gombás, fás aromájú molekula, (Z,E) izomerje (PTRI: 1501, 10,40 rel.int.%) nem illatos, a (E,E)-2,4-heptadienal (PTRI: 1475, 17,66 rel.int.%) zölde, olajos hatású vegyület.

A cisz-2-pentén-1-ol zöld, éteri illatot hordoz, a kínai teák között a zöldben mérhető legnagyobb relatív intenzitással (12,08 rel.int.%), hasonlóan az 1-penten-3-ol-hoz (8,05 rel.int.%), amely szintén a zöld, friss levél illatát hordozza. Az itt felsorolt komponensek együttesen a zöld tea friss levélre emlékeztető illatát hozzák létre, mely kiegészül a fonyasztás, sütés hatására létrejövő másodlagos aromakomponensek édeskés, virágos, gyümölcsök illatával. Ennek köszönhetően található nagyobb mennyiségben linalool (68,69 rel.int.%), hotrienol (36,49 %), alfa-terpineol (42,37 rel.int.%), geraniol (27,65 rel.int.%), alfa-ionon (72,87 rel.int.%), transz-béta-ionon-5,6-epoxid (39,18 rel.int.%), fitol (32,42 rel.int.%) és dihidroaktinidiolid (101,29 rel.int.%) a mintában.

### 5.1.3.7. A kínai Oolong tea aromaösszetétele

A vizsgált kínai Oolong tea Shui Xian (Vízitündér) fajtájú tea volt. Ez a tea Fujian tartományból származik, nagy levelű, magas termetű teafa levele. A levelek fényesek, sötétzöldek, a rügyek pedig húsosak, sárgás-zöldek és levélszőrök borítják őket. Fekete és fehér teát is készítenek belőlük.

A teáról készült kromatogram a **21. ábrán**, az azonosított komponensek pedig a **16. táblázatban** láthatók.



**21. ábra:** Az Oolong tea kromatogramja

A kromatogram első harmadában, az 5-15 perces szakaszban kevés csúcsot látunk. Ez nem véletlen, hiszen erre a szakaszra a zöldes, fűves illatkomponensek jellemzőek, amelyek lévén alacsonyabb forráspontúak, könnyen elillannak a friss tealevélből a feldolgozás során. A friss levél alacsony forráspontú komponensei pl. a *Z*-3-hexen-1-ol, *E*-2-hexenal, acetaldehid, hangyasav, ecetsav. A *Z*-3-hexen-1-ol erős fű illatú molekula, 156 °C a forráspontja, a friss levél illó komponenseinek kb. 60 %-át adja. Ennek nagy része elpárolog a fixálás és szárítás során, kisebb része pedig *E*-3-hexen-1-ol-lá változik, ami friss illatot kölcsönöz a forrázatnak.

A középső, csúcsban gazdag szakasz a virágos és gyümölcsös "fermentált" aromák komponenseinek területe. A feldolgozás veszteséget okoz a friss, zöld illatkomponensek tekintetében, viszont hatására számos új komponens keletkezik, amelyek a tea üde, gyümölcsös, virágos jellegét kialakítják. Mivel az Oolong tea a fermentáció szempontjából a fehér ill. zöld tea és a teljesen fermentált fekete tea között helyezkedik el, illatkomponenseit tekintve érthető módon mindegyik tea összetevőit megtaláljuk benne. Ez okozza kedveltségét, gazdag íz- és illatvilágát. Az Oolong tea gyártók törekednek rá, hogy fokozzák teáik „zöld jellegét”, frissebb, üdőbb

aromavilágot próbálnak kialakítani, melynek létrehozásához pontosan ismerni kell a teák fermentáció során bekövetkező kémiai változásait.

16. táblázat: A kínai Oolong tea azonosított komponensei

$t_R$ (min)	PTRI	Kínai Oolong tea Komponensek	Q%	Rel.int.%
<b>Terpének és származékaik</b>				
6,17	1035	alfa-pinén	87	9,95
8,41	1121	1,5,5-trimetil-1-metilén-ciklohexén	72	1,17
8,51	1125	béta-mircén	81	3,17
9,44	1161	dl-limonén	80	5,23
10,17	1189	cisz-ocimén	95	1,85
10,55	1203	gamma-terpinén	95	1,64
10,62	1206	delta-3-karén	86	3,02
11,52	1240	alfa-terpinolén	91	4,48
12,70	1286	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	96	8,56
12,95	1295	6-metil-5-heptén-2-on	94	9,74
16,07	1415	(2 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid furanoid	95	26,36
16,90	1447	(2 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-transz-linalool-oxid furanoid	96	14,56
17,34	1465	béta-ionon	96	2,16
18,62	1517	bornilén	98	3,61
18,83	1517	vitispiran	91	3,61
18,98	1527	linalool	97	92,07
20,12	1570	alfa-cedrén	90	2,84
20,51	1585	6-metil-3,5-heptadién-2-on	92	9,36
20,78	1596	hotrienol	95	32,05
21,06	1606	( <i>S</i> , <i>E</i> )-alfa-ionon	90	6,02
21,37	1618	béta-ciklocitral	94	12,12
23,36	1694	l-alfa-terpineol	91	42,44
24,44	1736	(3 <i>R</i> ,6 <i>R</i> )-cisz-linalool-oxid piranoid	90	14,00
25,00	1758	(3 <i>S</i> ,6 <i>S</i> )-cisz-linalool-oxid piranoid	93	3,47
26,08	1799	nerol	80	14,86
26,92	1831	béta-damaszcenon	94	7,24
27,31	1846	geraniol	94	61,97
30,07	1951	( <i>R</i> , <i>E</i> )-alfa-ionon	96	61,12
30,12	1953	cisz-jázmon	96	5,88
31,42	2003	transz-béta-ionon-5,6-epoxid	94	34,64
32,46	2043	nerolidol	93	63,26
34,49	2121	alfa-cedrol	97	15,85
39,16	2300	izoeugenol	96	10,47
39,24	2303	metiljázmonát	97	12,72
39,68	2320	dihidroaktinidiolid	97	102,63
45,18	2531	fitol	91	92,96
<b>Benzolgyűrűs vegyületek</b>				
11,19	1228	1-metil-2-(1-metiletil)-benzol	96	2,21
13,04	1298	1,2,3-trimetil-benzol	93	2,09
18,32	1501	benzaldehyd	91	22,48
21,71	1631	benzolacetaldehyd (jácintin)	92	33,94
24,82	1750	1,2-dihidro-1,1,6-trimetil-naftalin	90	4,76
25,54	1778	metil-szalicilát	94	12,41
27,44	1852	guaiakol	94	7,94
27,85	1866	benzolmetanol	93	12,88
28,84	1904	2-feniletanol	98	22,94
29,33	1923	benzilcianid	94	25,43
29,59	1933	2-fenil-2-butenal	97	5,29
31,02	1988	2-[2-(dimetilhidrazono)propiliden]ciklohexanon	87	10,20

16. táblázat: A kínai Oolong tea azonosított komponensei (folyt.)

$t_R$ (min)	PTRI	Komponensek	Q%	Rel.int. %
31,56	2008	1-etil-3,5-diisopropil-benzén	92	14,93
33,12	2068	p-krezol	93	7,59
35,75	2169	4-vinil-2-metoxi-fenol	95	9,01
36,75	2207	metil antranilát	97	6,57
40,10	2336	4-(2,4,6-trimetilfenil)-bután-2-ol	91	11,54
		<b>Heterociklusos vegyületek</b>		
5,18	997	2-etil-furán	86	3,00
8,88	1139	1-etilpirrol	93	7,13
10,06	1185	2-pentil-furán	89	8,31
10,81	1213	dihidro-2-metil-3(2H)-furanon	91	2,39
10,95	1219	metilpirazin	90	7,57
12,53	1279	2,5-dimetil pirazin	97	21,49
12,82	1290	etilpirazin	95	6,59
14,34	1348	2-etil-6-metil-pirazin	91	5,09
14,53	1356	2-etil-5-metil-pirazin	93	11,64
14,94	1371	trimetilpirazin	94	10,39
16,35	1426	furfural	90	8,99
16,61	1435	2,5-dietilpirazin	90	4,55
17,66	1476	2-acetilfurán	94	11,68
19,71	1554	5-metilfurfural	91	14,33
20,83	1597	1-etil-2-formil pirrol	93	35,22
23,96	1717	2-metil 5H-6,7-dihidrociklopentapirazin	97	6,13
30,29	1960	2-acetilpirrol	91	17,48
32,22	2034	dihidro-5-pentil-2(3H)-furanon	93	8,86
36,21	2187	delta-dekalakton	87	13,35
37,59	2240	4-metiltiazol	98	74,27
40,99	2370	1H-indol	93	118,89
		<b>Nyítláncú alkoholok, aldehidek, ketonok, karbonsavak és észterek</b>		
4,64	975	ecetsav etilészter		5,50
4,88	986	3-metil-butanal		8,41
5,48	1009	pentanal		3,88
6,97	1066	hexanal		22,62
8,10	1109	1-penten-3-ol		7,65
9,04	1145	n-heptanal		3,38
9,04	1146	iso-amilalkohol		3,36
9,87	1177	(E)-2-hexenal		5,39
10,28	1193	1-pentanol		6,40
11,69	1247	oktanal		3,36
12,12	1264	(Z)-2-penten-1-ol		6,30
13,24	1306	1-hexanol		3,23
14,03	1337	(Z)-3-hexenol		3,63
14,68	1362	nonanal		7,34
15,78	1404	2-oktenal		5,19
17,59	1473	(E,E)-2,4-heptadienal		16,74
19,24	1536	1-oktanol		7,72
19,84	1559	(E,E)3,5-oktadién-2-on		6,11
26,70	1822	(E,E)-2,4-dekadienal		15,90
27,12	1838	hexánsav		170,22
29,92	1945	heptánsav		26,10
32,61	2049	oktánsav		53,07
34,88	2136	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon		15,57
35,17	2147	nonánsav		55,21
36,90	2213	hexadekánsav metilészter		13,25
38,97	2293	geránsav		57,60

A kromatogram csúcsgazdagsága, az azonosított komponensek nagy száma és az undekanol-1 belső standardra vonatkoztatott relatív intenzitása elárulja, hogy nagyon kedvező aromatulajdonságú mintáról van szó. A nagy biztonsággal azonosított komponensek 36 %-a terpén és terpénszármazék, 17 %-a tartozik a benzolgyűrűs vegyületek közé, 21 %-a heterociklusos vegyületek. Ezek mindegyike szekunder illatanyag, a levélben található prekursorokból alakulnak ki a gyártási technológia során egyrészt a levél még aktív enzimszere segítségével, másrészt a hőkezelés hatására. A fennmaradó, az alkotók számának 26 %-át kitevő nyíltláncú alkoholok, aldehidek, ketonok, karbonsavak és észterek csoportja részben a friss levélből megmaradó zöld, füves illat hordozó molekulái, részben szintén másodlagos aromaanyagok, melyek zsírsavak átalakulásából származnak.

A dihidroaktinidiolid a fermentált teák jellemző aromaanyaga,  $\alpha$ -iononból keletkezik az oxidáció során, tea-illatú molekula. A vizsgált minták közül az Oolongban detektálható a belső standardra vonatkoztatva legnagyobb mennyiségben.

Marker vegyületként azonosítható az Oolong teában a **delta-dekalakton**, amely őszibarackos, gyümölcsös illatú észter. A **metil-antranilát** is egyedüli komponens, szőlő és narancsvirág illatú észter. A furánok közül a **dihidro-2-metil-3(2H)-furanon** szintén csak a félig fermentált teában található meg, de a többi azonosított furán közül is az 5-metil-2-furánkarboxaldehid és a 2-acetilfurán ebben a teában volt a legnagyobb mennyiségben a belső standardra vonatkoztatva.

A pirrolok között is található marker vegyület: az **1-etilpirrol** (7,13 rel. int.%). Az 1-etil-2-formil-pirrol 35,22 rel.int.%-a az Oolong tea aromanyagának, ami 5-10-szerese a fermentálatlan és teljesen fermentált teának. A pirrolok Maillard reakcióval keletkeznek a fermentáció alatt, amely reakció optimális körülményeit a félig fermentált tea gyártása biztosítja.

A pirazinok szintén hő hatására keletkező vegyületek: Maillard-Strecker degradációval, aminosavak pirolízisével vagy más reakció úton jönnek létre. A teában azonosított komponensek közül a **metilpirazin** glükózamin, etanolamin vagy szerin pirolízisével keletkezik. A **2,5-dimetilpirazin** és a **trimetilpirazin** a treonin pirolízistermékei, mindhárom komponens marker vegyülete az Oolong teának. Szintén egyedüli komponens a **2,5-dietilpirazin** és a **2-metil-5H-6,7-dihidrociklopentapirazin**, ez utóbbi a sült kenyér illatát hordozó molekula. A még jelenlévő pirazinok valamennyien az Oolong teában mutathatók ki legnagyobb mennyiségben. Úgy tűnik, a pirrolok és pirazinok markáns aromakomponensei a félig fermentált teának, jól jellemzik illattulajdonságait.

A marker vegyületek tömegspektruma és szerkezeti képlete a Mellékletben látható (**M4**).

Az Oolong tea aromagazdagságát gyártástechnológiájának köszönheti. Ezeket a teákat nem törlik össze, óvatos rázással sértik fel a levélsejteket olyan mértékben, hogy az oxidációs folyamatok

a kívánt fokig végbemehessenek, az enzimek és szubsztrátok találkozása biztosítva legyen. A teafüvet mindig egész levél formájában hagyják meg, csak átsodrással alakítják ki formáját. Ennek a technológiának köszönhetően az aromaanyagokban bekövetkező veszteség lényegesen kisebb, mint akár a zöld, akár a fekete tea előállításánál. Emiatt lehet az Oolong teákat többször is kiáztatni (NOBOMUTO *et al.*, 1990).

## 5.2. Összehasonlító vizsgálatok

### 5.2.1. A fekete teák aromaösszetételének összehasonlítása

#### 5.2.1.1. A gázkromatográfiás mérések

Vizsgálataimban négy különböző helyről származó fekete teát hasonlítok össze: kínai, ceyloni és két eltérő termesztési helyről származó indiai mintát. Aromaanyagainak egyéni értékelését a dolgozat 5.1.2.1-5.1.2.4 fejezete tartalmazza.

A teák két különböző alfajhoz tartoznak: az indiai Assam és a Ceyloni fekete tea a *var. assam*, a kínai Keemun és az indiai Darjeeling pedig a *var. sinensis* alfajok képviselői. Az összehasonlítás lehetőséget nyújt a genetikailag azonos termesztett változatokhoz tartozó fajták összehasonlítására és annak felfedésére, hogy az eltérő termesztési hely, éghajlati adottságok befolyásolják-e az aromaanyagok kialakulását.

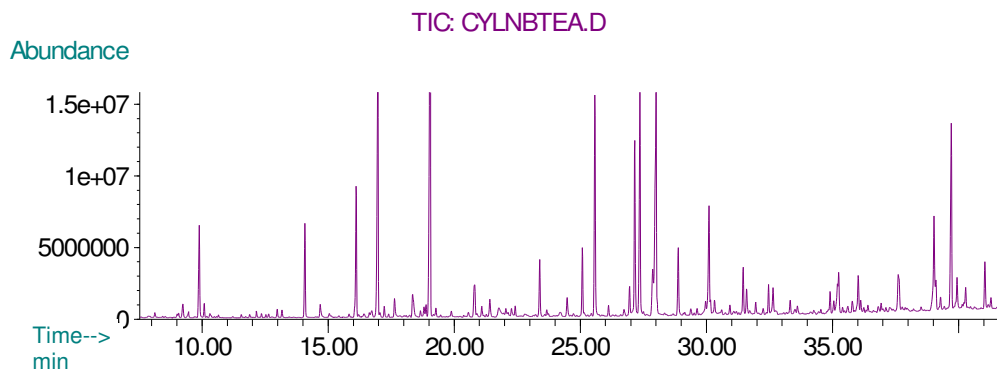
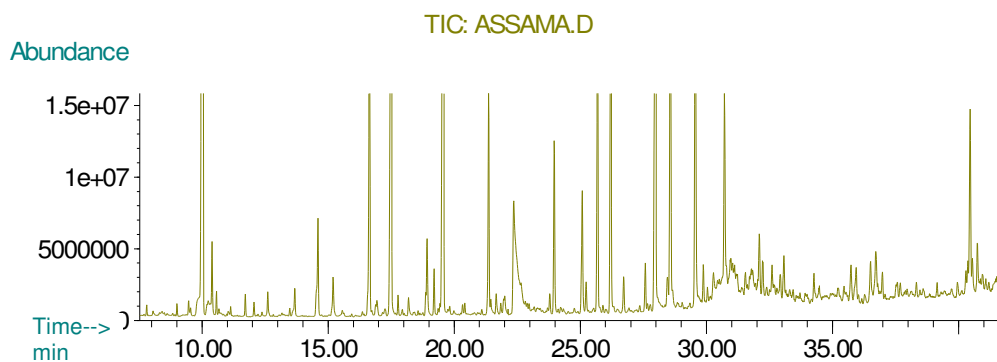
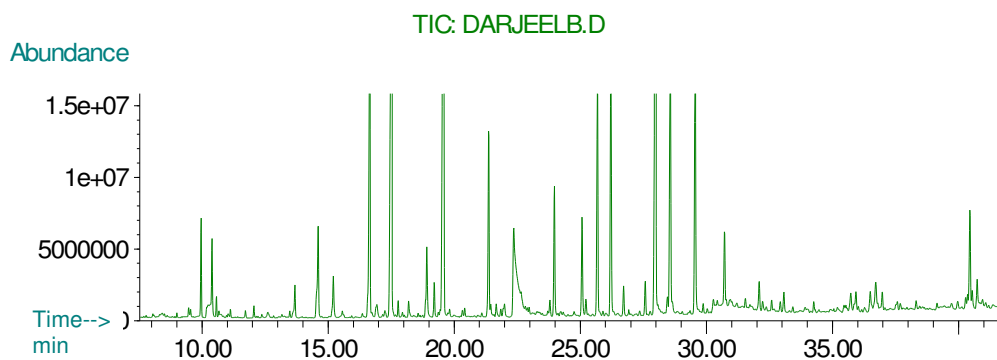
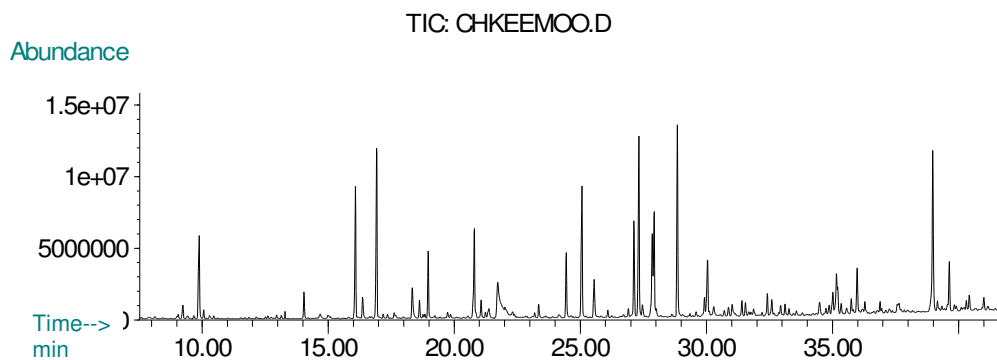
A kromatogramok összehasonlításával kezdem. A **22. ábra** a négy minta kromatogramját mutatja be. Az összehasonlítás megkönnyítése érdekében a tengelyeket azonos értékűre állítottam. Ez a Darjeeling tea kromatogramját eltorzítja, mert két komponens, a *2R,5R*-transz-linalool-oxid (PTRI:1450, rel.int.:442,0%) és a linalool (PTRI:1529, rel.int.:543,64%) csúcsa így nem látható teljes egészében, ugyanígy az Assam tea dl-limonén (PTRI:1164, re.int.:533,19%) tartalma sem, viszont ha megnöveljük az y tengely értékét, a minor komponensek „elvesznek”, a különbségek nem érzékelhetőek jól.

A szemrevételezés azt sugallja, hogy a vizsgált minták közül a kínai Keemun a legaromaszegényebb minta. A kínai fekete teák között azonban a Keemun nagyon jó minőségű, aranyérmes termék (1915-ben a Panam Pacific International Exhibition kiállításon nyert). A kromatográfiás csúcsok az aromaalkotók egymáshoz képesti arányát szemléltetik, melyet a mintaelőkészítés, az egyes komponensek illékonyasága és a választott oldószerben való oldódása is nagy mértékben befolyásol. Reálisabb összehasonlítást tesz lehetővé az aromaspektrumok képzése, melyek a belső standardra vonatkoztatott relatív értékek megadásával a mintaelőkészítés hibáját kiküszöbölik, és így az egyes alkotók relatív mennyisége egymáshoz képest már összehasonlíthatóvá válik (**23. ábra**).

A túl nagy relatív intenzitású alkotók ebben az esetben is megnehezítik a különbségek láthatóvá tételét, ez a probléma azonban csak a „nyomtatásban” jelentkezik, számítógépes értékeléskor nincs korlátja a tengelyek beállításának illetve az aromaszpektrumok egyes szakaszai külön-külön történő összehasonlításának, egymásba vetítésének.

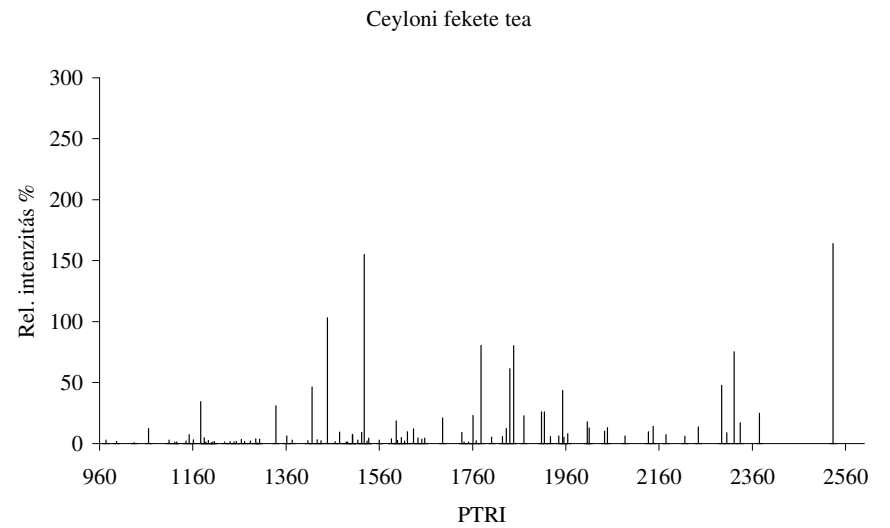
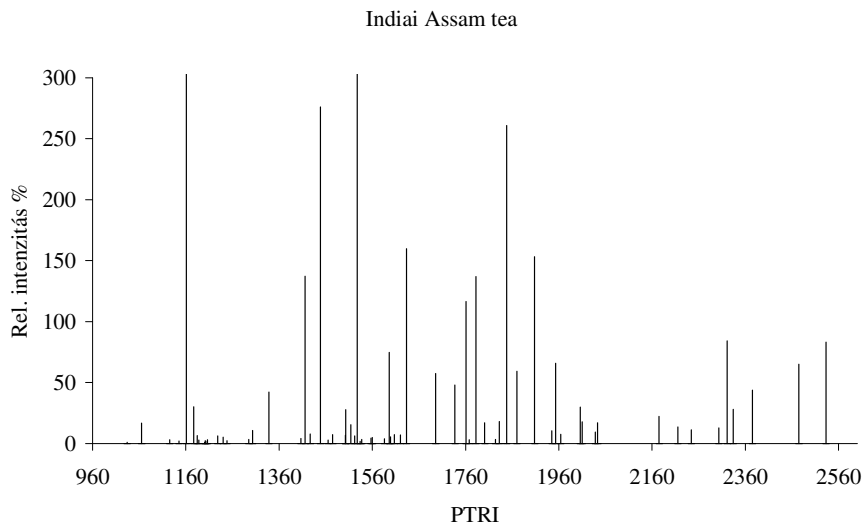
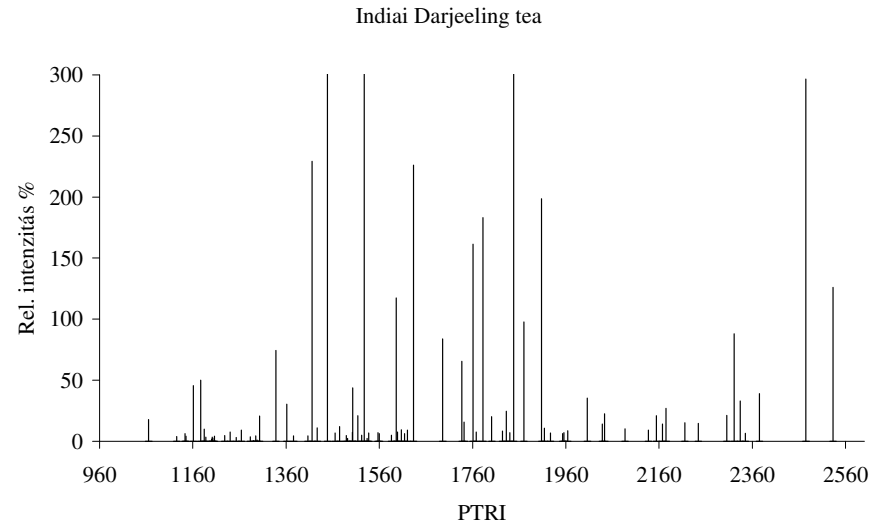
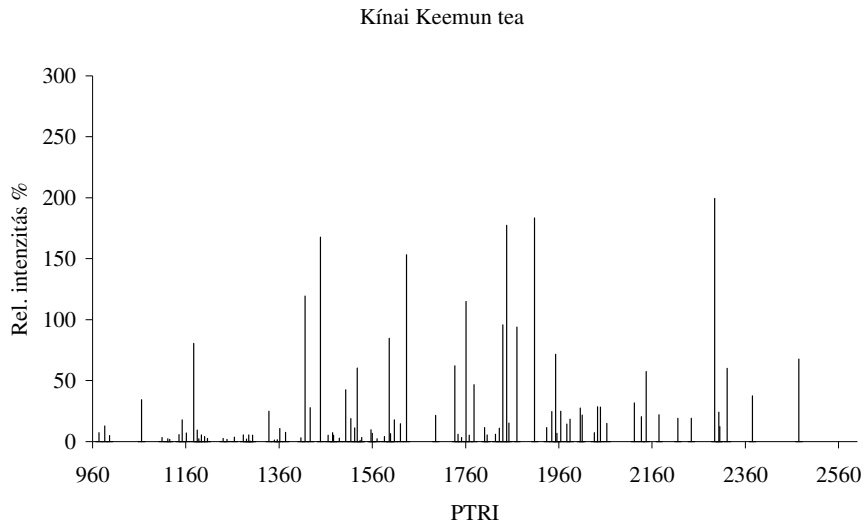
Az aroma spektrumok jól érzékelhetően jelzik a minták különbözőségét. A genetikai rokonság az alfajok között (var. *assamica* típusú Assam és Ceyloni, ill. var. *sinensis* típusú Darjeeling és Keemun) kevésbé szembetűnő, mint a termesztési hely okozta különbségek. Ismerve a teák sokszínűségét, ez az eredmény nem meglepő, vizsgálataim éppen ezért az aroma mintázat alapján történő különbségtétel lehetőségének felderítését célozták.

A spektrumokról nyilvánvalóvá válik az indiai teák aromagazdagsága. Az *x tengely* retenciós időről programozott hőmérsékleti retenciós index-szé (PTRI) történő átalakítása megkönnyíti a komponensek azonosítását és összehasonlítását a mintákban.



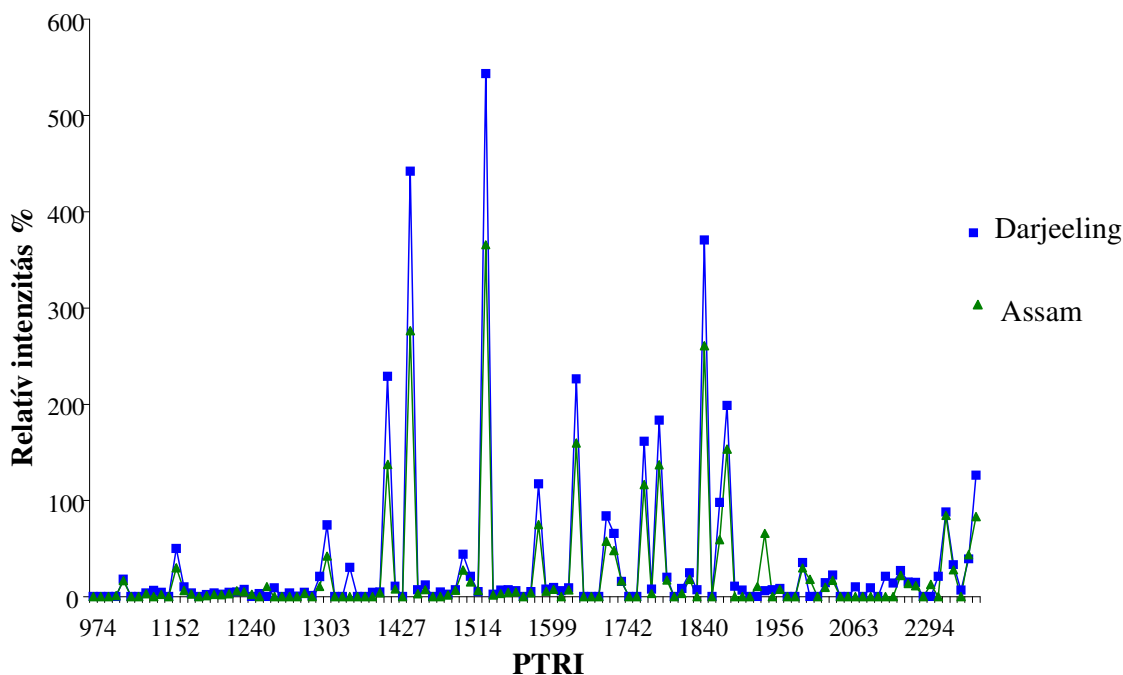
22. ábra: A Keemun, Darjeeling, Assam és Ceyloni fekete teák kromatogramjai





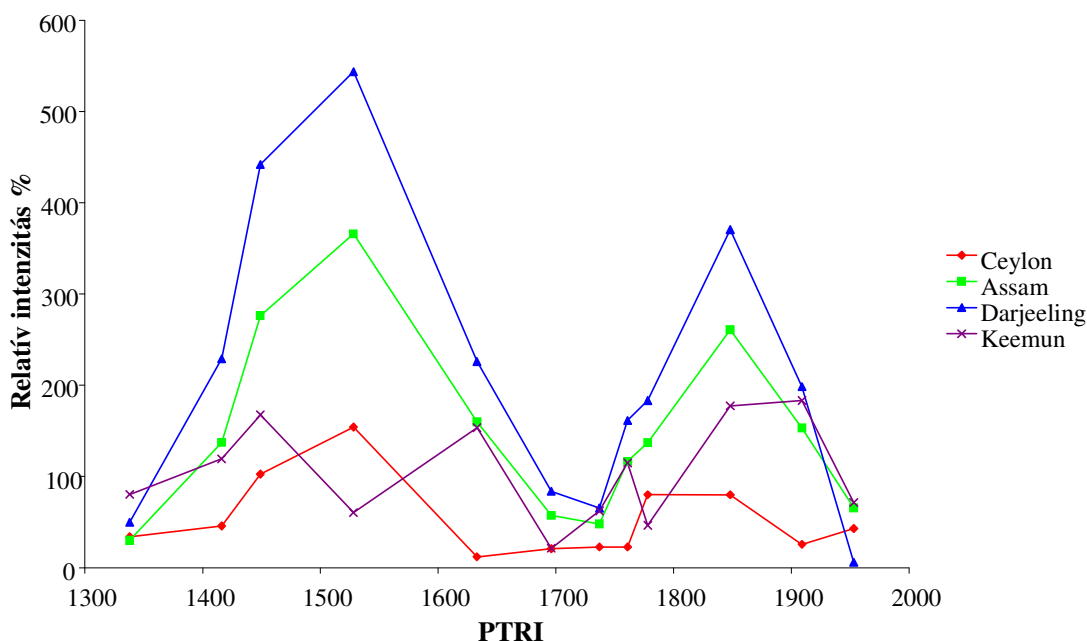
**23. ábra:** A fekete teák aromaszpektrumai

Érdekes a hasonlóság az Assam és Darjeeling teák esetében. Az Assam tea kiemelkedő mennyiségben tartalmaz limonént (533,44 rel.int.%). Ha ezt a komponenst kihagyjuk, a két tea aromaspektruma szinte fedésbe hozható. A spektrum mintázata nagyon hasonló, ugyanakkor a Darjeeling tea fölénye az egyes komponensek relatív intenzitásában szintén látható a **24. ábrán**.



