



Élelmiszertudományi Kar

Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

**Szilvafajták aromatulajdonságainak összehasonlítása gázkromatográfiás
mérésekkel**

TDK DOLGOZAT

KALINA DÓRA

Táplálkozástudományi MSc. II. évfolyam

Témavezető: Csóka Mariann
egyetemi tanársegéd

Budapest

2014

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
2.1 A SZILVA NÖVÉNYTANI RENDSZERE, SZÁRMAZÁSA, ELTERJEDÉSE	5
2.2 A SZILVATERMESZTÉS	5
2.3 A KÍSÉRLETHEZ FELHASZNÁLT SZILVAFAJTÁK	5
2.3.1 <i>Besztercei szilva</i>	5
2.3.2 <i>Stanley (Santa Clara)</i>	6
2.3.3 <i>Tuleu gras</i>	7
2.3.4 <i>Debreceni muskotály</i>	7
2.4 A SZILVA ÖSSZETÉTELE ÉS SZEREPE A TÁPLÁLKOZÁSBAN	8
2.4.1 <i>A szilva aromaanyagai</i>	10
2.4.2 <i>A szilva feldolgozási lehetőségei</i>	10
2.5 AROMAANYAGOK MŰSZERES VIZSGÁLATA GC-MS SEGÍTSÉGÉVEL	11
2.5.1 <i>A GC-MS felépítése és működése</i>	11
3. KÍSÉRLETI CÉLKITŰZÉSEK	13
4. VIZSGÁLATI ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	14
4.1 A VIZSGÁLAT HELYE	14
4.2 A VIZSGÁLT MINTÁK	14
4.3 VIZSGÁLATI MÓDSZEREK.....	14
4.3.1 <i>A vizsgálatához használt eszközök</i>	14
4.3.2 <i>A minta előkészítés műveletei</i>	15
4.3.3 <i>A műszeres mérés</i>	16
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS.....	17
5.1 MÉRÉSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSÉNEK MÓDSZERE.....	17
5.1.1 <i>AZ AROMASPEKTRUM MÓDSZER</i>	17
5.2. A SZILVAFAJTÁK AROMAÖSSZETÉTELE	19
6. ÖSSZEFOGLALÁS	27
IRODALOMJEGYZÉK	29
MELLÉKLETEK	

1. BEVEZETÉS

A szilva a világ gyümölcstermesztésében igen előkelő helyet elfoglaló, mérsékelt égövi faj. Sok termesztő országban az alma után a legnépszerűbb gyümölcs. A mintegy 5000 éves kultúrnövény őshazája Délkelet-Európa és a Kaukázus vidéke, termesztésére alkalmas termőhelyek a Kárpát-medencében igen széles körben megtalálhatók. Származási hely szerint megkülönböztetünk európai (*Prunus domestica*, és legközelebbi rokonfajai: *italica*, *syriaca*, stb.) és nem európai fajtákat (*P. simonii*, *salicina* stb.), az előbbiekből Romániában, utóbbiakból pedig Kínában termesztenek a legtöbbet. A gyümölcs nemesítésében élen jár az USA, Olaszország, Németország, Románia és Franciaország. A hazánkban megtalálható szilvakínálat leginkább a környező országokéra, valamint Németországra és Franciaországra hasonlít és főleg a *Prunus domestica* fajhoz sorolható. Hazánkban nagyon hosszú időn keresztül ez volt a legelterjedtebb, legnagyobb faállományú gyümölcsfaj. Ez magyarázható sokrétű felhasználhatóságával, valamint jó alkalmazkodó képességével. Az első világháború környékén, körülbelül a negyvenes évek végéig a szilva és annak termékei álltak leginkább a szegényebb néprétegek rendelkezésére, ezért több hagyományos népelelmezési cikk is készült belőle, szinte minden háztartás rendelkezett a gyümölcs feldolgozásához szükséges eszközökkel. A jobb minőségű gyümölcsből szilvalekvár és aszalt szilva, a rosszabb minőségűekből pálinka készült. Az éves statisztikai adatfelvétel szerint 1959-ben az országos gyümölcsfa állomány 32,2 %-a szilva volt. A gyümölcs termesztése házikertekben, szőlők között, szórványban és házigyümölcsösökben, valamint nagyobb területen szilvaerdőkben történt. Hazánkban a Besztercei szilva él leginkább a köztudatban, előszeretettel készítenek belőle lekvárt, aszalványt, pálinkát, de frissen fogyasztva is igen kellemes gyümölcs. 1970-ig ez volt a legnépszerűbb fajta, később azonban a sarka vírusra kevésbé fogékony Stanley vette át a helyét üzemi termesztésben. 1990 után az orosz export kiesése miatt a szilvafajtákkal szembeni elvárások nagyon megváltoztak, a friss, piacon jól eladható nagygyümölcsű korai és késői fajták kerültek előtérbe, ugyanakkor a konzervipar szilva iránti érdeklődése megszűnt. A Stanley mellett a korai és szép gyümölcsű Lepotica is népszerűvé vált, valamint nőtt a Bluefre és a President iránti érdeklődés. A hazai szilvakínálat az utóbbi években nem változott jelentősen. A termesztők elsősorban a friss, nagy szemű fajták termelésében gondolkodnak, és csak akkor gondolnak feldolgozásra, ha árujukat nem tudják ilyen módon értékesíteni.

TDK dolgozatom témájául a szilva aromaösszetételének vizsgálatát választottam. Szerettem volna választ találni arra a kérdésre, hogy a fajták illatkomponensei között van-e lényeges

különbség, és léteznek-e "egyedi", kizárólag az egyes fajtákra jellemző illatkomponensek, vagy csupán azok arányában van különbség. TDK munkám folytatásaként a továbbiakban tervezem a feldolgozás (hőkezelés, esetleg fermentáció) hatásának vizsgálatát a gyümölcsből készült termékek aromaösszetételére.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A szilva növényteni rendszere, származása, elterjedése

A szilva rendszertanilag a *Rosaceae* (rózsafélék) családjában a *Prunoideae* (szilvoidomúak) subfamiliájába, azon belül pedig az *Euprunus* (valódi kökényfélék) sectiójába tartozik.

A szilva, mint gazdasági faj körébe 92 nagy gyümölcsű fajtát soroltak: 45 európai, 35 nem európai és 12 ismeretlen. Alapvetően Európában, Kelet-Ázsiában és Észak-Amerikában teremnek jelentős mennyiségben.

Magyarországon főleg az európai *Prunus domestica* terjedt el. Közkezdvelt hazánkban a Besztercei szilva, az illatos Debreceni muskotály, de népszerűek még például a Cacanska rodna és leptotica, és egyes ringlófajták is.

2.2 A szilvatermesztés

A szilvát gyakorlatilag az egész világon termesztik, de Európa igen jelentős hányaddal vesz részt a termelésében (Hui et al., 2010). Magyarországon a szilva termesztése igen elterjedt a Duna-Tisza közén és a Tiszántúlon, mert mélyebb fekvésű lefolyástalan helyeken is, folyóvölgyekben is szívesen megtelepszik. Ültethető még gyengébb termőképességű domb és hegyvidéki területekre is, mint amilyen például Borsod-Abaúj-Zemplén megye vagy Zala megye.

2.3 A kísérlethez felhasznált szilvafajták

2.3.1 Besztercei szilva

Társnevei: Kék szilva, Magvaváló szilva, Magvaváló kék szilva, Berzencei szilva. Ismeretlen eredetű fajta, a Balkánon keresztül került az országba. A fa középerős vagy erős növekedésű, feltörő, koronája kúp alakú. Érési ideje szeptember elején-közepén van. Gyümölcse kis méretű, 15-20 g tömegű, 28-30 mm átmérőjű hosszúkas, lekerekített végű (1. ábra). Héja sötétkék, de egyes változatok vöröses-hamvasak. Húsa sárgászöld vagy aranyárga. Kemény húsú, lédús, magvaváló. Harmónikus íz és finom zamat jellemzi.

Az 1980-as évek közepéig az egyik legjelentősebb fajtánk volt. Nyersen édesen-savas, nagyon jó ízű, kiváló aromájú. A konzerv és a hűtőiparban előszeretettel használják föl, egyes vidékeken szeszipari felhasználása is jellemző (szatmári pálinka), aszalásra is jól használható. A gépi rázást jól bírja, hűtőházban 4-6 hétig tárolható. Kis mérete miatt frissen fogyasztása nem népszerű. Jó termőképességű fajta, mivel bőséges a virághozama, és öntermékenyülés jellemzi. A termés hozamot nagy mértékben csökkenti, hogy ez a fajta érzékeny a sharka vírusra, fertőzés esetén

a termés félétetlen lehull vagy deformálódik, nagymértékű fertőzés esetén pedig használhatatlanná válik. Mivel régóta felhasználják és széleskörűen termesztik, igen sok változata megtalálható.



1. ábra Besztercei szilva

2.3.2 Stanley (Santa Clara)

Az USA-ban, New-Yorkban állították elő az Ageni és a Grand Duke fajták keresztezésével. 1926 óta szaporítják ezt a fajtát. A fa középerős növekedésű, ritka, szétterülő koronájú. Közepesen nagy méretű (30-40 g), 30-35 mm átmérőjű, tojás alakú gyümölcse (2. ábra) augusztus végén, szeptember elején érik. Enyhe részaránytalanosság jellemzi. Sötétkék, erősen hamvas héjú, zöldessárga húsú termése kemény, lédús, de kevésbé zamatos. Éretten gyengén savas, édes ízű, magvaváló. Sokoldalúan felhasználható, friss fogyasztásra, befőtt készítésére, gyorsfagyasztásra egyaránt alkalmas. Géppel jól rázható, bírja a feldolgozást és a szállítást, 2-4 hétig tárolható. Korán és igen bőven, rendszeresen termő fajta. Virágai öntermékenyek. Korán színesedik, de érésig a fán kell hagyni. A frissen fogyasztott gyümölcs íze gyenge. Betegségekkel szemben meglehetősen toleráns, jól bírja a sharka vírust, a monília fertőzést és a klaszterosporídiumos levélbetegséget.



2. ábra Stanley szilva

2.3.3 Tuleu gras

Régi, román szilvafajta. A fa középerős növekedésű, ritka, szétterülő koronájú. Augusztus végén érik. Gyümölcse középnagy, ellipszis alakú, sötétkék, hamvas, vékony héjú, sárgászöld húsú (3. ábra). Lédús, kemény húsú, ropogós, finom ízű, harmónikusan savas-édes, aromás szilva. Magvaváló. Íze összességében a Beszterceire hasonlít. Alkalmas friss fogyasztásra, befőttkészítésre és aszalásra is. A feldolgozást és a szállítást jól bírja, 10-30 napig tárolható. Korán termőre fordul, bőven terem. Jól tűri a szárazságot, viszont fagyra érzékeny. A termés moníliaira érzékeny, viszont a sharka vírusfertőzés tünetei csak későn jelennek meg rajta. Aránylag későn virágzik, de hamarabb, mint a besztercei. Virágai hímsterilek, öntermékeny pollenadó telepítése szükséges. Megfelelő pollenadók a Besztercei, Stanley, Bluefre, President, Althann ringló, Debreceni muskotály és az Ageni.



