



Élelmiszertudományi Kar

Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

KÜLÖNBÖZŐ TERMŐHELYRŐL SZÁRMAZÓ KADARKA BOROK ILLÓ KOMPONENSEINEK VIZSGÁLATA GC-MS MÓDSZERREL

TDK Dolgozat

PALOTAI TÍMEA

Élelmiszermérnök BSc II. évfolyam



**Témavezetők: Dr. Korány Kornél, egyetemi magántanár
Csóka Mariann, egyetemi tanársegéd**

TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023

**Budapest
2012**

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. A bor története.....	5
2.1.1. A szőlőtermesztés és a borkészítés kialakulása és elterjedése a Földön	5
2.1.2. A bor története Magyarországon	6
2.2. A borkészítés folyamata	7
2.3. A Kadarka.....	8
2.3.1. A Kadarka származása, története Magyarországon.....	8
2.3.2. A Kadarka szőlőfajta és bor jellemzése.....	9
2.3.3. A Kadarka termesztése hazánkban	10
2.3.3.1. Alföldi borvidék (kunsági)	10
2.3.3.2. Szekszárdi borvidék	11
2.3.3.3. Etyek-Budai borvidék.....	11
2.4. A borok kémiai összetétele.....	11
2.5. A borok illó anyagai	12
2.5. Az aromaanyagok műszeres vizsgálata	15
2.5.1. A GC-MS felépítése, működése	16
3. KÍSÉRLETI CÉLKITŰZÉSEK.....	18
4. VIZSGÁLATI ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	19
4.1. A vizsgálat helye	19
4.2. Vizsgált minták.....	19
4.3. Vizsgálati módszerek	19
4.3.1. Alkalmazott eszközök, vegyszerek.....	19
4.3.2. A minta előkészítés műveletei	20
4.3.3. A műszeres mérés	22
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	23
5.1. A kiértékelés módja.....	23
5.2. A vizsgált Kadarka borok aromaösszetétele	24
5.2.1. Az alföldi Kadarka vizsgálati eredményei.....	25

5.2.2. A szekszárdi Kadarka vizsgálati eredményei	27
5.2.3. A budai Kadarka vizsgálati eredményei	29
5.2.3. A különböző származási helyű Kadarkák illatképének összevetése	31
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	35
IRODALOMJEGYZÉK.....	36
MELLÉKLET	38

1. BEVEZETÉS

A Kadarka szőlőfajta Magyarországon őshonosnak tekinthető. A XVII-XIX. században még a legelterjedtebb magyar kékszőlő fajta volt, az 1800-as évek elején az ültetvények 2/3-a Kadarka ültetvény volt. Babits Mihály is a fajta nagy szerelmesei közé tartozott. A Kadarka borának legjellemzőbb karaktere a fűszeresség. Illatos, gyümölcsös, karcsú bor. Sajnos a múlt század közepén, a gépesítés bevezetése során termelése nagyon visszaesett. Köszönhető ez annak, hogy ez a szőlőfajta kizárólag gyalogművelésre alkalmas. Sokat rontottak helyzetén az egyre terjedő világfajták is, így napjainkban szinte újra fel kell fedeznünk e hagyományos magyar szőlőt. Az utóbbi pár évben erre komoly erőfeszítéseket tettek a szakemberek. Érdekes módon a külföldi szakirodalom Magyarország egyik elterjedt borának tartja még manapság is a Kadarkát. Ennek ellenére itthon sokan lenézik, mivel termelésének visszaesése során gyakran a minősége is romlott. Napjainkban ez ellen is igyekeznek tenni a termelők, szeretnék bebizonyítani, hogy a megfelelően gondozott és feldolgozott Kadarkából igazán jó bor készíthető. Akik ma Kadarkát termesztnek, nagyrészt a fajta iránti tisztelet miatt teszik.

A Kadarka mint hungarikum, ma Magyarországon ismét kezdi reneszánszát élni. Azért esett választásom erre a fajtára, mert szerettem volna megtudni, hogy milyen aromavegyületek hozzák létre a Kadarkára jellemző fűszeres illatot. Vannak-e jellegzetes, e szőlőre egyedileg jellemző bouquet-alkotók, és hogy van-e eltérés a különböző termőhelyről származó Kadarka borok illatösszetétele között.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A bor története

2.1.1. A szőlőtermesztés és a borkészítés kialakulása és elterjedése a Földön

Az ókori népek életében nagy volt a szőlő és a bor jelentősége. Irodalmuk, művészeti alkotásaik, vallási mítoszaik gyakori témája mindkettő. Az egyiptomiak, a görögök és a rómaiak egyaránt isteni eredetre vezették vissza a szőlőnövényt és elterjedését (Katona, Dömötör, 1963).

A borkészítés és szőlőtermesztés évezredek óta ismert azokon a területeken, ahol kedvezőek az adottságok. A szőlőkultúra őshazája Transzkaukázia (a mai Törökország, Örményország és Irán), ahol az ókori földművelők már az i.e. 4-5. évezredben termelték a ligeti szőlő (*Vitis silvestris*) (1. ábra) értékesebb gyümölcsöt termő változatait.



1. ábra *Vitis silvestris* (fotó: Loren Javier)

Transzkaukáziából a szőlő Nyugat-Ázsia felé terjedt tovább, ahol az ókor civilizált államaiban (Mezopotámia, Palesztina, Perzsia) élő földművelők honosították meg és fejlesztették a kerti szőlő termesztését. Nyugat-Ázsiából a szőlőtermesztés két úton is elindult Európa felé. Az egyik út Észak-Afrika földközi-tengeri partvidékén vezetett Gibraltárig, a másik út Kis-Ázsián át az Égei-tengeri szigetekre és Görögországba, majd a Balkán-félsziget északi részei felé húzódott.

A bor készítésének és tárolásának a fazekas művesség kialakulása vetette meg az alapjait. A kutatások szerint az első jelentősebb borkészítők az egyiptomiak voltak. Időszámításunk előtt több, mint 3000 évvel az egyiptomiak nem csak a szőlőt és a mustot ismerték, hanem a bort is. Az égei-tengeri szigetekre és a mai Görögország területére az i.e. II. évezred elején hatolt be a szőlőkultúra, s a görög civilizációval együtt nagyra fejlődött. Itáliában az i.e. VII. századtól kezdve lendült fel a szőlőtermelés. A rómaiak készítették az első fahordókat, és voltak már fából készült bálványsajtók is. A bor fogyasztása természetes volt, így előzve meg sok betegséget és fertőzést, ami a nem megfelelő tisztaságú ivóvíz által került volna a szervezetbe. A bortermelés fontos jövedelemforrást

is jelentett, ezért később a földesurak mellett az egyháznak is érdeke volt a fejlesztés (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

2.1.2. A bor története Magyarországon

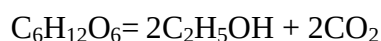
Magyarország területén már a honfoglalás előtt is termeltek szőlőt. Ásatások igazolják, hogy a Dunántúlon a római uralom előtt a kelták is foglalkoztak a növény termesztésével. Probus császár az i.sz. III. században katonáival szőlőt telepíttetett Pannónia területére. A mai Pécs, Sopron, Szekszárd és Buda környékén, valamint a Balaton északi partvidékén számos emlék maradt meg a római kori szőlőtermesztésből (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998). A honfoglaláskor a Kárpát-medencébe érkező magyarok tehát virágzó szőlőket találtak a hegyoldalakon, aminek bizonyára megörültek, mert a kaliz törzsszel való kapcsolatuk révén már ismerték és szerették a bort. Ezt mutatja, hogy már azokban az időkben is ismeretesek voltak a magyar nyelvben a bor és a csiger főnevek, mindkettő török eredetű jövevény szó. A szőlő jelentőségét bizonyítja, hogy Szent István király a pannonhalmi apátság alapítólevelében a tized alá eső termelvények között elsőként a szőlőt említi. Feltehető, hogy ilyen fontos okmányban a jelentőségük sorrendjében sorolták fel a tized fizetésénél számbajöhető terményeket. Egykori feljegyzések szerint a XI. században alig volt a Kárpát-medencének olyan része, ahol ne lett volna bortermelés (Katona, Dömötör 1963). Az Árpád-házi királyok különböző privilégiumokkal, adómentességgel ösztönözték a szőlőtelepítést, ami elsősorban az egyházi birtokokon és a városok környékén kezdett terjedni. A tatárjárás után IV. Béla kiváltságokkal serkentette a szőlőtelepítések újbóli megindulását (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998). Külföldieket telepített a borvidékekre, akik hazájukkal továbbra is tartották a kapcsolatot, így fellendült a borok kivitele. A borkivitel III. Endre király alatt tovább fejlődött, elsősorban Németország és Lengyelország volt a cél (Katona, Dömötör 1963). Mátyás király idejében érte el a szőlő- és bortermelésünk fejlődésének tetőfokát. A 150 éves török hódoltság sajnos visszavetette az ágazatot. Ám pozitívuma is van a korszaknak, mert ekkor került be az országba a dolgozatomban részletesebben vizsgált Kadarka szőlőfajta, melyet a törökök elől menekülő, majd itt letelepedő szerbek hoztak be az országba. A XVI. században lendült fel a tokaj-hegyaljai szőlőtermesztés és alapozta meg az itt termelt bor világhírét. A XVIII. század végén nagyarányú szőlőtelepítés indult a futóhomok megkötése érdekében, ami a török hódoltság alatti oktalan erdőirtás miatt alakult ki (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998). Sajnos ez a minőség romlásához is vezetett, mert sokszor szőlőtermesztésre kevésbé alkalmas területen is telepítettek szőlőt (Katona, Dömötör 1963). A XIX. században kezdtek meghonosodni a nyugati borszőlő fajták, különösen az Olaszrizling. Ebben a korban Magyarországon a borkezelés nagyon alacsony színvonalú volt, így sokszor megesett, hogy a külföldre szállított bor megromlott, vagy betegen, hibásan érkezett meg rendeltetési helyére. A

filoxéra vész során elpusztult területek rekonstrukciójára 1896-tól került sor. A történelmi borvidékek újraterelítésére hosszú lejáratú kölcsönöket és egyéb kedvezményeket nyújtottak az emberek számára. Az első világháború pusztítása után a magyar szőlőültetvények csupán kétharmada maradt az ország területén belül. Csökkent a belföldi borpiac, és jelentéktelen mennyiségűre szűkült az export is. A második világháború folyamán is hatalmas pusztítások mentek végbe, jelentős kárt szenvedtek az ültetvények és a hordóállomány is. A háborút követően az 1949-ben hozott rendeletek súlyos mélypontra juttatták a borgazdaságot. A beszolgáltatás elrendelése után több ezer hektár szőlő vált gazdátlan. A bortermelés nagymértékben visszaesett, általános volt a borhiány az országban, így állami beavatkozásra volt szükség. 1961 és 1965 között 47 ezer hektár új szőlőt telepítettek, ezzel egyidejűleg pedig megkezdődött az új borászati üzemek létesítése. A telepítés során súlyos problémát okozott a termőhelyek kijelölése. Olyan helyekre telepítettek szőlőültetvényeket, ahol nem volt hagyománya a termesztésnek. Ez azért történhetett meg, mert az elfogadott nézet az volt, hogy szőlőt csak olyan területre telepítenek, ami egyéb mezőgazdasági növények termesztésére nem alkalmas. Így a borok minősége gyakran igen silány volt. Újabb országos fejlesztési program indult 1976 és 1990 között, figyelembe véve a borászatnak az export forgalomban betöltött fontos szerepét. Egyenletes ütemben 45 ezer hektár korszerű szőlőültetvény létesült.

Szőlőgazdaságunk manapság is jelentős változásokon megy keresztül. A rendszerváltás után felszámolt szocialista nagyüzemek, és a privatizáció nagymértékben átszervezte a tulajdoni viszonyokat. A szőlőtermő területek kistermelők tulajdonába kerültek, míg a borászati nagyüzemek külföldi vagy magyar befektetők kezére kerültek (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

2.2. A borkészítés folyamata

A borok készítésének háromféle alapvető technikája van aszerint, hogy vörös-, rozé- vagy fehérbort készítünk. Számunkra most a vörösbor készítésének technológiája érdekes, mivel a Kadarka szőlőfajtából általában ez a bortípus készül. A borkészítés során először meghatározzák a szőlő cukortartalmát, majd éretten szüretelik le. Ezt követően a szőlőt le kell bogyózni, mert a kocsány kellemetlen mellékízt ad a bornak. A bogyókat összezúzzák és különleges, „káci” néven ismert erjesztőkádakba töltik. A káci egy álfenékkel ellátott, zárt erjesztőkád. Az álfenéktől a törkölyös részek nem tudnak a must felszínére jutni, így nem képezhetnek törkölykalapot, mely az ecetesedés veszélyét rejtene magában (Török, 1995). A fermentáció a bor beoltásával kezdődik, a megfelelő borélesztő kiválasztását követően. Ez az élesztő katalizál egy sor reakciót, aminek folyamán a glükózból és fruktózból etil-alkohol keletkezik:



A folyamat hajtóereje, hogy a cukorban tárolt energiát más élőlények fel tudják használni. Aerob körülmények között az etil-alkohol tovább alakulhat vízzé és szén-dioxiddá, ami nemkívánatos. A fermentáció általában szén-dioxid réteg alatt megy végbe, kizárva az oxigént a kémiai átalakulásból. A keletkezett etanol mennyisége függ többek között a hőmérséklettől (minél alacsonyabb a hőmérséklet, annál magasabb az alkohol hozam), a cukor koncentrációjától, a savasságtól és az élesztő fajtájától. Az élesztő anyagcsere által létrehozott különböző vegyületek határozzák meg a bor jellegzetes ízét és aromáját. Régebben viasszal bélelt betonkádakban, vagy műanyag tartályokban erjesztették a borokat. Ez a részfolyamat ma már rozsdamentes acélhordókban történik, kivéve néhány magas minőségű bort, melyeket fahordóban érlelnek. Az erjedés során keletkező alkohol a törkölyből kioldja a színanyagokat és csersavakat, melyek a bor fanyarkás ízét adják. Ezek után az edény aljára leülepedett seprőt el kell távolítani a bortól, ezt hívják fejtésnek. E műveletet általában kétszer végzik el, hogy a borban semmilyen zavarosító anyag ne maradjon (Török, 1995).