**24. ábra:** Az indiai teák aromaspektrumának összehasonlítása

A kultivárok azonossága alapján azt várjuk, hogy a Ceyloni és Assam tea, illetve a Darjeeling és Keemun teák között találunk azonosságot a spektrummintában. A hasonlóság azonban a már említett két indiai tea, valamint a Ceyloni fekete tea között a nyilvánvalóbb. A mintázat azonos jellege leginkább az aromaspektrum első felében látható, az 1000-1700 PTRI-jű komponensek között. A spektrum „ívét” a következő komponensek adják: cisz-3-hexenol (1338), (2*S*,5*R*)-cisz-linalool oxid (1416), (2*R*,5*R*)-transz-linalool oxid (1449), linalool (1528), jácintin (1633), alfa-terpineol (1696). A második ív a (3*R*,6*R*)-transz-linalool-oxid (1737), (3*S*,6*S*)-cisz-linalool oxid (1761), metil-szalicilát (1778), geraniol (1848), 2-feniletanol (1909) és (*R*,*E*)-alfa-ionon (1953) komponensek pontjain húzódik. Ezek a komponensek a tealevél prekursoraiból származó, genetikailag meghatározott mennyiségben jelenlévő komponensek. A különbségek tehát a gyártástechnológia következtében kialakuló aromaanyagok mennyiségében vannak.



**25. ábra:** A fekete teák főkomponenseiből rajzolt aromaspektrumok

A spektrumok mintázata alapján a kínai tea válik el legjobban a többi fekete teától (**25. ábra**). Ezt okozhatja a termőhely távolsága az indiai-ceyloni termőhelyhez képest, és a feldolgozás különbözősége is.

Az aromaindex értékek jól tükrözik a teák aromajellegét. Minél nagyobb az index értéke, annál virágosabb, illatosabb, gyümölcsösebb jellegű a tea, hiszen ez a II. csoportba sorolt terpének és benzolgyűrűs vegyületek fölényét mutatja a nyíltlancú alkoholokkal, ketonokkal, karboxilsavakkal szemben, amelyek illatintenzitása sokkal gyengébb és a fekete teáknál nem kívánatos nyers, zöld fű illat létrehozói.

Az aroma index régiók szerint is változik. Az alacsonyabb tengerszint feletti magasság és magasabb hőmérséklet következtében a növekedés üteme gyorsabb, ezért az index alacsonyabb. Azok a tényezők, amelyek a termés mennyiségét fokozzák, mint pl. alacsonyabban fekvő termesztési terület, nitrogén műtrágyázás, metszés, rontják a fekete tea aromáját (MAHANTA *et al.*, 1988). Ez magyarázza a vizsgált Ceyloni fekete tea alacsony aroma indexét (2,70) a többi teához képest illetve a kultiváron belüli különbséget az Assam teához (6,75) képest.

A **17.táblázatban** a vizsgálataim során azonosított komponensek közül az OWOUR *et al.* (1986a) által javasolt komponenseket tüntettem fel és azokból számoltam ki az aroma indexet. A szakirodalomban található számolási módszerek azonban sok esetben más komponenseket vesznek figyelembe, így az indexek értéke is változik. RAVICHANDRAN és PARTHIBAN (1998) az első csoportba csak 8 (1-penten-3-ol, n-hexanol, n-hexanal, (Z)-3-hexenal, (Z)-2-hexenal, (Z)-3-hexenol, (E)-2-hexenol, pentanol), a másodikba pedig 10 komponenst (linalool és oxidjai, metilszalicilát,

fenilacetaldehid, geraniol, benzilalkohol, 2-feniletanol, benzaldehid,  $\alpha$ - és  $\beta$ -ionon) sorol be szemben Owour 25 illetve 17 komponensével. Owour a *Wickremasinghe-Yamanishi indexet* vette alapul az aroma index kialakításához, melynek értékeit szintén feltüntettem a táblázatban. Ez az index a linalool retenciós idejénél kisebb retenciós idejű komponensek csúcsalatti területének összege és a nagyobb retenciós idejű komponensek csúcsalatti területének összegéből számolt arány. Minél kisebb ez az arány, annál jobb minőségű a teafű. Az azonos kultivárból származó teafűveket összehasonlítva valóban a jobb minőségű Darjeeling (var. *sinensis*, W-Y: 2,92) és Assam (var. *assamica*, W-Y: 1,84) teák *Wickremasinghe-Yamanishi indexe* a kisebb. MAHANTA et al. (1988) a terpén és nem terpén komponensek arányával számol (*Mahanta index*). Megállapításával egyetértően az indiai teák esetében az Assam tea (0,52) Mahanta indexe kisebb, mint a Darjeeling-é (1,47) jelezve utóbbi virágosabb jellegét. Az index a levelek szedési állapotát is tükrözi. Minél zsengébbek a levelek szedéskor, annál több a terpénszármazék a belőlük készült teában.

A *Yamanishi-Botheju* arány a linalool/(E)-2-hexenal mennyiségének viszonya. Minél nagyobb az arány értéke, annál nagyobb mennyiségben tartalmaz a tea virágos, gyümölcsös, édes illatot hordozó komponenseket szemben a zöld, füves aromaalkotókkal. A mérési eredményeimből kiszámolt értékek: 10,88 és 9,07 az indiai teák kiváló minőségét bizonyítják.

Az aromaindexnek van azonban egy hibája. A komponensek kiválasztása és besorolása a csoportokba nem rögzített. Minél jobb a mintaelőkészítés, minél tökéletesebb az extrakció, minél több alkotót sikerül azonosítani, annál többet sorolhatunk az egyes csoportokba. Az index tehát csak azonos mintaelőkészítési és kromatográfálási körülmények között elemzett minták azonos komponens halmazának összehasonlítására alkalmas. Továbbá az aromaindex nem a komponensek mennyiségének, hanem azok arányának függvénye. Minden illó komponensnek más az érzékelési küszöbértéke, és csak ha mennyiségük meghaladja ezt az értéket, akkor vesznek részt az összhatás kialakításában. Az egyes komponensek fontossága az aroma kialakításában tehát valójában mennyiségük és küszöbkonzentrációjuk arányától függ.

A **17.táblázatban** feltüntettem a terpénindex értékeket is. A terpén index, amely a linalool és származékainak gázkromatográfias csúcsterületéből és a linalool és oxidjainak a geraniollal együtt képzett összegéből számolt hányados, a termesztett növény botanikai eredetéről ad útmutatást, a fajta eredetét hivatott igazolni (TAKEO, 1983a). Az irodalom szerint a *var. assamica* terpénindexe 1,0 közeli érték. A *var. assamica* és *var. sinensis* kultivárokból nemesített hibridek terpénindexe 0,1 és 1,0 közötti érték attól függően, hogy a nemesítés melyik varietas tulajdonságait hordozza nagyobb mértékben. Az Ázsiában termesztett teafajták jellemző terpénindexe ebbe az intervallumba esik. A *var. sinensis convar. forma-bohea*, melyet Taiwanon termesztenek, mutatja a legalacsonyabb értéket, 0,1 közelit (LISKENS, JACKSON, 1991). A vizsgált négy teafajta terpénindexe 0,74-0,84 közötti értékek. A *var. assamica* kultivárhoz tartozó Assam 0,84, a Ceyloni

17. táblázat: A fekete teák összehasonlítása

<b>PTRI</b>	<b>Komponensek</b>	<b>Ceylon</b>	<b>Kínai</b>	<b>Darjeeling</b>	<b>Assam</b>
1065	hexanal	12,28	34,21	17,85	26,57
1109	1-penten-3-ol	2,87	3,22	0	1,44
1145	n-heptanal	1,97	5,61	4,24	2,11
1152	iso-amilalkohol	7,11	17,87	0	15,68
<b>1177</b>	<b>(E)-2-hexenal</b>	<b>34,20</b>	<b>80,42</b>	<b>49,96</b>	<b>40,33</b>
1193	1-pentanol	2,43	5,48	0	3,62
1247	oktanal	1,07	1,78	0	2,27
1264	(Z)-2-penten-1-ol	3,38	3,71	9,12	2,14
1302	1-hexanol	3,69	4,99	20,83	10,58
1337	(Z)-3-hexenol	30,97	24,92	74,38	42,15
1360	nonanal	6,25	10,61	30,34	0
1404	2-oktenal	2,21	2,95	4,61	4,13
1473	(E,E)-2,4-heptadienal	9,48	0	12,08	7,14
1501	(Z,E)3,5-oktadién-2-on	7,01	0	7,38	6,62
1536	1-oktanol	4,27	3,42	6,86	3,19
1560	(E,E)3,5-oktadién-2-on	2,87	6,63	6,10	4,87
1651	1-nonanol	3,69	0	0	9,24
1657	cisz-3-hexenil hexanoát	4,37	0	0	0
1822	(E,E)-2,4-dekadienal	5,79	5,84	8,36	3,24
1838	hexánsav	61,42	95,71	7,07	10,34
1946	heptánsav	6,32	24,62	0	10,43
2048	oktánsav	13,01	28,13	0	18,72
2135	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	9,60	20,36	9,23	17,73
2147	nonánsav	14,13	57,39	0	28,19
2213	hexadekánsav metilészter	5,91	18,95	15,13	13,49
	<b>Summa VFC I</b>	<b>256,29</b>	<b>251,00</b>	<b>283,54</b>	<b>284,22</b>
1415	(2S,5R)-cisz-linalool oxid	46,04	119,50	229,07	137,21
1447	(2R,5R)-transz-linalool oxid	102,65	167,74	442,00	276,28
1501	benzaldehyd	7,01	42,44	43,75	27,67
<b>1527</b>	<b>linalool</b>	<b>154,28</b>	<b>60,44</b>	<b>543,67</b>	<b>365,81</b>
1618	beta-ciklocitrál	9,60	21,44	9,08	6,97
1631	fenilacetaldehyd	12,01	153,38	226,22	159,75
1694	alfa-terpineol	20,85	21,44	83,83	57,39
1736	(3R,6R)-cisz-linalool oxid	8,86	62,28	65,43	47,90
1758	(3S,6S)-cisz-linalool oxid	22,73	114,89	161,40	116,52
1778	metil szalicilát	80,20	46,69	183,24	137,12
1846	geraniol	79,92	177,47	370,55	260,82
1866	benzilalkohol	22,73	93,95	97,79	59,25
1904	2-feniletalalkohol	25,73	183,52	198,58	153,25
1951	alfa-ionon	43,18	71,55	6,10	65,70
2003	epoxi-béta-ionon	17,73	27,39	35,46	29,72
2043	nerolidol	10,15	28,38	22,47	16,98
2293	geránsav	28,29	199,48	0	0
	<b>Summa VFC II</b>	<b>691,96</b>	<b>1591,98</b>	<b>2718,64</b>	<b>1918,33</b>
<b>Aromaindex</b>		<b>2,70</b>	<b>6,34</b>	<b>9,59</b>	<b>6,75</b>
<b>Yamanishi Borheju arány (linalool/(E)-2-hexenal)</b>		<b>4,51</b>	<b>0,75</b>	<b>10,88</b>	<b>9,07</b>
<b>Terpén index</b>		<b>0,81</b>	<b>0,77</b>	<b>0,81</b>	<b>0,84</b>
<b>Mahanta (terpén/nem terpén)</b>		<b>1,52</b>	<b>0,78</b>	<b>1,47</b>	<b>0,52</b>
<b>Wickremasinghe-Yamanishi</b>		<b>3,34</b>	<b>2,96</b>	<b>2,92</b>	<b>1,84</b>

0,81 terpénindexű, míg a *var. sinensis* Darjeeling fajája 0,81, a Keemun pedig 0,77 terpénindex értékűek. A Keemun legalacsonyabb terpénindexe azzal is magyarázható, hogy ez a Kínában termesztett fajta a *var. sinensis convar. forma-bohea* típushoz tartozik. A kromatográfiai aromaszpektrumok hasonlósága jól tükrözi a terpénindex értékeket az Assam, a Ceyloni és a Darjeeling fajták aromaképének hasonlóságában illetve a Keemun tea eltérő mintázatában.

Korábbi tanulmányok szerint a terpénindex állandó érték, nem függ a termesztési körülményektől, a feldolgozás módjától. Azonban bebizonyosodott, hogy a szedési idő, a levelek kora befolyásolja az értékét (OWOUR *et al.*,1987). A teanövény érése befolyásolja annak kémiai összetételét. A lipidtartalom az érés során nő, ezért a belőle keletkező aroma komponensek mennyisége (VFC I) is növekszik. A VFC II csoport változása nem egységes. A linalool és oxidjai, a metilszalicilát és a geraniol drasztikusan csökkennek a szedési intervallum kitolásával, a benzaldehid és a fenilacetaldehid mennyisége viszont nő. Ez befolyással van a terpén index értékére. Összességében az aroma-index is meredeken csökken az egyre érettebb növény szedéséből készült teafű esetén. Meg kell határozni tehát azt az optimális szedési időt, amely a tealevél kémiai összetételében a legjobb minőséget biztosítja. Indiában 7-10 naponta történő szüretet alkalmaznak.

18. táblázat: A vizsgált fekete teák fő komponenseinek relatív intenzitás %-a

Teafajták	varietas	linalool+oxidok	geraniol+geránsav	benzilalkohol	2-feniletanol	Összes
		rel.int. %	rel.int. %	rel.int. %	rel.int. %	rel.int. %
Assam	<i>v.assamica</i>	943,72	260,82	22,73	153,25	1380,52
Ceylon	<i>v.assamica</i>	334,56	108,21	59,25	25,73	527,75
Darjeeling	<i>v.sinensis</i>	1441,57	370,55	97,79	198,58	2108,49
Keemun	<i>v.sinensis</i>	464,41	376,95	93,95	183,52	1118,83

A 18. táblázat a fajták közti különbséget szemlélteti a fő komponensek tekintetében. A *var. sinensis* rendelkezik gazdagabb aromával, a komponensek száma és relatív intenzitásuk tekintetében is. A fekete teák virágos, gyümölcsös, harmonikus illatvilágát elsősorban a terpének hozzák létre, közülük is a linalool és oxidjai bírnak döntő jelentőséggel. Mellettük a benzilalkohol és 2-feniletanol azok a komponensek, amelyek rózsas illatukkal, mézes, gyümölcsös jellegükkel emelik a teák értékét. Ezeknek a komponenseknek a mennyisége genetikailag meghatározott a kultivároknak, a fajták megkülönböztetésére is szolgálnak (TAKEO, 1983b). A *var. assamica* összetételében meghatározóak a linalool-származékok és 2-feniletanol. A *var. sinensis* gazdagsága, rendkívül határozott rózsas illata a magas geraniol és geránsav tartalomnak köszönhető. A kiemelt komponensek összes relatív intenzitás értéke mutatja, hogy a termesztési hely és feldolgozási módbeli különbségek a fajtákon belül milyen eltérő értékek kialakulásához vezetnek. A Darjeeling tea minden tekintetben a legjobb minőségűnek mondható, ezt valamennyi értékelési módszer

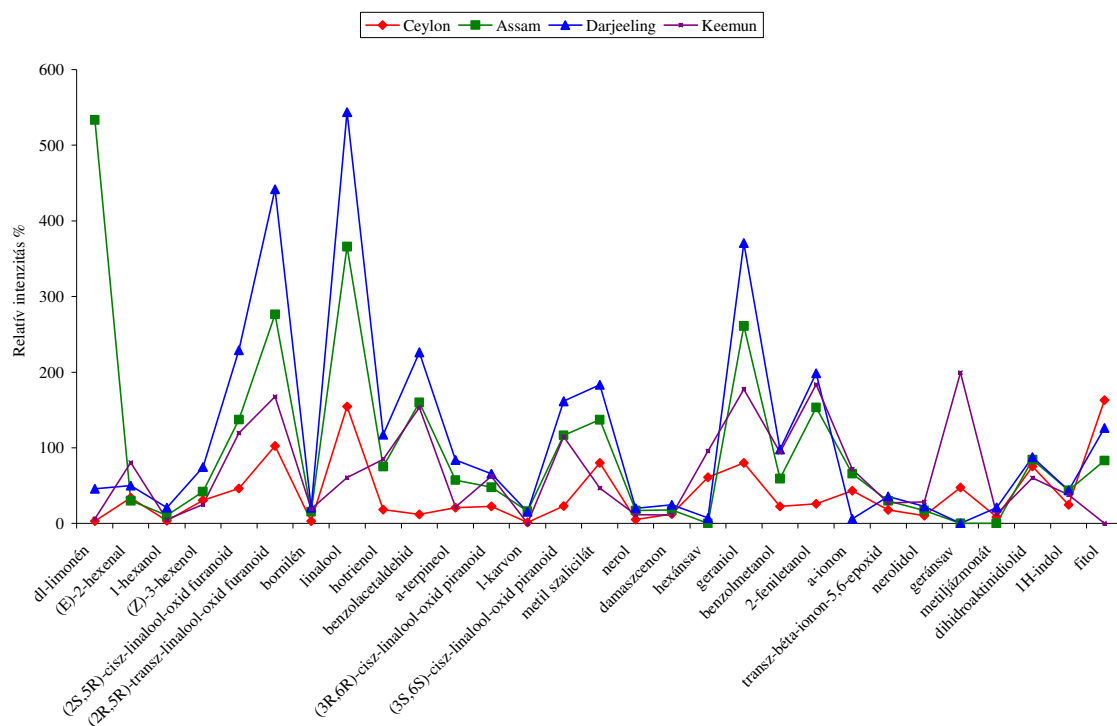
alátámasztotta. Az azonos alfajhoz tartozó kínai Keemun tea sem véletlen, hogy a kínai teák közül a legkeresettebb fekete tea a piacon. Linalool tartalmában ugyan elmarad a Darjeeling-hez képest, de a komponenseinek rózsás és orchidea illata, fenyős, gyümölcsös beütéssel az ínycsikfogyasztók számára kedvelté teszi.

A *var. assamica* virágillatát a linalool és oxidjai hozzák létre. Az azonos alfajhoz tartozó Ceyloni fekete tea aromagazdagsága messze elmarad az indiai Assam teához képest, de a másik két fekete teától is. Ennek okai elsősorban a termesztési körülményekben, földrajzi fekvésben kereshetők.

A mintákban azonosított fontosabb közös komponenseket a **19.táblázatban** mutatom be, a közös komponensekből rajzolt aromaspektrumok a **26. ábrán** láthatók.

19. táblázat: A fekete teákban azonosított közös komponensek

Közös komponensek	Ceylon	Assam	Darjeeling	Keemun
dl-limonén	3,06	533,44	45,69	6,09
(E)-2-hexenal	34,03	30,02	49,96	80,42
1-hexanol	3,69	10,58	20,83	5,0
(Z)-3-hexenol	30,88	42,15	74,38	24,92
(2S,5R)-cisz-linalool-oxid furanoid	46,04	137,28	229,07	119,5
(2R,5R)-transz-linalool-oxid furanoid	102,65	276,4	442,0	167,74
bornilén	2,88	15,41	21,03	18,81
linalool	154,28	365,98	543,67	60,44
hotrienol	18,44	74,87	117,26	84,76
benzolacetaldehid	12,01	159,83	226,22	153,38
$\alpha$ -terpineol	20,85	57,39	83,83	21,44
(3R,6R)-cisz-linalool-oxid piranoid	22,73	47,9	65,43	62,28
l-karvon	1,31	16,27	15,57	0
(3S,6S)-cisz-linalool-oxid piranoid	22,83	116,58	161,4	114,89
metil szalicilát	80,2	137,12	183,24	46,69
nerol	5,12	17,1	20,05	11,5
damascenon	12,35	17,94	24,77	10,94
hexánsav	61,05	0	7,07	95,71
geraniol	79,92	260,82	370,55	177,47
benzolmetanol	22,73	59,25	97,79	93,95
2-feniletanol	25,73	153,32	198,58	183,52
$\alpha$ -ionon	43,18	65,73	6,1	71,55
transz-béta-ionon-5,6-epoxid	17,86	29,72	35,46	27,39
nerolidol	10,23	16,98	22,47	28,38
geránsav	47,47	0	0	199,49
metiljázmonát	8,78	0	21,13	12,31
dihidroaktinidiolid	75,29	84,28	87,97	60,12
1H-indol	24,73	43,72	43,72	37,78
fitol	163,16	83,16	125,98	0



**26. ábra:** A fekete teák közös komponenseiből rajzolt aromaszpektrumok

### 5.2.1.2. Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálat komoly próbatétel volt a bírálók számára. A hazai teafogyasztási szokásoktól eltérően ízesítés nélküli teaital bírálatát kellett elvégezni. A nemzetközi szabvány (ISO-3103) előírta mintaelőkészítési módszert (2 g teafű 6 percig történő áztatása 100 cm<sup>3</sup> forró vízben) a régi magyar szabvány (MSZ 20684-80) szerint módosítani kellett 1 g/100 cm<sup>3</sup> forrázatra, mert a nemzetközi előírás szerint készült italok annyira keserű, fanyar forrázatot adtak, amelyek nem voltak számunkra értékelhetőek. Még az így készült italok is nagyon nehezen különböztethetők meg egymástól, a keserű ízhatás annyira elnyom minden más érzetet, hogy az egyes tulajdonságokban várt eltérések nem válnak érzékelhetővé.

Sajnos az illattulajdonságokban sem tapasztalták a bírálók az általam remélt különbözőségeket. Tíz illattulajdonságot határoztunk meg a nemzetközi gyakorlatból vett bírálatok alapján: globális illat, édes, savanyú, keserű, citrusos, friss virágos, széna, zöld frissen vágott fű, kénes és füstös égett illat. A bírálat megkönnyítése érdekében a kínai Keemun tea értékeit minden tulajdonságra rögzítettük a bírálat megkezdése előtt a bírálók megállapodása szerint (például a globális illatra 70 pontot állapítottak meg a bírálat vezetőjének segítségével), ehhez képest történt a többi minta értékelése. Emögött az a megfontolás állt, hogy a kínai fekete tea mindkét vizsgálati



csoportban jelen volt, és így ennek értékeit állandónak véve a többi minta tulajdonságai közötti eltérés határozottabbá válik.

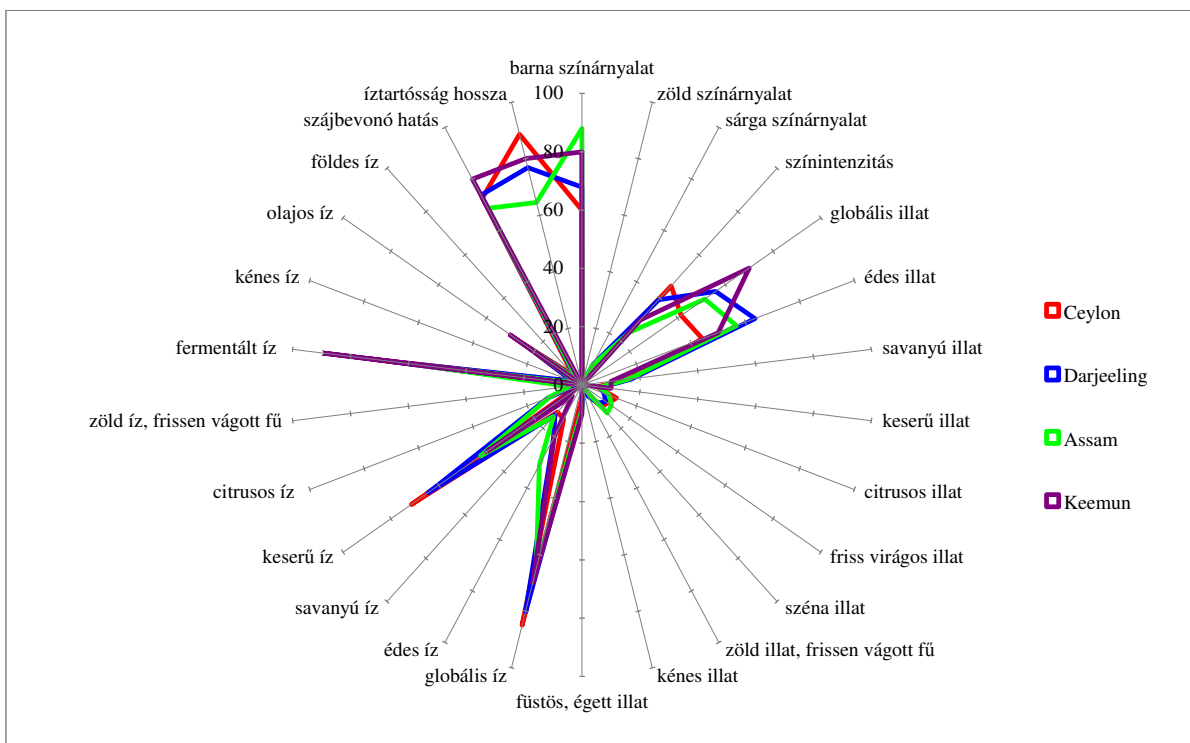
Az érzékszervi bírálók nem tudtak szignifikánsan különbséget tenni a fekete teák egyes illattulajdonságai között. „Globális illathatás” tekintetében a kínai fekete tea kapta a legmagasabb pontszámot, és ebben az esetben a különbség is szignifikáns volt a ceyloni és kínai Keemun tea között 99 %-os valószínűségi szinten, illetve az indiai Assam és a kínai Keemun tea között 95 %-os valószínűségi szinten (**20.táblázat**).

20. táblázat: Fekete teák globális illat tulajdonságának félmátrixa

globális illat	sd(5%)= 16,50		sd(1%)= 22,13	
	Ceylon	Darjeeling	Assam	Kína
Ceylon	-	nincs	nincs	1%
Darjeeling	14,5	-	nincs	nincs
Assam	9,9	4,6	-	5%
Kína	<b>28,5</b>	14	<b>18,6</b>	-

Ha az egyes illattulajdonságokat külön-külön próbáljuk értékelni, abból kiderül, hogy ez a globális illathatás az erőteljesebb fermentált, füstös, kesernyész illatnak köszönhető. A kedvező citrusos, virágos, édes illat, melyet a szekunder aromakomponensek hoznak létre, nem szignifikánsan, de az indiai és ceyloni teákban kapta a nagyobb pontszámot. Ugyanígy a friss vágott fű és széna illat esetében. Az íz tekintetében is hasonló eredmények születtek. A globális ízhatás és keserű íz tulajdonságokban tudtak szignifikáns különbséget tenni a bírálók a teák között (Melléklet: **M6**). A finomabb ízhatásokban azonban nem találtak különbséget. A kínai Keemun tea fermentált ízében itt is a legmagasabb pontszámot kapta, de nem szignifikáns a különbség.

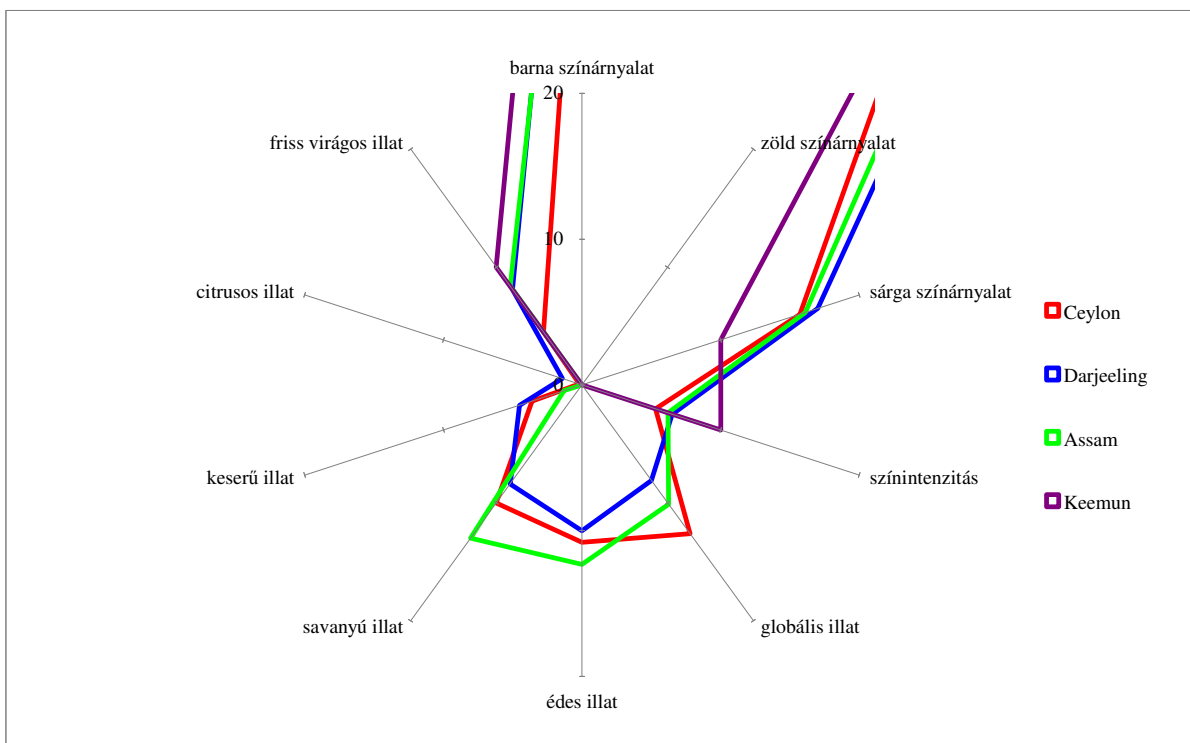
Ismerve a hazai teafogyasztási szokásokat ezek az eredmények nem meglepőek. Magyarországon nagyobb kedveltségűek az ízesített, cukros, citromos teák és talán még az ízesített gyümölcssteák is, mint az önmagában fogyasztott, ízesítés nélküli teaitalok. A teák érzékszervi bírálata külön tudomány, sok éves tapasztalattal végzik szakemberek a nemzetközi teapiacokon. A műszeres teavizsgálatok éppen az ő feladatukat próbálják megkönnyíteni vagy pótolni, hogy egzaktabb, szubjektivitástól mentes értékelési módszer álljon rendelkezésre a gyártásközi ellenőrzésre és a végtermék értékelésére egyaránt.