3. ábra Tuleu gras

2.3.4 Debreceni muskotály

Paczelt János debreceni kertész állította elő ismeretlen magvetésből a múlt század végén. Csak Magyarországon termesztik. Fája középerős növekedésű, felálló, sűrű, gúla koronájú. Szeptember közepén kezdődő, elhúzódó érésű fajta. Középnagy méretű, (30-35 g) széles, elliptikus gyümölcs (4. ábra). A héja bordó alapon sötétlila, hamvas, esős időben könnyen megreped. Húsa aranyárga, kemény, ledús. Ha megérett, intenzív muskotályillata és zamata van. Amennyiben a gyümölcs nem teljesen érett, a maghoz tapad a gyümölcshús. Friss fogyasztásra, befőzésre, aszalásra is alkalmas. Jól szállítható, 10-30 napig tárolható. Korán termőre fordul, de rendszertelenül terem, éretten lehullik. Jól megtermékenyíti az Althann ringlót, az Agenit, a President, a Serminát, a Ruth Gerstettert, a Paczelt szilvát és az Olasz kék. Önméző virágai kedvezőtlen időjárású években gyengébb kötődést eredményeznek. Érzékeny a moníliaira.



4. ábra Debreceni muskotály

2.4 A szilva összetétele és szerepe a táplálkozásban

A gyümölcsök igen fontos szerepet játszanak az egészséges táplálkozásban. Az egészséges táplálkozás 12 pontja előírja többek között a napi többszöri friss gyümölcs fogyasztását. Az ajánlást az Egészséges Táplálkozás Háza, illetve a Táplálkozási Piramisok határozzák meg. Ez alapján a napi friss zöldség és gyümölcsfogyasztás összesen 6-11 egység legyen, ahol egy egység megfelel egy darab almának, körtének vagy egyéb nagyobb gyümölcsnek, 10-15 dkg egyéb friss, mirelit vagy párolt gyümölcsnek, 3 dkg aszalt gyümölcsnek, esetleg 2 dl gyümölcslének (Rodler, 2006). A szilva és a belőle készült termékek magas élvezeti értékűek és népszerűek, így jelentős részét teszik ki a magyarországi gyümölcsfogyasztásnak. A gyümölcs fajtái között beltartalmi értékben meglehetősen nagy különbségek tapasztalhatók, de ugyanakkor a környezeti feltételek is meghatározzák az összetételét. Ezek a különbségek elsősorban az energia és szénhidrát tartalomban mutatkoznak. A szilva más gyümölcsökhöz képest meglehetősen magas energiatartalmú, lédús gyümölcs. Víz tartalma körülbelül 85 %. Szénhidráttartalma fajtától függően 10-15 % körüli. Ízében meghatározó szerepet játszik meglehetősen magas savtartalma, amely magasabb mint az őszibaracké és a körtéé (Tóth és Surányi, 1980). Élelmi rost tartalma hozzájárul az ajánlott napi rostbevitelhez. A benne található pektin gátolja az epesavak és zsírok felszívódását, ugyanis megköti az epesavakat, melyek a körforgásból kivonódva kiürülnek a széklettel. Tartalmaz cukoralkoholokat: xilitet és szorbitot. Összetételéből adódóan a szilvát, aszalt szilvát, szilvalekvárt obstipációban szenvedő betegeknek ajánlják hashajtó hatása miatt, mely a rosttartalom mellett a benne megtalálható borkősavnak is köszönhető. Általánosságban véve vitaminokban kevésbé gazdag gyümölcs, de B₁ és B₂ vitamintartalma meglehetősen jó. A szilva beltartalmi paramétereiről az 1. táblázat nyújt áttekintést.

1. Táblázat A szilva beltartalmi összetétele (Rodler, 2006)

A mennyiségek 100 g-ra értendők

	Szilva (besztercei)	Szilva (vörös)	Ringló (zöld)
Energia összetevők g			
Fehérje	0,7	0,8	0,8
Sav	0,5	0,9	0,8
Szénhidrát	13,1	10,2	13,5
Energiatartalom kJ	244	197	256
Kcal	58	47	61
Hamutartalom g	0,5	0,5	0,5
Vízartalom g	84,7	87,0	83,8
Ásványi anyagok mg			
Foszfor	30	30	30
Kalcium	16	14	14
Kálium	240	-	-
Magnézium	16	-	-
Nátrium	3,9	-	-
Cink	0,071	-	-
Kobalt	0,005	-	-
Króm	0,003	-	-
Mangán	0,060	-	-
Nikkel	0,014	-	-
Réz	0,029	-	-
Vas	0,20	0,20	0,20
Vitaminok			
B ₁ (tiamin) µg	50	50	50
B ₂ (riboflavin) µg	20	50	50
Niacin	0,5	0,7	0,7
Pantoténsav	0,09	0,09	-
B ₆ (piridoxin) mg	0,04	-	0,4
Biotin µg	0,1	0,1	-
Folsav µg	1,9	-	-
B ₁₂ cianokobalamin µg	0	0	0
A (retinol) µg	0	0	0
Karotin mg	0,2	-	-
C (aszcorbinsav) mg	6	5	6
E (tokoferol) mg	0,8	-	-
D kalciferol µg	0	0	0
Egyéb jellemzők			
Élelmi rost (g)	5,7	-	-
Oxálsav (mg)	10	-	-
Szénhidrát és cukoralkohol			
Szaharóz g	4,1	-	3,0
Glukóz g	3,7	-	1,8
Fruktóz g	1,6	-	0,9

Össz szénhidrát g	9,5	-	5,9
Szorbit g	3,0	-	0,1
Xilit g	1,5	-	0

2.4.1 A szilva aromaanyagai

Az eddigi vizsgálatok azt mutatták, hogy a szilva igen gazdag illékony komponensekben. Ezek az aromaanyagok általában az észterek, aldehidek, terpenoidok, savak, alkoholok, szénhidrogének, ketonok, laktonok és fenolok vegyületcsoportjába tartoznak. Közülük az észterek azok, melyek jelentős mennyiségben vannak jelen a szilvában (Chai et al., 2011).

Aldehidek és alkoholok közül a legjelentősebbek a hexanal, 2-hexanal, hexanol, 2-hexanol, és a 3-hexanol. Ezeknek az aromaanyagoknak a kialakulása vélhetően a lipoxigenáz aktivitáshoz köthető, amely enzim a szövetek roncsolódásakor aktiválódik. Ezek az illatanyagok fontosak a szilva jellegzetes aromájának kialakításában, főleg a zöld jegyekkel járulnak ahhoz. Más karbonil vegyületek is azonosításra kerültek a szilvában; kiemelkedő a nonanal, amely a héj viaszrétegének karakteres alkotóeleme. Jelentős szerepe lehet a gyümölcs aroma jellegének kialakításában.

Az észterek szintén nagyon fontos szerepet játszanak a jellegzetes szilva aroma kialakításában, kellemes gyümölcsös jellegükkel jól harmonizálnak a laktonokkal.

Terpéneket is azonosítottak a gyümölcsben, ilyen például a linalool, de ez az alkotóelem más hasonló gyümölcsökhöz képest kisebb mennyiségben volt jelen a szilvában. A gyümölcs viaszokban gazdag héjában találtak limonént a korábbi vizsgálatok során, ez a komponens nem csak érzékszervi szempontok alapján fontos, de csalogató hatással is van a rovarokra.

Az eddigi elvégzett aromavizsgálatok csupán a fajták egy szűk körére terjedtek ki, és a hazánkban is termesztett és fogyasztott fajták nem voltak közöttük. A vizsgálatok célja általában a termesztett fajok és fajták aromaösszetételének feltérképezése, de a nemesítési munkához is szükség van szélesebb körű összetételi vizsgálatokra. Az eddigi kutatások szerint a szilva aromaanyag tartalma nagymértékben függ a gyümölcs genetikai hátterétől. Chai és munkatársai (2012) vizsgálatai alapján például kínai származású *Prunus salicina* gyümölcsének és hibridjeinek magasabb volt az aromaanyag tartalma, mint az európai *Prunus domestica* fajoknak.

2.4.2 A szilva feldolgozási lehetőségei

A szilva számos élelmiszer nyersanyagaként szolgál: készíthető belőle aszalvány, kompót, gyümölcslé és lekvár is. Hazánkban igen népszerű a gyümölcsből készített pálinka, és az utóbbi időben bor formájában is megtalálható az üzletek polcain.

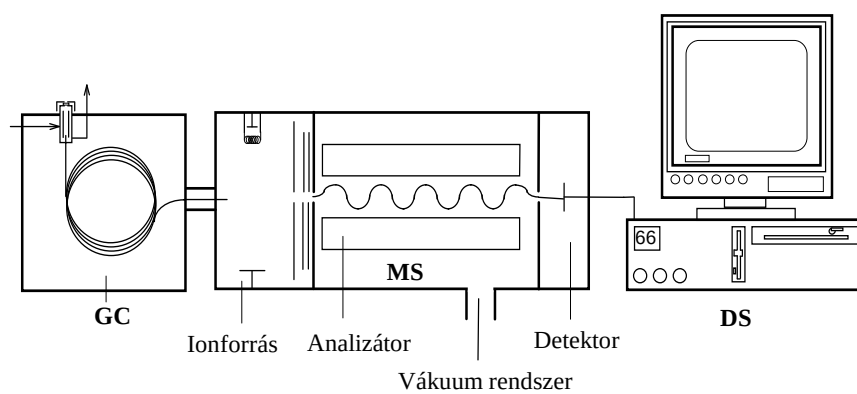
2.5 Aromaanyagok műszeres vizsgálata GC-MS segítségével

A szilva illatkomponenseinek vizsgálata a mintaelőkészítési eljárást követően GC-MS (gázkromatográfia-tömegspektrometria) módszerrel történik. A gázkromatográfia alapvetően kiválóan alkalmas keverékek alkotóinak elválasztásra (mennyiségi elemzés végzésére), a szerves tömegspektrometria pedig csak kémiaiilag homogén minta esetén szolgáltat egyértelmű minőségi információt. Ahhoz tehát, hogy képesek legyünk az elválasztott alkotók egyértelmű minőségi identifikálására, a két eszköz összekapcsolására van szükség. A gázkromatográf elválasztja a mintaelegy komponenseit egymástól, a tömegspektrométer pedig azonosítja az egyes elkülönített alkotókat. A gázkromatográffal elválasztott alkotókat a tömegspektrométerbe vezetjük, és így tömegspektrumuk segítségével egyértelműen jellemezhetjük (Balla, 2006). Az illó komponensek minőségi meghatározását spektrumkönyvtárak segítségével végezzük. Ezekben a könyvtárakban számos vegyület tömegspektruma található, mellyel a program összeveti az éppen vizsgált komponens fragmentációs képét.