2.3. A Kadarka

2.3.1. A Kadarka származása, története Magyarországon

A Kadarka szőlőfajta pontos eredete nem ismert. Nevét többen a Skutaritól, Isztambul város Kis-ázsiai felétől származtatják, amelynek törökül Üszküdar, délszlávul Skaderi a neve (Ujvári, 2007). Egyesek a Skhodari-tó (Albánia) környékéről eredeztetik, mások szerint Kis-Ázsiából származik (Takler, 2004). Az szinte bizonyos, hogy Magyarországra a törökök elől menekülő rácok (szerbek) hozták be a Balkánon keresztül a XVI. században, majd Buda visszafoglalása után az elnéptelenedett területekre betelepítve ez a népcsoport kezdte el nagyobb mértékben elterjeszteni a Kadarkát az országban (Janyik, 2010). Igen híres Kadarka-kultúra volt a budai Tabán területén, ahol az említett rácok termesztették nagy felületen (Ujvári, 2007). A szerb telepések a káciban (felfelé szűkülő faedény) erjesztett és tárolt vörösbort sárral zárták el a levegőtől. Az általuk készített bor csersavtartalma magas volt, mert sokáig érintkezett a törkölyvel. A magasabb savtartalom könnyebben eltarthatóvá tette a bort, így az Alföldön is lehetett tárolni, előállítani (Polyák). A Kadarka terjedése észak felé két úton valósult meg, ezek közül egyik a Szerémség, Villány, Pécs, Szekszárd, Buda, Szentendre, Gyöngyös, Eger útvonala.

A Kadarka szinonímái többek között a Kadar, Kadarka noir, Fekete budai, Fekete cigány. Romániában Negru, Bulgáriában Gamza néven ismerik (Janyik, 2010). Az 1800-as évek elején Magyarország szőlőültetvényeinek 2/3-a Kadarka volt. Az 1875-ös filoxéravész után a Kadarkát már csak homoktalajra telepítették, így ez az arány 2002-re 1,1 %-ra csökkent. Az európai DMTK

(Duna-Maros-Tisza-Körös) eurorégió borává választották a Kadarkát 2007-ben. A régió Magyarország, Románia és Vajdaság határán terül el. A három ország megegyezett, hogy együtt készítik el a „Kadarka régió” szabályozását, regisztrálják a termelőket és kialakítják a borok megkülönböztető jegyeit (Janyik, 2010).

2.3.2. A Kadarka szőlőfajta és bor jellemzése

A Kadarka (2. ábra) az egyik legváltozékonyabb szőlőfajtánk. Tőkéjére erős fejlődés a jellemző, hajtásai felállóak. Vesszője vastag, barnásszürke csíkokkal. Leveleinek széle csipkés, fűrészes, színe sötétzöld. A levelek tapintása durva, felszíne hólyagos, hullámos, fonákja gyapjas (Janyik, 2010). A Kadarka fürtje közepes nagyságú, alakja hengeres, tömött szerkezetű. Bogyója középnagy, gömbölyű. Színe változatos lehet, a sötétkéktől a sötétrózsaszínen át a zöldes világos rózsaszínig terjedhet. A bogyó vékony héjú, lédús, kellemes ízű (Kozma, 2001). A klasszikus Kadarkák fürtje lazább szerkezetű, kisebb fürtű és bogyójú, emiatt rothadásra kevésbé hajlamos. Bogyóhúsa kevésbé lédús, tőkéje kevesebbet termő, ezáltal töményebb bort ad (Takler, 2004).



2. ábra A Kadarka szőlő (fotó: www.agroline.hu)

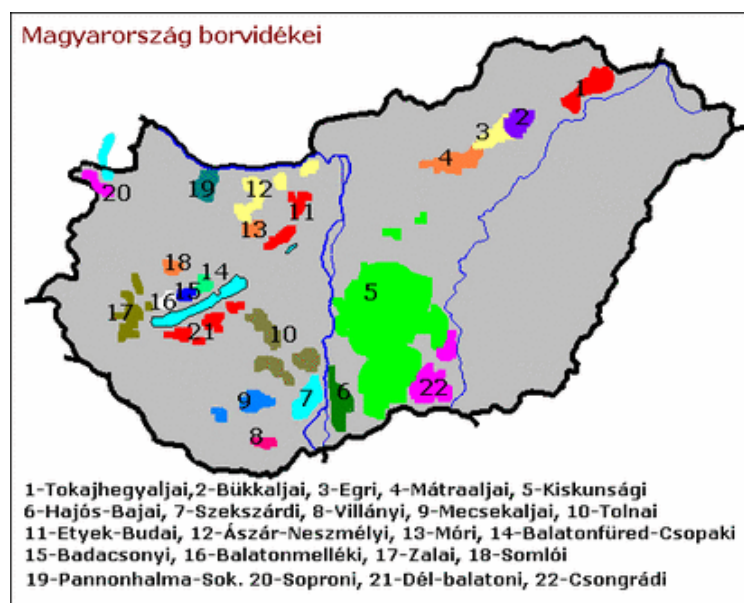
Területi elterjedésének okai, hogy nagyon jól adaptálódik bármilyen környezethez, a talajjal szemben igénytelen, futóhomokon tartós tőkéket nevel. Kiváló szárazságtűrő, fagykár után jól regenerálódik (Polyák). Hátránya, hogy gombás megbetegedésekkel szemben nagyon érzékeny. Termése későn érkezik, tenyészideje hosszú. Könnyen rothad, színe sok esetben nem bontakozik ki. Hűvösebb helyeken a cukortartalma alacsony lehet (Janyik, 2010). A Kadarka bora jellegzetes, fűszeres zamatú, diszkrét illatos, ízekben gazdag és változatos. Megjelenésével terjedt el hazánkban a vörös, siller és rozé borok készítése (Takler, 2004). Kiváló években töppedt bogyóiból finom aszúbor készíthető. Kiváló minősége van az Egri, a Szekszárdi és az Alföldi borvidéken.

A Kadarka fajtából többfajta bort is lehet készíteni, a legelterjedtebb mégis a vörösbor. Sajátosságai miatt az előállítás során pár dolgot figyelembe kell venni. A penészedésre való hajlam

sajnos komoly gondokat tud okozni a feldolgozás során. Ha a penészesedés bekövetkezik, kazeinos mustderítést szoktak alkalmazni (Takler, 2004). A törékenyebb bogyószerkezet miatt kíméletesebb macerációt kell alkalmazni, így enzim használata a tapasztalatok szerint kerülendő (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998). A színanyag veszteség kivédése érdekében a héjon eresztés korábbi befejezését javasolják (Urbán, 1985). Nagyobb mértékű oxidáció, alacsonyabb kénszint esetén hamar elveszti egyedi fűszerességét, eleganciáját. Cserzőanyag tartalma kisebb, mint a többi vörösbort adó fajtáé, ezért a fahordóban való érlelést is rövidebb ideig bírja. Gyengébb színanyag tartalma miatt visszafogott derítést és szűrést igényel (Takler, 2004).

2.3.3. A Kadarka termesztése hazánkban

A következő 3 alfejezetben a legfontosabb Kadarka termő borvidékeket mutatom be röviden, melyek a Magyarország borvidékeit bemutató 3. ábrán 5-ös, 7-es és 11-es számmal láthatók.



3. ábra Magyarország borvidékei

2.3.3.1. Alföldi borvidék (kunsági)

Az alföldi a legnagyobb borvidékünk, területe 27 903 hektár, legnagyobb része Bács-Kiskun megyében található, egy kis része van Pest megyében. Itt terem az ország borainak legalább $\frac{1}{4}$ része. Éghajlata szélsőséges, gyakoriak az erős téli fagyok, a nyár pedig forró és száraz. Talaja nagyobb részben különböző immunitású homok. Borai között egyaránt megtalálhatók a fehér, a rozé és a vörösborok. Az itt készült Kadarka borok közül a legismertebb a kiskörösi Kadarka. A borok általában könnyűek, lágyak, asztali minőségűek (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

2.3.3.2. Szekszárdi borvidék

A Szekszárdi borvidék Tolna megyében található, a dombság és Sárköz találkozásánál. Területe 6000 hektár. Lősztalajú, mérsékelt éghajlatú terület. Különösen Kadarka vörösborairól vált híressé, amely szőlőfajta az itteni meleg klímában és lősztalajon kiváló minőséget teremhet. Borai közül főleg a vörösborok az elterjedtek országos viszonylatban, melyek élénk színűek, lágyak, fűszeresek, kellemesen fanyarok. Fehérborai zamatosak, testesek, de meleg klímában gyakori a savhiány (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

2.3.3.3. Etyek-Budai borvidék

A Dunántúli-középhegység északkeleti területein, a Gerecse-hegység déli részétől a Velencei- és a Budai-hegységig húzódik az Etyek-Budai lehatárolt termőterület, melyek domb- és hegyoldalain, illetve fennsíkjaiban történik a szőlőtermesztés (<http://www.etyekbudaiborvidek.hu>). Az etyeki térségből és velencei termőhelyekből 1990-ben alakult ki a borvidék, amely 1997-ben Buda környékével bővült. Borai a borvidék ökológiai adottságainál fogva élénk savtartalmúak. Illatgazdag, zamatos, fajtakarakteres borok találhatók itt (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

2.4. A borok kémiai összetétele

Szénhidrátok: A szénhidrátok a szőlő leveleiben keletkeznek, asszimiláció útján. A cukor a nedvek áramlásával jut a szőlőbogyóba, ahol nem alakul keményítővé. Az érett szőlő levében a glükóz és a fruktóz egyaránt megtalálható, nagyjából hasonló mennyiségben. Túléréskor azonban a fruktóz kerülhet túlsúlyba. Az erjedés folyamán először a glükóz kezd átalakulni, az édes borokban tehát a megmaradt cukor nagyobbik része fruktóz.

Alkoholok és oxidációs termékeik: Metil-alkohol a szőlőben, a pektinekben található kötött formában. A pektin észter kötés formájában tartalmazza és a pektin-metilészteráz enzim hatására szabadul fel. Etil-alkohol az alkoholos erjedés folyamán keletkezik, mennyisége nem állandó. A bor alkoholtartalma elősegíti a bor állóképességét, mert gátolja a mikroorganizmusok szaporodását. A "kozmaolajok" kifejezés, a bor magasabb szénatomszámú, alifás-alkohol vegyületeinek az összefoglaló neve. A bor fehérjéinek építőelemeiből, az aminosavakból keletkeznek. Az acetaldehid közbeeső anyagcseretermékként keletkezik az erjedés során. A vörösbor festőanyagával oldhatatlan vegyületet képez, így kicsapódik. Ezt megelőzendő, a bor aldehid tartalmát kénessavval szokás lekötöni.

Karbonsavak: Nagy részük már a szőlőben megtalálható, ahol szénhidrátokból keletkeznek a légzés folyamán. Az ecetsav, melynek mennyisége a bor erjedése folyamán nő, az etil-alkohollal etil-acetátot képez. E vegyület túl nagy mennyisége kellemetlenné teheti a bort. A borkősav a bor

legerősebb sava. Alkoholban nehezen oldódik, ezért az alkoholos erjedés folyamán folyamatosan válik ki.

Észterek: A bor illat- és zamatanyagának kialakításában játszanak szerepet. Főleg az erjedés megindulásakor képződnek az élesztők hatására.

Nitrogénvegyületek: A szőlő felépítésében, anyagszere-folyamataiban játszanak fontos szerepet.

Színezékek: Zöld színezék a klorofill, ami a növények asszimilációjához nélkülözhetetlen, a zöld szőlőbogyók érése folyamán mennyisége csökken, majd eltűnik. A karotin és xantofill a szőlő sárga színének kialakításáért felelősek. Ezek a szőlő érése folyamán sem tűnnek el, így feldolgozáskor a mustba kerülnek, annak színét és ízét is befolyásolják. A vörös szőlők színanyaga antocián típusú vegyületeket tartalmaz.

2.5. A borok illó anyagai

Illatanyagoknak azokat a vegyületeket nevezzük, melyek az élelmiszerek szagérzetét keltik. Az aromaanyagok – melyek az érett és túlérett gyümölcsök jellemzői – nemcsak a szagérzet, hanem az ízérzet kialakításában is részt vehetnek. A gyümölcsök aromaanyagai a gyümölcsök héjában illetve a héj alatti sejtrétegekben találhatók, de kimutathatók a magrészekből is. Rendkívül illékony vegyületek, melyek az érés során jönnek létre részben enzimes folyamatok eredményeképpen. Egy-egy gyümölcs aromáját nagyszámú aromakomponens együttes jelenléte alakítja ki. A teljes érettség elérése után kialakuló aroma-összetevők – terpének, alkoholok, észterek, aldehidek, acetálok stb. - sokasága általában az adott gyümölcsre jellemző. Az aromaanyagok összes mennyisége egészen csekély, mégis határozottan és jól felismerhető mértékben jellemzik a gyümölcsöket (Keller, 1977).