**27. ábra:** A fekete teák érzékszervi profilja

A **27. ábrán** bemutatom a minták profilanalízisének eredményeképpen kapott összesítő képet. Az illatra vonatkozó tulajdonságokat felnagyítva ábrázolom a **28. ábrán**. A globális illat és az édes illat rögzített pontszámai 70 és 50 voltak, ennek megfelelően valamennyi minta magas pontszámot kapott, mivel különbséget nehezen érzékelték a bírálók. Ezeket az értékeket kihagytam az ábra készítésekor, hogy a többi kisebb pontszámú tulajdonságban tapasztalható különbségek láthatóak legyenek. A megállapított pontszámok alapján nincs szignifikáns differencia a minták között, a szemrevételezés azonban összevethető a minták aromaszektrumával. A Ceyloni, Assam és Darjeeling minták rajzolata nagyon hasonlít egymáshoz, míg a Keemun vonala eltér a többi teától.

A minősítés többi szempontjából nézve az íztartósságban, színintenzitásban és barna színárnyalatban szintén szignifikáns különbség volt kimutatható a teák között. E tulajdonságokra vonatkozó táblázatok a Mellékletben találhatóak (**M5**).



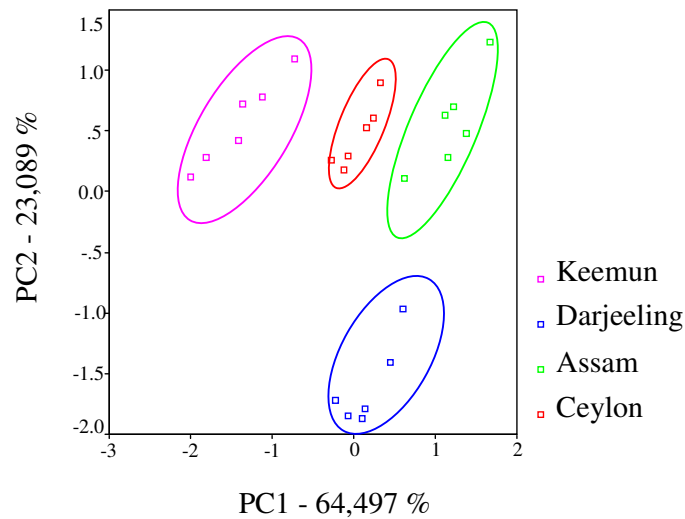
**28. ábra:** A fekete teák illattulajdonságainak érzékszervi profilja

### 5.2.1.3. Elektronikus orr vizsgálatok

A műszerrel először a teafüvek vizsgálatára került sor 25 °C-on, majd 55 °C-on. A mérések során a 23 szenzor által adott jelválaszt főkomponens- (NST Senstool Version 2.7.4.27.) és diszkriminancia-analízissel (SPSS 11.0) dolgoztam fel.

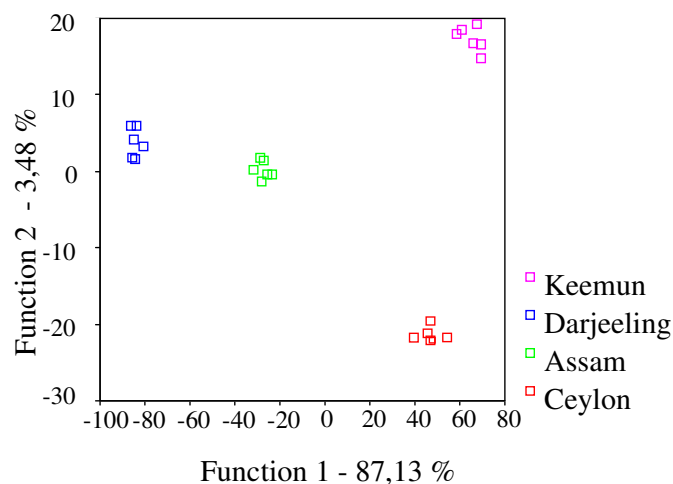
A főkomponens analízissel a vizsgált minták teljeskörű jellemzésére nyílik lehetőség. Ezen iterációs statisztikai módszer jellemzője, hogy a mintákat a tulajdonságok számával megegyező dimenziójú térben helyezi el. Ezt követően megkeresi azt a két fő komponens, melyek az összes dimenzió által hordozott információ legnagyobb hányadát adják vissza. A két fő komponens által meghatározott koordináta-rendszerben egymáshoz közel elhelyezkedő minták hasonló karakterűek, míg a távolabb került minták eltérő jellegűek.

A 25 °C-on végzett vizsgálat eredménye a **29. ábrán** látható. A 25 °C-on végzett elektronikus orr vizsgálat a képzett első főkomponens mentén átfedés nélkül képes elkülöníteni a kínai, ceyloni és indiai teákat egymástól. A két indiai tea, az Assam és a Darjeeling a második főkomponens alapján válik el megbízhatóan.



**29. ábra:** A fekete tea fűvek pontjainak elhelyezkedése az első két főkomponens által meghatározott vetítési síkon (25 °C-on végrehajtott mérés)

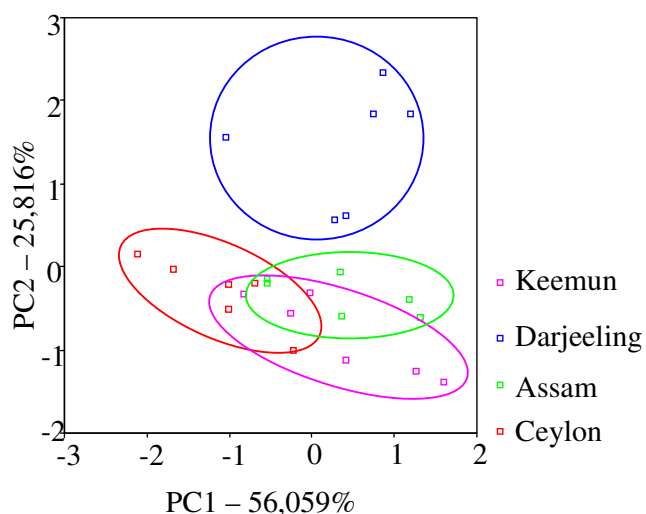
A minták közötti illatkülönbség kimutatására diszkriminancia elemzést is végeztem. A diszkriminancia elemzés különbséget tesz a csoportok közt, úgy választja szét az adatokat, hogy a csoporton belüli szórás a lehető legkisebb legyen a csoportok közötti szóráshoz képest. Az analízis eredményeképpen a minták tökéletesen elkülönülnek (**30. ábra**). Az ábrán a *function 1 és 2* jelöli azokat a mesterséges változókat, amelyeket a kiértékelő program hoz létre, hogy az egyes mérési csoportok között a maximális különbség adódjon. A vizsgálat diszkriminancia analízisének tévesztési (klasszifikációs) matrixa a Mellékletben található (**M6**).



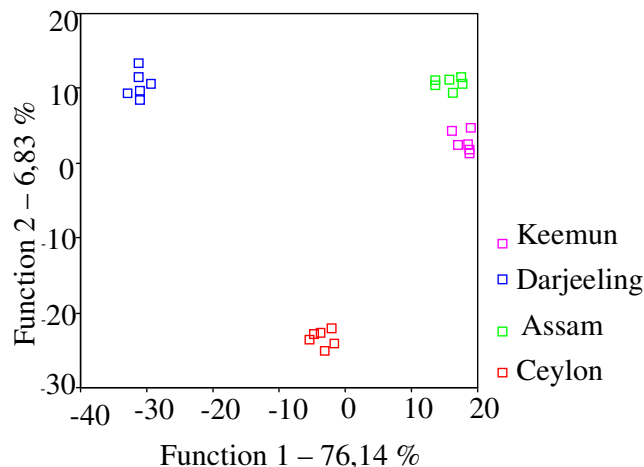
**30. ábra:** A fekete tea fűvek minőségpontjainak elhelyezkedése a diszkriminancia térképen (25 °C-on végrehajtott mérés)

Az 55 °C-on végzett vizsgálat hasonló eredményt hozott (Melléklet: **M6**). A minták elhelyezkedése az ábrákon összefüggésbe hozható a gázkromatográfiás vizsgálatok eredményével. Az indiai Assam és Darjeeling teák hasonlósága aromaképük alapján bebizonyosodott (**24. ábra**), elhelyezkedésük a **30. ábrán** alátámasztja a korábbi eredményt. A Ceyloni fekete tea az Assam teával „rokon”, mindkettő a *var. assamica* kultivárhoz tartozik. Minőségpontjaik mindkét statisztikai értékelés szerint közel esnek egymáshoz. A Kínai Keemun elkülönülése a diszkriminancia analízis alapján szintén megfelel az aromaképeknek (**25. ábra**). A kapott eredmények tehát alátámasztják a gázkromatográfiás méréseket.

A teák ital formájában történő vizsgálata is hasonló eredményre vezetett, bár a főkomponens analízis önmagában nem tudta egyértelműen elkülöníteni a mintákat. A **31. ábrán** a 25°C hőmérsékleten végzett mérések adatainak az első és második főkomponens szerinti elhelyezkedése látható. Ebben az esetben az első tényező az összes variancia 56,06 %-t, a második tényező a 25,81 %-t írja le. A teaitalok a második főkomponens mentén mutatnak bizonyos mértékű elkülönülést. Itt is a Darjeeling tea válik el a többitől. Kiemelkedő minőségét minden mérési módszer alátámasztja. A különbségek megtalálása a diszkriminancia analízis segítségével egyértelműbb (**32. ábra**). A diszkriminancia analízis során a kevés mintaszámra való tekintettel keresztvalidációt végeztem. Az összes jelválasszal történt számítás esetén az értékelés az eredeti csoportokba 100 %-os biztonsággal sorolta be a mintákat, a keresztvalidáció során 25 °C-on 91,7 %, 55 °C-on 75,0 %-os biztonsággal sorolta be a mintákat a megfelelő csoportba. A diszkriminancia analízisek klasszifikációs matrixa a Mellékletben (**M7**) látható. Ezek az értékek a minták egyértelmű elkülöníthetőségét jelentik.



**31. ábra:** A fekete tea italok pontjainak elhelyezkedése az első két főkomponens által meghatározott vetítési síkon (25 °C-on végrehajtott mérés)



**32. ábra:** A fekete tea italok minőségpontjainak elhelyezkedése a diszkriminancia térképen (25 °C-on végrehajtott mérés)

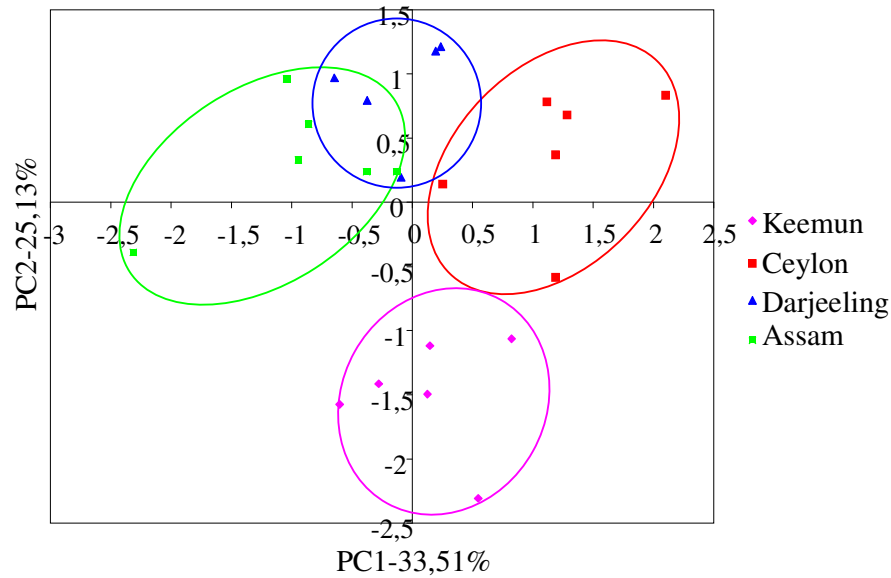
A teafűvel és -ittalal végzett elektronikus orr vizsgálatokat összehasonlítva megállapítható, hogy a füvekből származó illékony komponensek alkalmasabbak az elektronikus orr vizsgálat alapján történő elkülönítésre. Ezek a komponensek a legalacsonyabb forráspontú, azaz legillékonyabb összetevői az aromaanyagoknak, melyek head space mintaelőkészítő módszerrel kinyerhetők a teákból. További vizsgálatok elvégzését teszi szükségessé annak megállapítása, hogy azonos termőhelyről származó vagy azonos alfajhoz tartozó teák esetében ezek az aromaanyagok elegendőek-e a különbségek kimutatására. A teaital esetében a gőztérből vett illatanyagok alapján kisebb biztonsággal különböztethetjük meg a mintákat egymástól.

#### 5.2.1.4. Elektronikus nyelv vizsgálatok

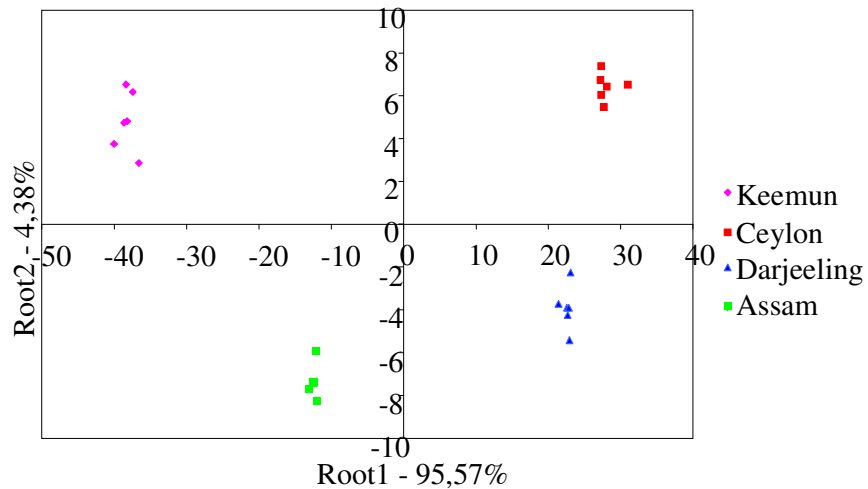
Az elektronikus nyelv vizsgálatokat a műszer tulajdonságainak megfelelően teaitalból végeztük. Az eredmények értékelése a STATISTICA program segítségével főkomponens analízissel és diszkriminancia analízissel történt. Ezek közös jellemzője, hogy az egyes szenzorokról érkező intenzitás értékekből nyert hét dimenziós adatfelhőt jól látható és ábrázolható két- vagy háromdimenziós eredménnyé redukálják. További előnyük, hogy az adatfúzió során nem történik lényeges információvesztés.

A különböző származási helyű fekete teák mérésének főkomponens analízissel nyert eredményeit a **33. ábra** mutatja. Az értékelés során a kilenc párhuzamos mérés eredményeiből a kiugró értékeket kiemeltük, majd a maradó hat értékre az analízist újra elvégeztük, az így kapott pontok láthatók az ábrán. Az első főkomponens mentén a minták átfedik egymást, a második főkomponens mentén a kínai Keemun tea pontjai különülnek el a többitől.

A mérési eredményekre elvégezve a diszkriminancia analízist látható, hogy ez a statisztikai módszer meg tudja különböztetni egymástól a teákat (**34. ábra**). Az első diszkrimináns változó tartalmazza az információ 95,57 %-át, mely alapján az egyes minták szignifikáns különbséget mutatnak. A helyes csoportba sorolást keresztvalidációval ellenőriztük, melynek során minden tea a saját csoportjába került, tehát a program modellépítése sikeres, az elkülöníthetőséget az ellenőrzés 100 %-ban alátámasztotta (Melléklet: **M8**)



**33. ábra:** A fekete teák elkülöníthetősége főkomponens analízissel



**34. ábra:** A fekete teák elkülöníthetősége diszkriminancia elemzéssel

Az érzékszervi bírálókat eredményei jól megfeleltethetők az elektronikus nyelv vizsgálattal kapott értékelésnek. A bírálók pontozása alapján 99 %-os valószínűséggel különbözik egymástól a Ceyloni és Assam tea, a Ceyloni és Keemun tea, valamint a Darjeeling és Assam tea *globális íztulajdonságban (M5)*. A műszeres mérés az első diszkrimináns változó mentén legtávolabbra helyezi egymástól a Ceyloni és Keemun teákat, illetve mindkét változó értékeit figyelembe véve a Ceyloni és Assam teákat. A két indiai tea az első 'root' szerint válik el egymástól. Az elektronikus nyelv tehát alkalmas lehet a teák íz alapján történő megkülönböztetésére.

## **5.2.2. A különböző fermentáltságú teák összehasonlítása**

### **5.2.2.1. A gázkromatográfiai mérések**

A teák csoportosítása fermentációs fokuk alapján történik: fermentálatlan zöld teák, félig fermentált Oolong teák és teljesen fermentált fekete teák, melyek a világ teatermelésében 24%, 1% és 75 %-ban vesznek részt. Az Oolong teák iránt folyamatosan nő a kereslet különleges aromájuknak és ízviláguknak köszönhetően, ennek megfelelően piaci értékük is jóval magasabb, mint a zöld és fekete teáké. A kereskedelem azonban még napjainkban is csak az érzékszervi szakértők véleményére hagyatkozik, amely nem biztosítja a kereskedelem tisztaságát, az árképzés egzaktosságát. Mivel a „fermentáció” a katechinek oxidációjával is jár, a fermentáció foka nyomonkövethető a katechinek és oxidációs termékeik, a teaflavinok és tearubiginok vizsgálatával. A minőségi azonosítás folyadékromatográfiával történik, a mennyiségi mérésre spektrofotometriás módszer áll rendelkezésre a teavizsgáló laboratóriumokban. A vizsgálatokat azonban időigényes és többlépcsős extrakciós módszer előzi meg, a spektrofotometriás módszer specifikussága is megkérdőjelezhető, a fermentáció fokát kimutató standard módszer kidolgozására a tearubigin illetve teaflavin tartalom meghatározása nem tűnik alkalmasnak (WANG *et al.*, 2008).

A fermentációt eredetileg a tea ízének és aromájának növelése céljából alkalmazták. Kézenfekvő tehát, hogy az oxidációs folyamat, azaz a fermentáció mértéke az aromaanyagok összetételében bekövetkező változással is nyomonkövethető. Erre tettem kísérletet a különböző fermentáltságú fokú, kínai eredetű teák aromaanyagainak gázkromatográfiai vizsgálatával.

A teák egyéni értékelése a dolgozat 5.1.2. fejezetében található. A mérések értékelését a kromatogramok bemutatásával kezdem. A kromatogramok tengelyértékeit azonosra állítottam a jobb összehasonlíthatóság érdekében (**35. ábra**). A Melléklet **M9. ábrája** a teljes kromatogramot két részletben felnagyítva mutatja be. A első rész az illékonyabb komponenseket tartalmazza, melyek a friss tealevélre emlékeztető komponensek, zölde, füves illatot adnak a teának. Látható, hogy ebben a szakaszban a zöld és fehér, valamint az Oolong tea több csúcsot tartalmaz, mint a teljesen fermentált fekete tea. A csúcsok magassága nem feltétlenül jelenti a tea aromában



gazdagabb voltát, hiszen az összhatás kialakításában a komponensek mennyiségük aromaküszöbértékükhöz viszonyított arányában vesznek részt.

Az **M9. ábrán** a 20 perc után eluálódó csúcsok a feldolgozás következtében kialakuló másodlagos aromaanyagok. A fehér tea csúcsgazdagsága talán első tekintetre meglepő, azonban tudjuk, hogy a hosszú, kíméletes fonnyasztás lehetőséget ad a másodlagos aromaanyagok kialakulásának.

Legcsúcsgazdagabb az Oolong tea kromatogramja. Ez a tea jellegéből következik: gyártástechnológiája azt célozza, hogy a zöld teára jellemző friss, zöld illatot adó komponensek is megmaradjanak, valamint a fekete teák gazdag, fermentált jellege is jelen legyen egyidőben. A kinagyított kromatogramokon ez a csúcsgazdagság még szembetűnőbb.

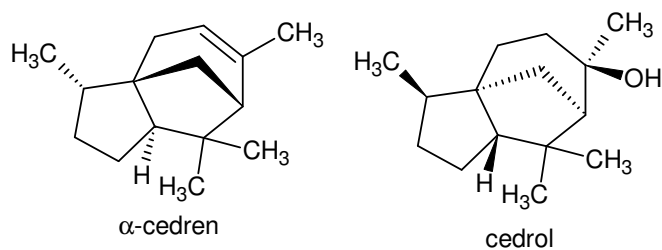
A különböző fermentáltságú teákban azonosított komponenseket az **M10. táblázatban** mutatom be. Relatív intenzitás % értékük alapján próbáltam olyan komponenseket keresni, melyek az oxidáció hatására egyértelműen nőnek vagy csökkennek a mintákban. Mivel valódi mennyiségi mérésre ilyen nagy számú komponens esetében gyakorlatilag nincs mód, az alkalmazott belső standardra vonatkoztatott relatív intenzitás értékek adnak lehetőséget az egyes komponensek mennyiségének összehasonlítására. Mivel ez a standard, az undekanol a mintaelőkészítés során ugyanolyan mennyiségben kerül hozzáadásra a teamintákhoz, azon kívül, hogy a mintaelőkészítés hibáját kiküszöböli, lehetőséget nyújt az egyes teák adott komponenseinek mennyiségi összehasonlítására is. A retenciós időket programozott hőmérsékleti retenciós index-szé alakítva az x-tengely adott pontjai is összehasonlíthatóvá válnak, adott PTRI érték mindegyik aromaspektrumon ugyanazt a vegyületet jelzi. Így a kromatogramokból szerkesztett aromaspektrumok még szembetűnőbb módon mutatják a minták aromakomponenseit és azok relatív mennyiségét, valamint változásukat a fermentáció alatt. Az aromaspektrumok a belső standardot nem tartalmazzák, mivel nem komponense a teának (**36. ábra**).

A fehér és zöld tea, tehát a fermentálatlan teafüvek jól láthatóan aromában szegényebbek, mint a félig fermentált és fermentált teák. A fonnyasztás, fermentálás, sütés számos komponens mennyiségét megnöveli a teákban, új aromavegyületek jönnek létre. A mennyiségi növekedés a pirazinok és pirrolok tekintetében számottevő. Ezek a komponensek hő hatására keletkeznek a Maillard-Strecker reakció során, pörkölt, mogyorós, füstös aromát hoznak létre a teákban. A guajakol és krezol szintén füstös, égett szagot keltenek, mely komponenseket az Oolong és fekete teában azonosítottam (**M10.táblázat**).

Új komponensként jelenik meg a fermentált teákban a 2,4-hexadienal (PTRI=1374), az alfa-cedrén (1570), a delta-oktalakton (1977), a delta-dekalakton (2187), a metil-antranilát (2207), az izoeugenol (2300) és a metil-jázmonát (2304) is.

A 2,4-hexadienal (1374), zsírsavak hő hatására végbemenő oxidációjával keletkezik, citrusos, virágos illatú molekula, csak a kínai fekete teában volt kimutatható. A vegyület természetes előfordulása a tea mellett pl.a sárgabarack, eper, kivi, paradicsom, de ízfokozóként és tartósítószerszármazékként jelen lehet. Nem tekinthető tehát egyértelműen a fermentáció hatására kialakuló vegyületnek. Lipidoxidációs termékként minden vizsgált teafélében azonosítható volt több komponens, mit például a 2,4-dekadialenal, a 2,4-heptadienal, oktanal, heptanal, ezek relatív intenzitás %-ában nem volt kimutatható olyan tendencia, amely az oxidáció fokát jelezné.

Az alfa-cedren (1570) triciklusos szeszkviterpén, a cedrol oxidációjából keletkezik (EISENBRAUN et al., 2000). Feltételezhető, hogy a fermentációs folyamat eredményeképpen jelenik meg a teákban, bár a vizsgált fehér és zöld teában nem volt kimutatható cedrol (**37. ábra**).



**37. ábra:** A cedren és cedrol szerkezeti képlete

A delta-oktalahton (1977) és delta-dekالاhton (2187) kókuszos, vajjas, édes, gyümölcsös ízt kölcsönöznek a teának, melyeket a fermentált és félig fermentált teákban sikerült azonosítani. A laktonok általában telített vagy telítetlen hidroxizsírsavakból vagy prekursoraikból keletkeznek a  $\beta$ -oxidáció útján.

A jázmonátok, főleg a jázmonsav, cisz-jázmon és a metil-jázmonát linolénsavból szintetizálódnak az oktadekanoid reakcióúton, és a sérült növényi részekben halmozódnak fel. Amennyiben egy növény mechanikus vagy rovar okozta sérülést szenved, a jázmonsav és a metil-jázmonát mennyisége megnő. Ezek az anyagok a növények regenerációjában segítenek. Az aktiválódó lipáz hatására linolénsav szabadul fel a sérült sejt membránszakaszaiból, ez pedig jázmonsav képződésére használódik fel, ami helyi szabályozóanyag. A jázmonsav egy részéből illékony cisz-jázmon és metil-jázmonát keletkezik, amely a levegő útján átjut a szomszédos növényekbe (SAIJO, TAKEO, 1973). A cisz-jázmon illékonyabb, mint a metil-jázmon, ezért hatásosabb jelzőkomponense a növénynek. A jázmonsav közvetítésével megvalósuló lokális jelzés főleg patogén mikroorganizmusok és apró gerinctelenek általi sebzés során hatékony (KOBAYASHI et al., 1988).

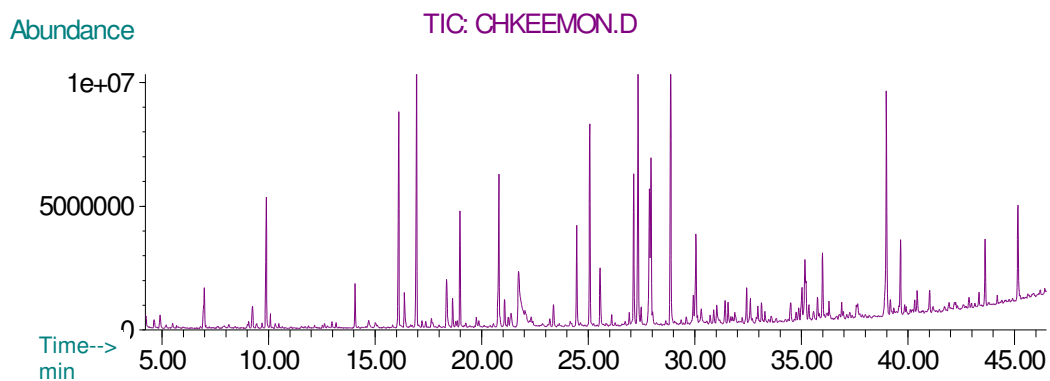
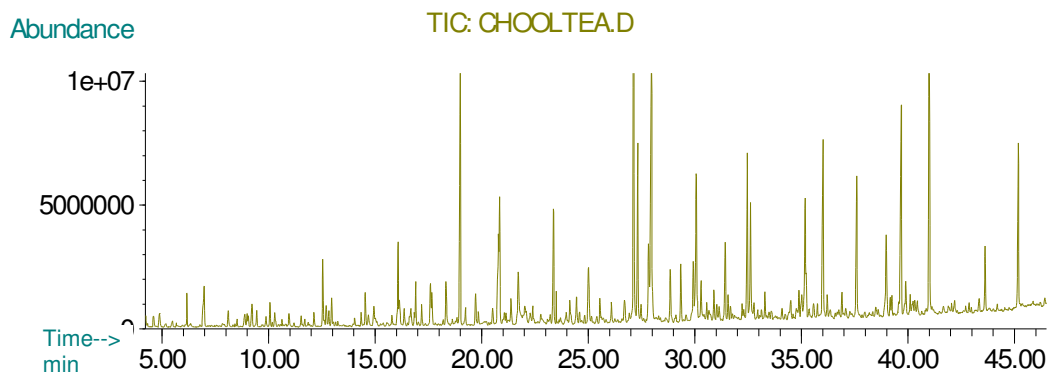
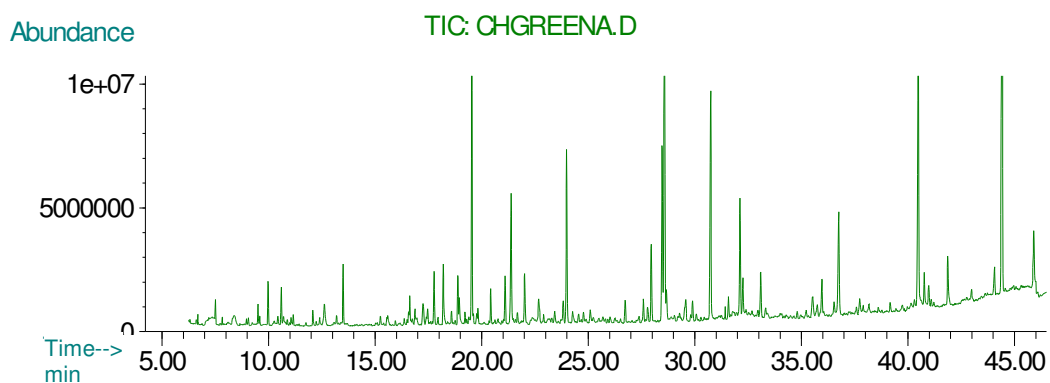
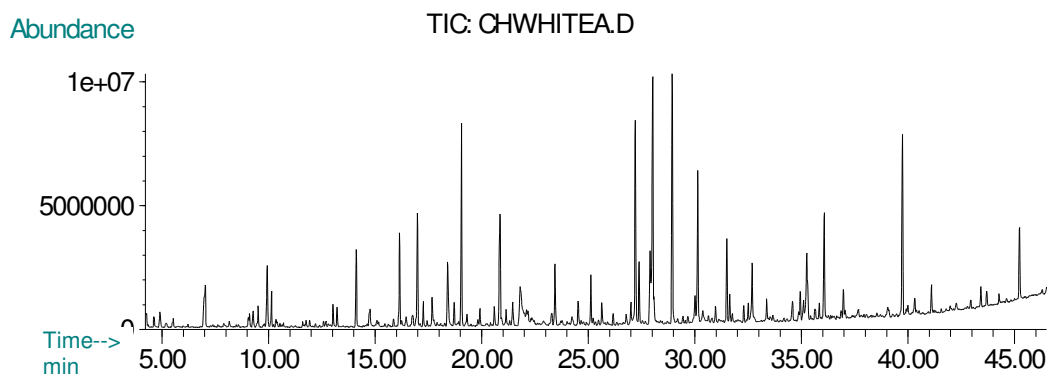
A tea feldolgozása során a levelek feltörése, mint mechanikai sérülés kiválthatja a jázmonátok keletkezését, hiszen az enzimek a feldolgozás végéig aktívak maradnak a levelekben.

Az Assam kivételével minden vizsgált teamintában kimutatható volt a jázmonsav (1954), a fermentáltakban nagyobb mennyiségben, mint a fehér vagy zöld teában. A hosszabb feldolgozási folyamat a fekete teák gyártásánál nagyobb mennyiségű jázmonsav keletkezését teszi lehetővé. Az enzimek inaktiválása a fehér és zöld tea előállításakor a lipáz enzim működését is gyorsan leállítja, ezzel magyarázható az alacsonyabb jázmonsav tartalom. Ez a komponens alkalmas lehet a fermentáció fokának jelzésére. A metil-jázmonát (2304) csak a fermentált Oolong és fekete teák komponense (az Assam tea ezt a komponenst sem tartalmazta).