2.5.1 A GC-MS felépítése és működése

A GC-MS egy kapcsolt műszeregység (5. ábra), melynek részei: a gázrendszer, amely nagy tisztaságú mozgó fázist (olyan gáz, amelyik nem lép reakcióba a vizsgálati anyaggal, sem pedig az oszloppal pl. He) és az ehhez tartozó szabályozó egységeket tartalmazza. Az injektor, ami elpárologtatja a mintát és az analitikai oszlopra juttatja az itt belépő vívőgáz segítségével. A termosztát egyenletes hőmérsékletet biztosít a retenciós idők ismételtetősége érdekében. Az elválasztási folyamat az oszlopon (kolonnán) zajlik le. A detektor a mennyiségi elemzést végzi, a számítógép pedig az adatfeldolgozást.

A mérés során a folyadék halmazállapotú mintát úgy juttatjuk a fűtött térben áramló vívőgázba, hogy az pillanatszerűen elpárologjon és így a komponensek az oszlopra kerüljenek. A komponensek különböző mértékben lépnek kapcsolatba az állófázissal, így térben és időben elválasztva érkeznek a kolonna végére. Az elválasztás után a komponensek a tömegspektrométer ionforrásába kerülnek és itt külön-külön ionizációt és fragmentációt szenvednek el. Az egyes molekulákból érkező ionok intenzitását a detektor méri, és létrehozza a tömegspektrumot. A tömegspektrum egy ionintenzitás – tömegegységre jutó iontöltés (m/z) ionkapcsolat, amely pillanatnyi ionáramok integrálásával készül. A mérés eredménye a kromatogram, melynek vízszintes tengelyéről a retenciós időt, függőleges tengelyéről pedig az intenzitást olvashatjuk le. Az eredményeket a kromatogram kiértékelésével, a komponensek azonosításával kapjuk.



5. ábra A GC-MS kapcsolt műszeregyüttes felépítése

3. KÍSÉRLETI CÉLKITŰZÉS

A szilva Magyarországon széles körben elterjedt gyümölcs, termesztése, feldolgozása és fogyasztása a magyar kultúra része volt, és úgy gondolom, továbbra sem szabad elfelejtkeznünk ennek a gyümölcsnek a jelentőségéről.

Dolgozatom témájául négy különböző illattulajdonságú szilva aromaösszetételének vizsgálatát választottam. Munkám célja volt, hogy feltérképezzem különböző szilvafajták jellegzetes aromatulajdonságait. Igyekeztem olyan szilvákat választani, melyek között illatos és kevésbé illatos fajták is szerepeltek. Szerettem volna kideríteni, hogy mely vegyületek (vagy vegyületcsoportok) lehetnek azok, melyek a jellegzetes illat kialakításában részt vesznek, és melyek lehetnek azok, melyek jelenléte vagy éppen hiánya a fajták aromája közötti különbségeket okozza. A műszeres vizsgálatok megkezdése előtt, illat alapján a Debreceni muskotályt találtam a legaromásabbnak: finom, édeskés, nevének megfelelően muskotályos jellegű illata eltért a többi vizsgált fajtától. Reméltem, hogy a műszeres vizsgálatok alátámasztják az érzékszervi tapasztalatokat.

A vizsgálatok folytatásával érdekes lenne megvizsgálni, hogy különböző fajták keresztezésével előállított új fajták illattulajdonságaiban mennyire jelennek meg a keresztezéshez felhasznált, kiindulási fajták aromajegyei. Sárgadinnyére vonatkozóan korábban már folytak erre vonatkozó vizsgálatok az Élelmiszerkémia Tanszéken, de más növényfajok esetében még nem állnak rendelkezésre megfelelő mennyiségben vizsgálati eredmények.

4. VIZSGÁLATI ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1 A vizsgálat helye

Vizsgálataimat a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Karának Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén végeztem, ahol már évek óta folynak vizsgálatok gyümölcsök, gyógynövények, mézek, borok, teák és sok más élelmiszer aromatulajdonságaival kapcsolatban. Ily módon kellő tapasztalat és szakértelem állt rendelkezésemre munkám során.

4.2 A vizsgált minták

A vizsgálatokhoz négy fajta szilvát használtam fel. A szilvafajtákat a Nébih Növénytermesztési és Kertészeti Igazgatóságának (korábban OMMI) segítségével szereztem. A kísérlethez használt fajták:

- Besztercei szilva
- Stanley
- Tuleu gras
- Debreceni muskotály

4.3 Vizsgálati módszerek

4.3.1 A vizsgálathoz használt eszközök

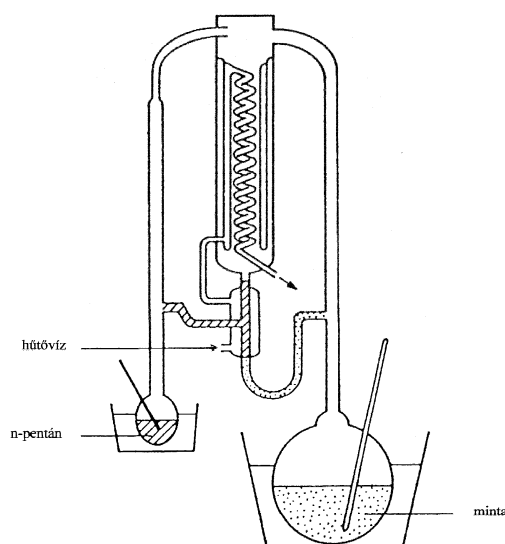
A vizsgálat mindig kellően tiszta eszközökkel és analitikai tisztaságú vegyszerekkel történt az esetleges szennyeződések elkerülése végett.

A kísérletek során használt vegyszerek és eszközök:

- desztillált víz
- NaCl
- C₁₀-C₂₅ szénhidrogén standardok (MERCK)
- undekanol-1 belső standard
- n-pentán (alt. tisztaságú)
- főzőpohár
- mérőhenger
- 2000 ml-es lombik
- mintatároló üvegedény
- 10 µl -es gázkromatográfiás fecskendő

4.3.2. A minta előkészítés műveletei

A minta előkészítése Lickens-Nickelson féle szimultán desztillációs extrakciós berendezéssel történt. Az érett, frissen beszerzett szilvából 200 g-ot mértem be 2000 cm³-es desztilláló lombikba. Ebbe előzőleg 900 cm³ desztillált vizet, 180 g konyhasót (a víz szervesanyag-oldó képességének csökkentése, illetve az aromakomponensek illékonyságának növelése érdekében) és pár szem horzsakövet tettem. Ezt követően 150 µl undekanol-1 (C₁₁OH) belső standardet adagoltam a mintához. Azért választottam ezt a vegyületet, mert ez a növényi mintákban a természetben nem előforduló, ismert mennyiségben hozzámérhető, stabil anyag. Ugyanakkor fontos az is, hogy a belső standard és a mérendő komponens analitikai és egyéb jellemzői a lehető legjobban hasonlítsanak egymásra. Az elegy összeállítása után a mintát a szimultán desztillációs-extrakciós készülékbe (6. ábra) tettem.



6. ábra A Lickens-Nickerson szimultán desztillációs extrakciós berendezés

Az alkalmazott szerves oldószer a pentán volt, amit 60 °C-os vízfürdőn melegítettem. A folyamat során a víz és a pentán gőzei egymással szemben áramlanak a berendezésben, majd a belső hűtőben kondenzálnak, így megtörténik az aromakomponensek kivonása. A mintát óvatosan melegítve, forrást követően egy óráig történt az extrakció. Három egymást követő desztillációval kivont aromaanyagok ugyanabban a pentánban gyűltek össze. A desztillációt követően a pentánt mélyhűtőbe helyeztük, ahol -20 °C-os hőmérsékleten kifagyott belőle a víz. Ezt követően töményítésre volt szükség, amíg a minta el nem érte az 1 ml-es végtérfogatot. Ebből 1 µl került injektálásra a GC-MS készülékbe.

4.3.3. A műszeres mérés

A vizsgálatok során alkalmazott mérési paraméterek a következők voltak:

GC-MS berendezés:	Hewlet Packard 5890/II GC - 59771A MSD típusú gázkromatográf és tömegspektrométer
Oszlop:	60m × 0,25mm AT-WAX
Filmvastagság:	0,25 µm
T ₀ kezdő hőmérséklet:	T ₀ = 60 °C
Hőmérsékletprogram:	v _f = 4,0 °C/min, T ₁ = 280 °C
T ₂ véghőmérséklet:	T ₂ = 280 °C
Detektor hőmérséklet:	T _{det} = 280 °C
Vivőgáz:	He (160 kPa, vivőgáz sebessége: 30,0 cm/s)
Injektor:	T _{inj} = 270 °C, 160 kPa
Injektor üzemmód:	split, splitless 0,35 perc
Tömegtartomány:	m/z = 25-350 D
Seprési sebesség:	390 Da/s

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

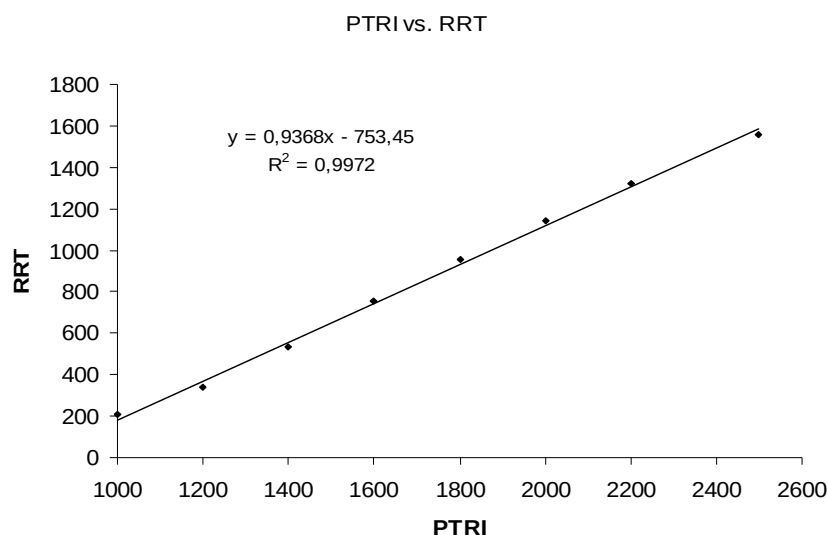
5.1 A mérési eredmények kiértékelésének módszere

A GC-MS mérés során a számítógép rögzíti a párhuzamos mérésekből származó kromatogramokat. A kromatogram csúcsainak azonosításához használt program a Standalone Data Analysis, C.03.00-as verziója. A program képes a csúcsok automatikus azonosítására, azonban ez a funkció nem működik elég megbízhatóan, főleg az alapvonalból kevésbé kiemelkedő csúcsokat nem feltétlenül ismeri fel. A program használata során szükséges tehát a manuális integráció. A gázkromatográf által elválasztott komponensek azonosítása tömegspektrum könyvtár segítségével történt; a mérés során kapott vegyületek tömegspektruma összevethető a könyvtárban található, már felvett és azonosított illatkomponensek spektrumával. A Probability Based Matching /Valószínűség-alapú Megfeleltetés egy molekulaszervezet felismerési eljárás, mely segítségével a komponenseket kellő biztonsággal meghatározhatjuk. E szerint ha az azonosítási valószínűség eléri vagy meghaladja a 70 %-ot, a komponenst biztonsággal meghatározottnak tekinthetjük. Az alapvonal ingadozásokból származó téves csúcsok detektálásának kiszűrését a párhuzamos mérések segítségével végezzük: csak a mindhárom kromatogramon megjelenő csúcsokat tartottam meg. Az eredmények kiértékelése során a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén kidolgozott aromaspektrum módszert alkalmaztam, mivel ez lehetővé teszi a mérés torzító hatásoktól mentes értelmezését.

