



Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

Gyümölcs jelleg nyomon követése feketeribizliből készült termékek illékony frakciójának vizsgálatával

TDK Dolgozat

Kasza Mónika

Biomérnök BSc. IV. évfolyam

Témavezető: Csóka Mariann egyetemi tanársegéd

**Budapest
2014**

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1. A fekete ribizli	4
2.1.1. Beltartalmi paraméterek	4
2.1.2. Élettani hatás	5
2.1.3. Élelmiszeripari felhasználás	6
2.2. Gyümölcsök és gyümölcs alapú élelmiszerek aromakomponensei	7
4. VIZSGÁLATI ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	11
4.1. A kísérletek helye	11
4.2. Vizsgált minták	11
4.3. Alkalmazott eszközök, vegyszerek	11
4.4. Minta előkészítés	11
4.5. Műszeres vizsgálat	13
5. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE	15
5.1. Az eredmények kiértékelésének módja	15
5.2. A fekete ribizli aromakomponensei	16
5.3. A fekete ribizli szörp illatkomponensei	18
5.4. A vegyes gyümölcsital aromaalkotói	21
5.5. A fekete ribizli bor eredményei	22
5.6. A fekete ribizli pálinka aromakomponensei	23
5.7. A fekete ribizli jelleg megjelenése	25
6. ÖSSZEFOGLALÁS	28
IRODALOMJEGYZÉK	29
Melléklet	

1. BEVEZETÉS

A feketeribizli (*Ribes nigrum*) sokak által kedvelt, jellegzetes ízű és illatú gyümölcs. Kitűnő beltartalmi paraméterekkel rendelkezik: C-vitamin tartalma magas, és ásványi anyag tartalma is jelentős. A Magyarországon termesztett gyümölcsfajok közül a feketeribizli az egyik legnagyobb C-vitamin tartalmú gyümölcs. Kiemelt jelentőségű hazai fajtái a Fertődi 1, Eva, Wellington xxx, Titania. A feketeribizli nyersen fogyasztva is ízletes gyümölcs, de tápanyagtartalmának és jó színezőkéességének köszönhetően az élelmiszeripar is széleskörűen felhasználja. Gyümölcslé, szörp, lekvár, valamint alkoholos italok is készülnek belőle.

A fogyasztók védelme érdekében fontos a fogyasztásra szánt élelmiszerek beltartalmi paramétereinek folyamatos ellenőrzése. A gyümölcstartalmú termékek hamisítása (pl. színezékek és aromaanyagok hozzáadása) sajnos nem ritka, köszönhetően ezen élelmiszerek kedvező érzékszervi jellemzőinek és magas tápértékének. A hamisítás kimutatására (eredetvizsgálat) vonatkozó vizsgálatokat ezért folyamatosan végeznek, többféle módszerrel (összetétel többváltozós analízise, index vegyületek vizsgálata, infravörös spektroszkópia, PCR módszerek, tömegspektrometria és NMR spektroszkópia). A szakirodalomban találni példát arra, hogy HPLC, NIR, biokémiai, érzékszervi vizsgálatokat is alkalmaznak. Gyümölcseredet vizsgálatára gyakran alkalmaznak GC-MS kapcsolt rendszert.

TDK dolgozatomban a feketeribizli és néhány, a gyümölcs felhasználásával készült termék (szörp, gyümölcslé, bor és pálinka) aromaösszetételét vizsgáltam GC-MS (gázkromatográfia-tömegspektrométer) módszerrel. A gázkromatográfia a kitűnő elválasztás miatt jó mennyiségi elemzést tesz lehetővé és a tömegspektrometriával való összekapcsolása révén az elválasztott alkotók minőségi azonosítása is biztosított. Azért választottam ezt a gyümölcsöt a dolgozatom témájául, mert jellegzetes, egyedi aromával rendelkezik, beltartalmi jellemzői miatt a fogyasztók által kedvelt és széleskörűen felhasználható élelmiszeripari nyersanyag. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy ezt az egyedi illatot milyen aromakomponensek hozzák létre és hogyan alakul az aromaösszetétel a feldolgozás hatására.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A feketeribizli

2.1.1. Beltartalmi paraméterek

A feketeribizli (*Ribes nigrum*) sokak által kedvelt, jellegzetes ízű és aromájú, magas beltartalmi értékekkel rendelkező gyümölcsfaj, ezért téli eltartása, feldolgozásra is ajánlott. A gyümölcs (1. ábra) legfőbb értéke, hogy magas C-vitamin tartalmát nagy részben feldolgozás után is megőrzi. A feketeribizlit kellemes íze, színe, aromás zamata, többféle vitamin- és ásványi anyag tartalma, valamint kiváló étrendi hatása emeli a legkiválóbb gyümölcsaink egyikévé. Fent említett tulajdonságai alapján mindenféle feldolgozásra kitűnő (Czanik, 1957). A Magyarországon termesztett gyümölcsfajok közül a feketeribizli az egyik legnagyobb C-vitamin tartalmú. Tekintettel arra, hogy a bogyósok általában kevés ideig tarthatók el eredeti nyers állapotukban, a helyes feldolgozásra nagy figyelmet kell fordítani. A bokor alakú ribiszkét és köszmétét dugványozással és bujtással szaporítják, a magas törzsű fácskák neveléséhez viszont a *Ribes aureum* fajtaí, klonjait használják törzsképző alanyként (Soltész, 1997).