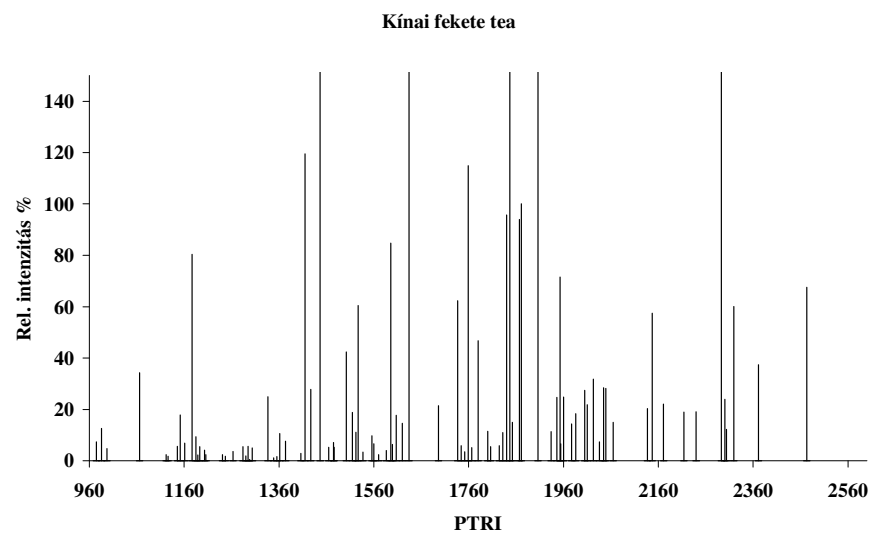
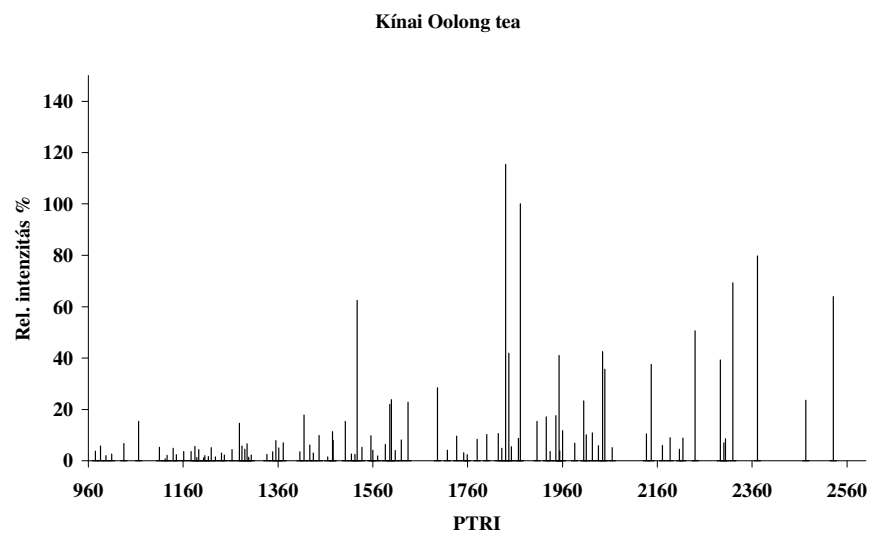
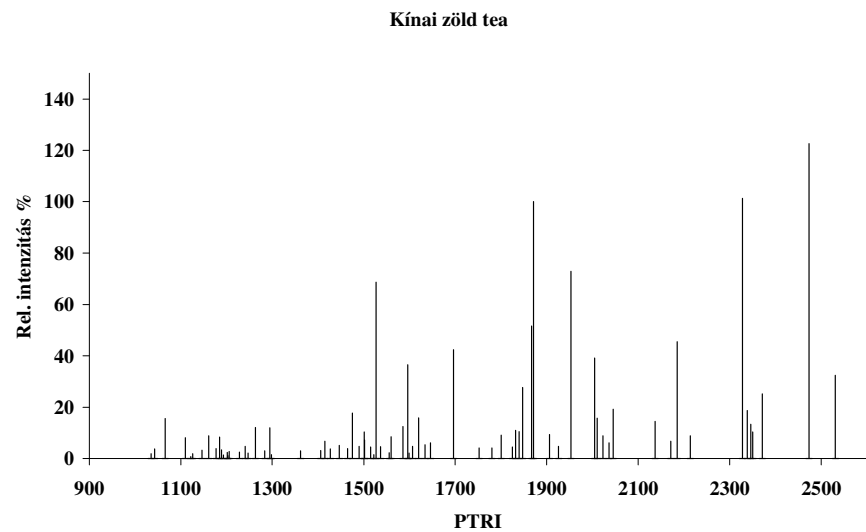
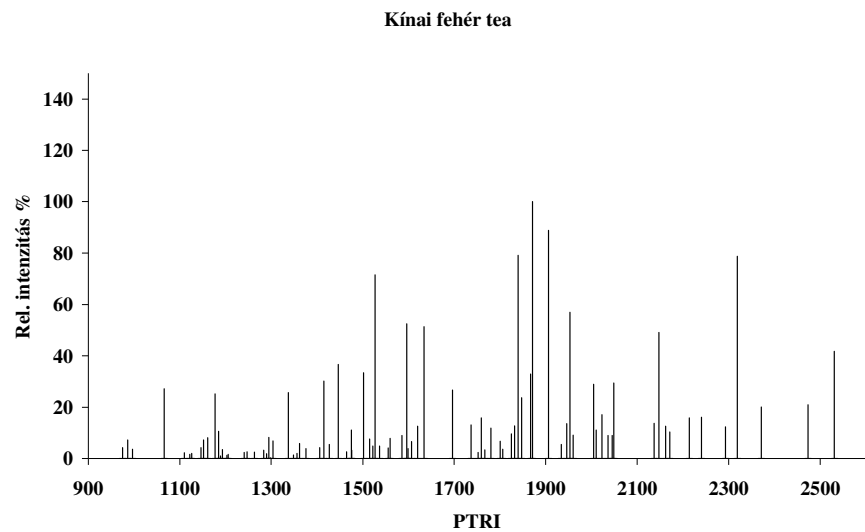
Az izoeugenol (2300) a vizsgált minták közül az Oolong és a fekete teában mutatható ki. Ez a fenil-propén vegyület a növényi sejfal sérülésekor a helyreállító ligninszintézis során keletkezik a fenil-propanoid bioszintézis úton. A kínai teák közül csak az Oolong és fekete teákban volt kimutatható, de a többi fekete tea közül csak az Assam tartalmazta.

A linalool, mint egyik fő komponens, a friss tealevélben glikozidos formában van jelen. Hidrolízise a teafű aprítása során kezdődik el, mikor a sejtek sérülése lehetővé teszi a sejtnedv kiáramlását, a lizoszomális enzimek kiszabadulását és az enzim-szubsztrát találkozást. A napon történő fonnyasztás a linalool gyors oxidációját eredményezi. A fermentáció alatt az oxidok mennyisége tovább nő egészen addig, míg sütéssel, szárítással az enzimek nem inaktiválódnak. A linalool és oxidjainak arányából tehát következtethetünk az oxidáció fokára (**21. táblázat**).

A fehér – Oolong - fekete tea esetében kapott *linalool/linalool-oxidok arány* megfelel az irodalmi adatoknak, az oxidáció előre haladásával a linalool-oxidok mennyisége nő. A zöld tea mérési eredményei is megfelelnek a várakozásnak, hiszen a linalool/linalool-oxidok hányadosa 4,87, magasabb, mint a félig fermentált és fermentált teáknál tapasztalható érték, az oxidok kisebb mennyiségben vannak jelen az Oolong és fekete teához képest. A fehér tea, amint az az 5.1.2.5. fejezetben bemutatott értékeléséből is kitűnik, jobb minőségű alapanyagból készülhetett, mint a zöld tea, ez okozza, hogy egymáshoz képest nem a várt tendenciát mutatják. Mivel hazánkban a teáknak csak filterezése és csomagolása történik, a fermentációs folyamatok a termesztési helyen zajlanak, arra nem volt lehetőségem, hogy ugyanabból a kiindulási anyagból származó különböző fermentációs fokú teákat hasonlítsak össze.



35. ábra: A fehér, zöld, Oolong és fekete teák kromatogramjainak összehasonlítása



**36. ábra:** A különböző fermentáltságú teák aromaspektumai

21. táblázat: A fermentáció fokát jelző komponensek

<b>komponensek (rel. int. %)</b>	<b>Fehér</b>	<b>Zöld</b>	<b>Oolong</b>	<b>Fekete</b>
linalool	62,43	68,80	71,55	60,44
(2 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-cisz-linalooloxid (furanóz)	17,82	6,80	30,21	119,50
(2 <i>R</i> ,5 <i>R</i> )-transz-linalooloxid (furanóz)	9,85	5,13	36,71	167,74
(3 <i>R</i> ,6 <i>R</i> )-cisz-linalool oxid (piranóz)	9,64	2,21	13,12	62,28
(3 <i>S</i> ,6 <i>S</i> )-cisz-linalool oxid (piranóz)	2,35		15,87	114,89
<b>összes oxid</b>	<b>39,66</b>	<b>14,14</b>	<b>95,91</b>	<b>464,41</b>
<b>linalool/oxidok</b>	<b>1,57</b>	<b>4,87</b>	<b>0,75</b>	<b>0,13</b>
<b>összes linaloolszármazék</b>	<b>102,09</b>	<b>82,94</b>	<b>167,46</b>	<b>524,85</b>

További különbségeket keresve a teák között azt találtam, hogy a cisz-jázmon, a nerolidol, az indol és fitol tartalom a fermentáció hatására nő. Ezek az eredmények megegyeznek PRIPDEEVECH, MACHAN (2011) méréseivel, akik tailandi teák aromaanyagait hasonlították össze SDE mintaelőkészítést követően. A növekedés nem minden esetben „törtlen”, de a fermentálatlan és fermentált teák közti különbséget jól tükrözi. A **22.táblázatban** feltüntettem azokat a komponenseket is, amelyek saját méréseim alapján a fermentáció fokát jelezni képesek. Igen jelentős a geraniol relatív intenzitásának növekedése a geránsavval együtt, amelyek jelenléte a tea jó minőségének egyértelmű mutatói.

22. táblázat: A különböző fermentáltságú teák összehasonlítása

<b>Komponensek (rel. int. %)</b>	<b>Fehér</b>	<b>Zöld</b>	<b>Oolong</b>	<b>Fekete</b>
cisz-jázmon	1,61	4,74	5,88	6,70
nerolidol	9,01	19,27	63,26	28,38
indol	20,1	25,19	118,89	37,48
fitol	41,78	32,42	92,96	82,02
geraniol	23,69	27,65	61,97	177,48
acetilpirrol	9,06	11,14	17,48	24,81
1-etil-3,5-diizopropil-benzén	11,11	15,71	14,93	21,76
alfa-cedrol	17,16	8,87	15,85	31,8
2-pentadekanon	13,68	14,46	15,57	20,36
nonánsav	49,12	-	55,21	57,39
metil-palmitát	15,88	8,89	13,25	18,95
geránsav	12,4	-	57,6	199,49
<b>összes</b>	<b>224,6</b>	<b>168,34</b>	<b>532,85</b>	<b>706,62</b>

A komponensek relatív intenzitását összesítve nagyobb biztonsággal követhető a fermentáció. A fehér és zöld tea értékei a fajták közti különbségből adódnak: a fehér tea illatosabb fajta, ezért a komponensek belső standardra vonatkoztatott mennyisége nagyobb, mint a vizsgált

zöld teában, azonban mindkét fermentálatlan minta komponenseinek összege alatta marad a félig fermentált és fermentált teákénak. A vizsgált Ceyloni, Darjeeling és Assam teák esetében ugyanezen komponensek relatív intenzitásának összege rendre 598,25, 443,4 és 382,91 rel. int. %, tehát még a termőhelyből és kultivárból adódó különbségek mellett is a feldolgozásmód, a hosszabb fermentáció a vizsgált fermentálatlan teákhoz képest nagyobb értéket hoz létre.

A fermentálás során a legtöbb komponens mennyisége nő a teákban (**M10. táblázat**). Az aminosavak bomlásából illékony anyagok keletkeznek, ezek némelyike károsan, másika előnyösen befolyásolja a tea minőségét. A glicin, alanin, valin, leucin, izoleucin és metionin formaldehidet, acetaldehidet, izobutiraldehidet, izovaleraldehidet, 2-metil-butanolt és metionalt képez. Ezeknek a vegyületeknek a feldúsulása kedvezőtlenül hat a tea ízének alakulására. A fenil-alaninból és a fenil-glicinből benzaldehid és benzolacetaldehid keletkezik, mely vegyületek emelik a termék aromaértékét. Mindkét vegyület relatíve nagy mennyiségben található meg a fehér teában (33,42 és 51,34 rel.int.%). A zöld-Oolong-fekete tea vonalon mennyisége nő (benzaldehyd: 7,23-22,48-42,44 rel.int.%, benzolacetaldehyd: 5,34-33,94-153,38 rel.int.%).

A kínai Oolong tea speciális aroma összetétele a gyártási folyamat különleges voltával is magyarázható (TOKITOMO *et al.*, 1984). A fermentációt megelőző fonnyasztás és sodrás sokkal kíméletesebben történik, mint a fekete teák gyártásánál, ahol erőteljes csavarással, zúzással roncsolják a leveleket a fermentáció minél tökéletesebb végbemenetele érdekében. NOBUMOTO *et al.* (1993) vizsgálatai szerint az Oolong tea jellemző komponense a nerolidol, mely a fonnyasztás alatt keletkezik a levélben. Kellemes édes, virágos, enyhén fás illatával hozzájárul az Oolong tea különleges aromájához. A fekete teákban ez a szeszkviterpén alkohol enzimes hidrolízissel szénhidrogénné alakul, farnezen keletkezik belőle, mely zöldes, fás illatú. A mért minták nerolidol tartalma megfelel az irodalmi adatoknak: a fehér tea 9,01 %-ban, a zöld 19,27 %-ban, a fekete 28,38 %-ban tartalmazza, míg az Oolong teában 63,26 %-ban található meg a komponens.

A **23. táblázat** az OWOUR *et al.*(1986b) által javasolt fő komponenseket és belőlük számolt minősítő indexeket tartalmazza. Látható, hogy az indexek ellentmondásosak, az Oolong tea aromaindex a legalacsonyabb, melyet az index értelmezése szerint éppen ellenkezőleg várnánk. Azonban a félig fermentált teák népszerűségét éppen az biztosítja, hogy aromájukban a zöld és a fekete teához is közel állnak, megőrzik a zöld teák friss, füves jellegét, de tartalmazzák a fermentált teák gyümölcsös, virágok aromaanyagait is. Ez az oka, hogy az I. és II. csoportba tartozó komponensek kiegyenlített arányban találhatóak bennük, melynek megfelelően matematikai arányuk is az egyhez közeli (1,29). Ez akkor is fennáll, ha az indexet RAVICHANDRAN, PARTHIBAN (1997) ajánlása szerint számoljuk ki (Flavour index II). Ahogy a fekete teák összehasonlásánál is említettem, az aromaindex számítási módszere nem egységes, a komponensek száma, kiválasztása nem rögzített. Utóbbi javaslat szerint számolva a fermentáció foka az aromaindex növekedését

okozza – megjegyezve, hogy a fehér tea jobb minősége miatt itt is megelőzi a zöld teát. A fermentációval a tea minősége szempontjából kedvező komponensek aránya nő a kedvezőtlenebb I. csoporthoz képest, ebből adódóan az index értéke is növekedést mutat (0,82 – 1,059 – 1,87).

23. táblázat: A fermentáció hatása az aromaanyagokra

PTRI	komponensek	Fehér	Zöld	Oolong	Fekete
1065	hexanal	27,15	15,64	22,62	34,21
1109	1-penten-3-ol	2,31	8,05	7,65	3,22
1145	n-heptanal	4,21	3,23	3,38	5,61
1152	iso-amilalkohol	7,19		3,36	17,87
1177	(E)-2-hexenal	25,11	5,86	5,39	80,42
1193	1-pentanol	3,39	1,34	6,40	5,48
1247	oktanal	2,58	2,12	3,36	1,78
1264	(Z)-2-penten-1-ol	2,46	12,08	6,30	3,71
1302	1-hexanol	6,92		3,23	4,99
1337	(Z)-3-hexenol	25,65		3,63	24,92
1360	nonanal	5,86	3,01	7,34	10,61
1404	2-oktenal	4,25	3,14	5,19	2,95
1473	(E,E)-2,4-heptadienal	11,13	17,66	16,74	
1501	(Z,E)3,5-oktadién-2-on		10,40		
1536	1-oktanol	4,90	4,64	7,72	3,42
1560	(E,E)3,5-oktadién-2-on	7,87	8,19	6,11	6,63
1822	(E,E)-2,4-dekadienal	9,64	4,42	15,90	5,84
1838	hexánsav	79,27	10,55	170,22	95,71
1946	heptánsav	13,58		26,09	24,62
2048	oktánsav	29,45		53,07	28,13
2135	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	13,68	14,46	15,57	20,36
2147	nonánsav	49,14		55,21	57,39
2213	hexadékánsav metilészter	15,88	8,88	13,25	18,95
	<b>Summa VFC I</b>	<b>351,62</b>	<b>133,67</b>	<b>457,72</b>	<b>251,00</b>
1415	(2S,5R)-cisz-linalool oxid	17,59	6,80	26,36	119,50
1447	(2S,5S)-transz-linalool oxid	18,72	5,13	14,56	167,74
1501	benzaldehyd	33,39	7,23	22,48	42,44
1527	linalool	88,17	68,69	92,07	60,44
1618	beta-ciklocitrál	12,62	15,84	12,12	21,44
1631	fenilacetaldehyd	51,31	5,33	33,94	153,38
1694	alfa-terpineol	26,76	4,77	42,44	42,44
1736	(3R,6R)-cisz-linalool oxid	6,07	6,80	14,00	62,28
1758	(3S,6S)-cisz-linalool oxid	9,08	5,13	3,47	114,89
1778	metil szalicilát	11,94	4,11	12,41	46,69
1846	geraniol	23,75	27,65	61,97	177,47
1866	benzilalkohol	32,85	51,58	12,88	93,95
1904	2-feniletanol	88,91	9,27	22,94	183,52
1951	alfa-ionon	57,01	72,87	61,12	71,55
2003	transz-béta-ionon-5,6-epoxid	28,91	39,18	34,64	27,39
2043	nerolidol	9,01	19,27	63,26	28,38
2293	geránsav	12,40		57,59	199,48
	<b>Summa VFC II</b>	<b>556,41</b>	<b>349,65</b>	<b>588,28</b>	<b>1612,98</b>
	<b>Flavour index</b>	<b>1,58</b>	<b>2,62</b>	<b>1,29</b>	<b>6,43</b>
	<b>Yamanishi Borheju arány</b>	<b>2,85</b>	<b>11,72</b>	<b>17,10</b>	<b>0,75</b>
	Terpén index	0,85	0,81	0,74	0,77
	Mahanta	0,82	1,03	0,66	0,78
	Flavour index II.	0,94	0,82	1,059	1,87



### 5.2.2.2. Érzékszervi bíráló

A különböző fermentáltságú teák esetében az érzékszervi bírálatok eredményei hasonlóan alakultak, mint a fekete teák összehasonlítása során. A teljesen fermentált fekete tea jelentette az összehasonlítási alapot, ennek pontszáma rögzítve volt (azonosan a fekete teáknál történt bírálatához). A bírálók szignifikánsan különbséget tudtak tenni a minták színében (barna színárnyalatában), az íztulajdonságok közül a keserű, a fermentált és az olajos íz tekintetében. A bírálatok értékelő táblázatai a Mellékletben találhatóak (M11).

A globális illattulajdonságban a fekete és zöld, a fekete és fehér, az Oolong és zöld, valamint az Oolong és fehér teák között 99 %-os valószínűségi szinten találtak különbséget, a fekete és Oolong minták között nem volt érzékelhető a különbség (24. táblázat).

24. táblázat : Különböző fermentáltságú teák globális illat tulajdonságának félmátrixa

globális illat	sd(5%)=15,69		sd(1%)=21,04	
	kínai fekete	kínai Oolong	kínai zöld	kínai fehér
kínai fekete	-	nincs	1%	1%
kínai Oolong	4,4	-	1%	1%
kínai zöld	<b>35,3</b>	<b>30,9</b>	-	nincs
kínai fehér	<b>30,1</b>	<b>25,7</b>	5,2	-

A keserű illat tulajdonságban a fekete és Oolong, az Oolong és zöld teák különböztethetők meg 99 %-os valószínűségi szinten, míg az Oolong és fehér tea között a különbség 95 %-os valószínűségi szinten bizonyított. A füstös, égett illat alapján a fekete és zöld teák 95 %-os valószínűségi szinten különíthetők el, míg az Oolong a zöldtől, illetve az Oolong a fehér teától 99 %-os valószínűségi szinten megkülönböztethető (25. táblázat).

25. táblázat: Különböző fermentáltságú teák keserű illat tulajdonságának félmátrixa

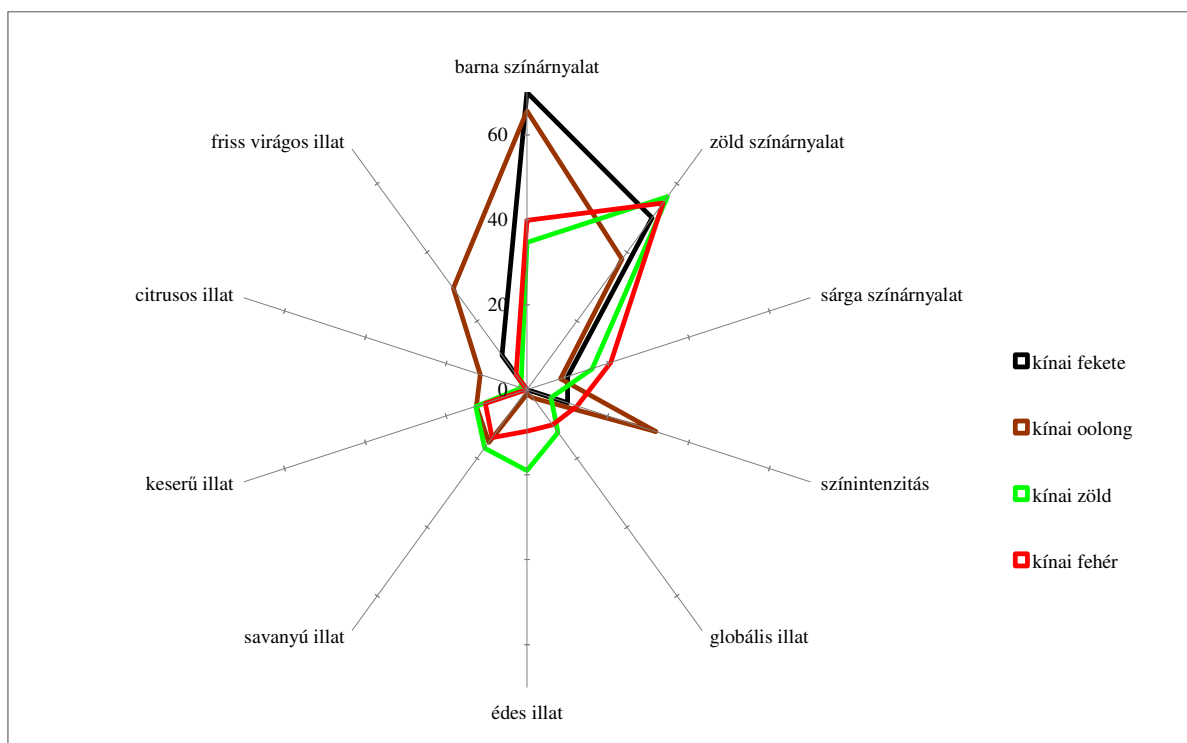
keserű illat	sd(5%)=15,42		sd(1%)=20,68	
	kínai fekete	kínai Oolong	kínai zöld	kínai fehér
kínai fekete	-	1%	nincs	nincs
kínai Oolong	<b>21,9</b>	-	1%	5%
kínai zöld	4,1	<b>26</b>	-	nincs
kínai fehér	2,4	<b>19,5</b>	6,5	-

26. táblázat: Különböző fermentáltságú teák füstös, égett illat tulajdonságának félmátrixa

füstös, égett illat	sd(5%)=15,49		sd(1%)=20,77	
	kínai fekete	kínai Oolong	kínai zöld	kínai fehér
kínai fekete	-	5%	nincs	nincs
kínai Oolong	<b>19,6</b>	-	1%	1%
kínai zöld	7,6	<b>27,2</b>	-	nincs
kínai fehér	5,6	<b>25,2</b>	2	-

A keserű és a füstös, égett illat valójában nehezen különböztethető meg egymástól, valószínűleg ugyanazon komponensek együttes hatásából jön létre. Ezt az pontszámok is jelzik: mindkét illatnál az Oolong tea kapta a legmagasabb pontszámot, ezt követte a fekete tea, majd fehér és zöld (26. táblázat). Valószínűleg a bírálók is ugyanazt az illathatást értékelték mindkét esetben. A hatásért a pirazinok és pirrolok lehetnek a felelősek. A pirazinok keletkezése a Strecker degradációnak köszönhető a gyártás során, mellettük furánok, pirrolok, tiofének is kialakulnak, melyek mind résztvesznek a pörkölt aroma létrehozásában. A gázkromatográfiás vizsgálat során azonosított pirazinok relatív intenzitása valóban az Oolong teában volt a legnagyobb, több marker komponens is található közöttük, melyek az Oolong tea fajtaazonosítása szempontjából felhasználható vegyület. Így például a metilpirazin, a 2,5-dimetil-pirazin, a trimetilpirazin, a 2,5-dietilpirazin komponensek. Ezeket részletesen elemzem a dolgozat 5.1.2.7. fejezetében. A guajakol és krezol szintén füstös, égett szagot keltenek, ezeket a komponenseket az Oolong és fekete teában azonosítottam.

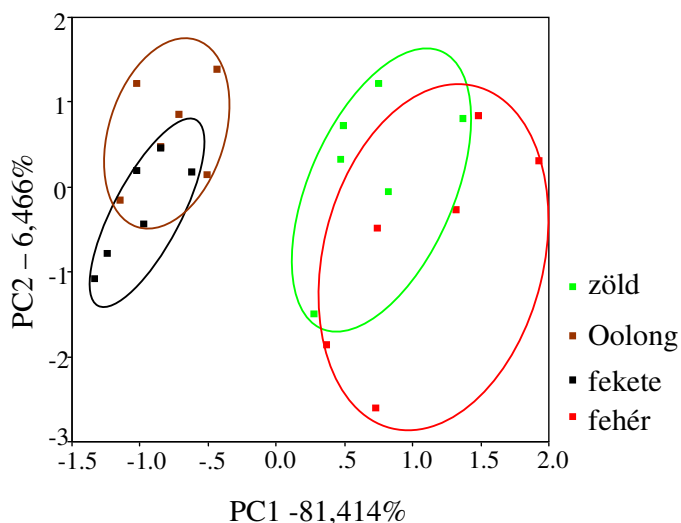
A teák illatkomponenseinek értékeléséből készült diagram a 38. ábrán látható. A minták érzékszervi profilját a Melléklet M12. ábrája mutatja be.



38. ábra: A különböző fermentáltságú teák illatprofilja

### 5.2.2.3. Elektronikus orr vizsgálatok

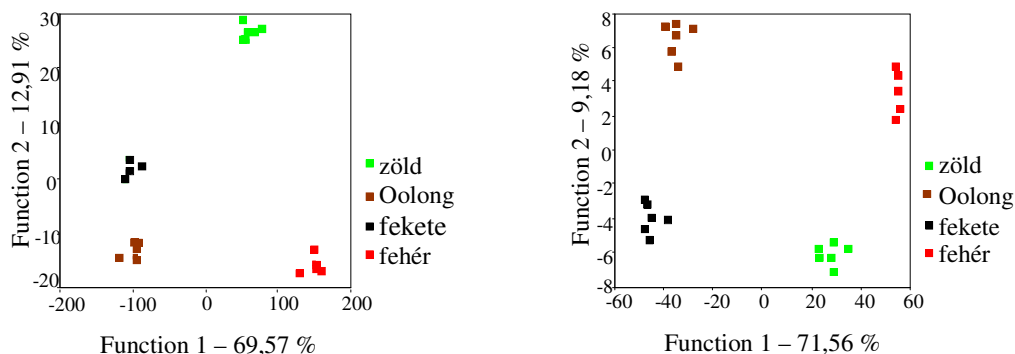
A különböző fermentáltságú teák esetében is elvégeztem az elektronikus orr vizsgálatokat fű és ital formájában is. A teafű vizsgálat során a főkomponens analízis a szenzorok jelválaszai alapján képzett két fő komponens függvényében csak a fermentált és fermentálatlan teákat tudta elválasztani egymástól az első komponens által képzett síkon, mindkét hőmérsékleten elvégzett vizsgálat esetében. A koordináta-rendszer vízszintes tengelye az első főkomponenst, a függőleges a második főkomponenst jelenti. A tengelyeket az adatfeldolgozó program határozza meg, és ezek a főkomponensek jelölik ki azokat az „irányokat”, amelyek összefüggésben állnak az adathalmaz varianciájával. A tengelyeken megadott érték mutatja, hogy az összvariancia hány százalékát írja le az adott főkomponens. A **39. ábrán** látható, hogy az első főkomponens az adathalmaz összvarianciájának 81,414 %-át, a második főkomponens pedig 6,466 %-át írja le. A számítások alapja az, hogy ezek a főkomponensek egymástól statisztikai értelemben is függetlenek és így megállapítható, hogy az első két főkomponensnek megfelelő két tengely a mérési eredmények összvarianciájának 87,88 %-át írja le. 55 °C-on végezve a vizsgálatot az első két főkomponens a mérési eredmények összvarianciájának 91,378 %-át adta (Melléklet: **M13. ábra**).



**39. ábra:** A különböző fermentáltságú teafüvek pontjainak elhelyezkedése az első két főkomponens által meghatározott vetítési síkon (25 °C-on végrehajtott mérés)

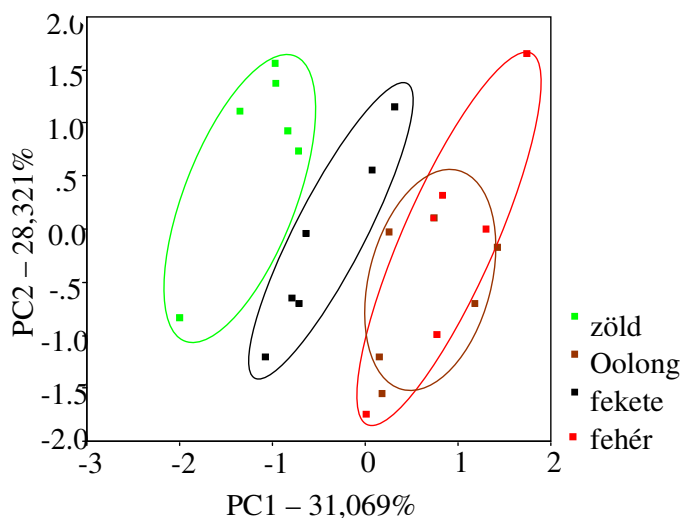
A diszkriminancia analízis megbízhatóan el tudta különíteni a négy mintacsoportot, a keresztvalidált minták is 100 %-ban helyes besorolásúak voltak (Melléklet: **M13.**). A diszkriminancia térképek azt mutatják, hogy a 25 illetve 55 °C-on végzett vizsgálatok alapján képezhető, az illattal összefüggő csoportok egymáshoz viszonyított helyzete megváltozik (**40. ábra**). A minták különböző hőmérsékleten más-más illatkomponenseket illetve eltérő arányban bocsátanak

ki a mintavevő göztérbe. A head space mintavételnek ez a hőmérsékletfüggése alátámasztja azt a mintaelőkészítéssel kapcsolatos megállapítást, mely szerint indokolt a szimultán desztilláció extrakció alkalmazása, ha ismételhető, reprezentatív aromaképet akarunk nyerni a teákról.