5.1.1 Az aromaspektrum módszer

A gázkromatográfiás mérés eredményeként kapott kromatogramok vízszintes tengelyén a retenciós idő szerepel, amely a komponensek anyagi minőségét határozza meg adott kísérleti körülmények között. Ez nem egy általánosítható paraméter, mivel a mérési körülmények változása (oszlophossz, gázsebesség, fűtési paraméterek, stb.) és ingadozása jelentős mértékben befolyásolja. A retenciós idő helyett éppen emiatt, az alkotók programozott hőmérsékleti retenciós index (programmed temperature retention index, PTRI) értékeit határoztam meg, amelyeket az RRT-ből (relatív retenciós időből) számoltam ki. Ahhoz, hogy megkapjam a PTRI értéket, előtte meg kellett határoznom az RRT-t. Ezt úgy számoltam ki, hogy az egyes komponensek redukált retenciós idejének (amely a retenciós idő és a holtidő különbségeként számolható), és az általam használt undekanol-1 belső standard (ISTD) redukált retenciós idejének kiszámítottam a hányadosát, és az így kapott értéknek vettem az ezerszeresét. Az RRT egy olyan arányszám, amely a kisebb retenciós időingadozásokat kompenzálja. A normál szénhidrogén standardok relatív retenciós idői (RRT),

szénatom számaik százszorosának függvényében egyenes mentén fekszenek állandó fűtési sebességű, izoterm kezdeti szakaszt nem tartalmazó, hőmérséklet programozott futtatás esetén. A normál szénhidrogénekre (C₁₀-H₂₅) jellemző PTRI-RRT egyenest minden gázkromatográfiás mérési napon meghatároztam. Ennek a regressziós egyenletnek a felhasználásával a vizsgálati mintákkal azonos körülmények között futtatott normál szénhidrogénekre vonatkoztatva a komponensek RRT értékeihez azok PTRI koordinátáit hozzárendeltük. Ilyen módon a kémiai neveket a számítógép által értelmezhető és kezelhető, számszerű információvá változtattam, amely független a mérési körülményektől. A leírt módszerrel a vizsgált szilvák aromaanyagai a helykoordináták szerint azonosíthatóvá válnak egyszerű gázkromatográffal is, ha az adott állófázison mért PTRI értékekhez tömegspektrometriás módszerrel a komponensek neveit megbízhatóan hozzárendeltük.



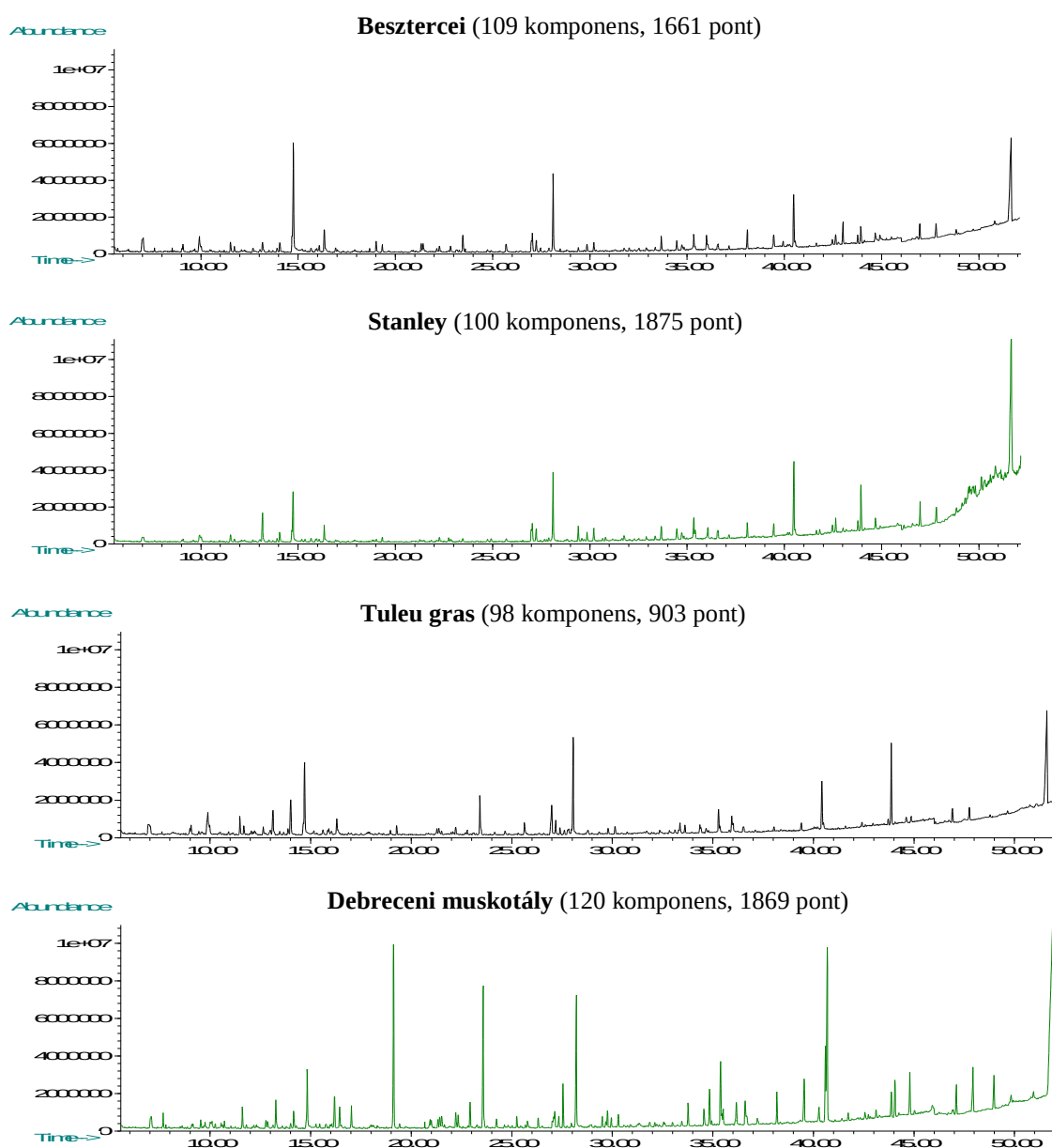
7. ábra A normál szénhidrogén standardok PTRI-RRT egyenese

A kromatogram függőleges tengelyén a komponensek intenzitása jelenik meg. Ez függ a kivonás hatékonyságától, a mintabevitel pontosságától, a kromatográf változó érzékenységétől. Az ingadozás kiküszöbölésére a relatív intenzitásnak nevezett arányszámot használtam. Ez úgy számítható ki, hogy a komponensek csúcsterületét elosztjuk egy vonatkozási anyag csúcsterületével (általában a mintához adagolt undekanol-1 belső standard, ISTD), majd megszorozzuk százszal. Ezeket a méréseket és számításokat minden mintánál elvégeztem a párhuzamos belövésekre. Ezután a PTRI és az egyes aroma komponensek terület százaléka alapján elkészítettem a minták aromaszpektrumát. Az „illatosság” jelzéséhez szükséges aroma összpontszámot úgy kaptam meg, hogy minden minta esetén összeadtam a komponensek relatív intenzitás értékeit. Ha a transzformált kromatogramok egymásra illeszthetőek voltak, akkor a minták hasonlítottak egymásra

aromakomponenseikben. Amennyiben az illeszkedés tökéletes, a minták azonossága bizonyított éppen úgy, mint a tömegspektrometriában. Innen származtatható az eljárás neve: aromaspektrum módszer.

5.2. A szilvafajták aromaösszetétele

A gázkromatográfiás mérések eredménye a kromatogram, melynek vízszintes tengelyén a retenciós idő, függőleges tengelyén pedig az aromakomponensek intenzitása van feltüntetve. A szilvafajtákról készült kromatogramok a 8. ábrán láthatóak. A különbségek jobb szemléltetése miatt a függőleges tengely skálabeosztását azonosra választottam.



8. ábra A vizsgált szilvák kromatogramjai

Az ábra alapján a Debreceni muskotály tűnik a legillatosabbnak: ezen a kromatogramon jelentek meg a legintenzívebben az aromakomponesek. Mindegyik szilvafajtában körülbelül 100 illatkomponenst azonosítottam: a legtöbbet (120) a Debreceni muskotályban, a legkevesebbet (98) pedig a Tuleu grasban. Az aroma összpontszámok (a relatív intenzitások összege), melyek a minta „illatosságát” jelzik, ennél nagyobb különbséget mutattak. A legillatosabb Debreceni muskotály pontszáma több mint kétszerese volt a legkevésbé illatos Tuleu grasénál (1869 és 903 pont). A fajták aromakomponensei között 58 közös vegyületet találtam, ezek valamennyi szilvában megtalálhatók. Az illatkomponensek azonosítása után a kémiai szerkezetük alapján csoportokba soroltam a vegyületeket. Az egyes vegyületcsoportok részesedését az össz-aromából a 2. táblázatban közlöm, az azonosított illatkomponensek listáját pedig az 1. Mellékletben soroltam fel. A közös illatkomponenseket dőlt betűvel és aláhúzással, a különböző fajtákra egyedileg jellemző vegyületeket pedig csillaggal jelöltem a táblázatban.