A bor az egyik legösszetettebb alkoholtartalmú ital, a benne található illóanyagok biztosítják a komplexitását. Az illat az egyik legfontosabb tényező, ha a bor minőségét és karakterét szeretnénk megállapítani. Az utóbbi években komoly kutatások folytak a borok aromakomponenseinek vizsgálatával kapcsolatban. Habár több, mint 800 különböző illékony komponens található a borokban, többek között alkoholok, észterek, szerves savak, fenolok, tiolok és monoterpének, ezek közül csak néhány tíz darab az, amely érezhető illatot ad a bornak. Ezek közül jó pár illatkomponens csak igen kis mennyiségben található meg a borokban, ezért ezeket az összetevőket az aromavizsgálatok mintaelőkészítési szakaszában megfelelő töménységre kell koncentrálni, hogy kimutathatók legyenek (Ortega-Heras et al., 2002; Sellia et al., 2004).

A borok illatanyagai csoportosíthatók kémiai szerkezetük és eredetük szerint. Az illóanyagok kémiai jellegük alapján az alábbi csoportokba sorolhatók:

Aldehyde

A szőlőben előforduló aldehidek az erjedés során alkohollá redukálódnak, így kevés olyan fordul elő belőlük, ami fontos szerepet játszana a bor aromájának kialakításában. Az erjedést átvészelő aldehidek – a hexanalok és a hexenálók – részt vesznek a fűillat kialakításában, amely bizonyos szőlőfajták jellegzetessége. A bor legtöbb aldehidje az erjedés vagy a fahordós érlelés alatt képződik. A borban legnagyobb mennyiségben található aldehid az acetaldehid, mely a bor aldehid-tartalmának sokszor több mint 90 % -át képezi. Általában kellemetlen szagú vegyület. Az acetaldehid egyike az erjedés köztes anyagcsere-termékeinek. Amikor az erjedés befejeződik, az acetaldehid etanollá redukálódik, így az erjedés vége felé a koncentrációja minimálisra csökken. Vannak más aldehidek is, amelyek érzékszervileg is érezhetők, mint a furfurál (furanaldehid) és az 5-hidroximetil-3-furanaldehid (furfurol), amely a cukor oxidációja során keletkezik. Mivel a furfurál képződését a hő elősegíti, elsősorban olyan borokban fordul elő, amelyeket a feldolgozás, borkészítés során hőhatásnak tettek ki. Ezek adják a boroknak a főtt ízt, illatot. A fenolaldehidek, mint a fahéjaldehid és a vanillin, tölgyfahordóban ászkolt borokban képződhetnek nagyobb mennyiségben. Ezek a vegyületek a fa ligninanyagának bomlástermékei (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

Ketonok

A szőlőben kevés keton található, amelyek általában túlélnek az erjedést. Ezek a nor-izoprenoid ketonok, mint a damaszcenon, az α -ionon, és a β -ionon. A damaszcenonnak rózsára emlékeztető illata van, mely több fontos szőlőfajta aromájának kialakításában is részt vesz. Az erjedés alatt nagy mennyiségű keton képződik, de csak kevés az olyan, amelynek a borban jelentős érzékszervi hatása lenne (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

Acetálok

Acetálok akkor képződnek, ha egy aldehid reagál két alkohol hidroxilcsoportjával, például a borérlelés során. Az acetáloknak általában zöltség-jellegű illatuk van. Bár a borokban már több mint 20 féle acetált izoláltak, a normál borokban igen csekély érzékszervi jelentőségük van, viszonylag kis mennyiségük és gyenge illékonyságuk miatt (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

Észterek

Az észterek egy szerves sav vagy fenolos hidroxil- és egy alkoholos -OH csoport kondenzációjával jönnek létre. Mivel a borokban az észterek csak alacsony koncentrációban (mg/l, μ g/l) vannak jelen és kicsi az illékonyságuk, gyenge az illatuk, fontosságuk az illatképzésben valószínűleg

elhanyagolható. Mindazonáltal a legismertebb észterek az érzékszervi küszöb fölött fordulnak elő (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

Laktonok és más oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek

A laktonok az észterek különleges alcsoportja, amelynek tagjai belső észtereződéssel jönnek létre a molekula karboxil- és hidroxilcsoportja között. A reakció terméke egy gyűrű alakú észtermolekula képződése. A borban lévő legtöbb lakton négy szénatomot tartalmazó észtergyűrű. A laktonok különböző módokon kerülhetnek a borba. Származhatnak a gyümölcsből, de az innen beoldódott laktonok általában nem vesznek részt az illatképzésben. Mivel a laktonképződést a hő elősegíti, a napsütötte szőlők mazsolaillata lehet, hogy laktonoktól származik. A bor legtöbb laktonja az erjedés folyamán keletkezik. Ezek aminosavakból és szerves savakból származnak. A laktonok forrása lehet a tölgyfahordó is (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

Terpének és oxigénszármazékaik

A terpének az aromavegyületek fontos csoportját képezik. Jellemzik sok virág, gyümölcs, mag, levél, fa és gyökér illatát. Gyakran fontos szerepet játszanak gyógynövény ízesítésű borok (pl. a vermutok) vagy a gyümölcs ízesítésű borok illatában. Ezen kívül sok szőlőfajta elsődleges aromáját is jellemzik. A terpének számos funkciós csoportot tartalmazhatnak. Sok fontos terpén tartalmaz hidroxilcsoportot, ezek a terpénalkoholok. Más terpének ketonok. A terpén-oxidok olyan terpének, amelyek oxigént tartalmazó gyűrűs struktúrájuk mellett az alap izoprénszerkezetet tartalmazzák. A szőlőből és egyéb gyümölcsökből származó terpének három formában vannak jelen. Az első csoport a monoterpén-alkoholok vagy oxidok, melyek illóanyagok, és részt vesznek a bor illatának kialakításban. A terpének másik csoportja glikozid-komplekként, továbbá terpendiolként, illetve triolként van jelen, míg a harmadik csoport nem aromahordozó. Koncentrációjuk jelentősen függ a gyümölcsfajtától. Az érlelés során a borban található terpének típusa és aránya változik. Bizonyos növekedés tapasztalható a szabad terpénalkoholok koncentrációjában, a β -glükozid kötések felszakadása miatt. Az oxidáció vagy egyéb átalakulások miatt csökkenés is előfordulhat. Az érés folyamán más strukturális változások is hatnak a bor aromakarakterére (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

Kénhidrogén és szerves kénvegyületek

A kénhidrogén és a kéntartalmú szerves vegyületek általában csak nyomokban fordulnak elő a kész borokban. Jelenlétük viszont igen fontos, mert érzékszervi küszöbértékük mindegyiknek egyaránt

alacsony. A felismerhető küszöbértéken vagy e fölött a vegyületek kellemetlen, émelyítő szagot keltenek, így fontos szempont, hogy elkerüljük érezhető mértékben való megjelenésüket. A borban található szerves kénvegyületek létrejöhetnek a kéntartalmú aminosavak, peptidek és fehérjék metabolizmusa során, keletkezhetnek az elpusztult élesztősejtek autolízise során, illetve a fény is aktiválhatja képződésüket (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

Polifenolok

Fehérborok flavonoidtartalma általában flaván-3-ol-okból (katechinekből) és flaván-3,4-diol-okból (leukoantocianinokból) áll. Ezek a bor testességét növelve minőséget befolyásoló tényezők. A flavonoidoknak azonban szerepe van a barnulásban és a keserű ízérzet kialakulásában is, jelenlétük ezért csak korlátozott mértékben kívánatos. A fahordókból kivont hidrolizálható tanninok jelentős szerepet játszhatnak a bor keserű és húzós ízének kialakulásában. A borokban viszonylag kevés a gyümölcsből származó illó fenol vagy fenolszármazék. Kivételt képez az aceto-vanillin és a metil-antranilát, melyek fontos összetevői lehetnek néhány szőlőfajta aromájának. Előfordulhat még a borokban eugenol, mely általános fűszeres jelleget ad a bornak, valamint gvajakol, melynek édeskés, füstre emlékeztető illata van. A bor tárolására szolgáló fahordó fontos származási helye néhány illó és nem illó fenolsavnak, valamint a tölgyfaaldehideknek (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998).

Borászati szempontból általában a keletkezésük szerint csoportosítjuk az aromavegyületeket. E szerint megkülönböztetünk *elsődleges* (primer) illatkomponenseket, melyek a nyersanyagból, a szőlőből kerülnek a borba, valamint *másodlagos* (szekunder vagy erjedési) aromákat, melyek a fermentáció során keletkeznek (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998). Az előbbi csoportba leginkább terpénvegyületek tartoznak, míg a fermentációs termékek aldehidek, ketonok, acetálok, észterek, savak, nitrogén- és kéntartalmú vegyületek, valamint egyes laktonok.

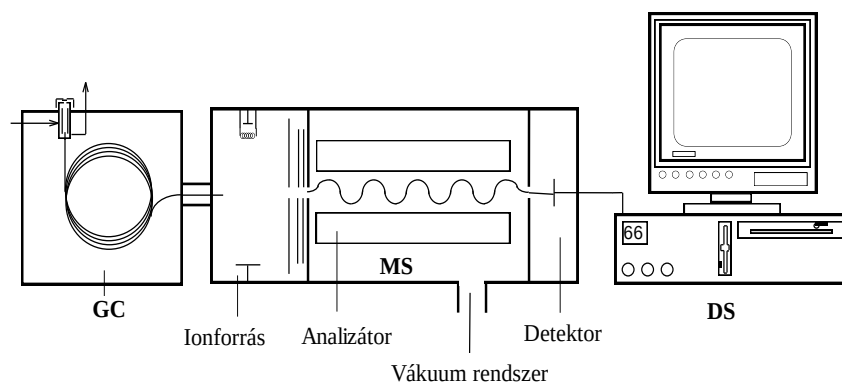
2.5. Az aromaanyagok műszeres vizsgálata

A borok illatkomponenseinek vizsgálata – a különböző mintaelőkészítési eljárások után – általában GC-MS (gázkromatográfia-tömegspektrometria) módszerrel történik. A gázkromatográfia a kitűnő elválasztás következtében jó mennyiségi elemzést tesz lehetővé, de szegényesebb a minőségi információ tartalma. A szerves tömegspektrometria viszont csak akkor szolgáltat egyértelmű minőségi információt, ha kémiaiilag homogén a minta. A gázkromatográfiás elválasztás és a tömegspektrometria összekapcsolása révén tehát biztosítható az elválasztott alkotók egyértelmű minőségi felismerése, hiszen a gázkromatográf elválasztja a mintaelegy komponenseit egymástól, a tömegspektrométer pedig azonosítja az egyes elkülönített alkotókat. Ha tehát a gázkromatográffal

elválasztott alkotókat külön-külön a tömegspektrométerbe vezetjük, a tömegspektrumuk segítségével azok egyértelműen jellemezhetők (Balla, 2006). Az illatkomponensek minőségi meghatározását spektrumkönyvtárak teszik lehetővé (esetemben Wiley138.L, Wiley275.L, NBS49K., NIST05.L). Ezekben számos vegyület tömegspektruma található, amivel a program össze tudja vetni az éppen vizsgált komponens fragmentációs képét. Így megtudható, hogy milyen mértékben egyezik a minta-molekula felvétele egy már azonosított anyag tömegspektrumával.

2.5.1. A GC-MS felépítése, működése

A GC-MS egy kapcsolt műszeregyüttes (4. ábra), amelynek főbb részei a *gázrendszer*, ami a nagy tisztaságú mozgófázist (He) és ennek szabályozó egységeit tartalmazza; az *injektor*, ami elpárologtatja a mintát, majd az analitikai oszlopra juttatja az itt belépő vivőgáz segítségével; a *termosztát*, amelynek feladata biztosítani az egyenletes hőmérsékletet, ami elengedhetetlen a retenciós idők ismételhősége érdekében; az *oszlop* vagy kolonna, amiben az állófázis van elhelyezve; a *detektor*, ami a mennyiségi elemzést teszi lehetővé, illetve az *adatfeldolgozó rendszer*, ami esetünkben a számítógép.



4. ábra A GC-MS műszeregyüttes felépítése

A mérés során a komponenseket pillanatszerűen az áramló vivőgázba juttatjuk és elpárologtatjuk, melyek így az oszlopra kerülnek. Az elválasztandó komponensek különböző mértékben lépnek kapcsolatba az állófázissal, így térben és időben szétválasztva érkeznek meg a kolonna végére. Az elválasztást követően az alkotók a tömegspektrométer ionforrásába kerülnek – immár külön-külön – ahol ionizációt és fragmentációt szenvednek. Az egyes molekulákból keletkezett ionok intenzitását a detektor méri, így jön létre a tömegspektrum. A tömegspektrum egy ionáram - tömegegységre eső iontöltés (m/z) függvénykapcsolat, ami a pillanatnyi ionáramok integrálásával készül. Az analitikai mérés elsődleges eredménye a kromatogram, melynek vízszintes tengelyén a retenciós idő, függőleges tengelyén pedig az intenzitás van feltüntetve. Az eredmények

kiértékelése során a kapott kromatogramokat kell alaposan megvizsgálnunk és azonosítanunk az oszlopon elválasztott komponenseket.