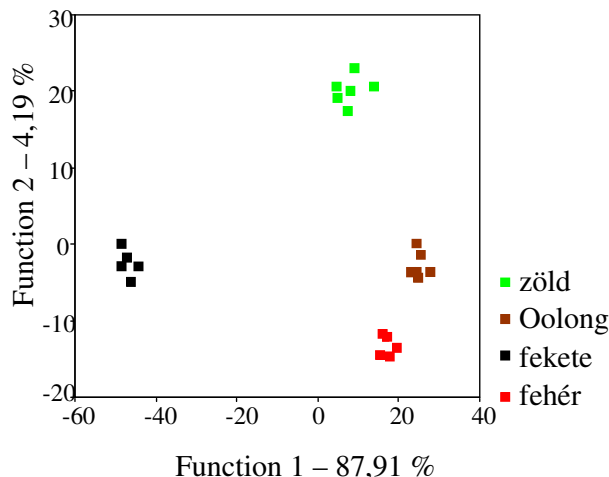


**40. ábra:** A különböző fermentáltságú teafüvek minőségpontjainak elhelyezkedése a diszkriminancia analízis alapján (25 és 55°C -on végrehajtott mérés)

A teaitalok vizsgálati eredményeit az **41-42. ábrák** mutatják. A fű vizsgálatokhoz hasonlóan a főkomponens analízissel kapott mintapontok átfedik egymást, nem különíthetők el a teák fermentációs fokuk alapján. A diszkriminancia analízis segítségével azonban itt is jól kialakulnak a csoportok, a klasszifikációs matrix alapján az eredeti csoportbasorolást 100 %-ban jóvá hagyja az analízis, a keresztvalidált minták helyes besorolása 25 °C-on 66,7 %, míg 55 °C-on 91,7 %, tehát a magasabb hőmérséklet ebben az esetben megbízhatóbb elkülönítést eredményez (**M13.**)



**41. ábra:** A különböző fermentáltságú teaitalok pontjainak elhelyezkedése az első két főkomponens által meghatározott vetítési síkon (55 °C-on végrehajtott mérés)



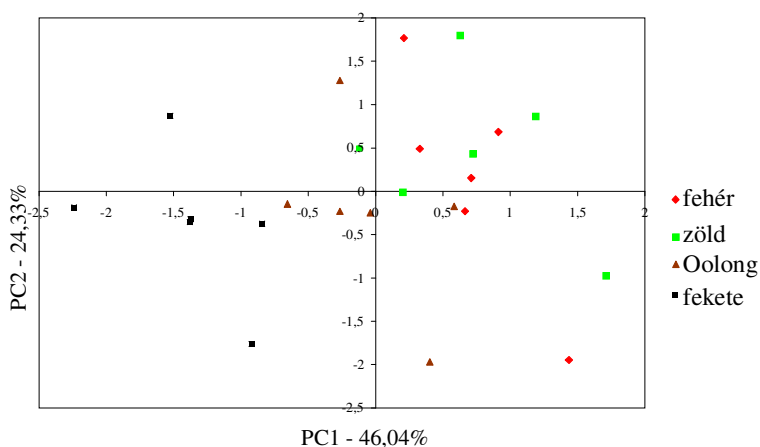
**42. ábra:** A különböző fermentáltságú teaitalok minőségpontjainak elhelyezkedése a diszkriminancia térképen (55 °C-on végrehajtott mérés)

A csoportok elhelyezkedésére jellemző, hogy a fermentálatlan és félig fermentált fehér, zöld és Oolong teák mintapontjai egymás közelében helyezkednek el az 'x' tengely mentén, míg a teljesen fermentált fekete tea a képzett 'x' tengely ellenkező oldalán található. Az érzékszervi bírálatok eredményei is hasonlóan alakultak: a globális illatulajdonságban a bírálók a 99 %-os valószínűségi szinten tudtak különbséget tenni a fekete és zöld, a fekete és fehér, az Oolong és zöld, valamint az Oolong és fehér teák között, míg a fekete és Oolong minták között, melyek az 'y' tengelyen azonos helyen fekszenek, nem volt érzékelhető a különbség. Az ital gőzterének aromaösszetétele tehát megbízhatóan jelezni képes a minták feldolgozási fokát. Valójában a fekete tea gyártásával egyidős az „orr” alkalmazása a fementáció jelzésére. Indiában a mai napig tapasztalt ellenőrök irányítják a fermentációs folyamatokat a teából felszabaduló aromaanyagok észlelése alapján. A folyamat során két intenzív illatkibocsátást különböztetnek meg, indiai szóhasználattal az első és második „szimatot” (first and second nose). Ahogy a második szimat is érzékelhetővé válik, leállítják a fermentáció folyamatát. Ez az egyszerűnek tűnő detektálási mód azonban nagyonis bizonytalaná teszi a gyártást: az illatok rendkívül rövid ideig érezhetők, így nagy a tévedés valószínűsége, ami pedig a fermentációs folyamat túl korai vagy késői leállításához vezet. Mindkettő a késztermék minőségének romlását okozza. Az elektronikus orr segítségével történő detektálás a szubjektív hibák kiköszöbölését eredményezi, a fekete tea gyártásában ezért alkalmazása a gyártási folyamatba építve nagyon gyorsan terjed (DUTTA *et al.*, 2003, BHATTACHARYA *et al.*, 2007a, 2007b).

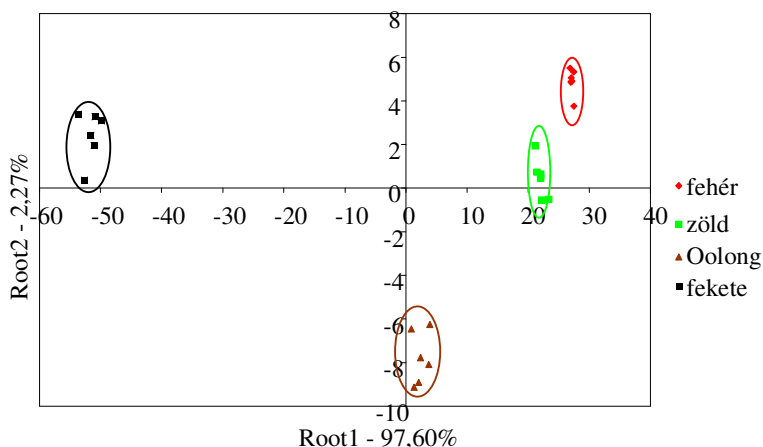
#### 5.2.2.4. Elektronikus nyelv vizsgálatok

A különböző fermentáltságú teák ital formájában történő elemzését elvégeztem elektronikus nyelv segítségével is. A főkomponens analízis itt sem hozott kielégítő eredményt, a mintapontok átfedték egymást, csak a fekete, teljesen fermentált teából készült ital vált el az első főkomponens mentén (**43.ábra**). A fermentálatlan fehér és zöld fűből készült italok pontjai a diagram azonos térfelén, de egymást átfedve, nagy szórással helyezkednek el. Ezeket a mintákat érzékszervileg is nagyon nehéz megkülönböztetni egymástól. A bírálók is csak a fekete és zöld teából készült ital fermentált ízében és keserű íztulajdonságában találtak különbséget 99 %-os valószínűségi fokon, illetve a fekete és fehér tea italát tudták megkülönböztetni 95 %-os valószínűséggel.

A diszkriminancia analízis már eredményesebb volt (**44.ábra**). Az első diszkrimináns változó az információk 97,60 %-át tartalmazta, a második a 2,27 %-át, ami együttesen 99,87 %, tehát szinte valamennyi tulajdonságot hordozzák. A minták elhelyezkedése az ábrán hasonló az elektronikus orr vizsgálat eredményeihez.



**43. ábra:** A különböző fermentáltságú teák elkülöníthetősége főkomponens elemzéssel



**44. ábra:** A különböző fermentáltságú teák elkülöníthetősége diszkriminancia elemzéssel

A fehér és zöld, azaz a fermentálatlan teák egymás közelében találhatóak mind az első, mind a második változó mentén. A félig fermentált Oolong tea az első változó mentén a fermentálatlanok közelében fekszik, legtávolabb pedig a teljesen fermentált fekete tea található. Ez a differenciálás jobb eredményt hozott, mint az elektronikus orr vizsgálat, a fermentáció fokát a minták egymáshoz viszonyított elhelyezkedése jobban tükrözi. A keresztvalidáció 100 %-ban igazolta minden esetben a helyes csoportba sorolást, míg az orr-ral történt méréseknél ez az érték alacsonyabb (91,7%) volt.

Az érzékszervi bírálat pontszámait összevetve az elektronikus nyelv eredményeivel az a megállapítás tehető, hogy a szubjektív bírálat helyettesíthető objektív műszeres értékeléssel. A bírálók keserű íz tekintetében tudtak különbséget tenni a fekete és zöld, illetve fekete és fehér teák között. Ezt a műszer megfelelő statisztikai elemzéssel nagy biztonsággal végre tudja hajtani, és további különbségek felismerésére képes a négy teacsoport között. Az elektrokémiai szenzorok tehát alkalmasnak bizonyultak teák íz alapján történő megkülönböztetésére.

### 5.3. Új tudományos eredmények

Doktori dolgozatom témája teafajták aromájának komplex vizsgálata volt. Elektronikus orr és nyelv műszerekkel végzett vizsgálatokat hasonlítottam össze a GC-MS elemzésekkel valamint az érzékszervi profilanalízis eredményeivel annak eldöntésére, hogy a műszeres vagy az érzékszervi vizsgálatok célravezetőbbek-e a teák jellegének/minőségének megítélésében. Munkám során az alábbi új tudományos eredmények születtek:

1. Undekanol-1 belső standard addíciót alkalmazó Likens-Nickerson szimultán desztillációs extrakciós módszert dolgoztam ki teák illatanyagainak kivonására, majd gázkromatográfiás elválasztást követő, részletező, egyedi azonosítási módú tömegspektrometriás vizsgálattal fajtákra jellemző egyedi illatkomponenseket kerestem.
2. A gázkromatográfiás meghatározás eredményéből képzett aromaspektrumok segítségével jellegzetes különbségeket állapítottam meg a fajtaazonos teák között botanikai eredet, termesztési körülmények és feldolgozási mód tekintetében.
3. Az érzékszervi vizsgálatok alapján bizonyítottam, hogy az india származási helyű teák aromaprofilja szignifikánsan különbözik a kínai termőhelyű teától.
4. Az elektronikus orr és nyelv műszeres vizsgálatok megerősítették a szubjektív érzékszervi vizsgálatok eredményeit. A műszerek megfelelő statisztikai elemzéssel nagy biztonsággal képesek különbséget tenni a különböző fermentáltságú teák között. Megállapítottam hogy az elektrokémiai szenzorok jól alkalmazhatóak teák illat és íz alapján történő megkülönböztetésére.
5. A fermentált és a fermentálatlan teák esetében meghatároztam azokat a komponenseket, amelyek jelenléte illetve mennyiségi változása alkalmas a fermentáció fokának jelzésére.



## 6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az egészségtudatos táplálkozás komoly hatással van a fejlett országok, így hazánk lakosságának étel- és ital-fogyasztási szokásaira is. A tea és a belőle készült ital bekerült a figyelem fókuszába, hasonlóképpen a többi funkcionális étel- és italhoz. Hazánkban a statisztikák folyamatos növekedést mutatnak a teafogyasztásban és bár néhány éve még vitathatatlan volt a fekete teák vezető szerepe, ma ugyan még piacvezetők, de dinamikusan bővül a zöld és fehér teák, a gyógyteák és valódi gyümölcs-teák piaca is.

Az egyre népszerűbbé váló teafogyasztás következtében jelentősen megnőtt a Magyarországra behozott tea mennyisége. Az országba bekerülő termékek minőségének ellenőrzése, a hamisítások kiküszöbölése ezért ezen a területen is egyre fontosabbá válik.

Kutatásaim célja fajtaazonos teák aromájának komplex vizsgálata volt. A műszeres vizsgálatok segítségével egzakt, objektív módon kívántam értékelni a teák minőségét. Elektronikus orr és nyelv műszerekkel végzett vizsgálatokat hasonlítottam össze a gázkromatográfiás-tömegspektrometriás elemzésekkel valamint az érzékszervi profilanalízis eredményeivel annak eldöntésére, hogy a műszeres vagy az érzékszervi vizsgálatok célravezetőbbek-e a teák minőségének megítélésében. A vizsgálati eredmények mind a kiváló minőség bizonyításában, mind pedig az esetleges hamisítások gyors kiszűrésében segítséget nyújthatnak.

Vizsgálataim jelentős részét a teák gázkromatográfiás vizsgálata alapján feltárt aromaanyagok tárgyalása adta. Erre vonatkozó vizsgálatok Magyarországon még nem történtek, eredményeimet a nemzetközi szakirodalom adataival vettem össze.

Ígéretesnek tűnnek a műszeres mérések, melyek lehetőséget adnak a teák gyors ellenőrzésére: az elektronikus orr és nyelv vizsgálatok igazolták, hogy a berendezések képesek különbséget tenni az egyes fekete teák valamint a különböző fermentáltságú teák között is, nagyobb biztonsággal, mint az érzékszervi bírálók. A gyors és egyszerű mintaelőkészítés, a rövid idejű vizsgálat lehetőséget nyújthat arra, hogy a teák beszállításakor, átvételekor a forgalmazó objektív minőségellenőrző vizsgálatot végezzen, ellenőrizze a tea eredetét, adott mintahalmazzal való azonosságát. Amennyiben az elektronikus orr és/vagy nyelv vizsgálatok különbséget állapítanak meg a teák között, a gázkromatográfiás-tömegspektrometriás vizsgálatok feltárják a komponensek összetételében lévő különbségeket, melyekkel igazolható a minták különbözősége. Ezt a vizsgálataim során azonosított marker komponensek is alátámaszthatják illetve megerősíthetik.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A teanövény (*Camellia sinensis*) leveleiből készített tea a legnagyobb mennyiségben fogyasztott italok közé tartozik. Az elmúlt években a benne található hatóanyagok a tudományos érdeklődés középpontjába kerültek annak köszönhetően, hogy felfigyeltek rendszeres fogyasztásának számtalan jótékony hatására.

A tea minőségét nem egyszerű meghatározni, a minősítést részben objektív módon műszeres, részben szubjektív úton, érzékszervi jellemzők alapján végzik el. Az érzékszervi tulajdonságokat a termesztett teanövény fajtája és termesztési körülményei, valamint a feldolgozás módja együttesen határozzák meg. A késztermék minősítése ma is elsősorban érzékszervi bírálattal történik, melynek alapja a teák aromájának minősítése. A műszeres fizikai (szín-mérés, teaital vezetőképességének mérése) és az analitikai mérések (gázkromatográfiás, folyadékkromatográfiás mérések, multieleemes analízisek) nagyon gyakran az érzékszervi vizsgálatok kiegészítésére és megerősítésére szolgálnak.

Doktori dolgozatom célja fajtaazonos teák aromájának komplex vizsgálata volt. A műszeres vizsgálatok segítségével objektív módon kívántam értékelni a teák minőségét. A megvalósítás során a legfontosabb feladat a minták aromaanyagainak kinyerése, az illat komponensek gázkromatográfiás elválasztása és azok tömegspektrometriás azonosítása volt.

A mintaelőkészítés kritikus szerepet játszik a megfelelő analízis elvégzésében. A rendelkezésemre álló módszerek közül ezért megvizsgáltam a vízgőzdesztilláció, a szimultán desztilláció-extrakció és a szilárd fázisú mikroextrakció hatékonyságát a tea illókomponenseinek kinyerésére. Megállapítottam, hogy az illat szempontjából értékes komponensek kinyerésére a módosított Likens-Nickerson szimultán desztilláció-extrakció módszer a leghatékonyabb. A szilárd fázisú mikroextrakció a vízgőzdesztillációnál érzékenyebb a nyíltláncú alkoholok, aldehidek, ketonok csoportjára, de az illatos terpének megfelelő összetételű kinyerésére nem alkalmas. A desztillációs módszereket összehasonlítva a vízgőzdesztilláció után 54, a Likens-Nickerson mintaelőkészítést követően 101 komponenst azonosítottam az extraktumból. A mintában kimutatott 28 közös komponens többségében a Likens-Nickerson féle módszerrel kaptam a nagyobb relatív intenzitás értékeket.

A teaextraktumokat poláris kapilláris oszlopon történt gázkromatográfiás elválasztást követően részletes tömegspektrometriás elemzésnek vettem alá. Minden alkotót egyedi üzemmódban, a legmegfelelőbb háttérkompenzáció alkalmazásával azonosítottam. Az eredmények kiértékelését a BCE Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén kidolgozott aromaspektrum módszerrel végeztem el.

A GC-MS elemzéseket elektronikus orr és nyelv műszerekkel végzett vizsgálatokkal, valamint érzékszervi profilanalízis eredményeivel hasonlítottam össze annak eldöntésére, hogy a műszeres vagy az érzékszervi vizsgálatok célravezetőbbek-e a teák jellegének/minőségének megítélésében. Munkám során a következő megállapításokra jutottam:

- ◆ A fekete teák két különböző alfajhoz tartoztak: az indiai Assam és a Ceyloni fekete tea a *var. assam*, a kínai Keemun és az indiai Darjeeling pedig a *var. sinensis* alfajok képviselői. Az összehasonlítás lehetőséget nyújtott a genetikailag azonos termesztett változatokhoz tartozó fajták összehasonlítására és annak felfedésére, hogy az eltérő termesztési hely, éghajlati adottságok befolyásolják-e az aromaanyagok kialakulását. A spektrumokról nyilvánvalóvá vált az indiai teák aromagazdagsága és hasonlósága, a Darjeeling tea fölénye az egyes komponensek relatív intenzitásában szintén látható.
- ◆ A botanikai fajtaazonosság alapján azt várjuk, hogy a Ceyloni és Assam tea, illetve a Darjeeling és Keemun teák spektrummintázata lesz hasonló. A hasonlóság azonban a már említett két indiai tea, valamint a Ceyloni fekete tea között a nyilvánvalóbb. A mintázat azonos jellege leginkább az aromaszpektrum első felében mutatkozik meg, az 1000-1700 PTRI-jű komponensek között. Ezek a komponensek a tealevél prekursoraiból származó, genetikailag meghatározott mennyiségben jelenlévő komponensek. A különbségek tehát a gyártástechnológia következtében kialakuló aromaanyagok mennyiségében vannak. A spektrumok mintázata alapján a kínai tea különbözik legjobban a többi fekete teától. Az érzékszervi bírálat pontszámai alapján rajzolt, a minták illatulajdonságait ábrázoló profil összevethető a minták aromaszpektrumával: a Ceyloni, Assam és Darjeeling minták rajzolata nagyon hasonlít egymáshoz, míg a Keemun vonala eltér a többi teától.
- ◆ Az elektronikus orr vizsgálatok során is bebizonyosodott az indiai Assam és Darjeeling teák hasonlósága. A Ceyloni fekete tea az Assam teával „rokon”, mindkettő a *var. assamica* kultivárhoz tartozik. Minőségpontjaik a statisztikai értékelés szerint közel esnek egymáshoz. A kínai Keemun elkülönülése a diszkriminancia analízis alapján szintén megfelel az aromaképeknek. A kapott eredmények tehát alátámasztják a gázkromatográfiás méréseket.
- ◆ A teafüvel és -itallal végzett elektronikus orr vizsgálatokat összehasonlítva megállapítható, hogy a füvekből származó illékony komponensek alkalmasabbak az elektronikus orr vizsgálat alapján történő elkülönítésre. Ezek a komponensek a legalacsonyabb forráspontú, azaz legillékonyabb összetevői az aromaanyagoknak, melyek head space mintaelőkészítő módszerrel kinyerhetők a teákból. További vizsgálatok elvégzését teszi szükségessé annak megállapítása, hogy azonos termőhelyről

származó vagy azonos alfajhoz tartozó teák esetében ezek az aromaanyagok elegendőek a különbségek kimutatására. A teaital esetében a gőztérből vett illatanyagok alapján kisebb biztonsággal különböztethetők meg a mintákat egymástól.

- ◆ Az érzékszervi bírálat eredményei jól megfeleltethetők az elektronikus nyelv vizsgálattal kapott értékelésnek. A bírálók pontozása alapján 99 %-os valószínűséggel különbözik egymástól a Ceyloni és Assam tea, a Ceyloni és Keemun tea, valamint a Darjeeling és Assam tea globális íztulajdonságban. A műszeres mérés az első diszkrimináns változó mentén legtávolabbra helyezi egymástól a Ceyloni és Keemun teákat, illetve mindkét változó értékeit figyelembe véve a Ceyloni és Assam teákat. Az elektronikus nyelvvel kapott eredmények azt mutatják, hogy ez a technika alkalmas lehet a teák íz alapján történő megkülönböztetésére.

A fermentációt eredetileg a tea ízének és aromájának növelése céljából alkalmazták. Kézenfekvő tehát, hogy az oxidációs folyamat, azaz a fermentáció mértéke az aromaanyagok összetételében bekövetkező változással is nyomonkövethető. Erre tettem kísérletet a különböző fermentáltsági fokú, kínai eredetű teák aromaanyagainak gázkromatográfiás vizsgálatával.

- ◆ A fehér és zöld tea, azaz a fermentálatlan teafüvek lényegesen szegényebbek aromában, mint a félig fermentált és fermentált teák. A fonnyasztás, fermentálás, sütés számos komponens mennyiségét megnöveli a teákban, új aromavegyületek jönnek létre. A mennyiségi növekedés a pirazinok és pirrolok tekintetében számottevő. Ezek a komponensek hő hatására keletkeznek a Maillard-Strecker reakció során, pörkölt, mogyorós, füstös aromát hoznak létre a teákban. A guajakol és krezol szintén füstös, égett szagot keltenek, mely komponenseket az Oolong és fekete teában azonosítottam.
- ◆ A jázmonátok a sérült növényi részekben halmozódnak fel. A tea feldolgozása során a levelek feltörése, mint mechanikai sérülés kiválthatja a jázmonátok keletkezését, hiszen az enzimek a feldolgozás végéig aktívak maradnak a levelekben. A jázmonsav (PTRI:1954) az Assam kivételével minden teamintában kimutatható volt, a fermentáltakban nagyobb mennyiségben, mint a fehér vagy zöld teában. A fekete teák gyártásánál a hosszabb feldolgozási folyamat nagyobb mennyiségű jázmonsav keletkezését teszi lehetővé. Az enzimek inaktiválása a fehér és zöld tea előállításakor a lipáz enzim működését is gyorsan leállítja, ezzel magyarázható az alacsonyabb jázmonsav tartalom. Ez a komponens alkalmas lehet a fermentáció fokának jelzésére. A metil-jázmonát csak a fermentált Oolong és fekete teákban volt kimutatható (az Assam tea ezt a komponenst sem tartalmazta).

- ◆ A linalool és oxidjainak aránya jellemző az oxidáció fokára. A fehér – Oolong - fekete tea esetében kapott linalool/linalool-oxidok arány megfelel az irodalmi adatoknak, az oxidáció előre haladásával a linalool-oxidok mennyisége nő. A zöld tea mérési eredményei is megfelelnek a várakozásnak, hiszen a linalool/linalool-oxidok hányadosa magasabb, mint a félig fermentált és fermentált teáknál tapasztalható érték, az oxidok kisebb mennyiségben vannak jelen az Oolong és fekete teához képest. A fehér tea jobb minőségű alapanyagból készülhetett, mint a zöld tea, ez okozza, hogy egymáshoz képest nem a várt tendenciát mutatják.
- ◆ Az érzékszervi bírálat során a globális illattulajdonságban a fekete és zöld, a fekete és fehér, az Oolong és zöld, valamint az Oolong és fehér teák között volt kimutatható a különbség 99 %-os valószínűségi szinten, a fekete és Oolong minták között a bírálók nem tudtak különbséget tenni. A keserű illat tulajdonságban ugyanúgy, mint a füstös, égett illat alapján a fekete és Oolong, az Oolong és zöld és az Oolong és fehér teák különböztethetők meg szignifikánsan. A keserű és a füstös, égett illat valószínűleg ugyanazon komponensek együttes hatásából jön létre. Ezt a pontszámok is jelzik: mindkét illatnál az Oolong tea kapta a legmagasabb pontszámot, ezt követte a fekete tea, majd fehér és zöld. A hatásért a pirazinok és pirrolok lehetnek a felelősek. A gázkromatográfias vizsgálat során azonosított pirazinok relatív intenzitása valóban az Oolong teában volt a legnagyobb, több marker komponens is található közöttük, melyek az Oolong tea fajtaazonosítása szempontjából felhasználható vegyületek. Így például a metilpirazin, a 2,5-dimetil-pirazin, a trimetilpirazin, a 2,5-dietilpirazin komponensek. A guajakol és krezol szintén füstös, égett szagot keltenek, mely komponenseket az Oolong és fekete teában azonosítottam.
- ◆ Az elektronikus orr eredményeinek diszkriminancia analízise megbízhatóan el tudta különíteni a négy mintacsoportot. A diszkriminancia térképek azt mutatták, hogy a 25 illetve 55 °C-on végzett vizsgálatok alapján képezhető, az illattal összefüggő csoportok egymáshoz viszonyított helyzete megváltozik. A minták különböző hőmérsékleten valószínűleg más-más illatkomponenseket illetve eltérő arányban bocsátanak ki a mintavevő göztérbe. A head space mintavételnek ez a hőmérsékletfüggése alátámasztja azt a mintaelőkészítéssel kapcsolatos megállapításomat, mely szerint indokolt a szimultán desztilláció extrakció alkalmazása, ha ismételhető, reprezentatív aromaképet akarunk nyerni a teákról.
- ◆ Az elektronikus nyelv vizsgálat alapján a fermentálatlan teák egymás közelében helyezkednek el. A félig fermentált Oolong tea az első változó mentén a fermentálatlanok közelében fekszik, legtávolabb pedig a teljesen fermentált fekete tea

található. Ez a differenciálás jobb eredményt hozott, mint az elektronikus orr vizsgálat, a minták egymáshoz viszonyított elhelyezkedése jobban tükrözi a fermentáció fokát. Az érzékszervi bírálat pontszámait összevetve az elektronikus nyelv eredményeivel az a megállapítás tehető, hogy a szubjektív bírálat helyettesíthető objektív műszeres értékeléssel. A bírálók keserű íz tekintetében tudtak különbséget tenni a fekete és zöld, illetve fekete és fehér teák között. Ezt az elektronikus nyelv megfelelő statisztikai elemzéssel nagy biztonsággal végre tudja hajtani, és további különbségek felismerésére képes a különböző fermentáltságú teák között. Az elektrokémiai szenzorok tehát alkalmasnak bizonyultak teák íz alapján történő megkülönböztetésére.

- ◆ Az elektronikus orr és nyelv vizsgálatok eredményeit megfelelő statisztikai módszerekkel kiértékelve a teaminták megkülönböztethetők egymástól. Ez a különbségtétel megbízhatóbb, mint a szubjektív érzékszervi bírálat. A különbség hátterének feltárására azonban csak a kromatográfias vizsgálat képes.

## 8. SUMMARY

The tea made from the *Camellia sinensis* plant's leaves is among the most consumed beverages. In recent years its agent got to the centre of attention due to the discovery of the beneficial effects of regular tea consumption.

Defining the quality of the tea is very hard; the classification process is partly objective, with instrumental methods, and partly subjective, with sensory methods. The sensory characteristics are determined by the type, the growing conditions and the processing method of the plant. To present day the classification of the finished products are primarily done by sensory methods; the basis of that method is the classification of the various flavours in teas. The instrumented physical (colour and conductivity measurements) and the analytical measurements (gas chromatography, liquid chromatography and multi-element analysis) are often used to supplement and confirm the sensory method.

The aim of my doctoral thesis is the complex analysis of the flavour of identical tea types. With instrumental methods, I wanted to objectively evaluate the quality of the tested teas. During the execution, the most important tasks were the extraction of the flavourings from the samples, the separation of fragrance components with gas chromatography and the identification of those components with mass spectrometry.

The preparation of the samples plays a crucial role in completing a successful analysis. From the available methods for isolating the volatile components from the tea, I examined the efficiency of steam distillation, simultaneous distillation-extraction and solid-phase microextraction. I found that the modified Likens-Nickerson simultaneous distillation-extraction is the most effective method for extracting the components that are responsible for the fragrance. Though solid-phase microextraction is more sensitive for the aliphatic alcohol, aldehyde and ketone groups, it cannot be used for a suitable extraction of aromatic terpenes. Comparing the distillation processes, with the steam distillation I extracted 54 components, the Likens-Nickerson method resulted 101 components. Most of the 28 common components detected in the sample showed a higher relative intensity value with the Likens – Nickerson method.

The tea extracts were subjected to a detailed mass spectrometric analysis after they were separated with gas chromatography, using a polar capillary column. Every component was identified with a specific method, using the most suitable background compensation. The evaluation of the results was performed with the flavour spectrum method developed by the Department of Food Chemistry and Nutrition on the Corvinus University of Budapest.

The GC-MS analyses were compared with electronic nose and tongue device tests and the results of the sensor profile analysis to decide whether the instrumented or the sensory examination

are more suitable to analyse the tea's quality and characteristics. My work had the following conclusions:

- ◆ The black teas belong to two subtypes: the Indian Assam and the Ceylon black tea are representatives of the *var. assam* subtype, the Chinese Keemun and the Indian Darjeeling belong to the *var. sinensis* subtype. This classification made possible the comparison of genetically identical cultivated variants and the discovery that whether the different place of cultivation and the climatic conditions are affecting the formation of the flavour compounds. The Indian teas' similarity and richness in flavour become apparent from the spectrum, also the Darjeeling tea's superiority in the relative intensity of some components is revealed.
- ◆ The botanical identity of the types suggested that the Ceylon and Assam teas' spectral pattern, and the Darjeeling and Keemun teas's spectral pattern will be similar. However, more obvious similarity showed between the two above mentioned Indian teas and the Ceylon tea. The resemblance in the patterns appeared mainly in the first half of the flavour spectrum, among the 1000-1700 PTRI components. These components are from the tealeaf's precursors, and their quantities are genetically determined. Therefore the differences are in the flavours formed by the production technology. Based on the spectrum, the Chinese tea differs the most from the other black teas. The profile drawn from the sensory evaluation's rating, showing the samples' odour characteristics, is comparable with the flavour spectra. The Ceylon, the Assam and the Darjeeling teas' profile are very similar to each other, while the Keemun's profile is different from the others.
- ◆ During the electronic nose tests the Indian Assam and Darjeeling teas similarity were proven. The Ceylon black tea related to the Indian Assam, both belong to the *var. assamica* cultivar. Their quality rating in the statistical assessment is close to each other. The discriminant analysis also shows that the separation of the Chinese corresponds with the flavour spectra, thus the obtained results are confirm the gas chromatography measurements.
- ◆ Comparing the results of the tea leaf's and beverage's electronic nose device tests it was determined that the leaf's volatile components were more suitable for separation with this device. These components have the lowest boiling point and are the most volatile parts of the flavouring substance; therefore they can be extracted from the tea with head space sample preparation. Further test are needed to prove if these components are enough to show the difference between teas belonging to the same subtype or originating



from the same region. In the tea beverage's case, the separation of the samples is less reliable based on fragrances gained from the vapour.