1. ábra Feketeribizli

A nagy biológiai értékű, ásványi sókban és vitaminokban gazdag ribiszkegyümölcs kiváló beltartalmi összetevőivel magyarázható kiemelkedő étrendi hatása. A piros és fekete ribiszke gyümölcs fontosabb beltartalmi mutatóit a 1. táblázat tartalmazza. A táblázat adatai azt bizonyítják, hogy a beltartalmi értékeket és a feldolgozhatóságot tekintve a fekete ribiszke sokkal értékesebb, mint a szerényebb mutatókkal rendelkező piros ribiszke. A hazánkban termesztett gyümölcsfajok közül a fekete ribiszke az egyik legnagyobb C-vitamin-tartalmú gyümölcs. A C-vitamin-tartalom azonban nagymértékben függ az évjárártól és a fajtától. A fekete ribiszke gyümölcsében a rutin, a karotin, a B₁-, B₂- és B₆-vitaminok is számottevő mennyiségben megtalálhatók. A ribiszkék összes savtartalma a gyümölcsök közül kiemelkedő, főleg citromsavból áll. Jelentős a cellulóz-, a pektin-

és a fehérjetartalmuk is. Ásványi sókban is gazdagok, különösen kalciumban, foszforban és magnéziumban (Soltész, 1997).

1. Táblázat A piros és fekete ribiszke kémiai összetétele 100 g friss gyümölcsre vonatkoztatva (Souci, 1977 nyomán):

Alkotóelemek	Mértékegység	Piros ribiszke	Fekete ribiszke
Víz	g	84,7	81,3
Szénhidrát	g	9,7	12,4
Fehérje	g	1,1	1,3
Zsír	g	0,2	0,2
Nyersrost	g	3,7	4
Fűtőérték	Joule	189	239
	kalória	45	57
Nátrium	mg	1,4	1,5
Kálium	mg	238	310
Magnézium	mg	13	17
Kalcium	mg	29	46
Vas	mg	0,9	1,3
Foszfor	mg	27	40
Karotin	mg	0,04	0,14
B ₁ -vitamin	mg	0,04	0,05
B ₂ -vitamin	mg	0,03	0,04
B ₆ -vitamin	mg	0,05	0,08
Niacin	mg	0,23	0,28
C-vitamin	mg	36	177
Szőlőcukor	g	2,27	2,69
Gyümölcscukor	g	2,67	3,57
Szaharóz	g	0,67	0,73
Almasav	g	0,29	0,41
Citromsav	g	2,07	2,88
Összes sav citromsavban és borkősavban kifejezve	g	2,38	3,29

2.1.2. Élettani hatás

A fekete-ribizli étrendi hatása kiváló. Egyes vidékeken feldolgozott termékeit (lekvár, jam, stb.) szív-, és gyomorbetegségek ellen, valamint lázcsillapító gyógyszerként használják. A római idők óta egyes vidékeken köszvény elleni háziszerként használják ezért „köszvénybogyó”-nak nevezik. Svédországban általános lázcsillapítóként ismerik. Németország egyes részein influenza ellen, valamint emésztés elősegítésére használják. Festékanyagában nagy mennyiségű rutin található,

amely különféle érszűkületi megbetegedéseknél eredményesen felhasználható a preventív gyógyászatban. Magas C-vitamin tartalma miatt nem penészedik könnyen (Czanik, 1957).

2.1.3. Élelmiszeripari felhasználás

A feketeribizli nyersen fogyasztva is ízletes gyümölcs, de tápanyagtartalmának és jó színezőképességének köszönhetően az élelmiszeripar is széleskörűen felhasználja. Gyümölcslé, szörp, lekvár, valamint alkoholos italok is készülnek belőle.

Feketeribizli ízhez tiszta, érett, rothadástól és egyéb szennyeződéstől mentes gyümölcsöt használnak fel. Fontos, hogy éretten kell leszedni a gyümölcsöt, mert csak ebben az állapotban tudnak a legteljesebben kifejlődni az íz-, szín-, aroma- és illatanyagok. A leszedett gyümölcsöt a szüretet követően rövid időn belül fel kell dolgozni, hogy értékes tulajdonságai közül a lehető legkevesebbet veszítse el. A gyümölcsöt meg kell mosni és lebogyózni, valamint eltávolítani a szár részét, csak ezután válik feldolgozásra alkalmassá. A felhasznált gyümölcsmennyiség felét általában megfőzik majd áttörik, hogy a készítmény kevesebb magot tartsalmazzon. Ezután a nyersen hagyott gyümölcscsel összekeverik és cukor hozzáadása után állandó keverés mellett főzik. Addig kell sűríteni a gyümölcslét, amíg a pektinanyagok közreműködésével darabosan esik le mintavételnél a kanálról (Czanik, 1957).