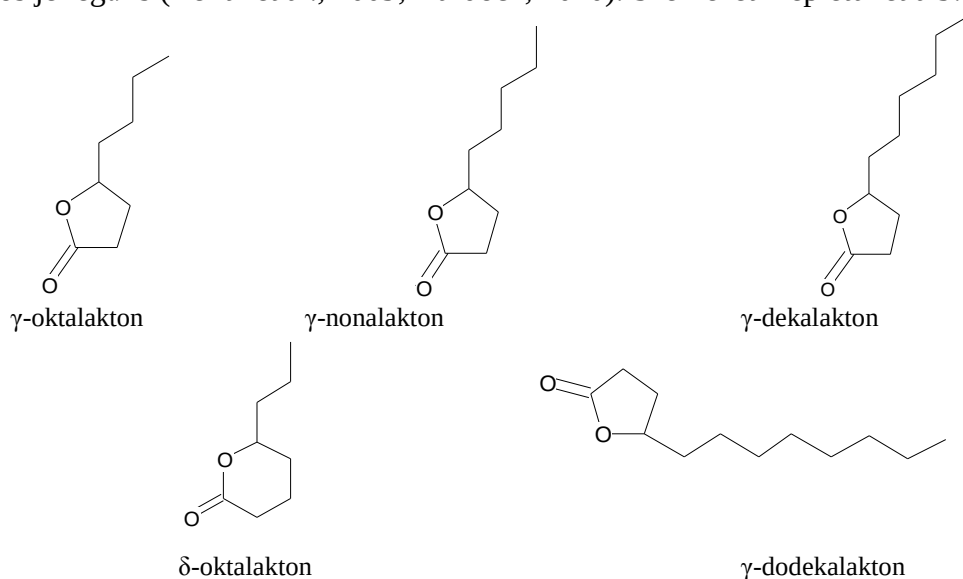
2. Táblázat A szilvafajtákban talált vegyületcsoportok és részesedésük (terület %) az össz-aromából

Vegyületcsoport	Beszt	Stanley	Tuleu gras	Debreceni musk.
Terpének és terpénszármazékok	13,30	4,71	11,34	24,16
O-tartalmú heterociklusos vegyületek	1,53	1,30	0,85	11,58
Benzolgyűrűs vegyületek	12,16	8,34	15,71	6,44
Naftalinvázás vegyületek	4,86	4,34	6,38	2,90
Nyílt láncú alkoholok és aldehidek	24,50	12,19	24,07	10,70
Észterek	10,21	10,44	12,37	5,45
Szénhidrogének	23,41	27,48	12,10	22,71

Az általában alacsony illatküszöbvel rendelkező, és sok szilvában jelentős mennyiségben megtalálható (Chai et al., 2012) terpénvegyületek terület %-os részesedése az összpontszám alapján legillatosabbnak tartott Debreceni muskotályban volt a legnagyobb: az összes csúcsterület majdnem ¼-ét tették ki. Néhány terpénvegyület megjelenését és szerkezeti képletét a 2. Mellékletben mutatom be. A legintenzívebb csúcsterülettel a linalool (7,17 %) és az α -terpineol (5,65 %) jelentek meg. Ezek a virágos jellegű illatkomponensek nem számítanak különleges, egyedi komponenseknek, sok más növényben is jelen vannak (Belitz et al., 2009), és mindegyik fajtában megtaláltam őket. Hét olyan terpén komponenst azonosítottam, melyek csak a Debreceni muskotályban fordultak elő, ezek fajtajelleges vegyületek lehetnek. Az említett egyedi aromakomponensek a β -mircén, az α -pinén, a δ -3-karén, az epoxilinalol, a nerol, a 2-metiladamantán és a szkvalén. A Besztercei és a Tuleu gras esetén a terpének 11-13 %-át tették ki

az összes csúcsterületnek. Mindkét fajta esetén a szintén közös vegyületekként azonosított α -terpineol és β -damascenon csúcsterületei voltak a legnagyobbak. Egyedi aromakomponensek is előfordultak mindkét fajtánál: a Beszterceinél 5 (2,3-dimetil-biciklo[2.2.1]hept-2-én, cisz-jazmon, 4-(2,6,6-trimetilciklohexa-1,3-dienil)but-3-en-2-on, 5,5,8,8-tetrametil-cisz,exo-triciklo[4.3.0.0(7,9)]nonan-2-on, fitol), míg a Tuleu gras esetén 2 vegyület (γ -terpineol, β -fenchén). A Melléklet táblázatában ezeket az egyedi illatalkotókat is csillaggal jelöltem meg. A legkevesebb számú, és legkisebb területrészesedésű terpén komponenst a Stanley szilvában találtam. A közös illatkomponensek mellett itt is jelen volt 4 egyedi illatkomponens, a 7,7-dimetilbiciklo[3.3.0]oktan-2-on, két vitispírán izomer és a dihidro-metil-jazmonát.

Az oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek aránya változatosan alakult: legkisebb arányban (0,85 %) a Tuleu gras fajtában, míg legnagyobb részesedéssel (11,58 %) a Debreceni muskotályban voltak jelen. A csoporton belül a laktonok előfordulása volt leginkább jellemző, ezek megjelenését szilva fajtákban más szerzők is említik (Chai et al., 2012; Hui, 2010; Nunes et al., 2008). A laktonok savakból keletkeznek, és (különösen a hazai szilvákban is azonosított γ -laktonok) nagy illataktivitásuk miatt fontos aromakomponenseknek tekinthetők. A γ -és δ -laktonok homológ sorában a móltömeg növekedésével párhuzamosan az illatküszöb csökken (Belitz et al., 2009). A Debreceni muskotályban különösen sok laktont azonosítottam, viszonylag nagy területrészesedéssel, mintegy tízszeresét a többi fajtában található mennyiségnek. A fajta muskotályos illatának kiváltásában valószínűleg fontos szerep jut ezeknek a vegyületeknek. Egyébként sokféle gyümölcsben előfordulnak, illatuk általában kellemes: lehet gyümölcsös, de édes, olajos jellegű is (Belitz et al., 2009; Burdock, 2010). Szerkezeti képletüket a 9. ábrán mutatom be.



9. ábra A szilvákban azonosított lakton vegyületek

A benzolgyűrűt tartalmazó aromakomponensek a Tuleu gras és a Besztercei fajtákban voltak jelen a legnagyobb aránnyal. Ezek az illatalkotók általában nagy számban fordulnak elő kék héjú gyümölcsökben és belőlük készült termékekben. Közülük az eddigi kutatások a keserűmandulára emlékeztető aromájú benzaldehidet emelték ki, mint a szilvára kifejezetten jellemző aromát (Ismail et al., 1981), de ez a komponens az általam vizsgált minták közül csak a Tuleu grasban volt megtalálható, abban is meglehetősen kis terület részesedéssel. Ebből a vegyületcsoportból jelentősebb mennyiségben fordult elő az eugenol, melynek szegfűszeges illata, és kissé csípős, fűszeres íze van. Fűszerek mellett gyümölcsökben is megtalálható (Belitz et al., 2009).

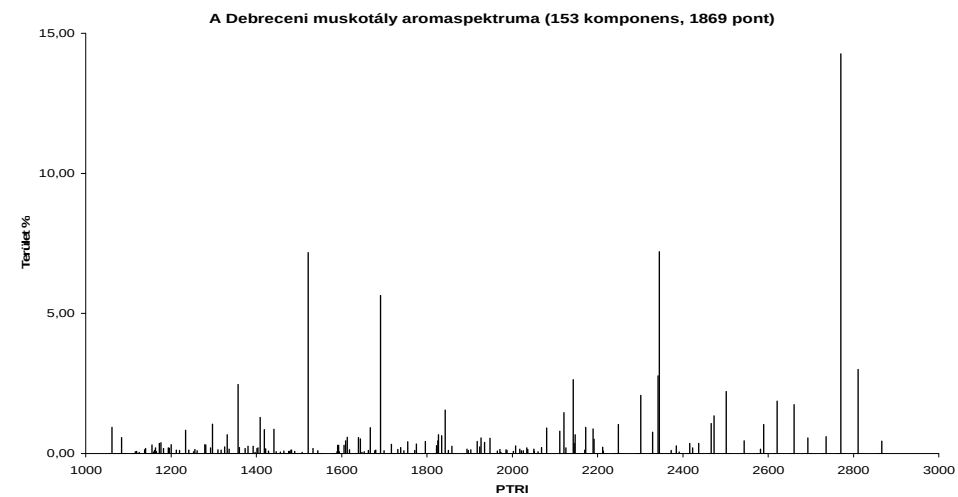
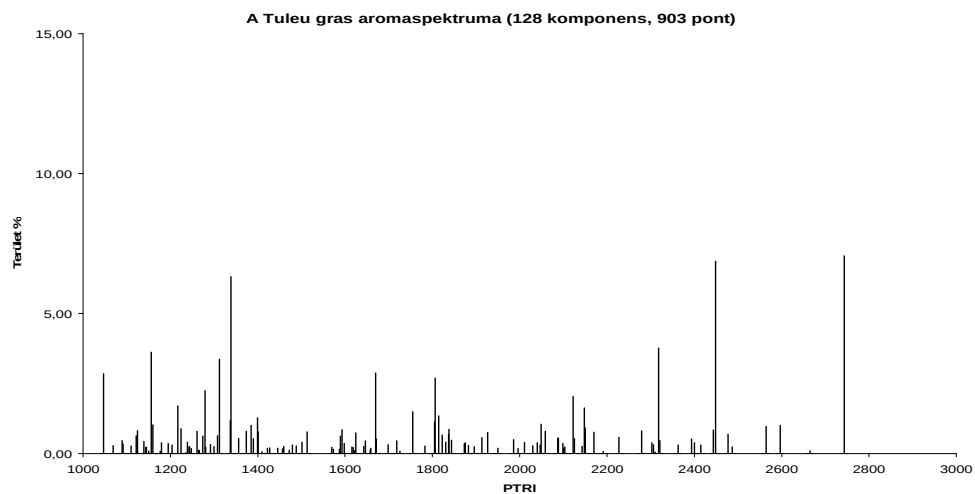
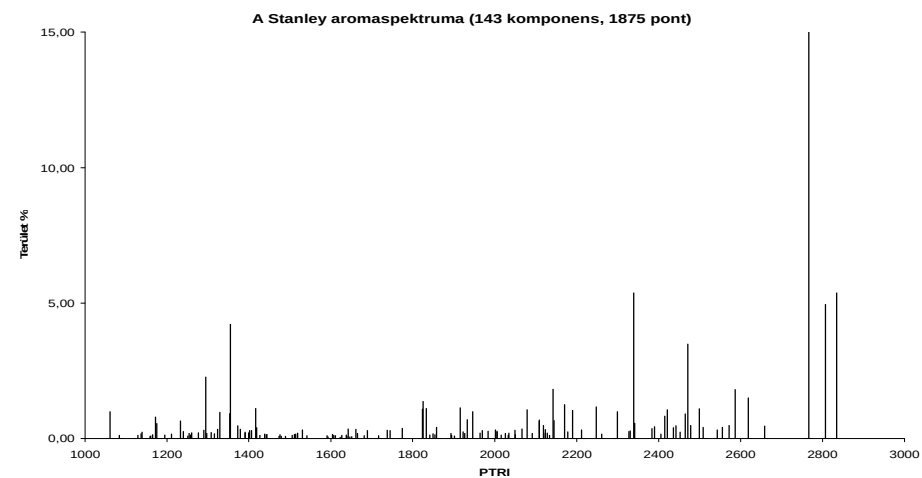
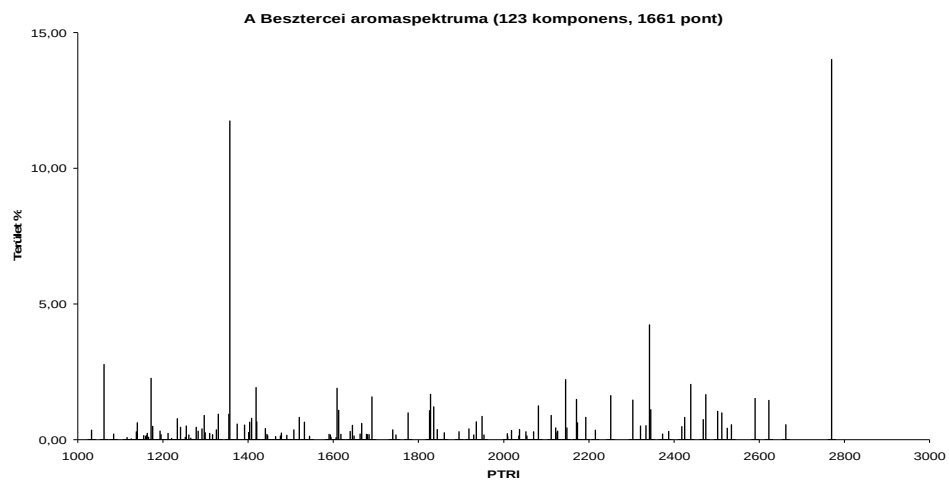
A nyílt láncú alkoholok és aldehidek valamennyi szilvafajtának fontos illatalkotói. Leginkább a rövidebb szénláncú, nagyobb illékonyságú vegyületek voltak jelen. Közülük a 6 szénatomszámú komponensek, mint a hexanal, (E)-2-hexenal, 1-hexanol, (Z)-3-hexen-1-ol, (E)-2-hexen-1-ol általában zöld-növényi illatjellegűek, illatuk a frissen vágott fűre emlékeztető (Burdock, 2010). Nem fajtajelleges komponensek, mert széles körben elterjedtek a növényvilágban, többnyire zsírsavak bomlástermékei (Belitz et al., 2009). Valamennyi fajtában az aldehidek voltak jelentősebb arányban megtalálhatók, közülük a nonanal volt domináns, Chai (2012) eredményeihez hasonlóan. Ez a komponens a szilva héj viasztartamának összetevője (Chai et al., 2012), erős, zsíros illata van, mely nagy hígításban narancsra, rózsára hasonlít (Burdock, 2010). Számos zöldségben és gyümölcsben azonosították, megtalálható a citrom olajban, de a brokkoliban vagy karfiolban is (Ismail et al., 1977). Jelenléte jelentősen hozzájárul a friss szilva aromájához, de megtalálható feldolgozott termékekben: szilvából készült konzervekben, szilvalekvárokból is.