- ◆ The results of the sensory examination are corresponding well with the electronic tongue device's results. There's a 99% difference in global taste characteristics between the Ceylon and Assam tea, the Ceylon and Keemun tea and the Darjeeling and Assam based on the ratings given by the reviewers. The results of the electronic tongue device show that the method can be applicable for differentiating teas based on their tastes.

Originally, fermentation was used to enhance the tea's taste and flavours. It is evident that the oxidation, and the degree of the fermentation, can be monitored by measuring the change in the flavouring substances. I attempted using this method, testing Chinese teas with different fermentation degree with gas chromatography.

- ◆ The white and green teas, both unfermented, have significantly lower amount of flavours than the half-fermented and fermented teas. Desiccation, fermentation and roasting are increasing many components' quantity, new flavour components are formed. This increase in quantity is significant when the pyrazines and pyrroles are considered. The formation of these components are induced by heat during the Maillard-Strecker reaction, creating a roasted, smoky and nutty taste in the tea. Guaiacol and cresol also create a smoky and burned taste in the tea; I isolated these from the Oolong and the black tea.
- ◆ Jasmonates accumulate in the damaged parts of the plants. During the processing of the tea, the breaking of the tea leaf, as a mechanic damage can cause the formation of jasmonates, since the enzymes are still active during the processing. Jasmonic acid (PTRI:1954) was detectable in every sample except the Assam tea; the fermented teas had a bigger amount than the white or the green teas. In the production of black teas longer processing periods result in a higher amount of jasmonic acid. The inactivation of the enzymes during the production of white and green teas causes the lipase enzyme's fast inactivation as well; this explains the lower amount of jasmonic acid. This component can be suitable to indicate the degree of the fermentation. Methyl-jasmonate was only detected in the fermented Oolong and black teas (the Assam tea does not contain this component either).
- ◆ Linalool and its oxides are specific to the tea's oxidation rate. The received linalool/linalool-oxide rate of the white – Oolong – black tea corresponds to the data in literatures; as the oxidation progresses, the quantity of the linalool-oxides is rising. The green tea's results are also met the expectations, the linalool/linalool-oxide rate is higher

than the half-fermented and fermented samples' and the oxides are present in a lower quantity compared to the Oolong and the black tea. The white tea may have been produced from better quality materials than the green tea, which could be the reason of the unexpected tendency between them.

- ◆ The sensory evaluation showed that there was a detectable difference in the odour characteristics of the black and green teas, the black and white teas, the Oolong and green teas and the Oolong and white teas on a 99% probability level. The reviewers could not tell apart the black and the Oolong teas. Based on the bitter odour characteristics and the smoky, burned smell as well, the black and Oolong teas, the green and Oolong teas and the white and Oolong teas proved to be significantly different. The bitter and the smoky, burned odour are results of the combined effect of the same components. The ratings are reflecting this too; examining the two odours, the Oolong tea got the highest ratings in both cases, followed by the black and the white teas. This effect can be caused by the pyrazines and pyrroles. The pyrazines identified during the examination with gas chromatography showed the highest relative intensity in the Oolong tea; there are several marker components among them. These can be used as type identifiers for the Oolong tea, for example the methylpyrazine, the 2,5-dimethyl pyrazine, the trimethylpyrazine and the 2,5-diethylpyrazine. The guaiacol and cresol components also cause smoky and burned smell; I identified these in the Oolong tea.
- ◆ The discriminant analysis of the electronic nose device's results is can reliably separate the four sample groups. The discriminant plots show, that the relative positions of the groups related to the odour, formed by the examinations on 25 and 55°C, changed. The samples are probably emitting different odours into the sampling vapour in different rates when examined on different temperatures. The head space sampling method's dependence on temperature is proving my observation on sample preparation; this states, that the use of simultaneous distillation-extraction is appropriate if the aim is to get repeatable, representative picture of the flavours in the tea.
- ◆ The electronic tongue device's results shows that the unfermented teas are close to each other. Based on the first variable, the half-fermented Oolong tea is close to the unfermented teas; the fully fermented black tea is the farthest away. This differentiation led to better results than the electronic tongue device, the samples' relative position reflects the rate of the fermentation better. Comparing the sensory evaluation's ratings with the electronic tongue device's results it can be stated, the subjective examination can be substituted with the objective method. The reviewers could differentiate the black and green teas and the black and white teas based on the bitter taste. The electronic

tongue device can also perform this with high confidence, using statistical analyses. It is also able to detect other differences between the variously fermented teas. The electrochemical sensors are proven to be suitable for differentiate teas based on flavours.

- ◆ The teas can be separated by performing statistical analyses on the electronic nose and tongue devices' results. This method is more reliable than the subjective sensory examination. However, the background of this difference can only be explored with chromatographic methods.

## 9. IRODALOMJEGYZÉK

1. AISAKA H., KOSUGE M., YAMANISHI T. (1978): Comparison of the flavours of Chinese „Keemun” black tea and Ceylon black tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **42**(11): 2157-2159.
2. ALCAZAR A., BALLESTEROS O., JURADO J.M., PABLOS F., MARTIN M.J., VILCHES J.I., NAVALON A.(2007): Differentiation of green, white, black, Oolong and Pu-erh teas according to their free amino acid content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**: 5960-5965.
3. BANERJEE B. (1992) Botanical classification of tea, in: *Tea, Cultivation to Consumption* (eds. K.C.Wilson and M.N.Clifford), Chapman & Hall, London, pp. 25–51.
4. BARUAH S., HAZARDCA M., MAHANTA P.K., HORITA H., MURAI T. (1986): Effect of Plucking Intervals on the Chemical Constituents of CTC black tea *Agricultural and Biological Chemistry* , **50**(4), 1039- 1041
5. BELITZ H-D, GROSCH W, SCHIEBERLE P. (2009): Food Chemistry. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 951-958.
6. BHATTACHARYA N., SETH S., TUDU B., TAMULY P., JANA A., GHOSH D., BANDYOPADHYAY R., BHUYAN M (2007a): Monitoring of black tea fermentation process using electronic nose. *Journal of Food Engineering*, **80**: 1146-1156.
7. BHATTACHARYA N., SETH S., TUDU B., TAMULY P., JANA A., GHOSH D., BANDYOPADHYAY R., BHUYAN M, SABHAPANDIT (2007b): Detection of optimum fermentation time for black tea manufacturing using electronic nose. *Sensors and Actuators B*, **122**: 627-634.
8. BHATTACHARYA S., SEN-MANDI S.(2011): Variation in antioxidant and aroma compounds at different altitude: A study on tea (*Camellia sinensis* L. Kuntze) clones of Darjeeling and Assam, India. *African Journal of Biochemistry Research*, **5**(5): 148-159.
9. BROCHARD G., CHARLES M., FLEURENT C. (1998): Plaisirs de Thé. Éditions du Chêne, Hachette Livre. p. 174
10. CHATURVEDULA V.S.P., PRAKASH I.(2011): The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. *Journal of Medicinal Plants Research*, **5**(11): 2110-2124.
11. CHEN H., LIANG H., DING J., LAI J., HUAN Y., QUIAO X. (2007): Rapid differentiation of tea products by surface desorption atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **55** (25): 10093-10100.
12. CHUNG, F.L., SCHWARTZ, J., HERZON, C.R., YANG, Y.M.(2003): Tea and cancer prevention: studies in animals and humans. *Journal of Nutrition*, **133**: 3268-3274.

13. DAVIES, M., JUD, J.T., BAER, D.J., CLEVIDEINE, B.A., PAUL, D.R., EDWARDS, A.J., WISEMAN, S.A., MUESING, R.A., CHEN, S.C.(2003): Black tea consumption reduces total and LDL cholesterol in mildly hypercholesterolemic adults. *Journal of Nutrition* **133**: 3298-3302.
14. DIX, M.A., FAIRLEY, C.J., MILLIN, D.J. SWAINE, D (1981): Fermentation of tea in aqueous suspension. Influence of tea peroxidase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **32**: 920–932.
15. DUTTA R., HINES E.L., GARDNER J.W., KASHWAN K.R., BHUYAN M. (2003): Tea quality prediction using a tin oxide-based electronic nose: An artificial intelligence approach. *Sensors and Actuators B*, **94**(2): 228-237.
16. EISENBRAUN E.J., PAYNE K.W., BYMASTER J.S. (2000): Dehydration of Cedrol to  $\alpha$ -Cedrene Using Copper(II) Sulfate and Other Acidic Salts. Organic Preparations and Procedures International: *The New Journal for Organic Synthesis*, **32**(6): 557-561.
17. EKBORG-OTT K.H., TAYLOR A., ARMSTRONG D.W. (1997): Varietal differences in the total and enantiomeric composition of theanine in tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**: 353–363.
18. FAO (2001): Committee on commodity problems, fourteenth session of the intergovernmental group on tea, Medium-term outlook for tea. <http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/003/Y1419E.HTM>
19. FAO (2005): Current market situation and medium-term outlook. Committee on Commodity Problems, Intergovernmental Group on Tea. Sixteenth Session. Indonesia, Bali, 2005. [www.fao.org](http://www.fao.org)
20. FISCHER N., NITZ S., DRAWERT F. (1987): Bound flavour compounds in plants. 2: Free and bound flavour compounds in green and black tea (*Camellia sinensis*). *Z. Lebensm. Unters Forsch.*, **185**: 195–201.
21. GARDNER E.J., RUXTON C.H., LEEDS A.R.(2007): Black tea – helpful or harmful? A review of the evidence. *European Journal of Clinical Nutrition*, **61**: 3-18.
22. GILLIES M.,BIRKBECK J.A.(1983): Tea and coffee as sources of some minerals in the New Zealand diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **38** (6): 936-942.
23. GU X., ZHANG ZH., WAN X., NING J., YAO CH., SHAO W. (2009): Simultaneous Distillation extraction of some volatile flavor components from Pu-erh tea samples – comparison with steam distillation-liquid/liquid extraction and Soxhlet extraction. *International Journal of Analytical Chemistry*, Vol. 2009, Article ID 276713, 6 ps, doi:10.1155/2009/276713.

24. GUO W., HOSOI R., SAKADA K., WATANABE N., YAGI A., INA K.(1994): (S)-Linalyl, 2-phenylethyl, and benzyl disaccharide glycosides isolated as aroma precursors from Oolong tea leaves. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, **58**: 1532–1534.
25. GUO W., SAKATA K., YAGI, A., INA, K., LUO, S.J.(1992): Preparation of congou black tea from stale green tea. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, **56**: 992–993.
26. GUO W., YAMAGUCHI K., WATANABE N., USUI T., LUO S.J. SAKATA K.(1995): A primeverosidase as a main glycosidase concerned with the alcoholic aroma formation in tea leaves. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, **59**: 962–964.
27. HATANAKA A.(1993): The biogenesis of green odour by green leaves. *Phytochemistry*, **34**:1201–1218.
28. HAZARIKA M., MAHANTA, P.K.(1983): Some studies on carotenoids and their degradation in black tea manufacture, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **34**: 1390–1396.
29. HAZARIKA M. MAHANTA P.K.(1984): Compositional changes in chlorophylls and carotenoids during the four flushes of tea in NE India. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **35**: 298–303.
30. HILAL Y., ENGELHARDT U.(2007): Characterisation of white tea – comparison to green and black tea. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, **2**: 414–421.
31. HO CT., LIN JK, SHAHIDI F.(eds.)(2009): Tea and tea products. Chemistry and health-promoting properties. CRC Press Taylor & Francis Group, 17-31
32. HORITA H., HARA T, SANNAI A., FUJIMORI T.(1985): Light-produced volatile Components of Green Tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **49**(12):3601-3603.
33. ISO 11035:1994 Sensory analysis – Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach
34. ISO 3103:1980: Tea - Preparation of liquor for use in sensory tests
35. ISO 8589:2007 Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms
36. JAIN J.C., TAKEO T (2007): A review the enzymes of tea and their role in tea making. *Journal of Food Biochemistry*, **8**(4):243-279.
37. JIANG HY: White Tea. Its Manufacture, Chemistry, and Health Effects. In: Ho, Lin, Shahidi eds. Tea and Tea Products. Chemistry and Health-Promoting Properties. CRC Press 2008, 17-31.
38. JOHNS M (1988): The Evaluation of Volatile Quality Factors in Black Tea. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No 98/46, p. 17-31.

39. KAWAKAMI M., YAMANISHI T. (1983) Flavour constituents of Longjing tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **47**: 2077–2083.
40. KIM E. S., LIANG, Y.R., JIN, J., SUN, Q.F., LU, J.L., DU, Y.Y., LIN, C.(2007): Impact of heating on the chemical compositions of green tea liquors. *Food Chemistry*, **103**: 1263–1267
41. KIM KY, CHUNG HJ (2000): Flavor Compounds of Pine Sprout Tea and Pine Needle Tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48** (4): 1269–1272.
42. KOBAYASHI A, KAWAMURA M, YAMAMOTO Y, SHIMIZU K, KUBOTA K., YAMANISHI T.(1988): Methyl Epigallocatechin gallate in the Essential Oil of Tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **(52)**9:299-2303.
43. KOBAYASHI A., KAWAKAMI M.(1991): Analysis of essential oils of tea. In: Liskens H.F., Jackson J.F. (eds): Essential oils and waxes. Springer-Verlag, Berlin, 1991. 21-40.p.
44. KÓKAI, Z. (2003): Az almafajták érzékszervi bírálata. Doktori értekezés. Budapest: Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, 35-59. p
45. KÓKAI, Z., ERDÉLYI, M. (2007): Az érzékszervi minősítés korszerű módszerei, tanfolyami jegyzet. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, 3-35. p
46. KOVÁCS Z., DALMADI I., LUKÁCS L., SIPOS L., SZÁNTAI-KŐHEGYI K., KÓKAI Z., FEKETE A.(2010): Geographical origin identification of pure Sri Lanka tea infusions with electronic nose, electronic tongue and sensory profile analysis. *Journal of Chemometrics*, [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), DOI: 10.1002/cem.1280.
47. KOVÁCS Z., FEKETE A. (2008): Az elektronikus nyelv és alkalmazásai. *Élelmiszeripar*, **62** (10): 12–17.
48. KUBO I., MORIMITSU Y.(1995): Cytotoxicity of green tea flavor compounds against two solid tumor cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **43**: 1626–1628.
49. KUBO I., MURO, H., HIMEJIMA, M. (1992): Antimicrobial activity of green tea components and their combination effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **40**: 245–248.
50. KUMAZAWA K., MASUDA H. (2001): Change in the flavor of black tea drink during heat processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**: 3304-3309.
51. LIANG Y., LU J.,ZHANG L., WU S., WU Y. (2003): Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of the infusion. *Food Chemistry*, **80**: 283-290.
52. LIKENS S.T., NICKERSON G.B.(1964): Detection of certain hop oil constituents in brewing products. *American Society of Brewing Chemists Proceedings*, 5–13.
53. LINNAEUS, C. (1753) Species Plantarum Ed. 1, Laurentii Salvii, Stockholm, p. 515

54. LISKENS H.F., JACKSON J.F.(eds.) (1991): Essential oils and waxes. Springer-Verlag, Berlin, 21-40.
55. MAHANTA, P. K., BARUAH, S., OWUOR, P. O., & MURAI, T. (1988). Flavour volatiles of Assam CTC black teas manufactured from different plucking standards and orthodox teas manufactured from different altitudes of Darjeeling. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **45**: 317–324.
56. MASTERS, J. W. (1844): The Assam tea plant compared with tea plant in China. *Journal of Agricultural and Horical Society of India*, **3** (2): 61.
57. MONDAL TK (2002) Camellia biotechnology: A bibliographic search. *Internatiol Journal of Tea Science*, **1** (2&3): 28–37
58. MONDAL, T.K., BHATTACHARYA, A., LAXMIKUMARAN, M., AHUJA P.S (2004): Recent advances of tea (*Camellia sinensis*) biotechnology. *Review of Plant Biotechnology and Applied Genetics, Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, **76**: 195–254.
59. MOON J.H., WATANABE N., SAKATA K., YAGI A., INA K., LUO S.(1994): Studies on the aroma formation mechanism of Oolong tea. 3. Trans-linalool and cis-linalool 3,6-oxide 6-O-beta-D-xylopyranosyl-beta-D-glucopyranosides isolated as aroma precursors from leaves for Oolong tea. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, **58**: 1742–1744.
60. MORRÉ DJ, MORRÉ DM, SUN H, COOPER R, CHANG J, JANLE EM (2003): Tea catechin synergies in inhibition of cancer cell proliferation and of a cancer specific cell surface oxidase (ECTO-NOX). *Pharmacology & Toxicology*, **92**(5): 234-241.
61. MSZ 20684-80: Tea érzékszervi vizsgálata teaitalból. 6 old.
62. MULDER, G.J. (1838): Chemische untersuchung des chinesischen und javanischen Thees. *Annalen Physik Chemie Leipzig*, **XIII** (161): 161–180.
63. NISHIKITANI M., WANG D., KUBOTA K., KOBAYASHI A., SUGAWARA F. (1999): (Z)-3-hexenyl and trans-linalool 3,7-oxide  $\beta$ -primeverosides isolated as aroma precursors from leaves of a green tea cultivar. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, **63**(9): 1631-1633.
64. NOBUMOTO Y., KUBOTA K., KOBAYASHI, A, YAMANISHI T. (1990): Structure of  $\alpha$ -Farnesene in the Essential Oil of Oolong Tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **54**(1): 247-248.
65. NOBUMOTO Y., KUBOTA K., KOBAYASHI, A.(1993): Lactones newly identified in the volatiles of pouchong-type semi-fermented tea. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, **57**:79–81.



66. OBANDAA M., OWUORA P.O., MANG'OKAB R. (2001): Changes in the chemical and sensory quality parameters of black tea due to variations of fermentation time and temperature *Food Chemistry* **75**: 395–404.
67. OWUOR P.O., REEVES S.G., WANYOKO J.K.(1986a): Correlation of theaflavins contents and evaluation of Kenyan black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **37**: 507–513.
68. OWUOR, P. O., HORITA, H., TSUSHIDA, T., & MURAI, T. (1986b): Comparison of black teas from main black tea producing parts of the world. *Tea*, **7**: 71–78.
69. OWUOR, P. O., TAKEO, T., HORITA, H., TSUSHIDA, T., & MURAI, T. (1987): Differentiation of tea by terpene index. *Journal of the Science of Food Agriculture*, **40**: 341–345.
70. OWUOR, P. O. (1992):. A comparison of gas chromatographic volatile profiling methods for assessing the flavour quality of Kenya black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **59**: 180–197.
71. OWUOR, P.O.(2005): Advances in the Development of Reliable Black Tea Quality Parameters and Use in Selection of Superior Quality Plants. *11th NAPRECA Symposium, Book of Proceedings*, 45-55
72. OWOUR P.O., OBANDA M., NYIRENDA H.E., MANDALA W.L. (2008): Influence of production on clonal black tea chemical characteristics. *Food Chemistry*, **108**: 263-271.
73. PARLIAMENT T.H., EPSTEIN M.F.(1973): Organoleptic properties of some alkyl-substituted alkoxy- and alkylthiopyrazines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **21**: 714–716.
74. PARSONS, W.D., NEIMS, A.D. (1978) Effect of smoking on caffeine clearance. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, **24**:40–45.
75. PETTIGREW J. (2007): The Connoisseur's guide to tea. Apple Press, London.
76. PRIPDEEVECH P., MACHAN T. (2011): Fingerprint of volatile flavour constituents and antioxidant activities of teas from Thailand. *Food Chemistry* **125**: 797–802.
77. RAVICHANDRAN R., PARTHIBAN R. (1997): Tea carotenoids. *Planters Chronicle*, **93**: 327-327.
78. RAVICHANDRAN R., PARTHIBAN R. (1998): The impact of processing techniques on tea volatiles. *Food Chemistry*, **62**(3): 347-353.
79. RAVICHANDRAN R. (2002): Carotenoid composition, distribution and degradation to flavour volatiles during black tea manufacture and the effect of carotenoid supplementation on tea quality and aroma. *Food Chemistry*, **78**: 23–28

80. RÉVÉSZ K., TÜTTŐ A., KONTA L. (2007): Zöldtea-flavanolok hatása az endoplazmás retikulum működésére. *Orvosi Hetilap*, **148** (40): 1903-1907.
81. ROBERTS E.A.H, MYERS M.(1958): Theogallin, a polyphenol occurring in tea. II. Identification as a galloyl quinic acid. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **9**: 701–705.
82. ROBERTSON A. (1983): Effect of physical and chemical conditions on the in vitro oxidation of tea leaf catechins. *Phytochemistry*, **22**: 889–896.
83. SAIJO R., TAKEO, T. (1973): Volatile and non volatile forms of aroma compounds and their changes due to injury. *Agricultural and Biological Chemistry*, **37**: 1367–1373
84. SAKATA K., YAMAUCHI H., YAGI A., INA K.(1987): New Inositol Glycoside, 2-*O*- $\beta$ -l-Arabinopyranosyl-*myo*-inositol, as a Major Tea Component. *Agricultural and Biological Chemistry*, **51**(6): 1737-1739.
85. SANDERSON G.W., CO H., GONZALEZ, J.G. (1971) Biochemistry of tea fermentation: the role of carotenes in black tea aroma formation. *Journal of Food Science*, **36**: 231–236.
86. SANDERSON G., GRAHAM H.N.(1973): On the formation of black tea aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **21**: 576–584.
87. SCHUH C., SCHIEBERLE P.(2006): Characterization of the Key Aroma Compounds in the Beverage Prepared from Darjeeling Black Tea: Quantitative Differences between Tea Leaves and Infusion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**(3): 916-24
88. SEALY, J.P. (1958): A Revision of the Genus *Camellia*, Royal Horticultural Society, London, p.111–131.
89. SIPOS L. (2009): Ásványvíz-fogyasztási szokások elemzése és ásványvizek érzékszervi vizsgálata. PHD Értekezés, Corvinus Egyetem, p.35-38.
90. SONG W.O., CHUN O.K. (2008): Tea is the major source of flavan-3-ol and flavonol in the U.S. Diet. Proceedings of the Fourth International Scientific Symposium on tea and human health. *The Journal of Nutrition*. **138**: 1543-1547.
91. STAHL-BISKUP E., INTERT F., HOLTHUIJZEN J., STENGELE M., SCHULZ, G.(1993): Glycosidically bound volatiles—a review 1986–1991. *Flavour and Fragrance* , **8**: 61–80.
92. TAKEI Y., ISHIWATA K., YAMANISHI T. (1976):Aroma components characteristic of spring green tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **40**: 2151–2157.
93. TAKEO, T. (1974) L-Alanine as a precursor of ethylamine in *Camellia sinensis*. *Phytochemistry*, **13**: 1401–1406
94. TAKEO T., TSUSHIDA T.(1980): Changes in lipoxygenase activity in relation to lipid degradation in plucked tea shoots. *Phytochemistry*, **19**:2521-2522

95. TAKEO, T.(1981): Production of linalool and geraniol by hydrolytic breakdown of bound forms in disrupted tea shoot. *Phytochemistry.*, **20**: 2145–2147.
96. TAKEO, T. (1983a). Effect of clonal specificity of mono terpene alcohol composition of tea shoots on black tea aroma profile. *Japan Agriculture Research Quarterly*, **17**: 120–124.
97. TAKEO T.(1983b): Characteristics of the Aroma Constitution Found in Native China Black Teas. *Agricultural and Biological Chemistry*, **47** (6): 1377- 1379
98. TAKEO, T (1983c): Characteristics of the Aroma Constitution Found in Native China Black Teas. *Agricultural and Biological Chemistry*, **47**(6): 1377-1379.
99. TAKEO, T., BAKER, J.E. (1978): Changes in multiple forms of polyphenol oxidase during maturation of tea leaves. *Physicochemistry*, **12**: 21–24.
100. TAMÁS J. (2003): Tea - A világ legkedveltebb teafajtái. Alexandra Kiadó, Budapest, 120 p.
101. TEMPLE SJ., TEMPLE CM., BOXTEL AJB., CLIFFORD MN. (2001): The effect of drying on black tea quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **81**:764-77.
102. TOGARI N., KOBAYASHI A., AISHIMA T. (1995): Relating sensory properties of tea aroma to gas chromatographic data by chemometric calibration methods. *Food Research International*, **28**(5): 485-493..
103. TOKITOMO Y., IKEGAMI M., YAMANISHI T., JUAN I-M., CHIU W. T.-F(1984): Effects of Withering and Mass-Rolling Processes on the Formation of Aroma Components in Pouchong Type Semi-fermented Tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **48**(1): 87-91.
104. TOMLINS K.I., MASHINGAIDZE A.(1997): Influence of withering, including leaf handling, on the manufacturing and quality of black tea – a review. *Food Chemistry*, **60**(4): 573-580.
105. TÓTH (2005): Dinamikusan fejlődik a teapiac. *Napi Gazdaság*, **15**(1):11-12.
106. TSUGITA T., IMAI T., DOI Y., KURATA H(1979): GC and GC-MS analysis of head-space volatiles by Tenax GC trapping techniques. *Agricultural and Biological Chemistry*, **43**:1351-135
107. VITA, J.A.(2003): Tea consumption and cardiovascular disease: effects on endothelial function. Proceedings of a Third International Scientific Symposium on Tea and Human Health: Role of flavonoids in the diet. ASFNS, Boston, 2003.
108. WALTNER-LAW M.E., WANG X.L., LAW B.K., HALL R.K., NAWANO M., GRANNER D.(2002): Epigallocatechin gallate, a constituent of green tea, represses hepatic glucose production. *Journal of Biological Chemistry*, **277**: 34933–34940.
109. WANG LF, LEE JY, CHUNG JO, BAIK JH, SO S, PARK SK. (2008). Discrimination of teas with different degrees of fermentation by SPME-GC analysis of the characteristic volatile flavour compounds. *Food Chemistry*, **109**: 196-206.

110. WICKREMASINGHE R.L., WICK E.L., YAMANISHI T.(1973): Gas chromatographic mass spectrophotometric analysis of flavoury and non-flavoury Ceylon black tea aroma concentrates prepared by different methods. *Journal of Chromatography*, **79**: 75–80.
111. WIGHT W (1959): Nomenclature and classification of tea plant. *Nature*, **183**: 1726–1728
112. WINTERHALTER P.(2002): Oxygenated C-13 norisoprenoids—important flavor precursors. In: Winterhalter, Rouseff, (eds.): Carotenoid-Derived Aroma Compounds ACS Symp Ser 802, American Chemical Society, Washington, DC, 2002, pp. 98–115.
113. WRIGHT A.J., FISHWICK M.J.(1979): Lipid degradation during manufacture of black tea. *Phytochemistry*, **18**:1511-1513.
114. WU X.C. (1990): Change of soluble polyphenol oxidase activity during the process of withering. *Journal of Tea Science*, **10**:44
115. WU C.D., WEI G.X. (2002): Tea as a functional food for oral health. *Nutrition* **18**: 443-444.
116. XIA, T., TONG, Q., DONG, S. AND LUO, Y. (1996): Studies on the change of glucosidase activity during the withering and fermentation of black tea (Chinese). *Journal of Tea Science*, **16** (1): 63–66.
117. XU N., CHEN ZM.(2002): Green tea, balck tea and semi-fermented tea. in: YONG-SU Zh.ed.:TEA.Bioactivity and Therapeutic Potential. Taylor & Francis, London, p.35-56.
118. YAMAGUCHI K., SHIBAMOTO T. (1981): Volatile constituents of green tea Gyokuro (Camellia sinensis L. var. Yabukita). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **29**: 366–370
119. YAMANISHI T., KOBAYASHI A., NAKAMURA H., UCHIDA A., MORI S., OHSAWA K., SAKAMURA S. (1968): Flavor of black tea. Part V. Comparison of aroma of various types of black tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **17**, 379–386
120. YAMANISHI T., KAWATSU M., YOKOYAMA T., NAKATANI, Y.(1973a): Methyl jasmonate and lactones including jasmine lactone in Ceylon tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, **37**: 1075–1078.
121. YAMANISHI T, SHIMOJO S, UKITA M. KAWASHIMA K, NAKATANI Y. (1973b): Aroma of roasted green tea (Hoji-cha). *Agricultural and Biological Chemistry*, **37**(9): 2147-2153.
122. YAMANISHI, T.(1995): Flavour of tea. *Food Reviews International*, **11**(3), 477–525.
123. YANAGIMOTO K., OCHI H., LEE KG., SHIBAMOTO T.(2003): Antioxidative Activities of Volatile Extracts from Green Tea, Oolong Tea, and Black Tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51** (25), 7396–7401.

124. YANO M., OKADA K., KUBOTA K., KOBAYASHI K.(1990): Studies on the precursors of monoterpene alcohols in tea leaves. *Agricultural and Biological Chemistry*, **54**(4): 1023-1028.
125. YOUNG S.K., MU N.K., JEONG O.K., JONG H.L.(1994): The effect of hot water-extract and flavor compounds of mugwort on microbial growth. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition.*, **23**, 994–1000.
126. ZHEN YONG-SU ed. (2002): TEA. Bioactivity and Therapeutic Potential. Taylor & Francis, London
127. ZHU M., LI E., HE H.(2008): Determination of volatile chemical constituents in tea by simultaneous distillation extraction, vacuum hydrodistillation and thermal desorption. *Chromatography*, **68** (7/8): 603-610.

## PUBLIKÁCIÓS TEVÉKENYSÉG A DOLGOZAT TÉMAKÖRÉBEN

### Publikációk folyóiratban

#### IF-es folyóiratcikk, idegen nyelven

1. Kocsis N, Márkus F, Mednyánszky Z, Amtmann M., Korány K(2003): Recognition experiments of the vintage 1997 year hot and red paprika (*Capsicum annum*) varieties grown in Kalocsa. *ACTA ALIMENTARIA* **32**(1): 63-75.
2. Kocsis N, Amtmann M, Mednyánszky Z, Korány K(2002): GC-MS investigation of the aroma compounds of Hungarian red paprika (*Capsicum annum*) cultivars, *JOURNAL OF FOOD COMPOSITION AND ANALYSIS*, **15**:195-203.
3. Korány K, Mednyánszky Z, Amtmann M(2000): Preliminary results of a recognition method visualizing the aroma and fragrance features. *ACTA ALIMENTARIA* **29**(2): 187-198.

#### NEM IF-es folyóiratcikk, idegen nyelven

4. Mednyánszky Zs., Amtmann M., Korány K.(1998): Application of Mass Spectrometry Principles for the Investigation of Pepper Aroma Profile, *Publ. Univ. Horticulturae Industriaeque Alimentariae* **LVII**:19-22.

#### NEM IF-es folyóiratcikk

5. Mednyánszky Zs., Szabó S. A., Korány K(1995): Sugárkezelt bors aromakomponenseinek vizsgálata GC-MS technikával. *Élelmiszerfizikai Közlemények*, **VIII**:128-136.
6. Mednyánszky Zs (1995): Az élelmiszerbesugárzás detektálási módszerei. *Élelmiszerfizikai Közlemények*, **1-2**:113-120.

### Publikációk konferencia kiadványban

#### Magyar nyelvű (összefoglaló):

7. Amtmann M., Nemes K., Csóka M., Mednyánszky Zs., Korány K.(2009): Mézek illatszerkezetének vizsgálata. Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2009. október 28-30., 30-31.
8. Csóka M., Nemes K., Mednyánszky Zs., Amtmann M.(2009): Szegedi származású fajtaazonos paprikaőrlemények illattulajdonságainak vizsgálata. Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2009. október 28-30, 130-131.
9. Nemes K., Csóka M., Mednyánszky Zs., Amtmann M.(2009): Csonthéjas (mandula, sárgabarack, őszibarack) és akácmézek illatszerkezetének GC-MS leírása. Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2009. október 28-30, 156-157.
10. Amtmann M., Mednyánszky Zs., Kaspérné Szél Zs., Korány K.(2003): Mézek illatkomponenseinek GC-MS eredetvizsgálata, Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2003. november 6-7, 178-179. p.