A gyümölcslé előállításánál a gyümölcsöt erre a célra kialakított prések és centrifugák segítségével kipréselik majd csíráatlanítják.

A legegyszerűbben akár házilag is elkészíthető a ribizli szörp, ami akár egész télen vitaminforrást ad. A gyümölcsöt zúzás után 24 óráig állni hagyják. A kismértékű erjedés miatt az alkohol a festékanyagot kivonja a gyümölcs héjából. Ezután kisajtolják (kb. 140-150 dkg gyümölcsből lehet 1 liter levet préselni), majd a léhez cukrot adnak és lefőzik. Hideg úton is elő lehet állítani, de akkor nagyobb mennyiségű cukoradagolás szükséges (Czanik, 1957).

A bogyósgyümölcsűek közül a legízletesebb bort a ribiszkefélék adják. A feketeribizlit önmagában vagy piros ribiszkével keverten dolgozzák fel. A kisajtott ribizlilé alacsony cukor- és magas savtartalma miatt kezelésre szorul. Mivel savtartalma körülbelül háromszorosa a szőlőborénak, ezt víz hozzáadásával csökkenteni kell. A cukortartalmat répacukor hozzáadásával növelik. A bor ízének és aromájának kifejlődését az érlelés elősegíti (Czanik, 1957).

2.2. Gyümölcsök és gyümölcs alapú élelmiszerek aromakomponensei

A gyümölcsök aromáját nagyszámú aromakomponens együttes jelenléte alakítja ki. A gyümölcs aromaanyagai a gyümölcs héjában, illetve a héj alatti sejtrétegekben találhatók és csak kis mennyiségben fordulnak elő (Keller, 1970; Majoros, 2005). Az aromaanyagokat általában kétféle szempont szerint csoportosíthatjuk: keletkezésük és előfordulásuk, valamint kémiai felépítésük szerint (Eperjesi, 1998; Majoros, 2005). Eredet szerint megkülönböztetünk elsődleges, másodlagos és harmadlagos aromakomponenseket (ezt a csoportosítást leginkább erjesztett termékek esetén használják).

Az elsődleges (primer) aromaanyagok az alapanyagból, vagyis a termék előállításához felhasznált növényi nyersanyagból származnak. Ebbe a csoportba tartoznak a terpének, terpénalkoholok és ezek származékai, egyes fenolos vegyületek és oxovegyületek. Minőségük és mennyiségük a gyümölcsfajta, termőhely, évjárat és érettségi fok függvénye. A magas hőmérséklet és az intenzív erjedés során keletkező szén-dioxid hatására az elsődleges aromaanyagok elillannak a gyümölcsecféből. A megmaradó primer aromaanyagok általában átalakulnak mérsékeltébb érzékszervi hatású vegyületekké. A másodlagos (szekunder) aromaanyagok vagy tisztán az élesztő- anyagsere termékei, vagy nem illó prekursorokból származnak. Az aromakomponensek legnagyobb része a fermentáció során képződik. Ilyenek például a többértékű alkoholok (glicerinek), magasabb széntartalmú alkoholok, aldehidek, ketonok, laktonok, észterek, zsírsavak, zsírsav-észterek, illósavak, kéntartalmú komponensek, fenolos komponensek. A harmadlagos (tercier) aromakomponensek az érlelés során képződő, illetve az érlelés során a párlatba jutó vegyületek (Majoros, 2005).

2.3. Élelmiszerek gyümölcseredetének meghatározása

A szakirodalomban számos cikk foglalkozik élelmiszerek gyümölcseredetének vizsgálatával. Rigou és munkatársai (2013) például a feketeribizli aroma megjelenését vizsgálták vörösborokban érzékszervi és GC-MS vizsgálatokkal. A vizsgált bor illékony frakciója igen gazdag volt tiolokban (4-merkaptó-4-metil-2-pentanon, 3-merkaptó-1-hexanol, 3-merkaptó-hexil-acetát). Píry és Príbela (1995) feketeribizli rügy illékony vegyületeit vizsgálták gáz- és folyadékkromatográfiás módszerekkel, és igen nagy számú terpénvegyületet azonosítottak. Brennan és kutatótársai (1997) feketeribizliből készült gyümölcslevelek beltartalmi és érzékszervi tulajdonságait vizsgálták. Arra az eredményre jutottak, hogy a különböző genotípusú növények jellemzői igen nagy eltéréseket mutathatnak. Harb és szerzőtársai (2007) az illó komponensek változását vizsgálták Titána fajtájú feketeribizliben GC-MS segítségével. Nagy számú terpénvegyületet, alkoholt, aldehidet és észtert sikerült azonosítaniuk a gyümölcsben. Az eredetvizsgálatokat számos más gyümölcs (kajszi- és

őszibarack, szamóca, ananász, narancs, grapefruit, alma, körte) és a belőlük készült termékek esetén is eredményesen használták (Kurz et al., 2009; Willson et al., 1992; Roberts et al., 2013; Khale et al., 2004).