3. KÍSÉRLETI CÉLKITÚZÉSEK

A Kadarka Magyarország egyik őshonos szőlőfajtája. Termesztésével hazánkban már évszázadok óta foglalkoznak, bár a múlt század közepén mennyisége (és megbecsültsége) nagyon visszaesett a nem megfelelő termesztési technológia miatt. A fajtát kedvelő gazdák igyekeznek visszahozni a szőlőfajta valaha volt jó hírét, és szeretnék bebizonyítani, hogy a megfelelően gondozott és feldolgozott Kadarkából „nagy” bor készíthető.

Dolgozatom témájául különböző termőhelyről származó Kadarka borok illattulajdonságainak vizsgálatát választottam. Mivel a szakértők a Kadarka borának legjellemzőbb karaktereként minden esetben a fűszerességet említik, szerettem volna megtudni, hogy melyek azok az aroma vegyületek, amelyek ezt a jellegzetes, fűszeres karaktert kialakítják. Egyedi, csak erre a fajtára jellemző illatkomponenseket szerettem volna találni, hogy azonosítsam a fajtajelleges vegyületeket. Választ kerestem arra a kérdésre is, hogy a terroir-nak milyen befolyása van a fajta illatának kialakítására. Ennek hatása erősebb, vagy mindig a Kadarka jelleg dominál. Mivel az egyik termőhelyről nem sikerült vörösbort szerezni és a budai területről származó Kadarka bor rozé volt, a vizsgálatok során az eltérő borkészítési technológia illatkomponensekre kifejtett hatása is megfigyelhetővé vált.

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 kutatások mézek, borok, fűszerek illatanyagaira vonatkozóan. Így kellő tapasztalat és gyakorlott szakértelem volt segítségemre a minták elemzése során.

4.2. Vizsgált minták

Vizsgálati mintáimat, mely három eltérő termőhelyről (alföldi, szekszárdi és budai borvidék) származó Kadarka bor volt, kereskedelmi forgalomból szereztem be. A Kunsági borvidékről származó Kadarka 2011-es évjáratú, hosszabb ideig héjon erjesztett vörösbor volt. A szekszárdi Kadarka a város környéki dombokról származik, 2011-es évjáratú, kéméletes feldolgozási technológiával készült, tölgyfahordóban érlelt vörösbor. Az Etyek-Budai borvidékről származó Kadarka 2011-es évjáratú, szeptemberi szüretelésű rozé bor volt. A rozé borok elkészítési technológiájának megfelelően kéméletes, gyors feldolgozással, rövid héjon áztatással, reduktív, hűtött, irányított erjesztéssel készült. A gyártó leírása szerint málnás, cseresznyés gyümölcsösség, a fajtára emlékeztető fűszeres zamatvilág, erőteljes savgerinc, halvány hagymahéj szín jellemzik.

4.3. Vizsgálati módszerek

4.3.1. Alkalmazott eszközök, vegyszerek

A vizsgálat során mindig kellően tiszta eszközökkel és analitikai tisztaságú vegyszerekkel dolgoztam az esetleges szennyeződések elkerülése érdekében. A kísérletek során alkalmazott vegyszerek és eszközök:

- desztillált víz
- NaCl
- vízmentes Na_2SO_4 (Merck)
- n-pentán (Merck)
- szénhidrogén standard oldat
- undekanol-1 belső standard (ISTD)
- desztilláló berendezések
- választótölcsér

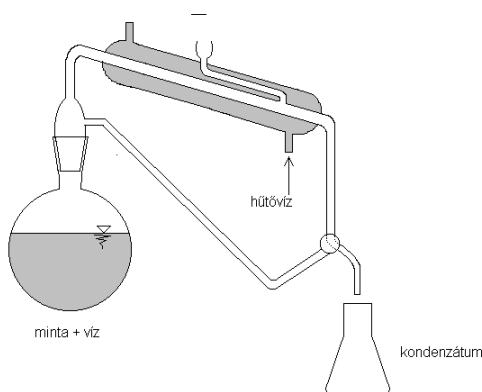
- főzőpohár
- mérőhenger
- Erlenmeyer lombik
- jódszám lombik
- 10 µl-es gázkromatográfiás fecskendő
- Hewlett Packard 5890/II GC-5971/A MSD

4.3.2. A minta előkészítés műveletei

A borminták vizsgálatához kétféle desztillációt alkalmaztam. Először hagyományos vízgőzdesztillációt végeztem, mellyel eltávolítottam a bor alkoholtartalmát és illatanyagainak nagy részét. Majd szimultán desztillációs-extrakciós módszerrel (SDE) az első desztillálás után visszamaradt aromaanyagokat ismét kivontam. Erre a többlépcsős desztillálási folyamatra azért volt szükség, mert a korábbi megfigyelések szerint a hagyományos vízgőzdesztilláció önmagában nem elégséges a bor-illatanyagok teljeskörű kinyerésére.

„Klasszikus” vízgőzdesztillációs módszer

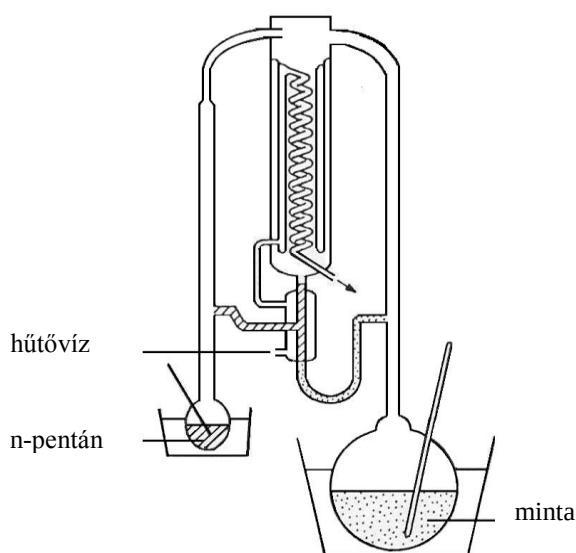
A mintaelőkészítés kezdő lépéseként ledesztilláltam $3 \times 500 \text{ cm}^3$ bort, a következőképpen. Egy 1000 cm^3 -es lombikba néhány darab forrkövet, Raschig-gyűrűt, üveggyöngyöt, 100 g sót és 150 µl undekanol-1 ($0,8 \text{ mg/cm}^3$ konc. izooktánban) belső standardot (ISTD) tettem, majd az elegyet melegíteni kezdtem. A 3 desztilláció során $3 \times 100 \text{ cm}^3$ párlatot gyűjtöttem Erlenmeyer lombikba. A kondenzátumot rázótolcsérbe töltöttem, hozzáadtam 15 g sót és $3 \times 80 \text{ cm}^3$ pentánnal extraháltam. Az kivonathoz vízmentes nátrium-szulfátot adtam a víznyomok megkötésére, majd a kivonatot jódszámlombikban hűtőben tároltam a mérés megkezdéséig. A műszeres mérés előtt a pentánt eltávolítottam, majd a borminták kivonatát 1 cm^3 végtérfogatra töményítettem. A vízgőzdesztilláló készülék az 5. ábrán látható.



5. ábra A vízgőzdesztilláló készülék vázlata

Likens-Nickerson-féle szimultán desztilláció-extrakció

A vízgőzdesztilláció elvégzése után visszamaradó mintához a kihajtott alkoholtartalom pótlására 100 cm³ desztillált vizet és 20 g sót tettem, majd ismét hozzáadtam 150 µl undekanol-1 belső standardot. Ezt követően a lombikot a szimultán desztillációs-extrakciós készülékbe (6. ábra) helyeztem. Az alkalmazott szerves oldószer n-pentán volt, melyet 60 °C-os vízfürdőn melegítettem. A desztillációs-extrakciós folyamat során a víz és az oldószer gőzei egymással szemben áramlanak a készülékben, majd a belső hűtőben együtt kondenzálnak, s így megtörténik az aromaanyagok kivonása. A mintát tartalmazó lombikot óvatosan melegítettem, majd forrástól számított 1 órán át végeztem az extrakciót. A három egymást követő desztilláció során kivont aromaanyagok ugyanabban a pentánban gyűltek össze. A desztilláció végeztével a pentánt mélyhűtőbe tettem, és másnap, a kifagyott víz eltávolítása után töményítettem a mintát 1 cm³ végtérfogatra. Ezután került sor a műszeres mérésre. A vizsgált mintákból az 1 cm³ végtérfogatra történő töményítés után 1 µl mennyiséget injektáltunk a GC-MS berendezésbe.



6. ábra A Likens-Nickerson-féle szimultán desztillációs-extrakciós készülék vázlata

4.3.3. A műszeres mérés

A műszeres vizsgálat során az alábbi, korábban kísérletileg meghatározott GC-MS paramétereket alkalmaztuk:

GC-MS berendezés:	Hewlett Packard 5890 series II.GC-5971/AMSD
Oszlop:	60 m x 0,25 mm AT-WAX
Filmvastagság:	0,25 μm
T_0 kezdő hőmérséklet:	$T_0=60\text{ }^{\circ}\text{C}$
Hőmérséklet program:	$v_f = 4,0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, $T_1=280\text{ }^{\circ}\text{C}$
T_2 véghőmérséklet:	$T_2 = 280\text{ }^{\circ}\text{C}$
Detektor hőmérséklet (tf. line):	$T_{\text{det}} = 280\text{ }^{\circ}\text{C}$
Vivőgáz:	He (160 kPa, vivőgáz sebessége: 30,0 cm/s)
Injektor:	$T_{\text{inj}} = 270\text{ }^{\circ}\text{C}$, 160 kPa
Injektor üzemmód:	split/splitless, delay: 0,35 perc
Tömegtartomány:	$m/z = 25\text{-}350\text{ D}$
Seprési sebesség:	390 Da/s

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

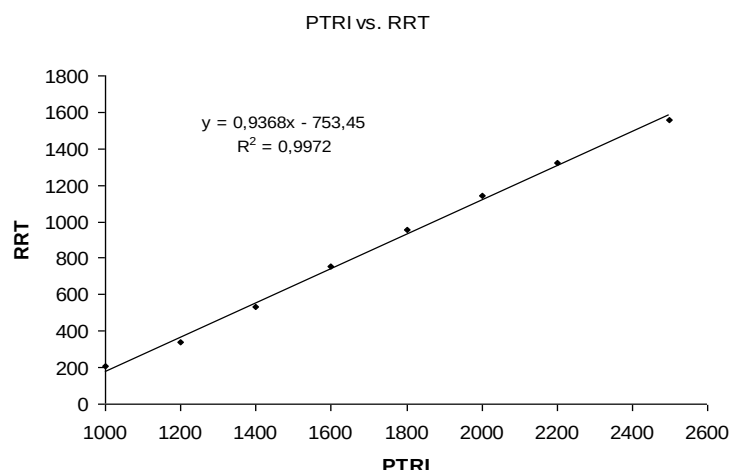
5.1. A kiértékelés módja

A GC-MS mérés során a párhuzamos mérésekből származó kromatogramokat számítógép rögzíti. A program képes automatikusan azonosítani a csúcsokat, de ez nem eléggé megbízható, főleg azoknál a csúcsoknál, amelyek intenzitása kicsi, ezért minden csúcsot manuálisan azonosítottam. A mérés során a gázkromatográf által elválasztott alkotók azonosítása az elektronikus tömegspektrum könyvtárral lehetséges. Ebben a könyvtárban megtalálhatók a már felvett és tárolt spektrumok, így azok összehasonlíthatók a vizsgálni kívánt minták illataalkotóinak spektrumaival. Az eredmények kiértékelése során a detektált komponensek közül csak azokat tartottam meg, amelyek minden párhuzamos mérésben megjelentek, így elhárítva az esetleges alapvonal ingadozás miatt kialakult téves csúcsok figyelembevételét. A kromatogramok jól tükrözik a borok illékony anyagokban való gazdagságát, ám közvetlenül nem hasonlíthatók össze a mérést befolyásoló torzító tényezők miatt. Az összehasonlíthatóság problémájának megoldására a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén kidolgozott, a kromatogramok mindkét tengelyének normálásán alapuló relatív aromagram, találóból nevéen aromaspektrum módszer alkalmazását választottam.