Az alkoholok közül csupán hetet azonosítottam, közülük három a már említett zöld-növényi jellegű volt (6 szénatomos komponensek). Ezeket a "zöld" illatú aromakomponenseket szilvákban más irodalmi források is említik (Chai et al., 2012; Hui, 2010; Nunes et al., 2008). Telítetlen zsírsavak oxidációja során keletkeznek, a lipoxigenáz enzim közreműködésével (Belitz et al., 2009).

A gyümölcsös-virágos jellegű észterek a gyümölcsök fontos illatkomponensei (Nunes et al., 2008), a legtöbb szilvafajtában is nagy mennyiségben megtalálhatók (Chai et al., 2012). Az általam vizsgált szilvákban is jelen voltak, 10 % körüli terület részesedéssel. Ez alól a Debreceni muskotály fajta kivételt jelentett, ott csak 5,45 %-kal jelentek meg. A vegyületcsoport kisebb mennyiségű képviselői többnyire friss, gyümölcsös, virágos illatúak, és a vizsgált szilvafajtákban kisebb arányban vannak jelen. A szénlánc növekedésével párhuzamosan az illatuk gyengül. A hosszú szénláncú észterek prekursorai valószínűleg a viaszos héj illatalkotói.

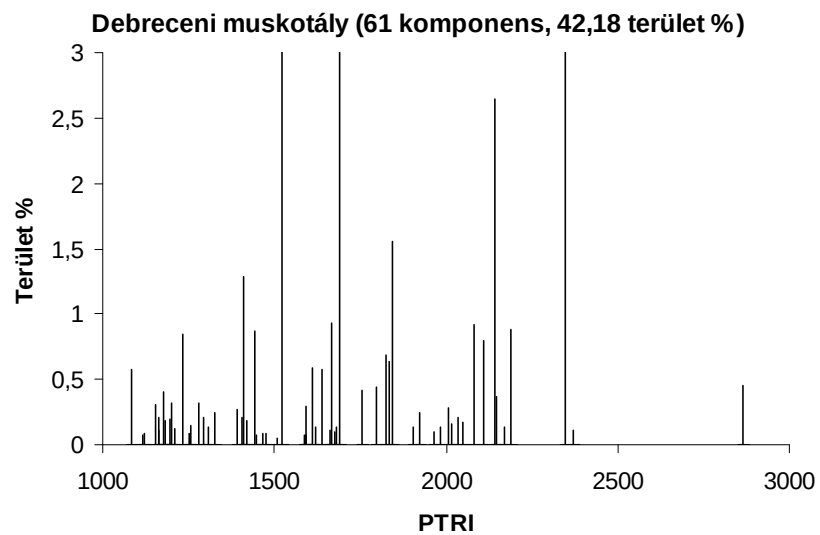
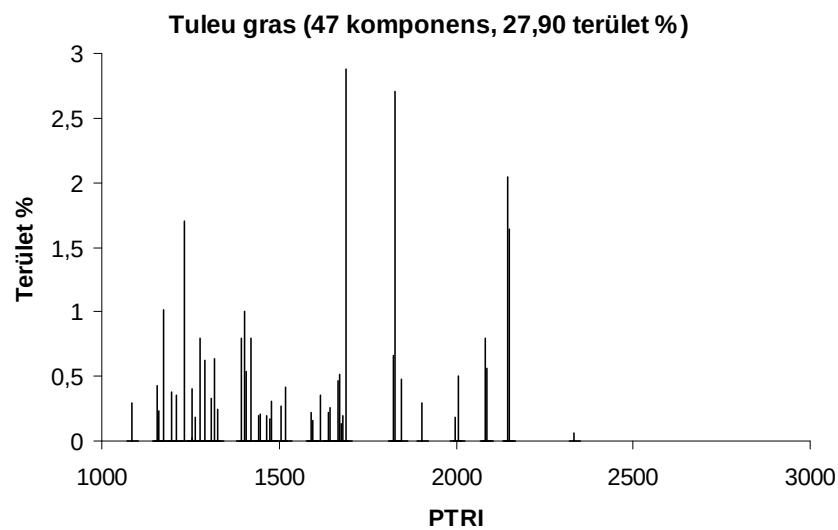
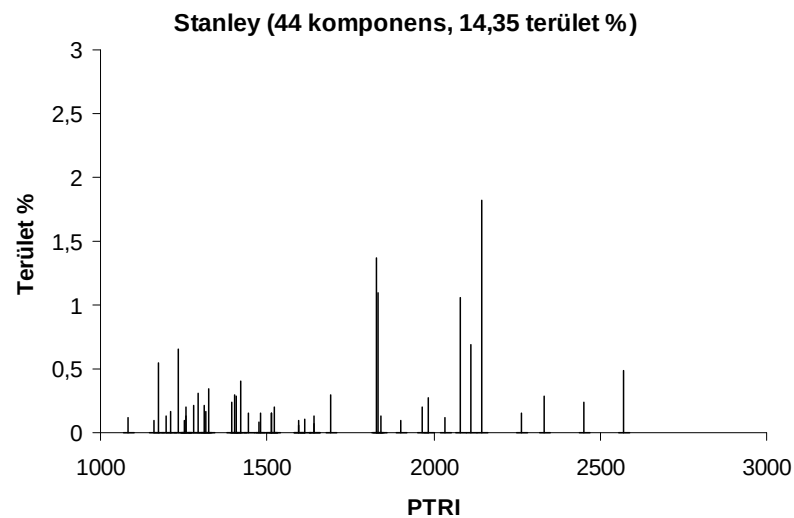
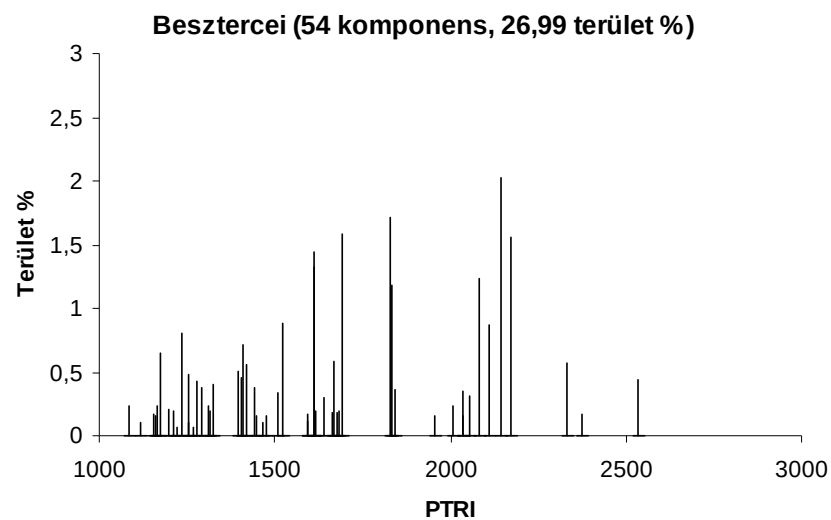
A szénhidrogének részesedése az össz-aromából nagy volt (12-27 %), ennek ellenére valószínűleg nincs nagy jelentőségük az illat kialakításában, mert a hosszú szénlánc (C_{12} <) miatt illatjellegük gyenge. Ide tartozik például a pentadekán, heptadekán. A terpenoid szénhidrogének is ide tartozhatnak mint a limonén, pinének, stb., de ezek felépítésüknél fogva illatosabbak. Jelenlétük nagy valószínűséggel a viaszos héjnak köszönhető (Hui, 2010).

A zavaró hatások kiküszöbölése miatt minden fajta esetén elkészítettem az aromaspektrumokat (10. ábra). Ezeken a diagramokon a vízszintes tengelyen a retenciós idők helyett az illatkomponensek programozott hőmérsékleti retenciós ideit (PTRI) ábrázoltam, míg a függőleges tengelyen az intenzitások helyett az egyes aromaalkotók terület %-os részesedését az össz-aromából.