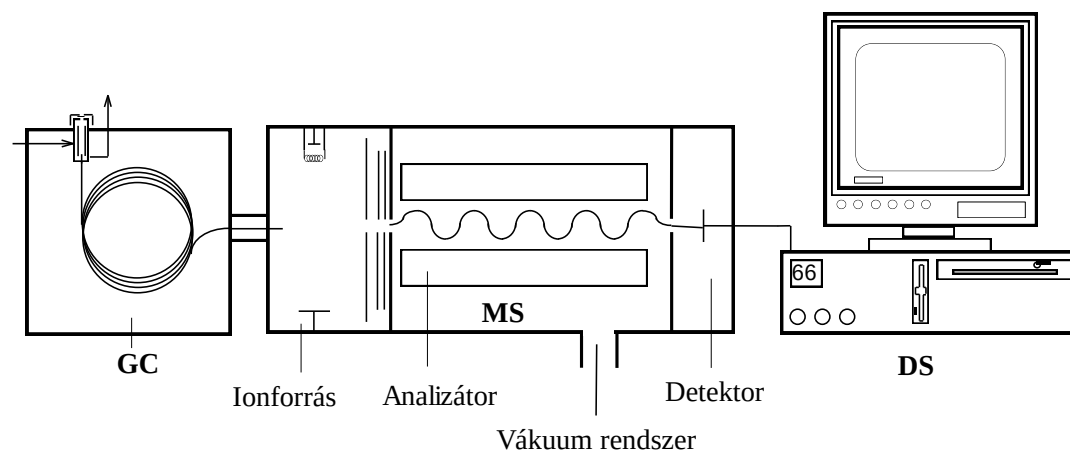
2.4. Gázkromatográfia-tömegspektrometria: GC-MS műszerkapcsolat, mint módszer

A gázkromatográfia a kitűnő elválasztás miatt jó mennyiségi elemzést tesz lehetővé, de kevesebb minőségi információt tartalmaz. A gázkromatográfiás elválasztás és a tömegspektrometria összekapcsolásával biztosítható az elválasztott alkotók minőségi identifikálása. A szerves tömegspektrometria csak akkor ad egyértelmű minőségi információt, ha a minta kémiaiilag homogén. Ha a gázkromatográfia elválasztott alkotókat külön-külön a tömegspektrométerbe vezetjük, a kapott tömegspektrum segítségével az alkotók egyértelműen jellemezhetőek. A minőségi meghatározást a spektrumkönyvtárak segítik. A számítógép egyik feladata, hogy az adott alkotó tömegspektrumát összehasonlítsa a könyvtárban lévő spektrumokkal, így meg tudható, hogy milyen mértékben egyezik a minta-molekula felvétele egy már azonosított anyag tömegspektrumával (Fekete, 2010; Palotai, 2012).

A GC-MS felépítése és működése

Ez a rendszer a mai gyakorlatban elképzelhetetlen számítógépes szabályozás és adatfeldolgozás nélkül. A GC feladata a mintaalkotók jó elválasztása. A gázkromatográfiás elválasztást követően az időben elkülönített mintaalkotók külön-külön kerülnek a tömegspektrométer ionforrásába, ahol ionizációt szenvednek. Az egyes molekulákból keletkezett ionokat a tömegspektrométer választja el, méri az ionok intenzitását, és létrehozza a tömegspektrumot. A tömegspektrum lényegében egy ionintenzitás-tömeg egységre eső iontöltés (m/z) függvénykapcsolat, ami a pillanatnyi ionáramok intenzitásának integrálásával készül. Majd a tömegspektrumok összegyűjtésével egyidejűleg felvételre kerül egy rekonstruált kromatogram is. Így az egyes tömegspektrumok a gázkromatográfiás csúcsokhoz egyértelműen hozzárendelhetőek.

A GC-MS kapcsolt műszeregység (2. ábra) főbb részei: *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 ismételhetősége érdekében; az oszlop vagy kolonna, amiben az álló fázis van elhelyezve; a detektor, ami a mennyiségi elemzést teszi lehetővé; illetve az adatfeldolgozó rendszer, ami esetünkben a számítógép (Fekete, 2010; Palotai, 2012).



2.ábra A GC-MS műszeregyüttes felépítése

3. KÍSÉRLETI CÉLKITÚZÉS

A feketeribizli jellegzetes aromája, kedvező beltartalmi összetétele és jó színezőképessége miatt az élelmiszeripar által sokoldalúan felhasználható gyümölcs: szörpök, lekvárok, gyümölcslevek és alkoholos italok nyersanyagaként is alkalmazzák. A belőle készült élelmiszerek jellegzetes ízűek és illatúak, és általában igen élénk színűek.

Élelmiszerek gyümölcseredetének igazolására sokféle módszert alkalmaznak, mint például: HPLC, FTIR, HC, FT-NIR, UPLC-QToF MS és GC-MS. Ezek közül legelterjedtebb a GC-MS kapcsolt rendszer alkalmazása.