A módszer lényege röviden:

a. A gázkromatográfiás mérések eredményeként kapott kromatogramok x-tengelyén a retenciós idő szerepel, mely adott kísérleti körülmények között a komponensek anyagi minőségét határozza meg. Ez a paraméter nem általánosítható, mert a mérési körülmények változása (oszlophossz, belső átmérő, a megosztó fázis filmvastagsága, gázsebesség, fűtési paraméterek stb.) és ingadozása jelentősen befolyásolja. A retenciós idő helyett ezért az alkotók PTRI (**P**rogrammed **T**emperature **R**etention **I**ndex) értékeit határoztam meg, amelyeket a relatív retenciós időkből (**R**elative **R**etention **T**ime, RRT) számoltam. A relatív retenciós idő (RRT) kiszámításának módja: 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 értékeknek vettem az ezerszeresét. Az RRT egy arányszám, ami a kisebb retenciós időingadozásokat kompenzálja. A normál alkán standardok relatív retenciós idői (RRT) szénatomszámaik százszorosának függvényében egyenes mentén fekszenek állandó fűtési sebességű, izoterm kezdeti szakaszt nem tartalmazó hőmérséklet programozott futtatás esetén. A normál alkánokra (nC_{10} - nC_{25}) jellemző PTRI - RRT egyenest minden kromatográfiás mérési napon meghatároztuk (**7. ábra**). E regressziós egyenlet felhasználásával, a vizsgálati mintákkal azonos körülmények mellett futtatott normál alkánokra

vonatkoztatva a komponensek RRT értékeihez azok PTRI koordinátáit hozzárendeltük. Így a kémiai neveket a számítógép által értelmezhető és kezelhető számszerű információvá alakítottuk át, mely ráadásul a retenciós időkhöz képest nagymértékben független a mérési körülményektől. A leírt módszerrel a borok 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 alkánok PTRI-RRT összefüggése

b. A kromatogram függőleges tengelyén a komponensek mennyisége jelenik meg, mely függ a kivonás hatékonyságától, a mintabevitel pontosságától és a kromatográfiás berendezés változó érzékenységétől. Az ingadozás kiküszöbölésére ez esetben is egy arányszámot használtam, melyet relatív intenzitásnak nevezünk. Ezt úgy számítjuk ki, hogy a komponensek csúcsterületét osztjuk egy vonatkozási anyag csúcsterületével (általunk a mintához adott, mindig azonos mennyiségű undekanol-1 belsőstandard, ISTD), majd szorozzuk százzal. Ezeket a méréseket és számításokat minden mintánál elvégeztem a párhuzamos belövésekre, majd a PTRI és relatív intenzitás átlagokat vettem, és ezek alapján megrajzoltam a minták relatív aromagramját. Amennyiben az eredményként előállt, transzformált kromatogramok egymásra illeszthetőek, akkor a minták illatkomponenseikben hasonlítanak egymásra. Tökéletes illeszkedés esetén a minták azonossága bizonyított, csakúgy mint a tömegspektrometriában. Innen származik az eljárás - *aromaspektrum módszer* - elnevezése.

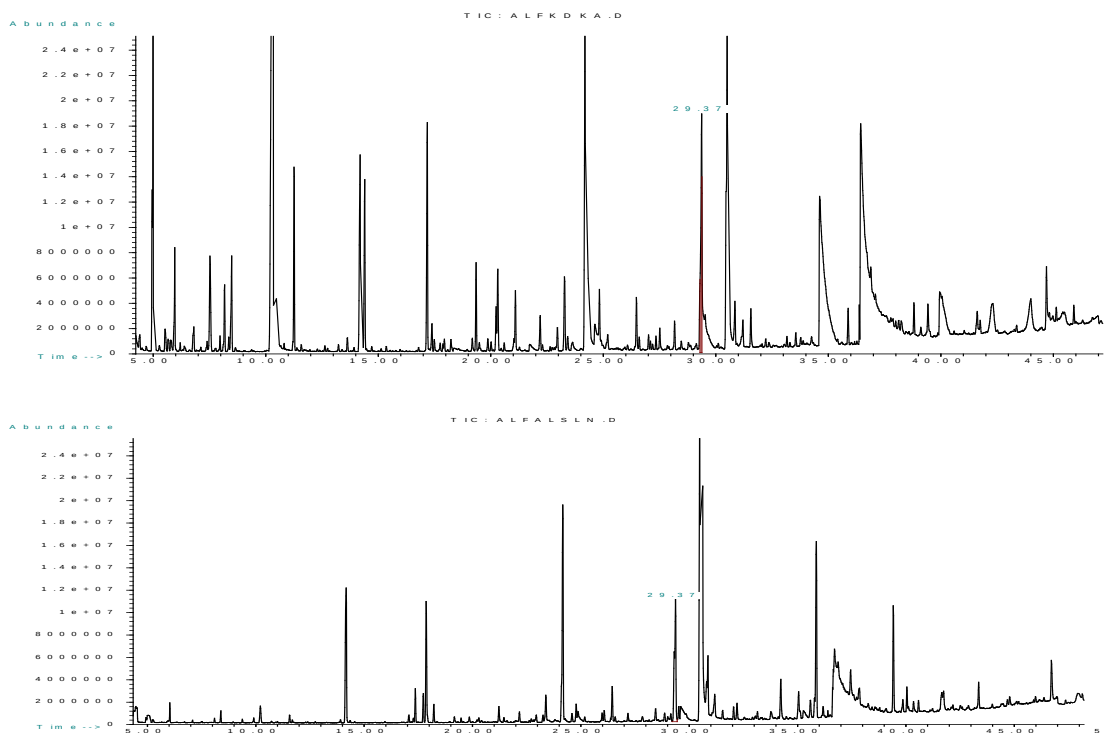
5.2. A vizsgált Kadarka borok aromaösszetétele

A következő fejezetekben mintánként (származási helyenként) mutatom be az egyes Kadarka borok illatvizsgálatainak eredményét, majd külön fejezetben hasonlítom össze a három bormintát. A Kadarka jelleges komponensek keresése során, a borokban azonosított vegyületeimet összehasonlítottam a Tanszéken korábban vizsgált vörös- és fehérborok vizsgálati eredményeivel

(Kiss, 2008; Fekete, 2010; Tóth, 2010). A Kadarkákban azonosított aroma vegyületek listáját összesítve a Melléklet 1. táblázatában közlöm.

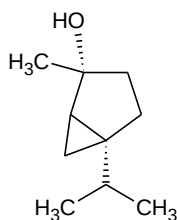
5.2.1. Az alföldi Kadarka vizsgálati eredményei

Eredményeim közlését az alföldi Kadarka bor kromatogramjainak bemutatásával kezdem. Vizsgált mintáim közül ebben a borban találtam a legtöbb illatkomponenst, 137-et. A bor aroma összpontszáma (a komponensek relatív intenzitásának összege, mely a minták „illatosságát” fejezi ki) 5907 pont volt. A két lépéses mintaelőkészítés miatt minden mintához két kromatogram tartozik, ezeket a mintaelőkészítés során végzett sorrend szerint közlöm: először a hagyományos vízgőzdesztilláció, majd a Likens-Nickerson-féle szimultán desztilláció-extrakció (SDE) felvételét mutatom be minden esetben. Az alföldi borról készült kromatogramok a 8. ábrán láthatóak. Mindkét ábrán megfigyelhető, hogy viszonylag nagy csúcsként szerepel az undekanol (a kiintegrált csúcs), melyet belső standarként használtunk, így ez lehetett a viszonyítási alap a későbbi számításokhoz. Az egymást követő desztillációk során kapott extraktumok kromatogramjainak léptéke (a függőleges tengely skálaosztása) eredetileg eltérő volt a különböző intenzitású csúcsok miatt, elsősorban a klasszikus desztillátumból eltávozott fermentációs termékek okán, az ábrán viszont már közös léptéket választottam, a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében.



8. ábra Az alföldi Kadarka borok kromatogramjai

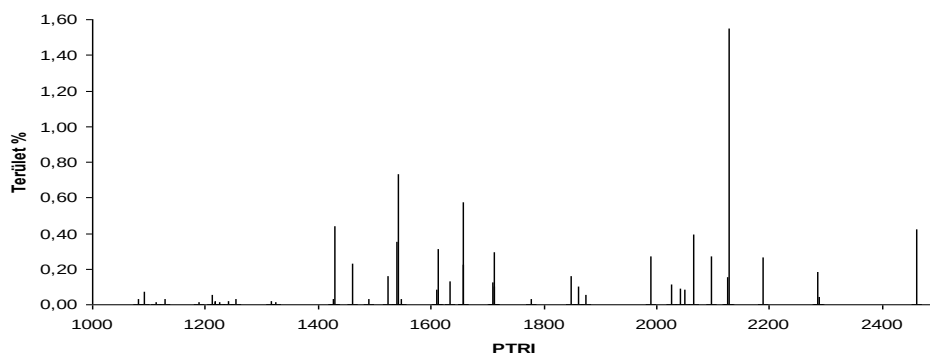
Az ábrán látható, hogy a hagyományos desztilláció felvétele (felső ábra) illatkomponensekben jóval gazdagabb, mint a SDE kromatogramja. Ez annak köszönhető, hogy az első desztillációs lépés során távozott a bormintából az illékonyabb komponensek nagy része, köztük az alkoholtartalom, mely „magával vitte” a benne oldódó aromakomponenseket is. Az ezt követő desztillálás kromatogramján azok a vegyületek jelennek meg, amelyek nem voltak elég illékonyak ahhoz, hogy az előző lépés során az alkohollal együtt elpárologjanak a borból. Az erjedés során keletkező fermentációs termékek (alkoholok, savak, észterek) mindkét kromatogramon nagy csúcsokként láthatók, ezek a vegyületek a borban az élesztők tevékenysége során keletkeznek. Az alapanyagként használt szőlőfajtát azonban nem ezek a vegyületek jellemzik, hanem az elsődleges vagy primer aromaanyagok, melyek főleg terpénvegyületek (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998). A vizsgált Kadarka borok közül az alföldiben sikerült a legtöbb (26) terpénvegyületet azonosítanom, egyesített területük pedig az össz-terület 4,77 %-a (Melléklet 1. táblázat). Ebben a bormintában a *cisz*-szabinén-hidrát volt az egyetlen terpénvegyület, amely nem található meg a többi Kadarkában, és a korábban a Tanszéken vizsgált borokban sem. Szerkezetét a 9. ábrán mutatom be.



9. ábra A *cisz*-szabinén-hidrát

A *cisz*-szabinén-hidrát illata egyes kutatások szerint citrus jellegű, egy japán citrusféle jellegzetes aroma-összetevője (Lan Phi et al., 2006). Benzolvegyületek terén is ez a bor volt a leggazdagabb, összesen 21 alkotót azonosítottam. Kizárólag itt fordult elő a 2-nitro-fenol, az 1-etil-2,3-dimetil-benzol, a metil(1-metiletenil)-benzol, a 4-etil-2-metoxi-fenol és a 4-(ethoxymetil)-fenol. Ezek a komponensek a korábban a Tanszéken mért egyik borban sem voltak megtalálhatók. A Kadarkában azonosított terpének és benzolvegyületek területrészesedését egy összesített, primer aromaspektrumon mutatom be (10. ábra). A retenciós időt ezen az ábrán a vegyületek mért PTRI értéke helyettesíti, a függőleges tengelyen pedig az intenzitások helyett a terület %-okat ábrázoltam. Az összesítésből kihagytam a benzil-alkoholt és a 2-feniletill-alkoholt, mert ezek fermentációs termékek. Ezen az ábrán tehát az erjedési termékek nem találhatók meg, ezért e vegyületek a szőlőre, a mustra jellemző anyagok (elsődleges aromakomponensek). Az aromaspektrumon jól látható a megannyi terpén és benzolszármazék, melyek a bor aromájának kialakításáért felelősek.

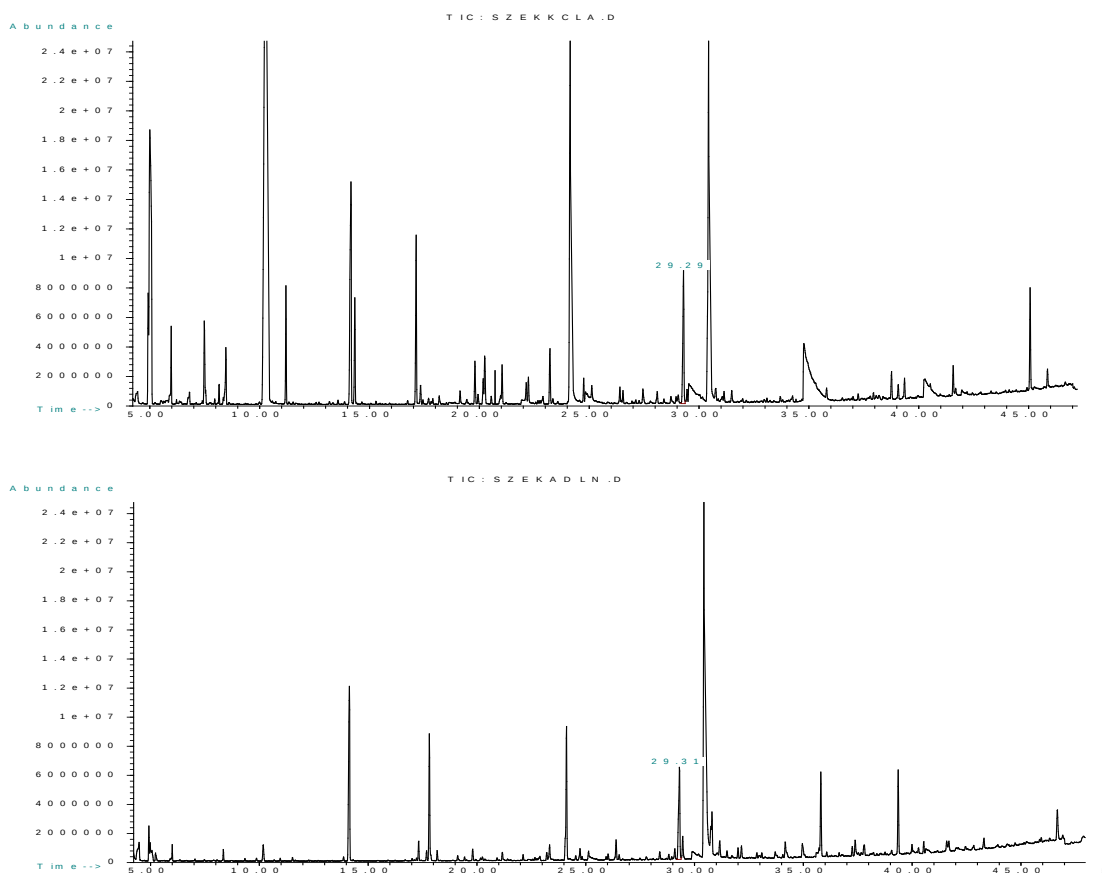
Az alföldi Kadarka primer aromaképe (45 komponens, 8,29 pont)



10. ábra Az alföldi Kadarka primer aromaspektruma

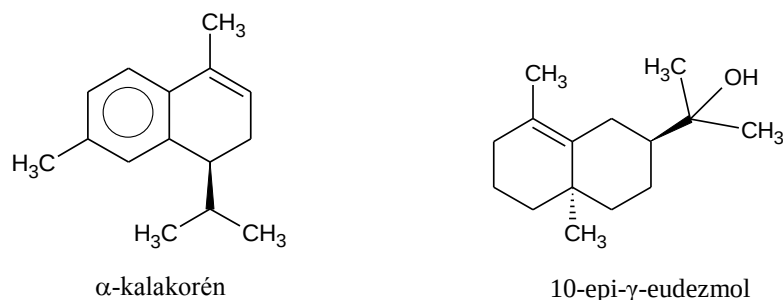
5.2.2. A szekszárdi Kadarka vizsgálati eredményei

A szekszárdi Kadarkában kevesebb illatkomponenst azonosítottam (107), mint az alföldiben, és az aroma összpontszám is kevesebb volt (5392 pont), egyébként a három vizsgált borminta közül is a legkevesebb. A kromatogramok a 11. ábrán láthatóak. A kiintegrált komponens ebben az esetben is a mintához általam hozzáadott undekanol-1 belső standard.