10. ábra A vizsgált szilvafajták aromaspektrumai

A szilvák aromaösszetételéről készült ábrák alapján az egyes fajták között természetesen különbség mutatkozott, hiszen az érzékszervi tulajdonságaik is némileg eltérőek. Ezeken az ábrákon minden illatkomponenst feltüntettem, ám ezek közül nem mindegyik vegyület játszik fontos szerepet az illat kialakításában. Ez különösen igaz a kevésbé illékony, hosszú szénláncú vegyületekre. Például a 2800-as PTRI index előtt megjelenő, minden fajta esetén nagy intenzitású nonakozán is nagy valószínűséggel a viaszos héjből származik, tehát nem lehet fajtajelleges vegyület, és illatjellege is semleges. Az aromaspektrumok alapján ezért a különböző fajták kb. egyformán illatosnak tűnnek. Minden szilva esetén megjelennek kiemelkedő csúcsok, melyek azonban többnyire kis illataktivitású vegyületek. Az aroma összetétel további vizsgálata során ezért az illatkomponensek közül kiválasztottam azokat a vegyületeket, amelyek illataktivitása nagy (vagyis alacsony az illatküszöbük), és viszonylag nagy arányban jelennek meg a gyümölcsökben. Ezek a vegyületcsoportok a terpének, a benzolgyűrűs aromakomponensek és az oxigéntartalmú heterociklusos komponensek (laktonok) voltak. Az alkoholok, aldehidek és a szénhidrogének ugyan nagyobb arányban voltak jelen, de ezek a komponensek általában kevésbé illatosak, mint az említett két vegyületcsoport. A terpének, benzolgyűrűs és az O-heterociklusos vegyületek adatainak felhasználásával tehát újabb aromaspektrumokat szerkesztettem, ezeket a 11. ábrán mutatom be. Az aromaspektrum módszer előnyei között ez a lehetőség is említést érdemel: egyes vegyületcsoportok "kiragadhatók", és önállóan vagy összevonva ábrázolhatók, amire a kromatogram nem ad lehetőséget. Annak ellenére, hogy ezek az illatalkotók a növényekben általában igen kis mennyiségben fordulnak elő, alacsony illatküszöbük miatt fontos aromakomponenseknek tekinthetők. A kisebb területarányok miatt eltérő a függőleges tengely skálaosztása az aromaspektrumokhoz képest. A szilvafajták egyedi illatösszetételét még jobban szemléltetik ezek a módosított aromaspektrumok, melyeken a nagy illataktivitású vegyületcsoportokat ábrázoltam. Az ábra alapján a Stanley szilva "illatosság" tekintetében látványosan elmarad a másik három fajtától: a 44 vegyület csúcsterülete az össz-aroma csupán 14,35 %-át alkotja. Ezzel szemben a Debreceni muskotálnál a 61 azonosított vegyület az össz-aroma több mint 40 %-át teszi ki. A Besztercei és a Tuleu gras fajták esetén az illatosnak tartott vegyületek területrészesedése körülbelül megegyezik (26,99 % és 27,90 %). Ennek ellenére az illatképük természetesen eltér egymástól.



11. ábra A vizsgált szilvafajták terpén-, benzolgyűrűs és O-heterociklusos komponenseiből készült aromaszpektrumai

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A szilva (*Prunus domestica*) a rózsafélék családjába tartozó csonthéjas gyümölcs. Hazánkban is számos fajtáját termesztik, mert ízletes, sokoldalúan felhasználható élelmiszeripari alapanyag: aszalvány, kompót, gyümölcsle, lekvár, pálinka és bor is készíthető belőle. Dolgozatomban néhány, Magyarországon is termesztett szilvafajta aromaösszetételét tanulmányoztam. A vizsgált minták között voltak illatos, és kevésbé aromásnak tartott szilvák is. Arra kerestem a választ, hogy a fajták illata közötti különbséget egyedi illatalkotók megjelenése, vagy inkább közös aromakomponensek eltérő aránya okozza. Vizsgálataimat GC-MS műszerrel végeztem. Az illatkomponensek kivonása szimultán desztillációs-extrakciós módszerrel történt, oldószerként n-pentánt használtam.

A legtöbb aromakomponenst a legillatosabb Debreceni muskotályban, a legkevesebbet pedig a Tuleu grasban azonosítottam. Minden fajta esetén elkészítettem az aromaspektrumokat is, hogy megszabadítsam a mérést a torzító hatásoktól. Ezek alapján egyértelmű különbség mutatkozott a szilvák aromaképe között. Az eltérés még látványosabbá vált, miután olyan aromaspektrumokat készítettem, amelyeken csak az illataktív terpén-, benzolgyűrűs és O-tartalmú heterociklusos vegyületeket ábrázoltam. Az össz-aroma kialakításában ugyanis ezeknek az aromakomponenseknek valószínűleg nagyobb szerepe van, alacsony illatküszöbük miatt. A vizsgálatok során az alábbi eredményekre jutottam:

- az azonosított illatkomponensek kb. fele valamennyi fajta illékony frakciójában megjelent, ami nem számít meglepő eredménynek, hiszen ugyanazon növényfajról van szó
- minden szilvafajtában találtam egyedi aromakomponenseket, melyek többsége a fent említett, illataktív vegyületcsoportokból (terpén-, benzolgyűrűs és O-tartalmú heterociklusos vegyületek) került ki
- viszonylag nagy intenzitással jelentek meg olyan komponensek, melyek nagy moltömegük miatt kevésbé illékonyak, és szerepük az illat kialakításában nagy valószínűséggel nem jelentős. Ezek a vegyületek a héj viasztartalmából származhatnak.
- a nagy illataktivitású vegyületcsoportok kiragadásával készült aromaspektrumok alapján a fajták közötti „illatossági sorrend” a következőképpen állítható fel: Debreceni muskotály (ahol az illataktív vegyületek csúcsterülete az össz-aroma több, mint 40 %-át tette ki) – Besztercei – Tuleu gras (hasonló számú nagy illataktivitású vegyülettel és szinte megegyező területrészesedéssel) – Stanley (az illatos vegyületcsoportok össz-aránya mindössze 14 %).

Kutatómunkám folytatásaként további fajták bevonását tervezem az aromavizsgálatokba, hogy minél több hazánkban termesztett szilvafajtáról legyenek ismereteink. A munkát szeretném kiterjeszteni a gyümölcsből készített termékek illatvizsgálatára is, hogy megtudjam, hogy a feldolgozás során milyen mértékben sikerül megőrizni az alapanyag jellegzetes illatalkotóit. Amennyiben sikerül egyedi aromaösszetétellel jellemezni az egyes fajtákat, a későbbiekben a fajtakeresztesítés során az aromavizsgálatok segítséget jelenthetnek a jobb aromatulajdonságokkal rendelkező hibridek kiválasztásában – főleg abban az esetben, ha az érzékszervi tulajdonságok javítása a nemesítés célja. Sárgadinnyére vonatkozóan korábban már folytak erre vonatkozó vizsgálatok az Élelmiszerkémia Tanszéken, de más növényfajok esetében még nem állnak rendelkezésre megfelelő mennyiségben vizsgálati eredmények.

Irodalomjegyzék

- Balla J. (1997) A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai. Abigél Bt, Budapest
- Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P. (2009): Food Chemistry, Springer-Verlag, Berlin 1114 p.
- Brózik F., Kállay T. (2001) Csonthéjasok és héjasok. Központi Statisztikai Hivatal
- Brózik S., Kállay T. (2000) Csonthéjas gyümölcsfajták. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Burdock, G. A. (2010) Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients. Boca Raton: CRC
- Chai, Q., Wu, B., Liu, W., Wang, L., Yang, C., Wang, Y., Fang, J., Liu, Y. and Li, S. (2012) Volatiles of plums evaluated by HS-SPME with GC-MS at the germplasm level. Food Chemistry 130, 432–440
- Hui, Y. H. (2010) Handbook of Fruit and Vegetable Flavors. John Wiley & Sons, INC. Press, Taylor and Francis Group, 2135 p.
- Ismail, H. M., Anthony, A., Williams and Owen, G. T. (1980) The Flavour of Plums. An Examination of the Aroma Components Present in a Distillate Obtained from Fermented Plum Juice. Lebensmittel- Untersuchung und Forschung. 171, 24-27
- Ismail, H. M., Anthony, A., Williams and Owen, G. T. (1981) The Flavour of Plums (*Prunus domestica* L.). An Examination of the Aroma Components of Plum Juice from the Cultivar Victoria. Journal of the Science of Food Agriculture. 32, 613-619
- Ismail, H. M., Grahame, A. B., Owen, G. T., Peter, J. H., and Anthony, A. W. (1977) Nonanal in Epicuticular Wax of Golden Plums. (*Prunus domestica*) . Phytochemistry 16 : 769 – 70 .
- Nunes, C., Coimbra, M., A., Saraiva, J. & Sílvia, M. R. (2008) Study of the volatile components of a candied plum and estimation of their contribution to the aroma. Food Chemistry 111, 897–905
- Soltész M. (2001) Gyümölcsfajta ismeret és használat. Mezőgazda kiadó, Budapest
- Tóth E., Surányi D. (1980) Szilva. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Tóth M. 2005. A szilva legjelentősebb fajtái. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.

MELLÉKLET

1. Melléklet A vizsgált szilvafajták aromakomponensei

PTRI	Aromakomponensek	Terület %			
		Beszt	Stanley	Tuleu gras	Debreceni musk.
	Terpének és terpénszármazékok	13,30	4,71	11,34	24,16
1084	<u>linaloil oxid</u>	0,23	0,12	0,29	0,57
1116	1,5,5-trimetil-1-metilén-ciklohexén	0,11			0,07
1120	β -mircén *				0,08
1155	dl-limonén	0,17		0,43	0,31
1182	α -pinén*				0,18
1200	δ -3-karén*				0,32
1409	<u>cisz-linalool oxid</u>	0,72	0,29	0,54	1,29
1441	transz-linalool oxid	0,38		0,19	0,87
1479	7,7-dimetilbiciklo[3.3.0]oktan-2-on*		0,16		
1507	bornilén	0,34		0,27	0,05
1511	(+,-)-(2R,5R)-2,10,10-trimetil-6-metilidén-1-oxaspiro(4.5)dec-7-én*		0,15		
1514	vitispirán*		0,16		
1521	<u>linalool</u>	0,88	0,20	0,42	7,17
1589	4-terpineol			0,22	0,07
1593	<u>mircenol</u>	0,17	0,10	0,16	0,30
1613	α -4-dimetil-3-ciklohexén-1-acetaldehid	1,32	0,11		0,59
1613	2,3-dimetil-biciklo[2.2.1]hept-2-én*	1,44			
1618	β -terpineol	0,19		0,36	0,14
1639	<u>δ-3-karén</u>	0,30	0,13	0,22	0,57
1667	Z- β -ocimenol	0,59		0,46	0,93
1672	γ -terpineol*			0,52	