Kutatómunkám célja a feketeribizli és néhány, felhasználásával készült feldolgozott termék gyümölcsjelleges aromakomponenseinek meghatározása volt GC-MS műszerkombinációval. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a feketeribizli jelleg fellelhető-e a gyümölcsből készült termékekben, illetve hogy hogyan alakul a termékek aromaösszetétele a feldolgozás (hőkezelés, erjesztés) során. Az aromakomponensek kivonására különböző módszereket alkalmaztam: a gyümölcs és a belőle készült szörp illetve gyümölcslé esetén desztillációt, a pálinka mintánál oldószeres extrakciót, a bornál pedig ezek kombinációját.

4. VIZSGÁLATI ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1. A kísérletek helye

Kísérleteimet a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Karának Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékének laboratóriumában végeztem. Munkám során a Tanszéken több éve folyó aromavizsgálatokba kapcsolódtam be.

4.2. Vizsgált minták

A feketeribizli és a belőle készült élelmiszerek aromaösszetételének vizsgálata során a következő mintákat alkalmaztam: feketeribizli gyümölcs, szörp, vegyes gyümölcsital, bor és pálinka. A szörp 38 % feketeribizli levét tartalmazott, mely sűrítményből származott. A vegyes gyümölcsital a feketeribizlin kívül almát és aroniát (berkenye) is tartalmazott, és szintén sűrítmények felhasználásával készült. A minták beszerzése kereskedelmi forgalomból történt.

4.3. Alkalmazott eszközök, vegyszerek

A mintaelőkészítés során tiszta üvegeszközökkel és analitikai tisztaságú vegyszerekkel dolgoztam a szennyeződések elkerülése miatt. A kísérletek során alkalmazott vegyszerek és eszközök:

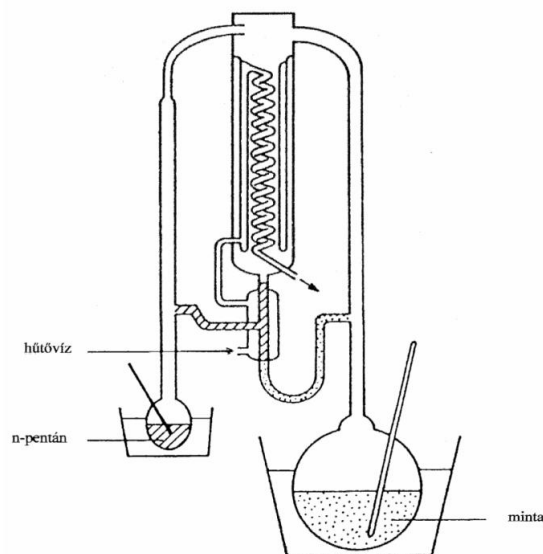
- desztillált víz
- NaCl
- vízmentes Na₂SO₄ (Merck)
- n-pentán (Merck)
- szénhidrogén standard oldat
- undekanol-1 belső standard (ISTD) (0,8mg/cm³ undekanol-1 etanolban oldva)
- desztilláló lombik
- választótölcsér
- főzőpohár
- mérőhenger
- Erlenmeyer-lombik
- 10 µl-es gázkromatográfias fecskendő

4.4. Mintaelőkészítés

Az aromakomponensek kivonása a mintákból desztillációs illetve extrakciós eljárásokkal történt:

Feketeribizli gyümölcs, vegyes gyümölcsital és szörp mintaelőkészítése

A gyümölcs, gyümölcsital és a szörp illataalkotóinak kivonása Likens-Nickerson-féle szimultán desztillációs-extrakciós eljárással (SDE) történt. A berendezés vázlata a 3. ábrán látható.