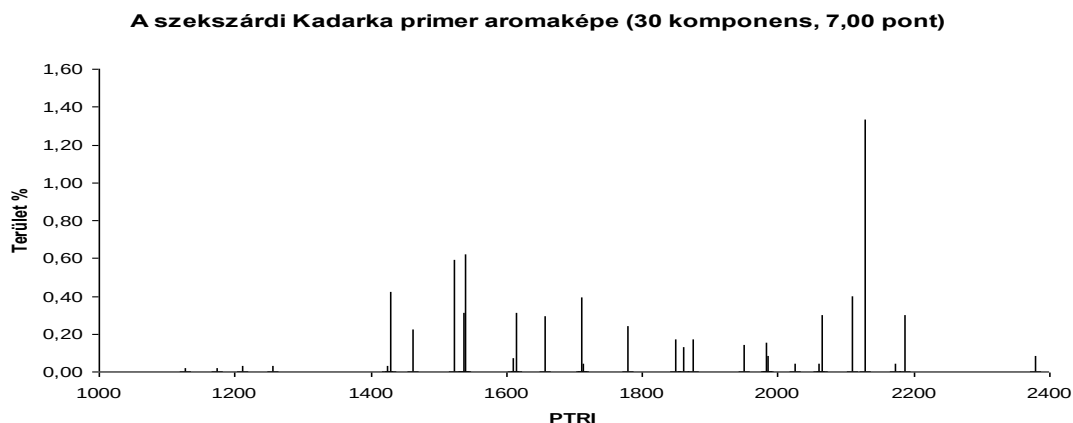
11. ábra A szekszárdi Kadarka borok kromatogramjai

A felső ábrán, mely most is a klasszikus desztillációhoz tartozik, jóval több komponens található, mivel ennél a bornál is ebben a mintaelőkészítési lépésben távozott az erjedési termékek legnagyobb része. A komponensek részletesen szintén a Melléklet 1. táblázatában láthatók, terjedelmi okokból ezeket itt nem sorolom fel. A kromatogramokon ebben az esetben is az erjedés során keletkező másodlagos aromakomponensek a legintenzívebbek, de két olyan terpénvegyületet is sikerült azonosítanom, melyek sem a másik két vizsgált Kadarka borban, sem pedig az eddig vizsgált vörös- és fehér borokban nem voltak jelen. Ezek a vegyületek a kalakorén és a 10-epi- γ -eudezmol voltak. Ezek az illatalkotók szeszkviterpén vegyületek (12. ábra), tiszta állapotban fás jellegű illatuk van.



12. ábra A szekszárdi Kadarkában azonosított egyedi szeszkviterpén vegyületek

Érdekességgént megemlítem, hogy a szekszárdi mintában azonosítottam egy olyan szeszkviterpén vegyületet (1,4-dimetil-7-(1-metiletil)-azulén vagy gurjunazulén), mely a Kadarkák közül csak ebben a mintában volt megtalálható, de a Tanszéken korábban végzett borvizsgálatok során a Soproni kékfrankos borban is jelen volt (Tóth, 2010). A benzolgyűrűs vegyületek területaránya ebben a borban volt a legnagyobb, amire magyarázatul szolgálhat a tölgyfahordós érlelés. A jellegzetesen mandulaillatú benzaldehid nagy arányú jelenléte például valószínűleg részben a benzil-alkohol prekursor nagy arányú jelenlétének, részben pedig a fahordós érlelésnek köszönhető (Eperjesi, Kállay, Magyar, 1998). Az előző borhoz hasonlóan, elkészítettem a primer aromaspektrumot, melyen a terpéneket és – a benzil-alkohol és a 2-feniletil-alkohol kivételével – a benzolgyűrűs illatkomponenseket tüntettem fel (13. ábra). Az ábra alapjául szolgáló adatsort a Melléklet 1. táblázata tartalmazza. Az elsődleges, azaz feltehetően a szőlőből származó vegyületek száma jóval kevesebb (30), mint az alföldi Kadarka esetén (45), és területrészesedésük is alacsonyabb.

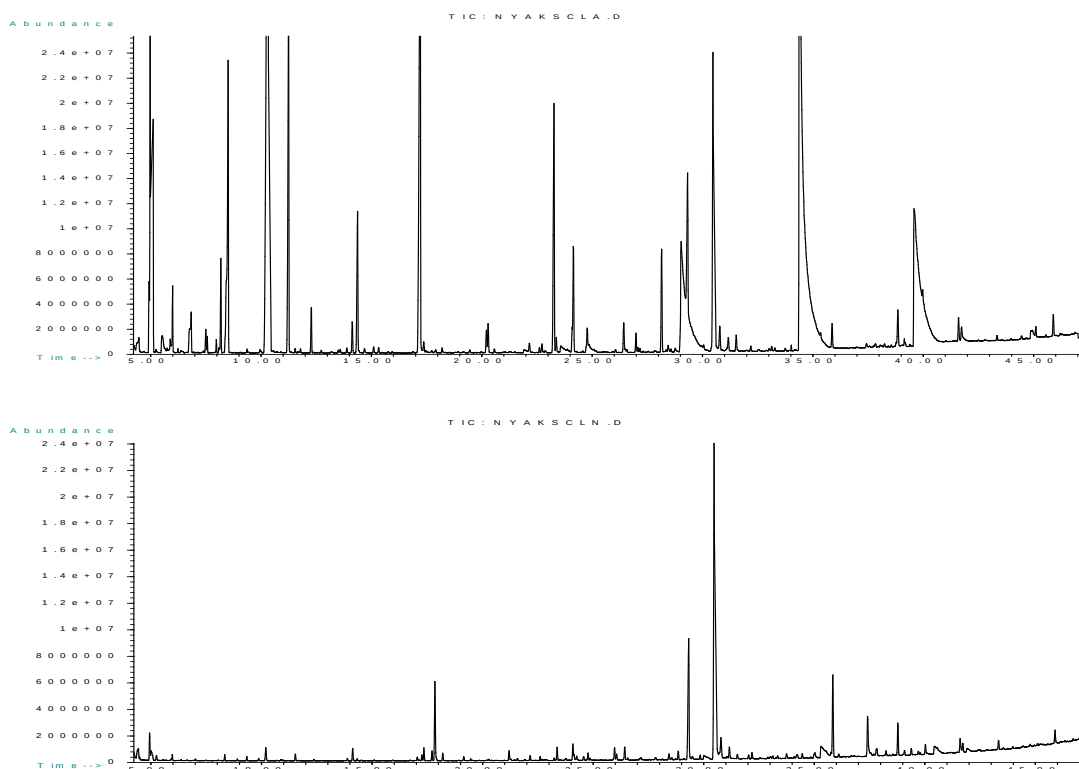


13. ábra A szekszárdi Kadarka primer aromaspektruma

Ez az eredmény azért meglepő, mert a Kadarka fajta „őshazája” a Szekszárdi borvidék, így azt várnánk, hogy az eredeti termőhelyről származó borban van a legtöbb aromakomponens.

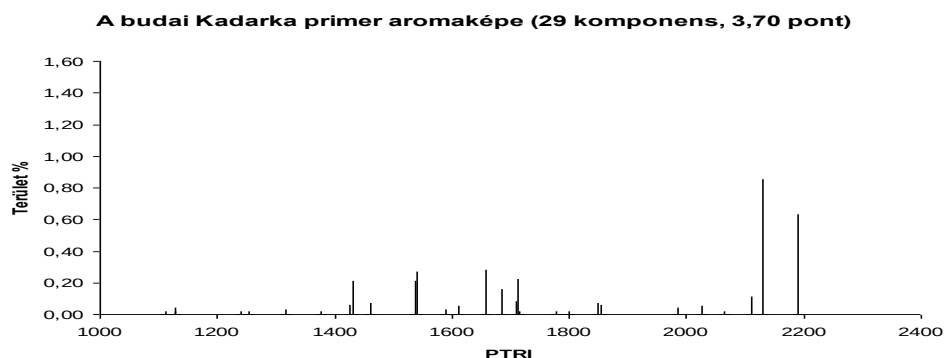
5.2.3. A budai Kadarka vizsgálati eredményei

A vizsgált Kadarka borok közül a budaiban sikerült a legkevesebb (100) illatalkotót detektálnom, viszont az aroma összpontszám ebben az esetben volt a legnagyobb (6117 pont). Ez az eltérés a fermentációs termékek területarányának eltéréséből adódik. A vizsgált borok közül a budaiban volt a legnagyobb a savak aránya (42,8 %, míg a másik két borban ez az arány 34,7 % illetve 7,8 %), ez a jellegzetesség a termelő leírásában is megjelenik: „erőteljes savgerinc”. A hexánsav és az oktánsav esetében 3-4-szeres, míg a dekánsav esetén több, mint 10-szeres volt ez a különbség a legtöbb illatkomponenssel rendelkező alföldi borhoz viszonyítva. A területarányok a Melléklet 1. táblázatában részletesen megtalálhatóak. A két lépéses mintaelőkészítéssel kapott kromatogramok a mintáról a 14. ábrán láthatóak.



14. ábra A budai Kadarka borok kromatogramjai

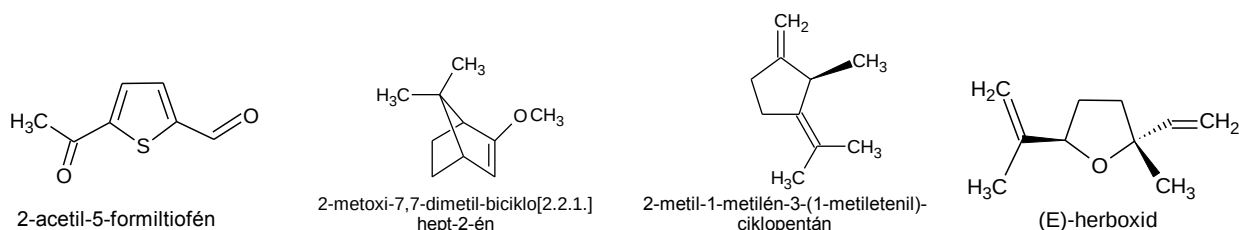
A másik két bor kromatogramjaihoz hasonlóan ezen az ábrán is jól látható, hogy az illékony erjedési termékek a klasszikus vízgőzdesztilláció során távoztak a borból, így azon több és nagyobb csúcs található. Ennél a bornál szemmel láthatóan jóval kevesebb komponens távozott a Likens-Nickerson-féle desztilláció során, mint a másik kettőnél, így nem meglepő, hogy összesítve is jóval kevesebb vegyület található benne. A primer aromavegyületeknek tekintett terpének és benzolvegyületek száma (29) és területaránya (3,70 %) a budai Kadarka esetén jóval alatta maradt a másik két bor hasonló adatainak. Ez az eredmény annak is köszönhető, hogy ez a bortípus nem vörösbor volt, hanem rozé bor. Rozé borok készítésénél a szőlőt gyorsan dolgozzák fel, illetve csak rövid ideig tartják a héjon, így kevesebb szín- és valószínűleg illatanyag oldódik ki belőle. Ez az eltérő feldolgozási technológia okozhatja, hogy szinte minden aromaalkotójának (és vegyületcsoportnak) a területrészesedése jelentősen kisebb, mint a másik két Kadarka esetén. Ennek megfelelően nem is sikerült olyan terpénvegyületet azonosítanom a mintában, ami a másik két Kadarkában, vagy valamelyik, korábban a Tanszéken vizsgált borból nem lett volna megtalálható. Két egyedi benzolvegyületet – 7,8-dimetilbenzociklooktén és (1,1-dimetiletil)-benzol – találtam a borból, bár ezek igen kis arányban vannak jelen. Az előző mintákhoz hasonlóan készült primer aromaszpektrumon (15. ábra) jól látható a bor viszonylagos aroma-szegénysége az elsődleges komponensek tekintetében.