11. Korány K., Amtmann M., Mednyánszky Zs.(2003): Az aromaalkotók azonosításának egy természetes belső vonatkoztatási rendszere, Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2003. november 6-7, Budapest, 190-191.p.
12. Amtmann M., Mednyánszky, Zs., Tolnay P., Korány K.(2000): Fajtamézek illatkomponenseinek vizsgálata . Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest , 2000. nov .6-7, 30-31.
13. Kocsis N., Amtmann M., Mednyánszky Zs., Korány K.(2000): Kalocsai termesztésű fűszerpaprikák aroma-alkotóinak összehasonlítása GC-MS mérésekkel, Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest 2000. nov.6-7, 38-39.
14. Korány K., Amtmann M., Mednyánszky Zs(1998): Az aromaspektrum szerkesztési eljárás hasonló sokszög módszerre fejlesztése programozott hőmérsékletű retenciós index mérések segítségével. Lippay János-Vas Károly Nemzetközi Tudományos Ülésszak, 1998. IX.16-18., 42-43.
15. Mednyánszky Zs., Erdélyi M., Korány K.(1998): Borsok fajtaazonosságának vizsgálata. Lippay János-Vas Károly Nemzetközi Tudományos Ülésszak, 1998. IX.16-18. , 120-121.
16. Mednyánszky Zs., Korány K., Erdélyi M(1998): Fűszerborsok fajtaazonosságának vizsgálata a hamisítás kimutatása céljából, MTA ÉKB, MÉTE, KÉKI, XII Élelmiszertudományi Konferencia, "Új vizsgálati módszerek és érzékszervi minősítés az élelmiszerhamisítások felderítésére", Budapest MTESZ Budai Székház, május 18-29. 1998, 37
17. Mednyánszky Zs., Korány K, Szabó S. A.(1997): Fűszerbors fajtaazonosságának ellenőrzése GC-MS mérés technikával. XI. Élelmiszertudományi Konferencia, 1996. május 30-31. Budapest, Acta Alimentaria, 26(1), 1997,100-101.

#### Magyar nyelvű (teljes)

18. Mednyánszky Zs., Szabó S. A., Korány K(1995): Sugárkezelt bors aromakomponenseinek vizsgálata GC-MS technikával. V. Szimposium, "Sugárzástechnika mező- és élelmiszergazdasági alkalmazása", 1995. augusztus 29.-30., GATE, Gödöllő, 128-136.

#### Nemzetközi konferencia (összefoglaló)

19. E. Várvolgyi, A. Gere, D. Szöllösi, L. Sipos, Z. Kovács , Z. Kókai, M. Csóka, Zs. Mednyánszky, A. Fekete, K. Korány (2012): Evaluation of coffee with sensory evaluation, electronic tongue and chemical analysis. XIII. Chemometrics in Analytical Chemistry. 25-29 June, 2012. Budapest, Hungary
20. Korány K., Mednyánszky Zs., Amtmann M.(1998): Development of the Aroma-Spectra Construction Method by Measuring the Temperature Programmed Retention Indexes of the Compounds. 16th Informal Meeting on Mass Spectrometry. 4-6 May,1998, Budapest, p. 105
21. Mednyánszky, Zs., Szabó, A. S., Korány, K.(1997): Applicability of GC-MS Technique for Investigation of Aroma Profiles. XXVIIth Annual ESNA Meeting, Ghent, Belgium, 29. August - September 2., 1997, p. 6

22. Mednyánszky, Zs., Korány, K, Szabó A. S.(1996): Identity control of peppers by GC-MS measurements. XIth Conference on Food Science, 30-31 May, Budapest, Hungary, p.100-101.1996.
23. Mednyánszky, Zs., Korány, K, Szabó A. S.(1996): Comparison of Aroma Profiles of Different Spices Gained by GC-MS Measurements.. XXVI. ESNA Meeting, Busteni, Románia, September 12-16., 1996, p 18.
24. Korany, K., Amtmann, M., Mednyanszky, Zs. (1995): Investigation of the aroma structure of pepper samples by GC-MS, 9th World Congress of Food Science and Technology, Budapest, July 30- August 4, 1995.
25. Mednyánszky, Zs., Szabó, A. S., Korány, K.(1994): Elaboration of analytical method for the detection of irradiation. XXIVth ESNA meeting, Varna, Bulgaria, September 12-16, 1994, p. 21.

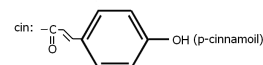
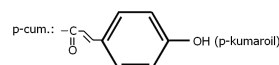
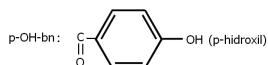
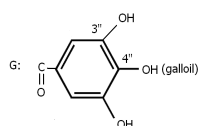
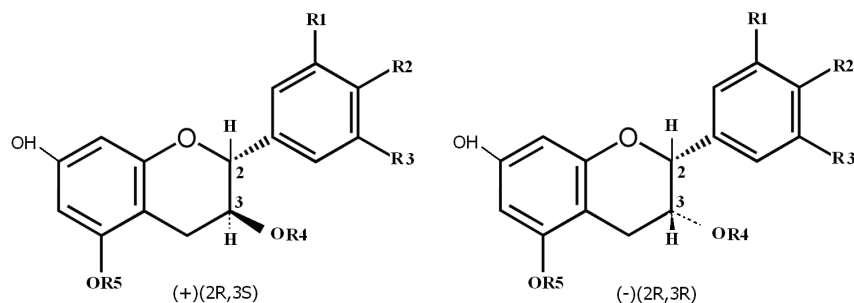


## **10. MELLÉKLETEK**

## M1: A tea flavanoljai (katechinjei)

<i>flavanolok</i>	<i>rövidítés</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>	<i>összes katechin %-a</i>
(-)-epikatechin	(-)-EC	OH	OH	H	H	H	14
(-)-epikatechin gallát	(-)-ECG	OH	OH	H	G	H	9
(-) epigallokatechin	(-)-EGC	OH	OH	OH	H	H	44
(-)-epigallokatechin gallát	(-)-EGCG	OH	OH	OH	G	H	23
(+) katechin	(+)-C	OH	OH	H	H	H	3
(+) gallokatechin	(+)-GC	OH	OH	OH	H	H	6
(-)-epiafzelehin		H	H	H	H	H	
(-) epiafzelehin-3-O-gallát		H	G	H	H	H	
(-) EC-3-O-(3"-O-metil)gallát		OH	3"-MeG	H	H	H	
(-) EC-3-O-(4"-O-metil)gallát		OH	4"-MeG	H	H	H	
(-) EGC-3-O-(3"-O-metil)gallát		OH	3"-MeG	OH	H	H	
(-)-EC-3,5-di-O-gallát		OH	G	H	H	G	
(-)-EGC-3,5-di-O-gallát		OH	G	OH	H	G	
(-)-EGC-3,3-di-O-gallát		OH	G	OG	H	H	
(-)-EGC-3,4-di-O-gallát		OH	G	OH	G	H	
(-)-EC-3-O-p-hidroxibenzoát		OH	p-OH-bn	H	H	H	
(-)-EGC-3-O-p-kumarát		OH	p-cum.	OH	H	H	
(-)-EGC-3-O-cinnamát		OH	cin.	OH	H	H	

Forrás: YONG-SU, 2002.



3"-MeG: 3"-metilG  
4"-MeG: 4"-metilG

## M2: A fekete teák rangsorolása és osztályozása (Forrás: BROCHARD et al., 1998)

A tealeveleket három nagy csoportba rangsorolják:

1. egész levelek (leaf)
2. törött levelek (broken)
3. zúzott, porrá tört levelek (fannings and dust)

### 1. *Egész levelek:*

- flowery orange pekoe (FOP): Ebbe a kategóriába a hajtások rügycsúcsai és az első levelei tartoznak. Az FOP osztályban a finom, zsenge, fiatal levelek pontosan meghatározott arányban tartalmaznak sodrott rügycsúcsokat (a hajtások legfinomabb végét), ami a minőség garanciája. A 'pekoe' kínai szó jelentése az újszülött haja. A tea világában az első szüretből származó leveleket jelenti, amikor azok még jóformán bimbók. (Az orange az Orange-Nassau holland család nevéből származik.)
  - golden flowery orange pekoe (GFOP): ez a kategória „arany” rügycsúcsokat tartalmaz: a rügycsúcsok aranysárga árnyalatú legvégét.
  - tippy golden flowery orange pekoe (TGFOP): nagy százalékban tartalmaz aranyszínű rügycsúcsokat
  - finest tippy golden flowery orange pekoe (FTGFOP): kivételesen jó minőségű FOP kategória
  - special finest tippy golden flowery orange pekoe (SFTGFOP): legmagasabb FOP kategória
- orange pekoe (OP): az ágak második és harmadik, teljesen kifejlődött, hosszú, keskeny levelei, közülük némelyik aranysárga. Az OP kategória ritkán tartalmaz zárt rügycsúcsot
- souchong (S): második szüretből származó hosszú, és hosszában megsodort levelű tea. Ezt a minősítést csak kínai teák kapják. Igen erős tea.
- flowery pekoe (FP): nem hosszában sodorják a leveleket, hanem az egész levelet és a csúcshajtást labdacskokba hengerlik.
- pekoe (P):érettebb ágak leveleiből sodorják, melyeknek már a csúcshajtása is levéllé fejlődött

2. *Törött levelek:* az egész levelű teáknak megvannak a törött, azaz „broken” változatai, melyeket „B”-vel jelölnek.

3. *A porteákat két csoportba sorolják:* fannings és dust:

- *Fannings:* orange fannings (OF), broken orange pekoe fannings (BOPF), pekoe fannings (PF), broken mixed fannings (BMF)
- *Dust:* pekoe dust (PD), red dust (RD), fine dust (FD), golden dust (GD), super red dust (SRD), super fine dust (SFD)

### M3.: Az érzékszervi bírálati lap

#### Budapesti Corvinus Egyetem **ÉML** Fekete teák profilanalízise


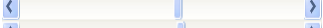
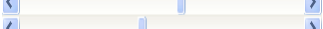

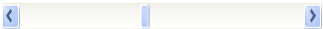
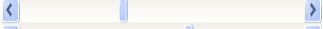



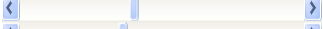



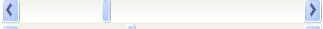


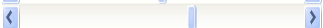
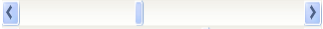

Bíráló kódja

Minták kódja

Tulajdonságok

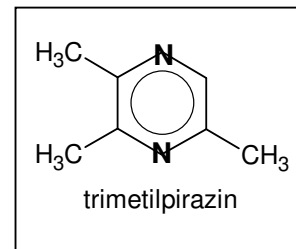
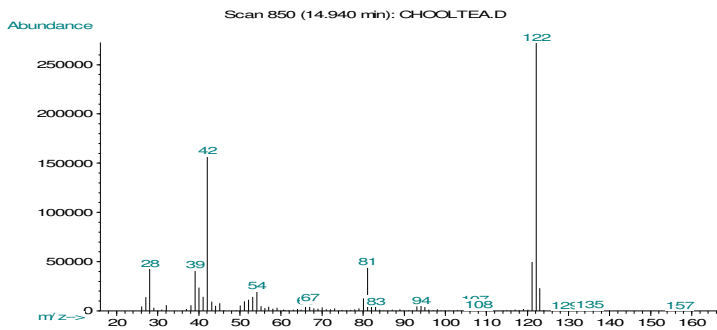
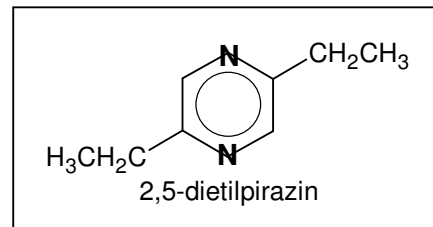
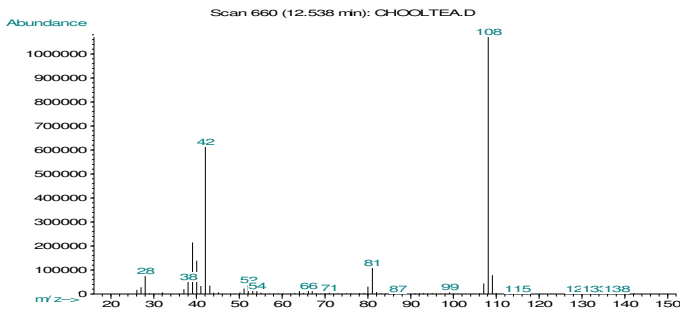
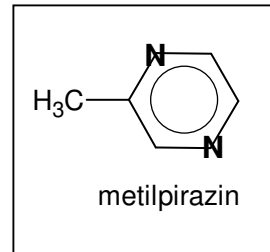
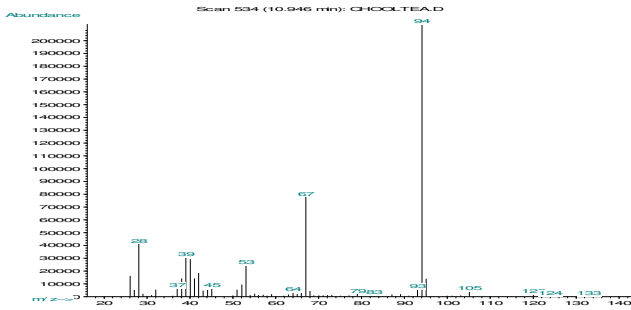
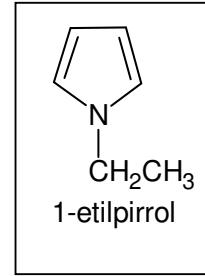
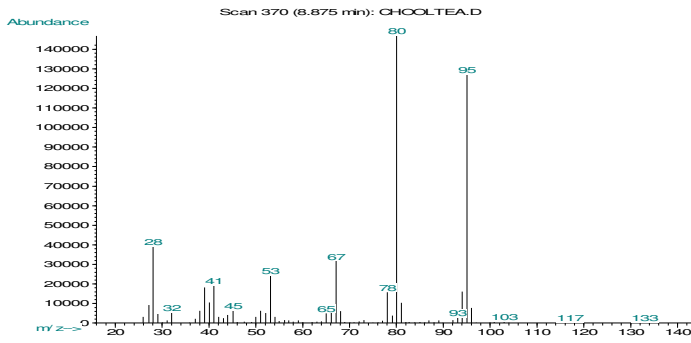
1. barna színárnyalat	40	sárgás barna		rozsdabarna
	60			
	60			
	40			
2. zöld színárnyalat	40	fűzöld		türkiz
	40			
	60			
	50			
3. sárga színárnyalat	60	citromsárga		narancssárga
	70			
	60			
	40			
4. színintenzitás	65	sötét		világos
	35			
	27			
	50			
5. globális illat	60	gyenge		intenzív
	71			
	37			
	56			
6. édes illat	39	gyenge		intenzív
	47			
	55			
	40			
7. savanyú illat	26	gyenge		intenzív
	41			
	57			
	44			
8. keserű illat	59	gyenge		intenzív
	66			
	57			
	67			
9. citrusos illat	69	gyenge		intenzív
	60			
	70			
	54			
10. friss virágos illat	35	gyenge		intenzív
	44			
	18			
	45			

11. széna illat		78	gyenge		intenzív
		62			
		40			
		75			
12. zöld illat, frissen vágott fű		30	gyenge		intenzív
		43			
		71			
		57			
13. kénes illat		76	gyenge		intenzív
		65			
		43			
		58			
14. füstös, égett illat		81	gyenge		intenzív
		69			
		56			
		40			
15. globális íz		70	gyenge		intenzív
		56			
		67			
		60			
16. édes íz		43	gyenge		intenzív
		40			
		50			
		58			
17. savanyú íz		60	gyenge		intenzív
		71			
		67			
		60			
18. keserű íz		50	gyenge		intenzív
		40			
		55			
		50			
19. citrusos íz		41	gyenge		intenzív
		50			
		40			
		58			
20. zöld íz, frissen vágott fű		59	gyenge		intenzív
		48			
		41			
		50			
21. fermentált íz		40	gyenge		intenzív
		50			
		39			
		50			

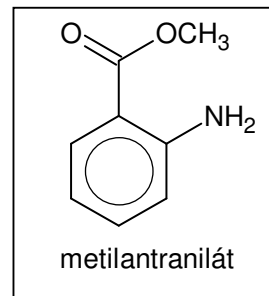
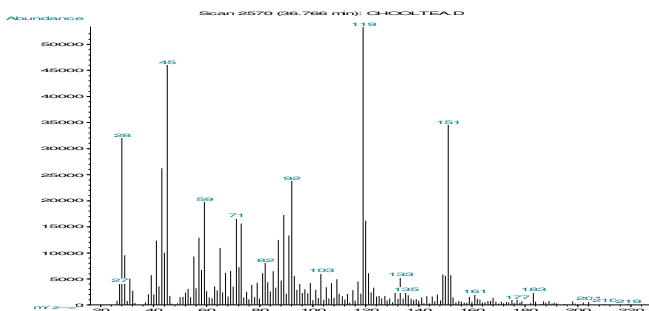
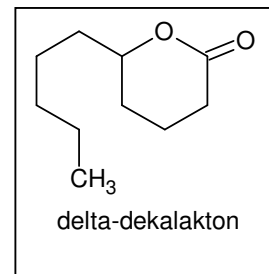
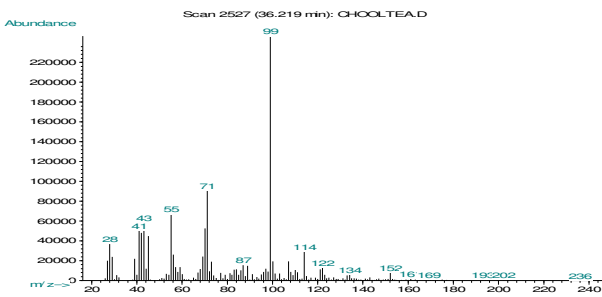
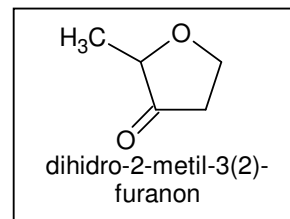
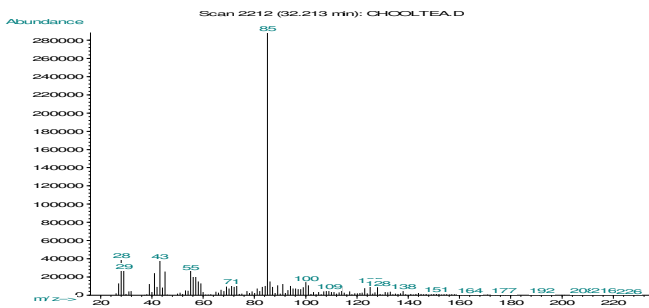
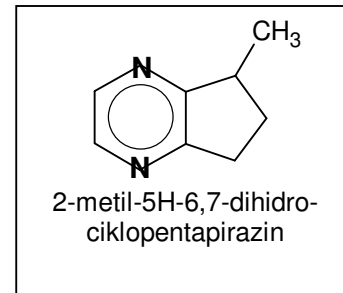
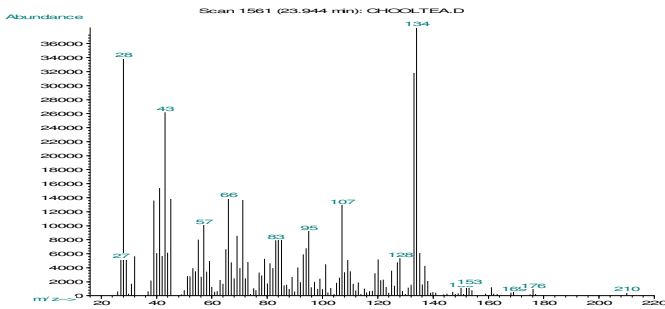
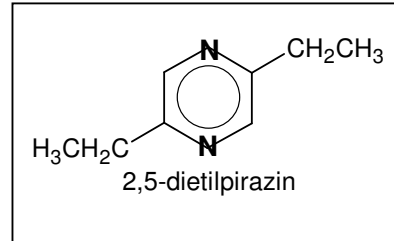
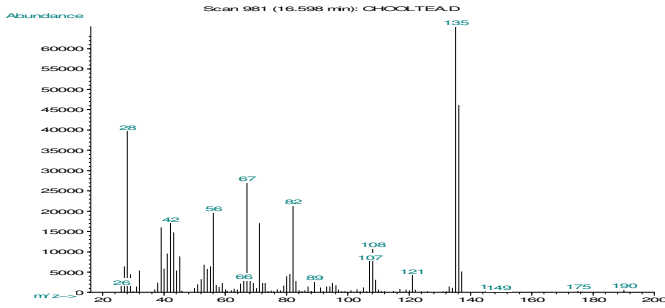
22. kénes íz		41	gyenge		intenzív
		56			
		57			
		43			
23. olajos íz		44	gyenge		intenzív
		36			
		60			
		50			
24. földes íz		50	gyenge		intenzív
		36			
		40			
		36			
25. szájbevonó hatás		59	gyenge		intenzív
		50			
		30			
		39			
26. íztartósság hossza		50	rövid		hosszú
		61			
		42			
		66			

Kész

# M4: Az Oolong tea marker komponensei



**M4: Az Oolong tea marker komponensei (folyt.)**





**M5: Különböző származási helyű fekete teák érzékszervi vizsgálatának eredményei**

*Fekete teák globális íz tulajdonságának félmátrixa*

globális íz	sd(5%)=10,65		sd(1%)=14,27	
	Ceylon	Darjeeling	Assam	Kína
Ceylon	-	nincs	1%	1%
Darjeeling	4,8	-	1%	nincs
Assam	<b>20</b>	<b>15,2</b>	-	nincs
Kína	15	10,2	5	-

*Fekete teák keserű íz tulajdonságának félmátrixa*

keserű íz	sd(5%)=19,01		sd(1%)=25,49	
	Ceylon	Darjeeling	Assam	Kína
Ceylon	-	nincs	1%	1%
Darjeeling	7,1	-	5%	5%
Assam	<b>29</b>	<b>21,9</b>	-	nincs
Kína	<b>31,5</b>	<b>24,4</b>	2,5	-

*Fekete teák színintenzitás tulajdonságának félmátrixa*

színintenzitás	sd(5%)=14,70		sd(1%)=19,71	
	Ceylon	Darjeeling	Assam	Kína
Ceylon	-	nincs	1%	5%
Darjeeling	6,4	-	5%	nincs
Assam	<b>21,5</b>	<b>15,1</b>	-	nincs
Kína	<b>15,7</b>	9,3	5,8	-

*Fekete teák barna színárnyalat tulajdonságának félmátrixa*

barna színárnyalat	sd(5%)=9,20		sd(1%)=12,34	
	Ceylon	Darjeeling	Assam	Kína
Ceylon	-	nincs	1%	1%
Darjeeling	7,9	-	1%	5%
Assam	<b>28</b>	<b>20,1</b>	-	nincs
Kína	<b>20</b>	<b>12,1</b>	8	-

*Fekete teák íztartósság tulajdonságának félmátrixa*

íztartósság	sd(5%)=16,75		sd(1%)=22,46	
	Ceylon	Darjeeling	Assam	Kína
Between Groups				
Ceylon	-	nincs	1%	nincs
Darjeeling	11,9	-	nincs	nincs
Assam	<b>24,2</b>	12,3	-	nincs
Kína	8,7	3,2	15,5	-

## M6: Különböző származási helyű fekete teák elektronikus orr vizsgálatának eredményei

A 25 °C-on végzett elektronikus orr vizsgálat diszkriminancia analízisének klasszifikációs matrixa

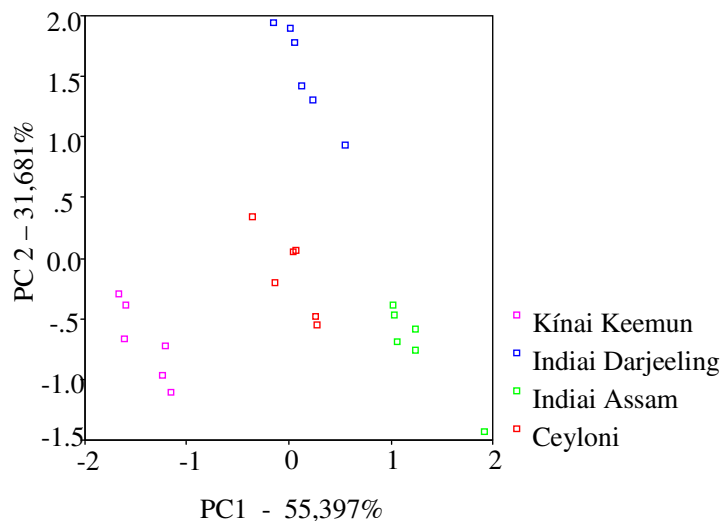
**Classification Results<sup>b,c</sup>**

		Származás	Predicted Group Membership				Total
			Ceyloni	Indiai Assam	Indiai Darjeeling	Kínai	
Original	Count	Ceyloni	6	0	0	0	6
		Indiai Assam	0	6	0	0	6
		Indiai Darjeeling	0	0	6	0	6
		Kínai	0	0	0	6	6
	%	Ceyloni	100.0	.0	.0	.0	100.0
		Indiai Assam	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Indiai Darjeeling	.0	.0	100.0	.0	100.0
		Kínai	.0	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated <sup>a</sup>	Count	Ceyloni	6	0	0	0	6
		Indiai Assam	0	6	0	0	6
		Indiai Darjeeling	0	0	6	0	6
		Kínai	0	0	0	6	6
	%	Ceyloni	100.0	.0	.0	.0	100.0
		Indiai Assam	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Indiai Darjeeling	.0	.0	100.0	.0	100.0
		Kínai	.0	.0	.0	100.0	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

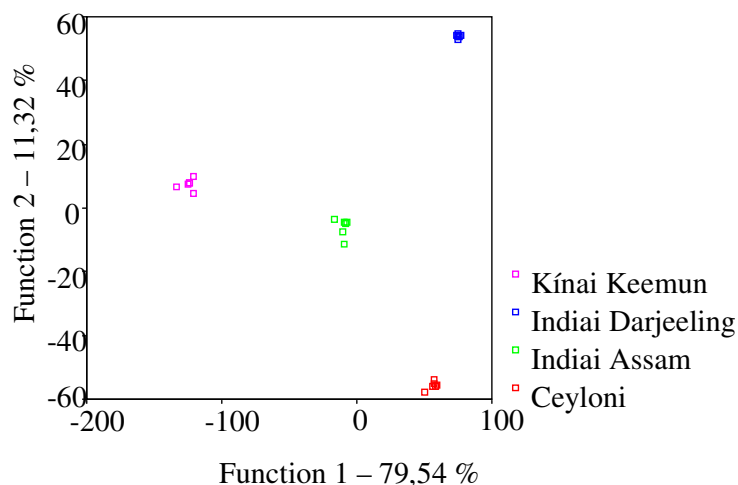
b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 100.0% of cross-validated grouped cases correctly classified.



A fekete tea fűvek pontjainak elhelyezkedése az első két főkomponens által meghatározott vetítési síkon (55 °C-on végrehajtott mérés)

**M6: Különböző származási helyű fekete teák elektronikus orr vizsgálatának eredményei (folyt.)**



A fekete tea fűvek minőségpontjainak elhelyezkedése a diszkriminancia térképen (55 °C-on végrehajtott mérés)

Az 55 °C-on végzett elektronikus orr vizsgálat diszkriminancia analízisének klasszifikációs matrixa

**Classification Results<sup>b,c</sup>**

			Predicted Group Membership				Total
			Ceyloni	Indiai Assam	Indiai Darjeeling	Kínai	
Original	Count	Ceyloni	6	0	0	0	6
		Indiai Assam	0	6	0	0	6
		Indiai Darjeeling	0	0	6	0	6
		Kínai	0	0	0	6	6
	%	Ceyloni	100.0	.0	.0	.0	100.0
		Indiai Assam	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Indiai Darjeeling	.0	.0	100.0	.0	100.0
		Kínai	.0	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated <sup>a</sup>	Count	Ceyloni	6	0	0	0	6
		Indiai Assam	0	5	0	1	6
		Indiai Darjeeling	0	0	6	0	6
		Kínai	0	0	0	6	6
	%	Ceyloni	100.0	.0	.0	.0	100.0
		Indiai Assam	.0	83.3	.0	16.7	100.0
		Indiai Darjeeling	.0	.0	100.0	.0	100.0
		Kínai	.0	.0	.0	100.0	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 95.8% of cross-validated grouped cases correctly classified.

### M7: Különböző származási helyű fekete tea ital elektronikus orr mérésének eredményei

A 25 °C-on végzett elektronikus orr vizsgálat diszkriminancia analízisének klasszifikációs matrixa

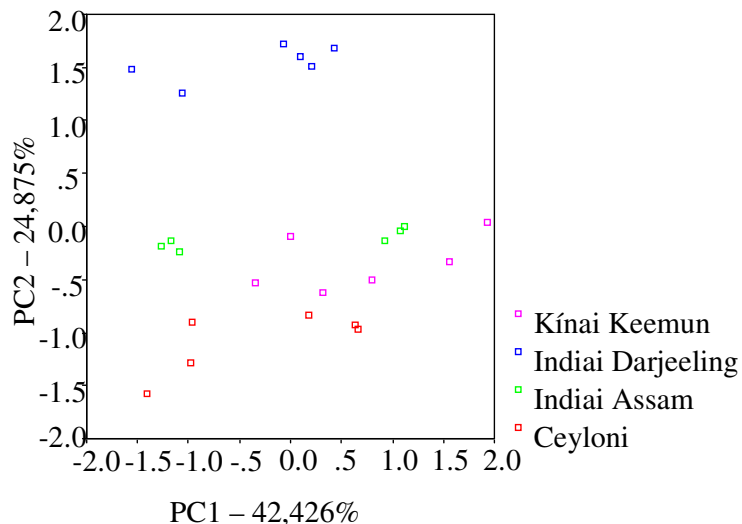
**Classification Results<sup>b,c</sup>**

		Származás	Predicted Group Membership				Total
			Ceyloni	Indiai Assam	Indiai Darjeeling	Kínai	
Original	Count	Ceyloni	6	0	0	0	6
		Indiai Assam	0	6	0	0	6
		Indiai Darjeeling	0	0	6	0	6
		Kínai	0	0	0	6	6
	%	Ceyloni	100.0	.0	.0	.0	100.0
		Indiai Assam	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Indiai Darjeeling	.0	.0	100.0	.0	100.0
		Kínai	.0	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated <sup>a</sup>	Count	Ceyloni	6	0	0	0	6
		Indiai Assam	0	5	0	1	6
		Indiai Darjeeling	0	0	6	0	6
		Kínai	0	1	0	5	6
	%	Ceyloni	100.0	.0	.0	.0	100.0
		Indiai Assam	.0	83.3	.0	16.7	100.0
		Indiai Darjeeling	.0	.0	100.0	.0	100.0
		Kínai	.0	16.7	.0	83.3	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

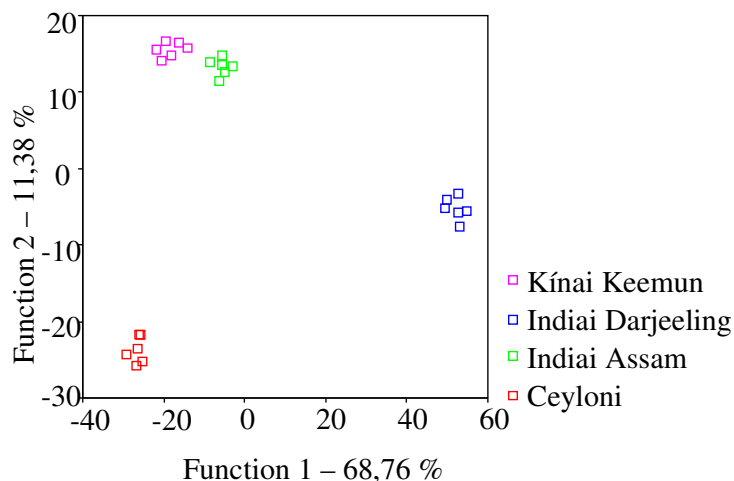
b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 91.7% of cross-validated grouped cases correctly classified.