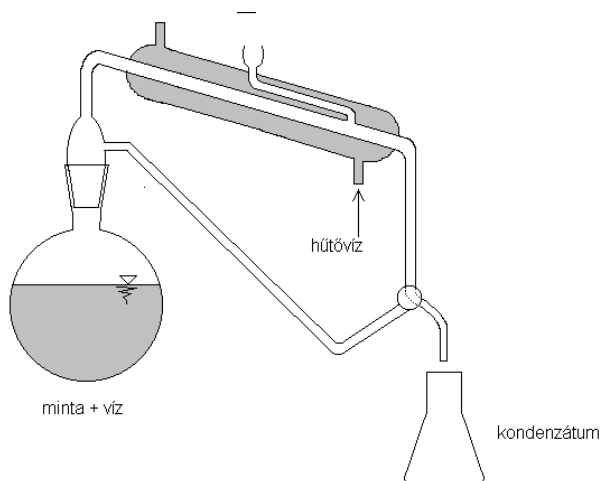


3. ábra A Likens-Nickerson-féle szimultán desztillációs-extrakciós berendezés

A gyümölcsből 200 g-ot mértem be egy 2000 cm³-es desztilláló lombikba. Felöntöttem 900 ml desztillált vízzel, amiben előzetesen feloldottam 180 g NaCl-ot (a víz oldóképességének csökkentése céljából). Belső standardként 150 µl undekanol-1-et alkalmaztam (0,8mg/cm³ undekanol-1 etanolban oldva). A vizsgálatokat három párhuzamos beméréssel végeztem el. A szörp és a gyümölcsital mintákból 250 ml-t mértem ki egy 1000 ml-es lombikba, amelyhez hozzáadtam 50 g NaCl-ot és 250 ml desztillált vizet, valamint 150 µl undekanol-1 belső standardet. A desztillációt ebben az esetben is három ismétléssel végeztem. Szerves oldószerként mindhárom esetben n-pentánt használtam. A pentános kivonatot a műszeres vizsgálat előtt 1 ml-re töményítettem, és 1 µl-t injektáltunk a GC-MS berendezésbe.

Feketeribizli bor mintaelőkészítése

Az aromakomponensek kivonása a borból két egymást követő desztillációval történt. Először hagyományos vízgőzdesztillációs módszerrel elválasztottuk az alkoholtartalmat és az illékony vegyületek egy részét: egy 2000 cm³-es desztilláló lombikba kimértem 500 ml bort, 100 g sót és 150 µl undekanol-1 belső standardet. Három párhuzamos desztillációt követően 3 × 100 ml párlatot gyűjtöttem egy Erlenmeyer lombikba. Ezután az összegyűlt 300 ml párlatot 3 × 80 ml n-pentánnal extraháltam, 15 g só hozzáadása után. Az extraktumhoz vízmentes nátrium-szulfátot adtam, majd hűtőszekrényben tároltam a műszeres vizsgálatok kezdetéig. Ekkor a kivonatot 1 ml-re koncentráltam és 1 µl-t használtunk fel a vizsgálatokhoz. A vízgőzdesztilláló berendezés vázlata a 4. ábrán látható.



4. ábra A vízgőzdesztilláló berendezés

A vízgőzdesztilláció után a desztilláló lombikban maradó bort további desztillálásnak vetettem alá: hozzáadtam 100 g sót, 500 ml desztillált vizet és további 150 μ l belső standardot majd szimultán desztillációs-extrakciós módszerrel, pentánnal extraháltam a borban maradt illó vegyületeket. A három párhuzamos bemérésből származó extraktumból ezután kifagyasztottam a víznyomokat, majd 1 ml-re koncentráltam és 1 μ l-t injektáltunk a GC-MS berendezésbe.

Feketeribizli pálinka mintaelőkészítése

A pálinka illataalkotóinak kivonása folyadék-folyadék extrakcióval történt: 100 ml pálinkát 5 g só és 450 μ l undekanol belső standard hozzáadása után 3×30 ml pentánnal extraháltam. A kivonathoz vízmentes nátrium-szulfátot adtam, majd hűtőszekrényben tároltam a vizsgálatok megkezdéséig. Az extraktumot a mérés előtt 1 ml-re töményítettem, majd 1 μ l-t vizsgáltunk műszeresen.

4.5. Műszeres vizsgálat

A műszeres vizsgálat során az alábbi mérési paramétereket alkalmaztuk:

GC-MS berendezés:	Hewlett Packard 5890 series II.GC-5971/AMSD
Oszlop:	60 m $\times$ 0,25 mm AT-WAX
Filmvastagság:	0,25 μ m
T ₀ kezdő hőmérséklet:	T ₀ =60 °C
Hőmérséklet program:	v _f = 4,0 °C/ min, T ₁ =280 °C
T ₂ véghőmérséklet:	T ₂ = 280 °C
Detektor hőmérséklet (tf. line):	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, delay: 0,35 perc

Tömegtartomány:	$m/z = 25\text{-}350\text{ Da}$
Seprési sebesség:	390 Da/s

5. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

5.1. Az eredmények kiértékelésének módja

A GC-MS vizsgálatok során gázkromatográf elválasztja az aromaalkotókat egymástól, a tömegspektrométer és az elektronikus tömegspektrumkönyvtár pedig lehetővé teszi az elválasztott alkotók azonosítását, a felvett és tárolt spektrumok összehasonlításával. A mérés során a párhuzamos mérésekből származó kromatogramokat a számítógép rögzíti. Ha a felismerési valószínűség (Q%) eléri vagy meghaladja a 70 %-ot, akkor a komponenst kellő biztonsággal meghatározottnak tekinthetjük. A program képes automatikusan azonosítani a csúcsokat, de ez nem eléggé megbízható, főleg azoknál a csúcsoknál, amelyek intenzitása kicsi, ezért minden csúcsot manuálisan is azonosítottam. A vizsgálati mintáim kiértékelése során a kromatogramok mindkét tengelyének normálásán alapuló relatív aromagramokat (aromaspektrum) eredményező módszert alkalmaztam.