15. ábra A budai Kadarka primer aromaspektruma

5.2.3. A különböző származási helyű Kadarkák illatképének összevetése

Végezetül összefoglalom a három vizsgált Kadarka bor vizsgálata során kapott eredményeimet. Mindhárom bor esetén az erjedés során keletkezett (másodlagos) aromaanyagok jelentkeznek a legnagyobb csúcsterülettel a kromatogramokon. Összesített területarányuk mindhárom minta esetén meghaladja a 80 %-ot (Melléklet 1. táblázat). A fajtajelleg (esetemben a Kadarka-jelleg) kialakításáért tehát nem ezek a vegyületek felelősek. Az azonosított illatalkotók között egy olyan vegyületet, a 2-acetil-5-formiltiofént találtam, amely valamennyi Kadarka illatában jelen volt, viszont a Tanszéken eddig vizsgált borokban (Martinez Asensio, 2007; Kiss, 2008; Fekete, 2010; Tóth, 2010) nem sikerült azonosítani. A terpénvegyületek között pedig 6 olyan komponenst detektáltam, melyek a korábban vizsgált borokban nem voltak megtalálhatók, valószínűleg ezek is felelősek lehetnek a fűszeres Kadarka-jelleg kialakításáért. Ezek az aromakomponensek: 2-metoxi-7,7-dimetil-biciklo[2.2.1]hept-2-én, 2-metil-1-metilén-3-(1-metiletenil)-ciklopentán, (E)-herboxid, *cisz*-szabinén-hidrát, kalakorén, 10-epi- γ -eudezmol (az utóbbi hármat már bemutattam).



A vizsgált Kadarka borokban azonosított aromakomponenseket és részesedésüket az össz-aromában az 1. táblázatban összesítettem:

1. táblázat A Kadarka borokban azonosított vegyületcsoportok

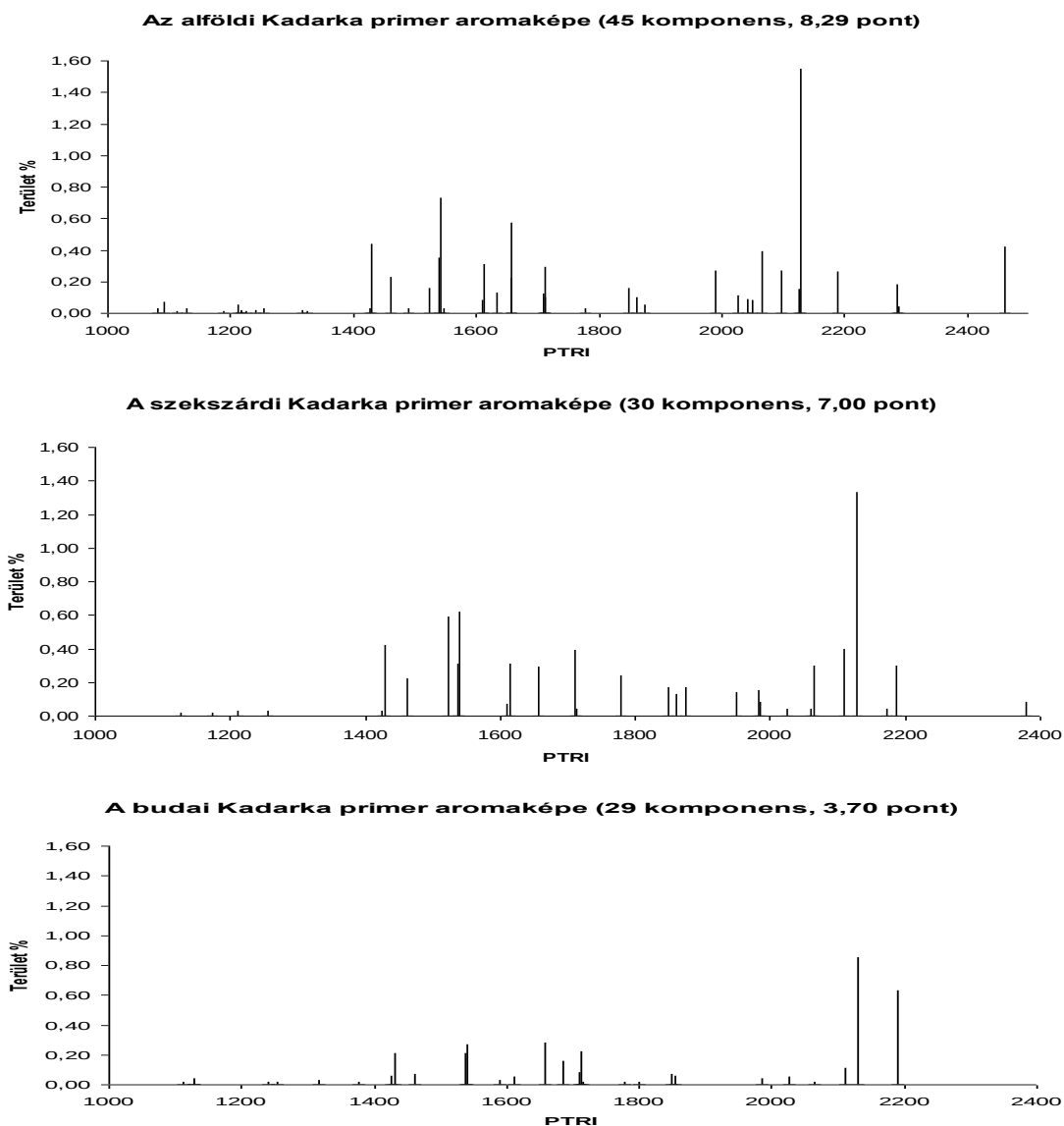
Kémiai osztály	Alföldi Kadarka		Szekszárdi Kadarka		Budai Kadarka	
	darab	részesedés*	darab	részesedés*	darab	részesedés*
Terpének és származékaik	26	4,77	22	4,08	18	1,89
Benzolgyűrűs és egyéb aromás vegyületek	21	16,07	10	21,84	13	6,67
S-tartalmú vegyületek	3	0,29	3	0,44	1	0,06
N-tartalmú vegyületek	4	0,39	1	0,03	2	0,37
O-tartalmú heterociklusos vegyülete	6	1,34	4	1,70	3	0,95
Naftalinvázis vegyületek	6	2,34	7	2,11	7	0,88
Alkoholok, aldehidek, ketonok, acetálok, éterek	15	17,84	16	32,17	14	23,28
Észterek	31	18,06	21	25,29	18	20,07
Szerves savak	7	34,68	3	7,82	4	42,79
Szénhidrogének	1	0,13	4	1,30	4	1,03
Összesen	165	95,91	121	96,78	112	97,99

* terület %

Mint azt a táblázatból is láthatjuk, a legtöbb komponenssel az alföldi Kadarka rendelkezik, ezt követi a szekszárdi, majd végül a legkevesebbel a budai. Ugyanez a sorrend a *primer összetevők* mennyiségének és részesedésének összehasonlításakor is. Az aromakomponensek összes területrészesedése azért nem 100 %, mert a kiintegrált, számoláshoz felhasznált csúcsok között akadtak olyanok, amelyek tömegspektruma nem volt megtalálható a számítógép spektrumkönyvtárában, így azokat nem tudta azonosítani. Mivel ezen azonosítatlan komponensek szerkezetéről semmilyen információnk nincs, ezért az értékelésnél nem tudtam felhasználni, viszont csúcsterületüket beleszámítottam az összes területbe, hiszen ezek a vegyületek is a minta illataktatói. Az *alkoholok, aldehidek, ketonok, acetálok* mindhárom borban közel azonos darabszámban vannak jelen, ami nem meglepő, mivel ezek az erjedés során keletkeznek, és minden fermentálással előállított termékben megtalálhatók. Érdekes viszont, hogy ezek területének aránya nagyban eltér: legnagyobb arányban a szekszárdi Kadarkában, legkisebb arányban pedig az alföldiben találhatók meg. Ezek a vegyületek azonban nem jellemzik a bor alapanyagául szolgáló szőlőfajtát. A *benzolgyűrűs és egyéb aromás vegyületek* közül nagyon kevés van, amely mindhárom borban megtalálható. Azon kevés benzolgyűrűs alkotó közül, ami mindhárom borban előfordul, érdemes még megemlíteni a két erjedési terméket (a benzil-alkoholt és a 2-feniletill-alkoholt), amelyek a budai Kadarkában jelentősen kisebb arányban vannak jelen, mint a másik két borban. Ez

valószínűleg a feldolgozás különbözősége miatt lehet. A rozé borok készítése során ugyanis a rövidebb héjon áztatás miatt kevesebb szín- és illatanyag jut át a borba. A legtöbb *nitrogéntartalmú vegyületet* az alföldi Kadarka tartalmazza, összesen négy darabot, amiből csak egy az, ami mindhárom borban megtalálható (2-metil-3-acetil-6-azaindol). A borok nitrogéntartalma elsősorban a szőlőfajtától függ, másodsorban az erjesztéshez használt élesztők fajtájától. *Naftalinvázis vegyületekből* közel azonos számú van a három vizsgált mintában, ám a budai Kadarkában az összes részesedésük kevesebb, mint fele a másik két borénak. Valószínűleg ez az eltérés is az eltérő feldolgozási technológia következménye. Az észterek és szerves savak szintén a fermentáció során keletkező, másodlagos aromakomponensek, jelenlétük az erjesztési technológia jellemzője lehet.

A borok primer aromaképeit együttesen vizsgálva (16. ábra) látható, hogy a vörösborok (alföldi és szekszárdi Kadarka) hasonlítanak egymásra, míg a rozé bor felvétele ezektől jelentősen eltér. Ez a különbség tehát nem a termőhelynek, hanem az eltérő feldolgozási technológiának köszönhető.



16. ábra A Kadarka borok primer aromaspektrumai

Azonban a termőhely hatását vizsgálva is fedezhetők fel különbségek a borok (elsősorban a vörösborok) illatképét tekintve. Ezeket az eltéréseket az egyes borokban azonosított elsődleges, tehát növényi eredetű illatkomponensek között kell keresnünk. A terpénvegyületek többsége igen elterjedt és általános növényi aromaalkotó, de sikerült néhány egyedi komponenst is azonosítanom. Ezek az alföldi Kadarkában a cisz-szabinén-hidrát, a szekszárdiban pedig a kalakorén és a 10-epi- γ -eudezmol voltak. A budai borban nem találtam ilyen egyedi terpénvegyületet.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A Kadarka szőlőfajta Magyarországon őshonosnak tekinthető. Néhány évszázaddal ezelőtt még a legelterjedtebb magyar kékszőlő fajta volt, a XX. század végére azonban – köszönhetően a nem megfelelő termesztési körülményeknek – nagyon lecsökkent a termőterülete, és ezzel együtt (az egyidejű minőségromlás miatt) a megbecsültsége is. Az utóbbi pár évben a szakemberek komoly erőfeszítéseket tesznek a fajta korábbi jó hírnevének visszaszerzése érdekében: szeretnék bebizonyítani, hogy a megfelelően gondozott és feldolgozott Kadarkából igazán jó bor készíthető.

Dolgozatom témájául ennek a fűszeres karakterű bornak a vizsgálatát választottam. Három különböző termőhelyről (szekszárdi, alföldi és budai borvidék) származó Kadarka bor illattulajdonságait vizsgáltam, hogy kiderítsem, melyek azok az aroma vegyületek, amelyek ezt a jellegzetes, fűszeres karaktert kialakítják. Két vörösbort és egy rozét vizsgáltam. Eredményeim a következő pontokban foglalhatók össze:

- az előzetes várakozásoknak megfelelően, a vörösborok illata dominánsabb volt, ezekben több aromakomponenst azonosítottam, mint a rozé borban
- mindhárom borban a másodlagos aromakomponensek (alkoholok, savak, észterek) jelentkeztek a legnagyobb csúcsterülettel a kromatogramokon, ami a termékek feldolgozási technológiájának (erjesztés) köszönhető
- egy olyan aromakomponenst azonosítottam, amely mindhárom Kadarkában megtalálható, és az eddig vizsgált borok illatának nem volt alkotója, ez a vegyület a 2-acetil-5-formiltiofén, amely jellegzetes Kadarka illataalkotó lehet
- a két vörösborban sikerült a borokra egyedileg jellemző terpén vegyületeket találnom: az alföldi borban ez a cisz-szabinén-hidrát, a szekszárdiban pedig a kalakorén és a 10-epi- γ -eudezmol voltak
- a két vörösbor primer aromaspektruma hasonlóságot mutat, vagyis termőhelytől függetlenül, a Kadarkák jellegzetes aromaképpel rendelkeztek

Ilyen kevés számú vizsgált mintából természetesen nem vonhatók le általános következtetések a Kadarka szőlőfajtára és borára vonatkozóan, de tovább folytatva a vizsgálatokat, eredményeink hozzájárulhatnak a fajta tulajdonságainak alaposabb megismeréséhez és hasznosan kiegészíthetik a már rendelkezésünkre álló ismereteket.