1677	1,8-mentadien-4-ol	0,18		0,13	0,10
1680	szantén	0,20		0,19	0,13
1691	<u>α-terpineol</u>	1,58	0,30	2,88	5,65
1755	epoxilinalol*				0,42
1796	nerol*				0,44
1827	<u>β-damaszcenon</u>	1,72	1,37	2,70	0,68
1843	transz-geraniol	0,36	0,13		1,55
1953	cisz-jazmon*	0,16			
1983	1,4-dimetil-7-(1-metiletil)-azulén		0,27		0,14
2008	4-(2,6,6-trimetilciklohexa-1,3-dienil)but-3-en-2-on*	0,24			
2037	5,5,8,8-tetrametil-cisz,exo-triciklo[4.3.0.0(7,9)]nonan-2-on*	0,35			
2051	2-metiladamantán*				0,17
2081	<u>1,4β-5-trimetil-9-metilénbiciklo[3.3.1]nonan-2-on</u>	1,23	1,06	0,80	0,92
2087	β -fenchén*			0,56	
2261	dihidro-metil-jazmonát*		0,16		
2535	fitol*	0,44			
2866	szkvalén*				0,45
	O-tartalmú heterociklusos vegyületek	1,53	1,30	0,85	11,58
1163	5-izoprenil-2-metil-2-viniltetrahidrofurán (herboxid)	0,24			0,21
1421	<u>2-furánkarboxaldehid</u>	0,56	0,40	0,79	0,18
1924	γ -oktalakton*				0,25
2034	γ -nonalakton		0,12		0,21
2035	dihidro-5-pentil-2(3H)-furanon*	0,16			
2142	γ -dekalakton*				2,64
2189	δ -oktalakton*				0,88
2334	2,3-dihidro-benzofurán	0,57	0,29	0,06	
2345	γ -dodekalakton*				7,21

2572	(.+-.)-2,3-dihidro-2,2,3-trimetil-4H-furo[3,2-c][1]benzopiran-4-on*		0,49		
	Benzolgyűrűs vegyületek	12,16	8,34	15,71	6,44
1161	<u>n-propil benzol</u>	0,15	0,10	0,23	0,11
1176	<u>1-etil-2-metil-benzol</u>	0,65	0,55	1,02	0,40
1196	<u>1,3,5-trimetil-benzol</u>	0,21	0,13	0,38	0,20
1212	<u>1-etil-4-metil-benzol</u>	0,20	0,17	0,36	0,12
1221	2-etil-1,4-dimetil-benzol*	0,07			
1234	<u>1-etil-3-metil-benzol</u>	0,80	0,65	1,70	0,84
1253	<u>1,3-dietil-benzol</u>	0,10	0,09	0,03	0,08
1256	<u>1-metil-2-propil-benzol</u>	0,48	0,20	0,41	0,15
1258	1-metil-4-propil-benzol*		0,13		
1266	butil-benzol	0,07		0,18	
1279	<u>1-metil-2-(1-metiletil)-benzol</u>	0,43	0,22	0,80	0,32
1292	<u>1,2,4-trimetil-benzol</u>	0,38	0,31	0,63	0,21
1310	<u>1-metil-3-(1-metiletil)-benzol</u>	0,23	0,22	0,33	0,14
1317	1,2,3,5-tetrametil-benzol	0,20	0,17	0,64	
1326	<u>4-etil-1,2-dimetil-benzol</u>	0,40	0,35	0,25	0,24
1393	<u>1,2,3,4-tetrametil-benzol</u>	0,51	0,24	0,79	0,27
1404	<u>1-metil-4-(1-metiletil)-benzol</u>	0,45	0,30	1,01	0,21
1446	<u>2,3-dihidro-5-metil-1H-indén</u>	0,16	0,15	0,21	0,07
1465	1-etil-2,4-dimetil-benzol	0,10		0,20	0,09
1476	<u>2,3-dihidro-4-metil-1H-indén</u>	0,15	0,08	0,17	0,08
1479	benzaldehyd*			0,31	
1594	2,3-dihidro-4,7-dimetil-1H-indén	0,12	0,06		0,07
1639	6-metil-4-indanol*		0,07		
1643	2,3-dihidro-1,1,4,6-tetrametil-1H-indén*			0,26	
1663	(E)- 2-(1-butenyl)-1,3,5-trimetil-benzol	0,18			0,11

1822	para-cimen-8-ol*			0,66	
1835	2-(1,3-butadienil)-1,3,5-trimetil-benzol	1,18	1,10		0,64
1844	benzil-alkohol*			0,48	
1903	fenetil-alkohol		0,10	0,29	0,14
1964	2,3-dihidro-3,3,5,6-tetrametil-1H-inden-1-on*		0,20		
1965	1-(2,3-dihidro-1,1-dimetil-1H-inden-4-il)-etanon*				0,10
1996	4-etil-1,2-dimetil-benzol*			0,18	
2007	2-(t-butil)benzotiofén			0,50	0,28
2017	4-etil-1,2-dimetil-benzol*				0,16
2052	2-metoxi-5-vinilfenol*	0,31			
2111	1-[6-hidroxi-2-metil-3-(1-metiletil)fenil]-etanon	0,87	0,69		0,80
2145	<u>eugenol</u>	2,03	1,82	2,05	0,37
2148	2-metoxi-5-vinilfenol*			1,64	
2170	4-vinil-2-metoxi-fenol	1,56			0,13
2372	1H-indol	0,17			0,11
2453	metoxieugenol*		0,24		
	Naftalinvázak vegyületek	4,86	4,34	6,38	2,90
1126	dekahidro-naftalin	0,04		0,27	0,05
1166	<u>dekahidro-2-metil-naftalin</u>	0,13	0,14	0,09	0,07
1299	3,8,8-trimetil-tetrahidro-naftalin	0,28	0,19	0,23	
1419	<u>1,2,3,4-tetrahidro-1,1,6-trimetil-naftalin</u>	1,84	1,11	1,28	0,86
1456	1,2,3,4-tetrahidro-1,5,8-trimetil-naftalin*				0,06
1544	1,2,3,4-tetrahidro-1,6,8-trimetil-naftalin	0,10	0,11		0,10
1622	1,2,3,4-tetrahidro-5-metil-naftalin*		0,05		
1739	<u>naftalin</u>	0,34	0,30	0,46	0,22
1746	<u>1,2-dihidro-1,1,6-trimetil-naftalin</u>	0,16	0,30	0,09	0,10
1825	<u>1,2-dihidro-1,5,8-trimetil-naftalin</u>	0,83	1,09	1,13	0,46

1858	<u>1-metil-naftalin</u>	0,40	0,41	0,87	0,26
1894	<u>2-metil-naftalin</u>	0,27	0,18	0,36	0,16
1917	<u>3,4-dimetil-4-hidroxinaftalen-1(4H)-on</u>	0,38	0,14	0,25	0,43
1973	2,7-dimetil-naftalin*				0,05
2003	1,2-dihidro-2,5,8-trimetil-naftalin		0,32	1,35	0,08
2009	1,3-dimetil-naftalin*	0,09			
	Nyílt láncú alkoholok és aldehidek	24,50	12,19	24,07	10,70
1062	<u>hexanal</u>	2,76	0,99	2,85	0,94
1140	<u>heptanal</u>	0,61	0,24	0,82	0,18
1173	<u>(E)-2-hexenal</u>	2,09	0,79	3,63	0,37
1242	<u>oktanal</u>	0,50	0,26	0,89	0,13
1282	heptenal	0,29		0,12	0,31
1297	<u>1-hexanol</u>	0,91	2,27	2,26	1,05
1331	<u>(Z)-3-hexen-1-ol</u>	0,94	0,97	3,37	0,68
1355	(E)-2-hexen-1-ol	1,16	0,92	1,19	
1357	<u>nonanal</u>	12,13	4,21	6,32	2,46
1478	<u>dekanal</u>	0,26	0,14	0,26	0,08
1533	<u>1-oktanol</u>	0,64	0,32	0,78	0,19
1590	3,7-dimetil-1,5,7-oktatrien-3-ol*	0,20			
1644	(E)-2-decenal	0,49		0,74	0,52
1648	1-nonanol	0,10	0,35		0,04
1771	(E,Z)-2,4-dekadienal		0,06		0,11
1822	transz, transz -2,4-dekadienal*				0,29
2327	<u>oktadekanal</u>	0,92	0,26	0,32	2,22
2329	16-oktadecenal*				0,77
2416	17-oktadecenal	0,50		0,52	0,36
2509	1-oktadekanol*		0,41		

	Észterek	10,21	10,44	12,37	5,45
1033	butánsav, etil-észter*	0,39			
1379	butánsav, hexil-észter*		0,34		
1381	N-hexil-izobutirát*				0,26
1397	hexil-2-metilbutirát		0,12		0,05
1402	etil-oktanoát	0,25	0,21		
1428	cisz-3-hexenil-butirát			0,07	0,09
1444	transz-2-hexenil-butirát	0,21	0,14		
1606	hexánsav, hexil-észter		0,07		0,30
1616	etil-dekanoát*			0,24	
1653	cisz-3-hexenil-hexoát*				0,07
1661	(Z)-4-decénsav, etil-észter*		0,34		
1775	metil-szalicilát		0,38	1,50	0,34
1776	2-hidroxi-benzoesav, metil-észter*	0,95			
1837	etil-laurát*			0,69	
2040	etil-mirisztát			0,39	0,07
2052	izopropil-mirisztát	0,13			0,09
2213	metil-palmitát*				0,10
2249	<u>etil-palmitát</u>	1,59	1,17	0,58	1,04
2303	etil-ftalát*			0,38	
2391	metil-sztearát		0,43	0,38	0,06
2423	etil-sztearát	0,86	1,07		0,21
2437	<u>etil-oleát</u>	2,05	0,41	0,31	0,37
2473	<u>butil-2-etilhexil-ftalát</u>	1,93	3,49	6,86	1,36
2524	etil-linolenát*	0,28			
2589	<u>metil-glikol-ftalát</u>	1,57	1,81	0,97	1,04
2658	sztearinsav, 9-hexadecenil észter*		0,46		

	Szénhidrogének	23,41	27,48	12,10	22,71
1159	<u>dodekán</u>	0,11	0,08	0,23	0,06
1261	<u>tridekán</u>	0,20	0,22	0,26	0,10
1266	1-tetradecén*			0,11	
1373	<u>tetradekán</u>	0,51	0,48	0,55	0,18
1490	<u>pentadekán</u>	0,15	0,08	0,12	0,09
1607	hexadekán	0,10	0,15		
1716	heptadekán		0,11		0,33
1927	nonadekán	0,17	0,18		0,56
2026	eikozán		0,19		0,10
2121	<u>heneikozán</u>	0,31	0,20	0,20	1,47
2212	<u>dokozán</u>	0,35	0,32	0,08	0,23
2301	<u>trikozán</u>	2,19	0,99	0,81	2,08
2321	(Z)-9-trikozén*	0,83			
2342	ciklohexadekán		0,57	0,19	
2345	(Z)-7-hexadecén*	0,85			
2384	<u>tetrakozán</u>	0,31	0,37	0,31	0,28
2466	<u>pentakozán</u>	0,87	0,91	0,84	1,08
2487	1-hexadecén*			0,24	
2512	(E)-5-eikozén*	0,74			
2621	<u>heptakozán</u>	1,36	1,50	1,00	1,87
2665	oktakozán*			0,10	
2770	<u>nonakozán</u>	14,36	21,13	7,06	14,28

2. Melléklet A Debreceni muskotály néhány terpén vegyülete