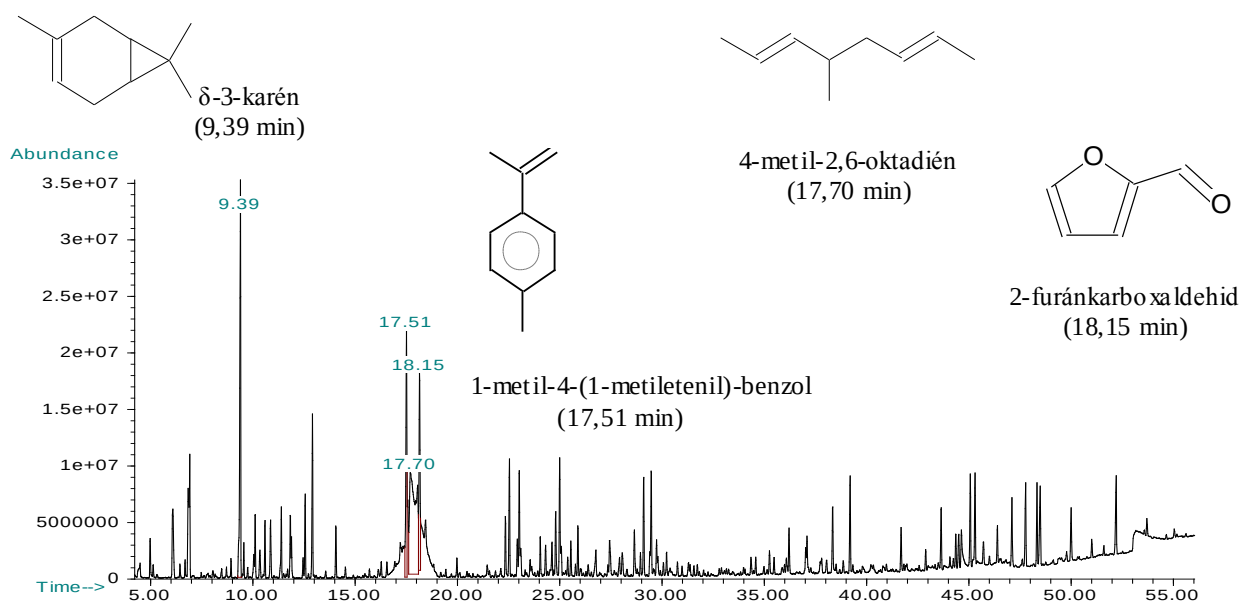
A kromatogramok vízszintes tengelyén a retenciós idő szerepel, amely adott kísérleti körülmények között a komponensek minőségi információját szolgáltatja. A retenciós idő a változó mérési paraméterek (oszlophossz, gázsebesség, fűtési paraméterek, stb.) változása miatt azonban nem állandó értékű, így nem általánosítható. A mintához adott belső standard redukált retenciós ideje (RRT) alapján, valamint egy kalibrációs mérés segítségével meghatároztam az alkotók PTRI (Programmed Temperature Retention Index) értékeit. A relatív retenciós idő kiszámítása: az egyes komponensek redukált retenciós idejének (ami a retenciós idő és a holtidő különbségeként számolható) és az általam használt undekanol-1 belső standard redukált retenciós idejének kiszámoltam a hányadosát, és az így kapott értékeknek az ezerszeresét vettem. Az RRT egy arányszám, ami a kisebb retenciós időingadozásokat kompenzálja. A normál-alkán standardok relatív retenciós idői 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 mérésre meghatároztam. A regressziós egyenlet felhasználásával, a vizsgálati mintákkal azonos körülmények mellett futtatott normál-alkánokra vonatkoztatva a komponensek RRT értékeihez hozzárendeltem azok PTRI koordinátáit. A leírt módszerrel az aromaanyagok helykoordináták szerint azonosíthatóvá válnak egyszerű gázkromatográf-fal is, ha az adott állófázison mért PTRI értékekhez tömegspektrometriás módszerrel a komponensek neveit megbízhatóan hozzárendelhetjük.

A kromatogram függőleges tengelyén (y-tengely) a komponensek mennyisége jelenik meg, ami függ a kivonás hatékonyságától, a mintabevitel pontosságától, és a kromatográfiás berendezés

változó érzékenységtől (ezek a proporcionális zavaró hatások). Az ingadozás kiküszöbölésére ez esteben is egy arányszámot használtam, amelyet relatív intenzitásnak nevezünk. Ezt úgy számoljuk ki, hogy a komponensek csúcsterületét elosztjuk egy vonatkozási anyag csúcsterületével (általunk a mintához adott, mindig azonos mennyiségű undekanol-1 belső standard, ISTD), majd szorozzuk százzal. Ezeket a méréseket és számolásokat minden mintánál elvégeztem. Majd a PTRI és a terület% (az egyes komponensek csúcsterületének részesedése az össz-aromából) átlagokat vettem és ezek alapján megrajzoltam a minták aromaszpektrumait. Amennyiben az eredményként kapott, transzformált kromatogramok egymásra illeszthetőek, akkor a minták illatkomponensekben hasonlítanak egymásra. Tökéletes illeszkedés esetén a minták azonossága bizonyított. Ezzel a módszerrel mennyiségi mérés helyett arányokat mérünk, ami illatvizsgálatok esetén célravezetőbb, mivel egy minta illattulajdonságát nem annyira az egyes alkotók jelenlévő mennyisége határozza meg, mint inkább a különböző összetevők aránya és egymásra gyakorolt hatásuk (Szöllősi, 2008; Fekete, 2010; Palotai, 2012).