IRODALOMJEGYZÉK

- Balla József (2006): A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai, Edison House Kft, Budapest,
- Eperjesi Imre, Kállay Miklós, Magyar Ildikó (1998): Borászat, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Fekete Dóra (2010): Különböző termőterületről származó Juhfark borok GC-MS vizsgálata, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Gazdag László (1989): Borászati technológia I., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Janyik Fanni (2010): Kadarka klóntípusok összehasonlítása, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Katona József, Dömötör József (1963): Magyar borok-borvidékek, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Keller M. (szerk.) (1977): Borpárlat és gyümölcspálinka, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Kiss Róbert (2008): A Sauvignon blanc must és bor illatkapcsolatának GC-MS vizsgálata, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Kozma P. (2001): A szőlő és termesztése II., Akadémiai Kiadó
- Lan Phi N.T., Nishiyama C., Choi H.S., Sawamura M. (2006): Evaluation of characteristic aroma compounds of Citrus natsudaidai Hayata (Natsudaidai) cold-pressed peel oil, Bioscience, biotechnology and biochemistry, 70, 1832-1838.
- R. Martinez Asensio (2007): GC-MS investigation of Tokaji Furmint and Tokaji Hárslevelű wines of different origin, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- M. Ortega-Heras, M.L. González-SanJosé, S. Beltrán (2002): Aroma composition of wine studied by different extraction methods, *Analytica Chimica Acta*, 458, 85–93.
- Polyák István: A kiskörösi Kadarka borászati jelentősége, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- S. Sellia, T. Cabaroglua, A. Canbasa, H. Ertena, C. Nurgela, J.P. Lepoutreb, Z. Gunatac (2004): Volatile composition of red wine from cv. Kalecik Karasi grown in central Anatolia, *Food Chemistry* 85 207–213
- Szabados Dorina, Fekete Dóra (2010): Szőlőborok és különböző gyümölcsborok illatkapcsolatának GC-MS vizsgálata, TDK dolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Takler András (2004): A Kadarka szőlőfajta múltja és jelene a Szekszárdi borvidéken, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Tóth Zoltán (2010): Vörösborok aromaszervezetének összehasonlítása, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Török Sándor (1995): Magyar borkultúra, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

- Ujvári Tamás (2007): Hungarikum szőlőfajták jelentősége Magyarországon, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Urbán András (1985): A magyarországi vörösbor-készítési technológiák korszerűsítése, Kandidátusi értekezés, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem
- <http://www.etyekbudaiborvidek.hu>

MELLÉKLET

1. táblázat: A különböző származási helyű Kadarka borok azonosított illatkomponensei

PTRI	Komponensek	Terület %		
	Terpének és származékaik	alföldi	szekszárdi	budai
1080	2-metoxi-7,7-dimetil-biciklo[2.2.1]hept-2-én	0,03		
1112	α -pironén	0,01		0,02
1127	izoterpinolén		0,02	0,04
1128	2-metil-1-metilén-3-(1-metiletetil)-ciklopentán	0,03		0,02
1174	dl-limonén		0,02	
1211	herboxid II.	0,05	0,03	
1216	δ -3-karén	0,01		
1218	<i>transz</i> - β -ocimén	0,02		
1255	α -terpinolén	0,03	0,03	0,02
1430	<i>cisz</i> -linalool oxid	0,44	0,42	0,21
1462	<i>transz</i> -linalool-oxid	0,23	0,22	0,07
1538	(+,-)-(2R,5R)-2,10,10-trimetil-6-metilidén-1-oxaspiro(4.5)dec-7-én	0,35	0,31	0,21
1541	vitispirán	0,73	0,62	0,27
1546	<i>cisz</i> -szabinén-hidrát	0,03		
1611	mircenol	0,08	0,07	0,05
1612	hotrienol	0,31		
1634	α -4-dimetil- 3-ciklohexén-1-acetaldehid	0,13		
1657	δ -3-karén	0,22	0,29	0,28
1658	γ -terpinén	0,57		0,16
1710	α -terpineol	0,12	0,39	0,08
1711	linalil-propionát	0,29		0,22
1713	γ -terpineol	0,10	0,04	0,02
1778	citronellol	0,03	0,24	0,02
1849	β -damaszcenon	0,16	0,17	0,07
1861	<i>transz</i> -geraniol	0,10	0,13	
1949	kalakorén		0,14	
1984	4,5,9,10-dehidro-izolongifolén		0,08	
2061	p-menta-1,4-dien-7-ol		0,04	0,02

2066	szantén	0,39	0,30	
2097	1,4.béta.,5-trimetil-9-metilénbicyclo[3.3.1]nonan-2-on	0,27	0,40	0,11
2173	10-epi-γ-eudezmol		0,04	
2289	megastigmatrienon	0,04		
2378	1,4-dimetil-7-(1-metiletil)-azulén (gurjunazulén)		0,08	
		4,77	4,08	1,89

Benzolgyűrűs és egyéb aromás vegyületek

1189	2,6-dimetil-fenol	0,01		
1225	etenil-benzol (sztirén)	0,01		
1241	1-metil-3-(1-metiletil)-benzol			0,02
1242	1-etil-2,3-dimetil-benzol	0,02		
1316	1,2,4-trimetil-benzol	0,02		0,03
1324	2,3-dihidro-1,1,4,6-tetrametil-1H-indén	0,01		
1377	7,8-dimetilbenzociklooktén			0,02
1425	1-metil-4-(1-metiletenil)- benzol		0,03	0,06
1426	metil(1-metiletenil)-benzol	0,03		
1489	1,2,3,4-tetrametil-benzol	0,03		
1524	benzaldehyd	0,16	0,59	
1590	5-(1,2-dimetil-1-propenyl)-1,2,3-trimetil-benzol			0,03
1799	(1,1-dimetiletil)-benzol			0,02
1854	1-(2,4,6-trimetilfenil)buta-1,3-dién			0,06
1875	2-metoxi-fenol (gvajakol)	0,05	0,17	
1888	benzil-alkohol	0,10	0,50	0,05
1925	benzoletanol (2-feniletil-alkohol)	12,45	18,42	4,81
1990	2,3-dihidro-3,3,5,7-tetrametil-1H-indén-1-on	0,27	0,15	0,04
2026	1-metil-3-[(1-metiletilidén)ciklopropil]-benzol	0,11	0,04	0,05
2041	4-etil-2-metoxi-fenol	0,09		
2049	2,3-dihidro-2-metil-benzofurán	0,08		
2125	1-[6-hidroxi-2-metil-3-(1-metiletil)fenil]-etanon	0,15		
2128	2,3-dihidro-3,3,5,6-tetrametil-1H-indén-1-on	1,55	1,33	0,85
2188	2-metoxi-5-vinilfenol	0,26	0,30	0,63
2286	1-(2,3,6-trimetilfenil)-3-butén-2-on	0,18		
2462	4-(ethoxymetil)-fenol	0,42		

		16,07	21,53	6,67
S-tartalmú vegyületek				
1210	2-acetil-5-formiltiofén	0,05	0,05	0,06
1530	2-metil-tetrahidrotiofén-3-on	0,09	0,09	
1724	metionol	0,15	0,30	
		0,29	0,44	0,06
N-tartalmú vegyületek				
1215	4-etil-2-metoxi-6-metilpirimidin	0,02		
1418	2-metil-3-acetil-6-azaindol	0,06	0,03	0,04
1755	1-(2,7-dimetilpirazolo[1,5-a]piridin-3-il etanon	0,05		
2129	1,2,3,6-tetrahidro-1-metil-4-fenil-piridin	0,26		
2241	7,8-dimetoxi-1,2,4,5,10a,10b-hexahidrobendo(de)-pirrolo(3,2,1-ij)kinolin			0,33
		0,39	0,03	0,37
O-tartalmú heterociklusos vegyületek				
1179	herboxid	0,01		
1448	2-furánkarboxaldehid	1,04	1,48	0,81
1498	1-(2-furanil)-etanon	0,05	0,05	0,04
1575	5-metilfurfural	0,11	0,10	0,10
2049	dihidro-5-pentil-2(3H)-furanon	0,07	0,07	
2465	2-metil-3-(metoxikarbonil)-4,5,6,7-tetrahidrobendo[b]furán	0,06		
		1,34	1,70	0,95
Naftalinvázak vegyületek				
1443	1,2,3,4-tetrahidro-1,1,6-trimetil-naftalin	0,22	0,11	0,09
1545	1,2,3,4-tetrahidro-6-metil-naftalin	0,02		
1758	6-(1,1-dimetiletil)-1,2,3,4-tetrahidro-naftalin	0,08	0,08	
1772	1,2-dihidro-1,1,6-trimetil-naftalin	0,73	0,48	0,13
1796	1-naftalinamin		0,02	
1937	3,4-dimetil-4-hidroxinaftalin-1(4H)-on		0,75	
1939	1,2,3,4-tetrahidro-1,1,6,8-tetrametil-naftalin	0,33	0,46	0,25
1939	3,4-dimetil-4-hidroxinaftalin-1(4H)-one	0,96		0,29
2023	1,2-dihidro-2,5,8-trimetil-naftalin			0,03
2069	1,2-dihidro-2,6,8-trimetil-naftalin			0,04
2077	(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)- oktahidro-1-metil-1-(2-propenil)-2(1H)-naftalenon			0,05

2182	3-acetil-1,2-dihidro-1-hidroxi-6,7-dimetoxinaftalin		0,21	
		2,34	2,11	0,88

Alkoholok, aldehidek, ketonok, acetálok, éterek

951	1,1-dimetoxi-etán	0,03		
964	1,1-dietoxi-etán	2,28	6,68	5,27
972	2-metil-butanal		0,10	0,06
973	etanol	0,05		0,02
1015	2-butanol			0,01
1058	izobutil-alkohol	0,91	0,84	0,19
1059	1,1-dietoxi-3-metil-bután			0,08
1068	2-etoxi-bután	0,03	0,03	
1101	1-butanol	0,03	0,03	
1147	2-metil- 2-heptanol		0,04	
1147	3-metoxi-2-butanol			0,02
1162	3-metil-1-butanol	12,84	23,00	16,71
1185	<i>transz</i> -2-hexenal			0,02
1274	4-metil-1-pentanol	0,05		
1279	2-heptanol		0,02	
1317	1-hexanol	1,26	0,98	1,30
1329	<i>transz</i> -3-hexen-1-ol	0,05	0,02	0,03
1345	3-etoxi-1-propanol			0,05
1354	<i>cisz</i> -3-hexen-1-ol	0,04	0,03	0,04
1434	heptanol	0,07		
1451	2-furaldehid dietil-acetál	0,08	0,07	0,02
1498	3-etil-4-metil-1-pentanol	0,07	0,14	
1552	oktanol	0,05	0,08	
1666	1-nonanol		0,04	
2016	perilla-alkohol		0,07	
		17,84	32,17	23,82

Észterek

961	ecetsav-etil-észter	0,83	1,22	0,84
987	propánsav-etil-észter	0,06		
992	2-metilpropánsav-etil-észter	0,12		

1031	butánsav-etil-észter	0,08	0,18	0,30
1043	2-metilbutánsav-etil-észter	0,04		
1054	3-metilbutánsav-etil-észter	0,08	0,04	
1095	3-metil-1-butanol-acetát	0,65	0,62	3,30
1199	hexánsav-etil-észter	1,11	0,95	3,21
1238	ecetsav-hexil-észter	0,02		0,35
1310	etil-laktát	2,98	6,43	0,37
1321	2-hexénsav-etil-észter	0,02		0,03
1370	oktánsav-metil-észter	0,02		0,02
1408	2-hidroxi-3-metil-butánsav-etil-észter	0,04	0,03	
1423	oktánsav-etil-észter	1,71	1,70	6,55
1505	etil-szorbát	0,57		
1510	3-hidroxi-butánsav-etil-észter	0,11	0,11	0,02
1577	propándisav-dietil-észter	0,04		
1629	2-furánkarboxilsav-etil-észter	0,07	0,03	0,08
1641	butándisav-etil-metil-észter	0,21	0,18	
1653	dekánsav-etil-észter	0,65	0,59	2,82
1687	dietil-szukcinát	5,18	9,50	0,92
1797	pentándisav-dietil-észter	0,07		0,04
1800	metil-szalicilát	0,11	0,07	0,03
1807	etil-fenil-acetát	0,10		
1837	propánsav-2-feniletil-észter		0,17	
1838	B-feniletil-acetát	0,20		0,93
1869	dodekánsav-etil-észter		0,08	0,21
1903	etil 3-metilbutil-butándioát	1,25		
2069	tetradekánsav-etil-észter		0,10	
2251	hexadekánsav-etil-észter	0,17	0,26	0,05
2262	etil 2-hidroxi-3-fenilpropanoát	0,81	1,36	
2279	1,2-benzoldikarboxilsav-dimetil-észter	0,12		
2478	1,2-benzoldikarboxilsav-butil-ciklohexil-észter		1,12	
2538	4-hidroxi-3-metoxi-benzoészter	0,38	0,55	
2593	1,2-benzoldikarboxilsav-butil 2-metilpropil-észter	0,26		
		18,06	25,29	20,07

Szerves savak

1471	ecetsav	0,14		
1595	2-metil-propánsav	0,25		
1667	butánsav	0,18		0,34
1882	hexánsav	2,34	1,21	5,98
2106	oktánsav	6,46	5,41	25,31
2150	szorbinsav	24,35		
2284	dekánsav	0,96	1,20	11,16
		34,68	7,82	42,79

Szénhidrogének

943	metilciklohexán	0,13	0,70	0,35
1287	6-metil-1-heptén		0,04	
2346	ciklohexadekán		0,34	0,28
2347	1-hexadecén			0,18
2508	1-oktadecén		0,22	0,22
		0,13	1,30	1,03