A fekete tea italok pontjainak elhelyezkedése az első két főkomponens által meghatározott vetítési síkon (55 °C-on végrehajtott mérés)

**M7: Különböző származási helyű fekete tea ital elektronikus orr mérésének eredményei (folyt.)**



A fekete tea italok minőségpontjainak elhelyezkedése a diszkriminancia térképen (55 °C-on végrehajtott mérés)

Az 55 °C-on végrehajtott mérés diszkriminancia analízisének klasszifikációs matrixa

**Classification Results<sup>b,c</sup>**

		Származás	Predicted Group Membership				Total
			Ceyloni	Indiai Assam	Indiai Darjeeling	Kínai	
Original	Count	Ceyloni	6	0	0	0	6
		Indiai Assam	0	6	0	0	6
		Indiai Darjeeling	0	0	6	0	6
		Kínai	0	0	0	6	6
	%	Ceyloni	100.0	.0	.0	.0	100.0
		Indiai Assam	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Indiai Darjeeling	.0	.0	100.0	.0	100.0
		Kínai	.0	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated <sup>a</sup>	Count	Ceyloni	4	0	0	2	6
		Indiai Assam	0	4	0	2	6
		Indiai Darjeeling	0	0	6	0	6
		Kínai	0	2	0	4	6
	%	Ceyloni	66.7	.0	.0	33.3	100.0
		Indiai Assam	.0	66.7	.0	33.3	100.0
		Indiai Darjeeling	.0	.0	100.0	.0	100.0
		Kínai	.0	33.3	.0	66.7	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 75.0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

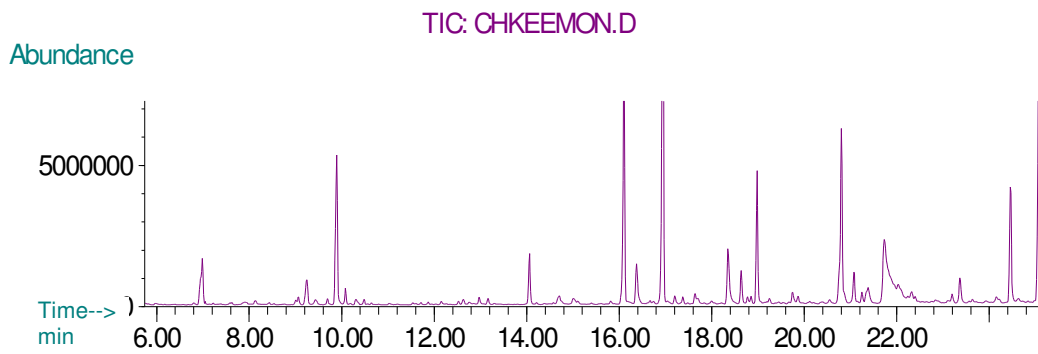
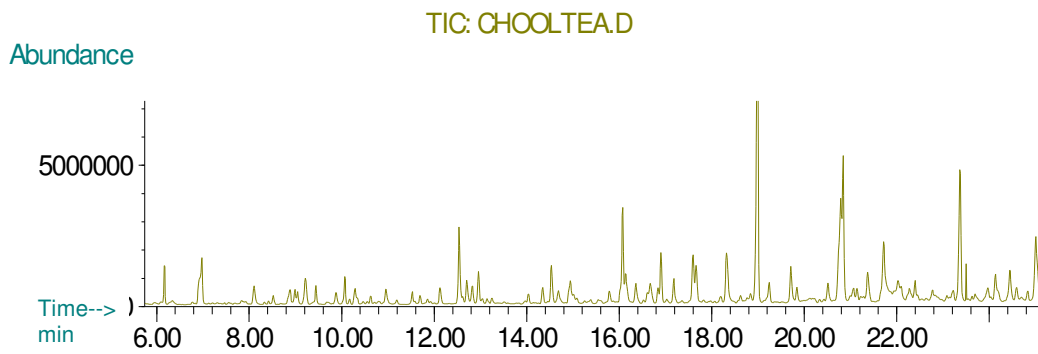
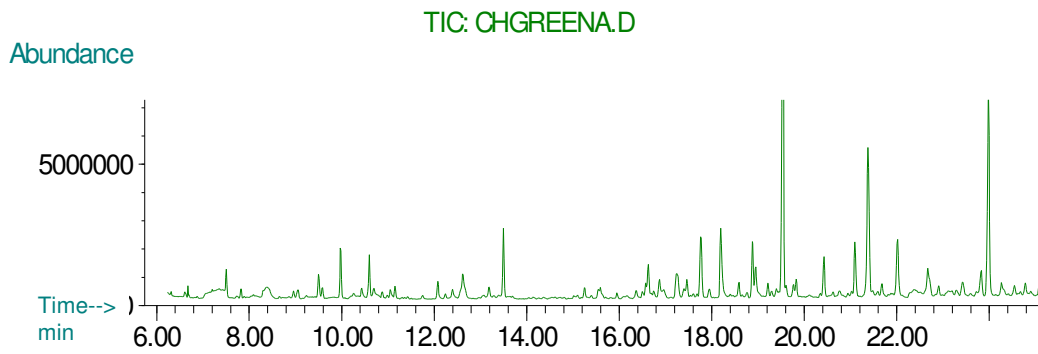
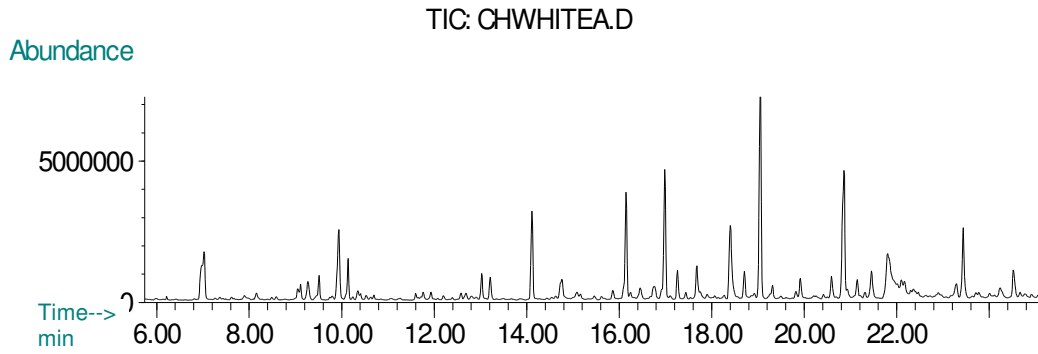
**M8: Különböző származási helyű fekete teák elektronikus nyelv mérések eredményei**

A diszkriminancia analízis eredménye és klasszifikációs matrixa

osztályok	osztályozás (%)	besorolt osztályok (%)			
		Keemun	Ceylon	Darjeeling	Assam
Keemun	100,0	<b>100,0</b>	0,0	0,0	0,0
Ceylon	100,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0	0,0
Darjeeling	100,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0
Assam	100,0	0,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>
összesen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

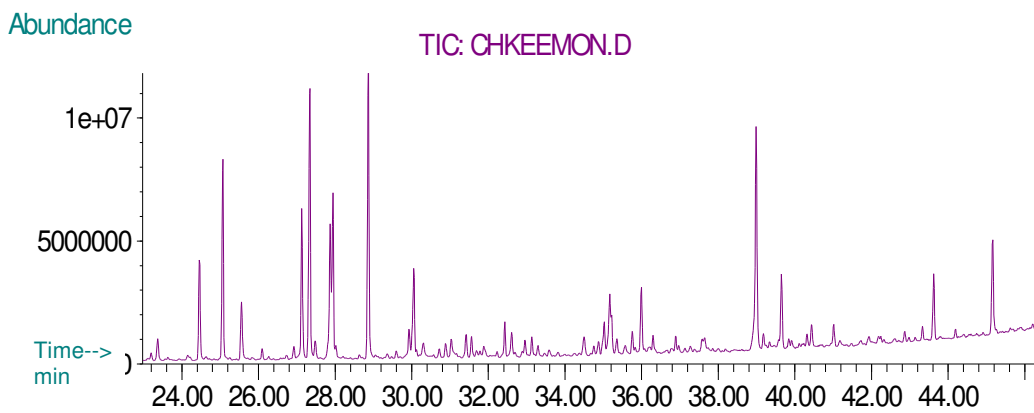
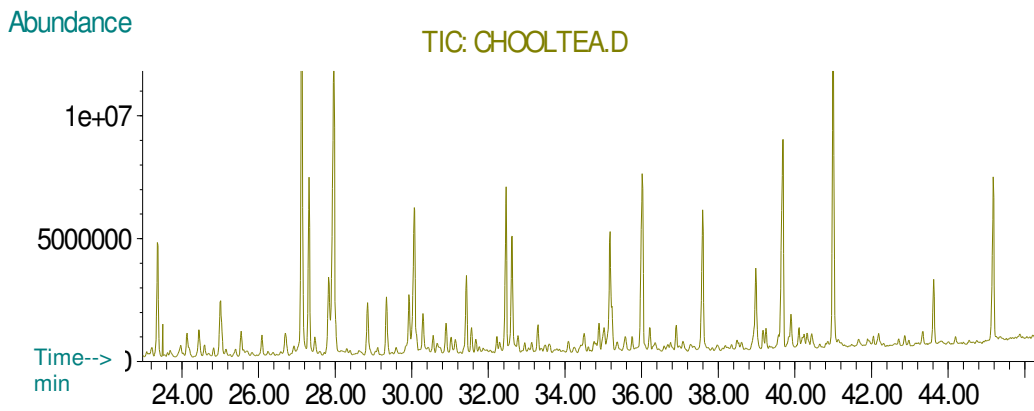
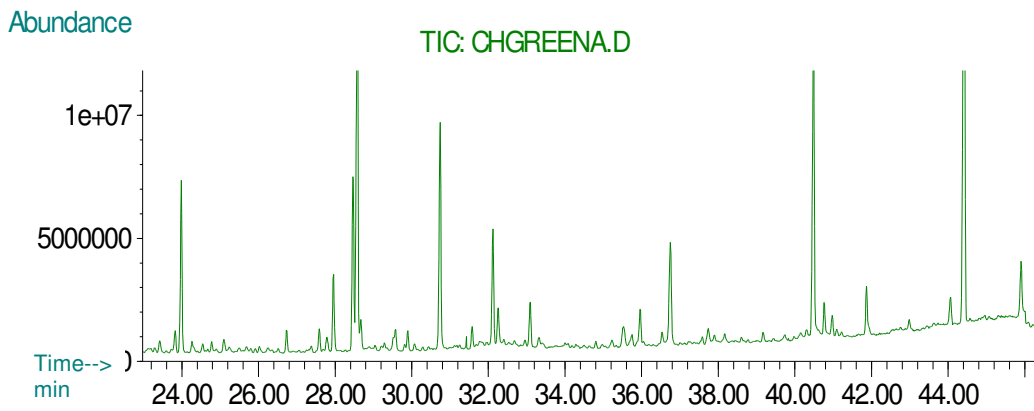
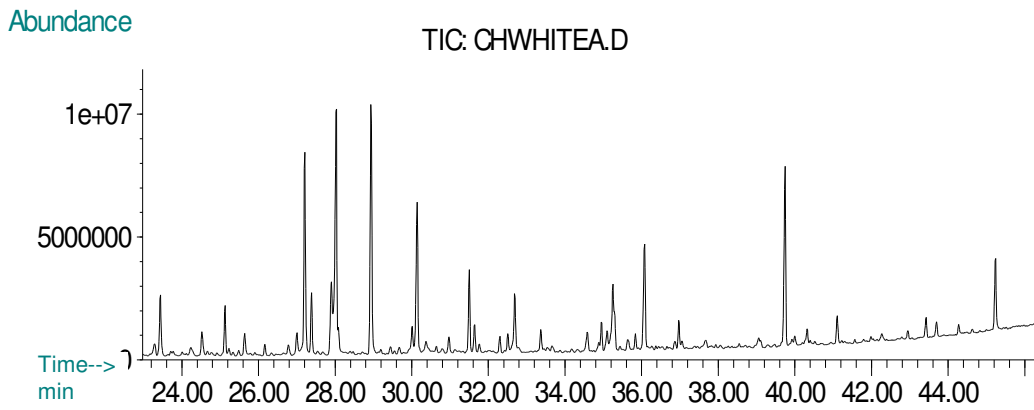
osztályok	osztályozás (%)	becsült osztályok (kereszt validáció, %)			
		Keemun	Ceylon	Darjeeling	Assam
Keemun	100,0	<b>100,0</b>	0,0	0,0	0,0
Ceylon	100,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0	0,0
Darjeeling	100,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>	0,0
Assam	100,0	0,0	0,0	0,0	<b>100,0</b>
összesen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

### M9: A különböző fermentációs fokú teák kromatogramjainak bemutatása



A fehér, zöld, Oolong és fekete tea kromatogramjának első fele

**M9: A különböző fermentációs fokú teák kromatogramjainak bemutatása (folyt.)**



A fehér, zöld, Oolong és fekete tea kromatogramjának második fele



**M10: A különböző fermentáltságú teákban azonosított komponensek**

PTRI	KÍNAI TEÁK KOMPONENSEI	FEHÉR	ZÖLD	OOLONG	FEKETE
		Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%
975	ecetsav etilészter	4,26		5,50	7,38
986	3-metil-butanal	7,19		8,41	12,62
997	2-etilfurán	3,54		3,00	4,74
1009	pentanal			3,88	
1035	alfa-pinén		1,88	9,95	
1043	toluén		3,75		
1066	hexanal	27,17	15,64	22,62	34,22
1110	1-pentén-3-ol	2,29	8,05	7,65	
1122	1,5,5-trimetil-1-metilén-ciklohexén	1,64	0,83	1,17	2,37
1126	mircén	2,01	1,86	3,17	1,81
1139	1-etilpirrol			7,13	
1146	n-heptanal	4,26	3,23	3,38	5,61
1152	izoamilalkohol	7,26			17,87
1161	dl-limonén	8,14	8,83	5,23	6,90
1177	(E)-2-hexenal	25,15	3,86	5,39	80,42
1185	2-pentilfurán	10,64	8,33	8,31	9,42
1189	cisz-ocimén	1,03	3,36	1,85	2,31
1193	1-pentanol	3,45	1,34	6,40	5,49
1202	(E)-5-tetradecén		2,37		
1203	gamma-terpinén	1,24	1,09	1,64	4,18
1206	delta-3-karén	1,67	2,83	3,02	2,41
1213	dihidro-2-metil-3(2H)-furanon			2,39	
1219	metilpirazin			7,57	
1228	1-metil-2-(1-metiletil)-benzén		2,44	2,21	
1241	alfa-terpinolén	2,35	4,77	4,48	2,42
1247	oktanal	2,62	2,12	3,36	1,78
1263	cisz-2-pentén-1-ol	2,47	12,09	6,30	3,71
1279	2,5-dimetil pirazin			21,49	
1284	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	3,25	2,98	8,56	5,58
1290	etil-pirazin	1,92		6,59	1,93
1295	2-metil-2-heptén-6-on	8,24	11,95	9,74	5,59
1298	1,2,3-trimetil-benzén	0,28	1,47	2,09	0,52
1304	n-hexanol	6,89		3,23	5,00
1337	cisz-3-hexenol	25,65		3,63	24,93
1349	2-etil-6-metil-pirazin	1,38		5,09	1,12
1356	2-etil-5-metil-pirazin	2,03		11,64	1,56
1362	nonanal	5,86	3,01	7,34	10,62
1374	2,4-hexadienal				7,61
1371	trimetilpirazin			10,39	
1376	3,5,5-trimetil-2-ciklohexen-1-on	3,92			
1406	2-oktenal	4,25	3,15	5,19	2,95
1415	(2S,5R)-cisz-linalool oxid furanoid	17,59	6,80	26,36	119,50
1427	2-furánkarboxaldehid (furfural)	5,56	3,79	8,99	27,83
1435	2,5-dietilpirazin			4,55	
1447	(2R,5R)-transz-linalool oxid furanoid	18,72	5,13	14,56	167,74
1465	béta-ionon	2,71	3,84	2,16	5,21
1475	(E,E)-2,4-heptadienal	11,09	17,66	16,74	7,10
1476	2-acetilfurán	3,23		11,68	5,22
1490	benzolklorid		4,72		

A különböző fermentáltságú teákban azonosított komponensek (folyt.)

PTRI	KÍNAI TEÁK KOMPONENSEI	FEHÉR	ZÖLD	OOLONG	FEKETE
		Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%
1502	benzaldehyd	33,42	7,23	22,48	42,44
1515	bornilén	7,66	4,53	3,61	18,81
1522	vitispirán	4,93	1,45	3,61	11,06
1527	linalool	88,17	68,69	92,07	60,44
1537	1-oktanal	4,90	4,64	7,72	3,42
1556	5-metil-furfural	4,13	2,30	14,33	9,73
1560	3,5-oktadién-2-on	7,86	8,49	6,11	6,63
1570	alfa-cedré			2,84	2,35
1586	6-metil-3,5-heptadién-2-on	8,98	12,47	9,36	4,06
1596	hotrienol	52,51	36,49	32,05	84,76
1599	1-etil-2-formil pirrol	3,84	2,11	35,22	6,36
1607	(S,E)-alfa-ionon	6,68	4,78	6,02	17,75
1620	béta-ciklocitrál	12,61	15,84	12,12	14,57
1634	benzolacetaldehyd (jácintin)	51,34	5,34	33,94	153,38
1646	szafranal		6,11		
1696	alfa-terpineol	26,76	42,37	42,44	21,44
1717	2-metil 5H-6,7-dihidrociklopentapirazin			6,13	
1737	(3R,6R)-cisz-linalool oxid piranoid	6,07		14,00	62,28
1744	naftalén				5,87
1752	1,2-dihidro-1,1,6-trimetilnaftalén	2,35	4,10	4,76	3,49
1759	(3S,6S)-cisz-linalool oxid piranoid	9,08		3,47	114,89
1767	beta-kadinén	3,36			5,09
1780	metilszalicilát	11,91	4,11	12,41	46,69
1800	nerol	6,72	9,06	14,86	11,50
1825	2,4-dekadienal	9,57	4,42	15,90	5,85
1832	damascenon	12,78	10,97	7,24	10,94
1840	hexánsav	79,21	10,55	170,22	95,71
1847	geraniol	23,69	27,65	61,97	177,48
1852	guaiacol			7,94	14,99
1867	benzolmetanol	32,88	51,58	12,88	93,95
1906	2-feniletanol	88,88	9,28	22,94	183,53
1926	benzilcianid		4,82	25,43	
1934	2-fenil-2-butanal	5,44		5,29	11,39
1946	heptánsav	13,58		26,10	24,62
1953	(R,E)-alfa-ionon	56,96	72,88	61,12	71,55
1954	cisz-jázmon			5,88	6,70
1960	2-acetilpirrol	9,06		17,48	24,81
1977	delta-oktalahton				14,41
1986	2-[2-(dimetilhidrazono)propiliden]ciklohexanon			10,20	18,32
2005	transz-béta -ionon-5,6-epoxid	28,89	39,18	34,64	27,39
2010	1-etil-3,5-diizopropil-benzén	11,11	15,71	14,93	21,76
2036	dihidro-5-pentil-2(3H)-furanon	8,93	6,12	8,86	7,40
2045	nerolidol	9,01	19,27	63,26	28,38
2049	oktánsav	29,42		53,07	28,13
2065	p-krezol			7,59	14,95
2123	alfa-cedrol	17,16	8,87	15,85	31,80
2137	6,10,14-trimetil-2-pentadekanon	13,68	14,46	15,57	20,36
2147	nonánsav	49,12		55,21	57,39
2162	gamma-eudezmol	12,57			
2171	4-vinil-2-metoxi-fenol	10,39	6,79	9,01	22,06
2185	2-metoxi-4,5,6-trimetilpirimidin		45,48		

*A különböző fermentáltságú teákban azonosított komponensek (folyt.)*

<b>PTRI</b>	<b>KÍNAI TEÁK KOMPONENSEI</b>	<b>FEHÉR</b>	<b>ZÖLD</b>	<b>OOLONG</b>	<b>FEKETE</b>
		Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%	Rel.int.%
2187	delta-dekalakton			13,35	
2207	metil antranilát			6,57	
2214	metil palmitát	15,88	8,89	13,25	18,95
2240	4-metiltiazol	16,14		74,27	19,16
2293	geránsav	12,40		57,60	199,49
2300	izoeugenol			10,47	23,95
2304	metiljázmon			12,72	12,31
2319	dihidroaktinidiolid	78,76		102,63	60,13
2327	5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimetil-benzofuranon		101,29		
2338	4-vinilfenol		18,65		
2346	farnezilaceton		13,42		
2351	1,4,7,10,13,16-hexaoxaciclooktadekán		10,40		
2371	1H-indol	20,10	25,19	118,89	37,48
2531	fitol	41,78	32,42	92,96	

**M11: Különböző fermentáltságú kínai teák érzékszervi bírálatának eredményei**

*Kínai teák barna színárnyalatának félmátrixa*

<b>barna színárnyalat</b>	<b>sd(5%)=12,70</b>		<b>sd(1%)=17,03</b>	
	kínai fekete	kínai Oolong	kínai zöld	kínai fehér
kínai fekete	-	5%	1%	5%
kínai Oolong	<b>14,6</b>	-	1%	nincs
kínai zöld	<b>49,3</b>	<b>34,7</b>	-	1%
kínai fehér	<b>12,9</b>	1,7	<b>36,4</b>	-

*Kínai teák keserű íz tulajdonságának félmátrixa*

<b>keserű íz</b>	<b>sd(5%)=14,73</b>		<b>sd(1%)=19,75</b>	
	kínai fekete	kínai Oolong	kínai zöld	kínai fehér
kínai fekete	-	nincs	1%	5%
kínai Oolong	9,6	-	nincs	nincs
kínai zöld	<b>23,9</b>	14,3	-	nincs
kínai fehér	<b>17</b>	7,4	6,9	-

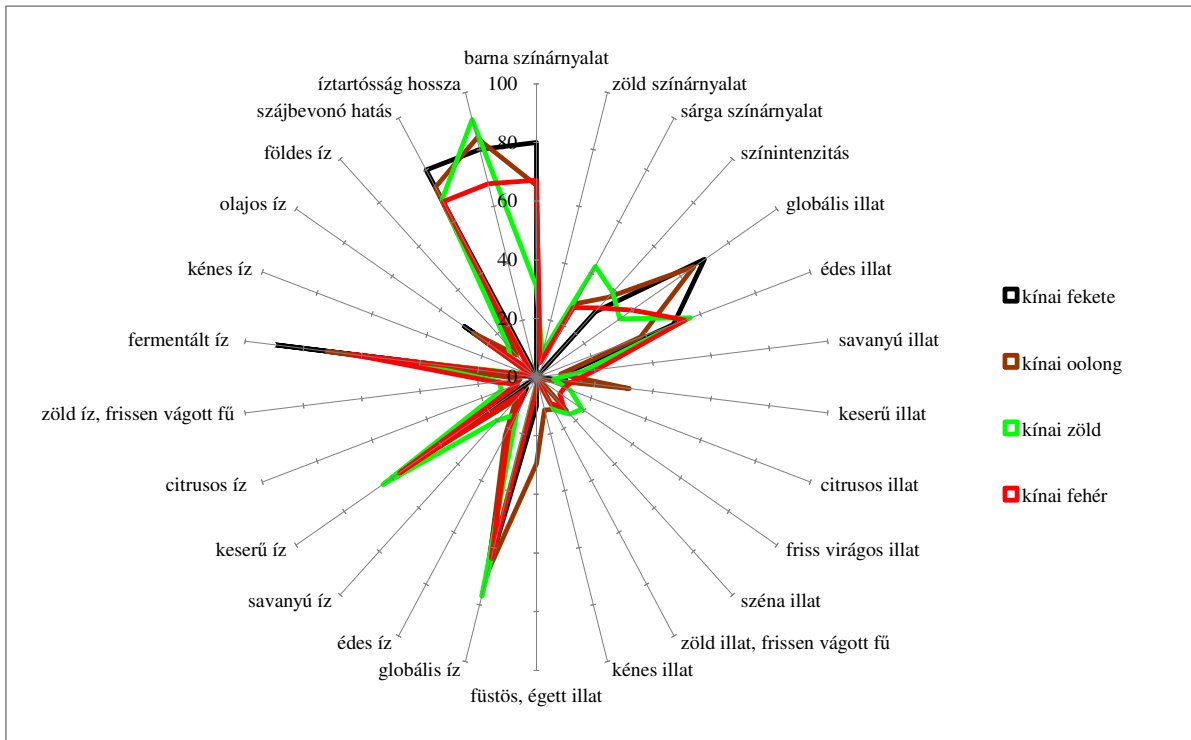
*Kínai teák fermentált íz tulajdonságának félmátrixa*

<b>fermentált íz</b>	<b>sd(5%)= 28,74</b>		<b>sd(1%)= 38,53</b>	
	kínai fekete	kínai Oolong	kínai zöld	kínai fehér
kínai fekete	-	nincs	1%	nincs
kínai Oolong	18,1	-	nincs	nincs
kínai zöld	<b>43,2</b>	25,1	-	nincs
kínai fehér	26,4	8,3	16,8	-

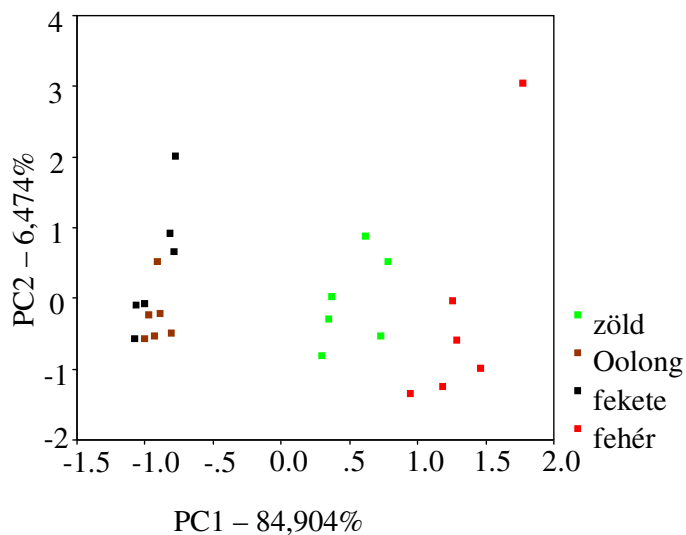
*Kínai teák olajos íz tulajdonságának félmátrixa*

<b>olajos íz</b>	<b>sd(5%)=12,06</b>		<b>sd(1%)=16,17</b>	
	kínai fekete	kínai Oolong	kínai zöld	kínai fehér
kínai fekete	-	no	1%	nincs
kínai Oolong	3,8	-	5%	nincs
kínai zöld	<b>19,4</b>	<b>15,6</b>	-	nincs
kínai fehér	8,4	4,6	11	-

## M12: A különböző fermentáltságú kínai teák érzékszervi profilja



### M13: Különböző fermentáltságú kínai teák elektronikus orr vizsgálatának eredményei



A különböző fermentáltságú teák pontjainak elhelyezkedése az első két főkomponens által meghatározott vetítési síkon (55 °C-on végrehajtott mérés)

Az 55 °C-on végzett elektronikus orr vizsgálat diszkriminancia analízisének klasszifikációs mátrixa

**Classification Results<sup>b,c</sup>**

		K_FAJTA	Predicted Group Membership				Total
			fehér	feke	Oolang	zöld	
Original	Count	fehér	6	0	0	0	6
		feke	0	6	0	0	6
		Oolang	0	0	6	0	6
		zöld	0	0	0	6	6
	%	fehér	100.0	.0	.0	.0	100.0
		feke	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Oolang	.0	.0	100.0	.0	100.0
		zöld	.0	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated <sup>a</sup>	Count	fehér	6	0	0	0	6
		feke	0	6	0	0	6
		Oolang	0	0	6	0	6
		zöld	0	0	0	6	6
	%	fehér	100.0	.0	.0	.0	100.0
		feke	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Oolang	.0	.0	100.0	.0	100.0
		zöld	.0	.0	.0	100.0	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 100.0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

**M13: Különböző fermentáltságú kínai teák elektronikus orr vizsgálatának eredményei (folyt.)**

A 25 °C-on végzett elektronikus orr vizsgálat diszkriminancia analízisének klasszifikációs mátrixa

**Classification Results<sup>b,c</sup>**

		K FAJTA	Predicted Group Membership				Total
			fehér	fekete	Oolang	zöld	
Original	Count	fehér	6	0	0	0	6
		fekete	0	6	0	0	6
		Oolang	0	0	6	0	6
		zöld	0	0	0	6	6
	%	fehér	100.0	.0	.0	.0	100.0
		fekete	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Oolang	.0	.0	100.0	.0	100.0
		zöld	.0	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated <sup>a</sup>	Count	fehér	5	0	1	0	6
		fekete	0	3	0	3	6
		Oolang	3	0	3	0	6
		zöld	0	1	0	5	6
	%	fehér	83.3	.0	16.7	.0	100.0
		fekete	.0	50.0	.0	50.0	100.0
		Oolang	50.0	.0	50.0	.0	100.0
		zöld	.0	16.7	.0	83.3	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 66.7% of cross-validated grouped cases correctly classified.

Az 55 °C-on végzett elektronikus orr vizsgálat diszkriminancia analízisének klasszifikációs mátrixa

**Classification Results<sup>b,c</sup>**

		K FAJTA	Predicted Group Membership				Total
			fehér	fekete	Oolang	zöld	
Original	Count	fehér	6	0	0	0	6
		fekete	0	6	0	0	6
		Oolang	0	0	6	0	6
		zöld	0	0	0	6	6
	%	fehér	100.0	.0	.0	.0	100.0
		fekete	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Oolang	.0	.0	100.0	.0	100.0
		zöld	.0	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated <sup>a</sup>	Count	fehér	4	0	2	0	6
		fekete	0	6	0	0	6
		Oolang	0	0	6	0	6
		zöld	0	0	0	6	6
	%	fehér	66.7	.0	33.3	.0	100.0
		fekete	.0	100.0	.0	.0	100.0
		Oolang	.0	.0	100.0	.0	100.0
		zöld	.0	.0	.0	100.0	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 91.7% of cross-validated grouped cases correctly classified.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni a szakmai segítséget és támogatást:

témavezetőmnek, Dr. Amtmann Máriának,

Dr. Korány Kornélnak,

Simonné Dr. Sarkadi Liviának,

Dr. Dalmadi Istvánnak,

Dr. Kovács Zoltánnak,

Dr. Sipos Lászlónak,

Békefi Eszternek,

Békefi Tamásnak,

valamint az Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék valamennyi Dolgozójának.

Köszönöm a biztatást és türelmet Férjemnek, Lizának és Palkónak!