5.2. A feketeribizli aromakomponensei

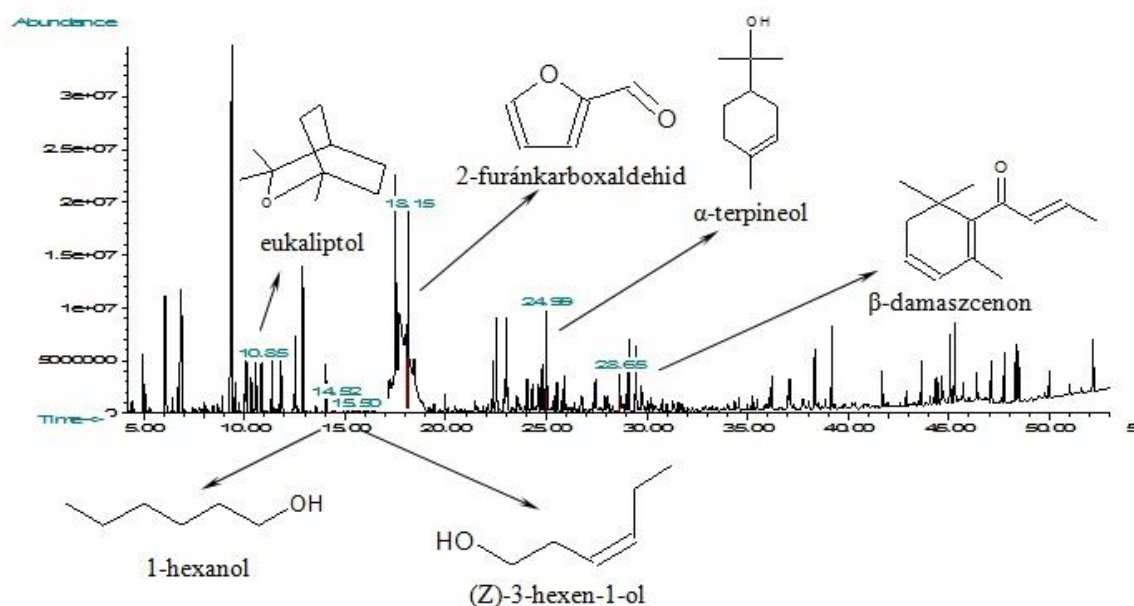
A mérési eredmények bemutatását a termékek nyersanyagával, a gyümölcssel kezdem. Amint az a kromatogram (5. ábra) alapján is látható, a feketeribizli nagyon aromagazdag gyümölcs: 160 illatkomponenst sikerült azonosítanom. A legnagyobb csúcsterületű illatkomponensek a 9,39 percnél megjelenő δ -3-karén, valamint a 17 és 19 perc között eluálódó 1-metil-4-(1-metiletenil)-benzol, 4-metil-2,6-oktadién és 2-furánkarboxaldehid voltak. A részletes komponenslistát a Melléklet táblázatában soroltam fel.



5. ábra A feketeribizli aromakomponensei

A gyümölcs illékony frakciójában nagyon sok terpén- és benzolgyűrűs vegyületet azonosítottam. A terpének az aromavegyületek fontos csoportját képezik, meghatározzák sok virág, gyümölcs, mag, levél, fa és gyökér illatát. Kémiaileg a terpéneket egy nagy csoportba soroljuk, jellemző szénvázuk miatt. Ez a váz az öt szénatomos, úgynevezett izoprén (C_5H_8) struktúrából áll. Általában nagy illataktivitással rendelkeznek, vagyis alacsony illatküszöbük miatt már nagyon kis koncentrációban érezhető az illatuk. A feketeribizli gyümölcsben az aromakomponensek összesített csúcsterületének több, mint negyedét (28,59 %) a terpének tették ki. A nagy számú monoterpén illataktóról a feketeribizliben említést tesznek aromavizsgálatokkal foglalkozó irodalmi források is (Harb et al., 2008; Píry et al., 1995). Harb és kutatótársai (2008) vizsgálataikban például a legintenzívebb monoterpének között szintén felsorolják a δ -3-karént. A terpének között sok olyan vegyület van, melyek általánosan elterjedtek, vagyis sok más növényben is előfordulnak: ilyenek például az α - és β -pinén, a szabinén, a β -mircén vagy a linalool oxidok. Vannak azonban olyan terpenoid vegyületek is - mint például az 1,8-cineol és a β -damaszenon -, melyek megjelenését egyes források a tipikus feketeribizli aromával hozzák kapcsolatba (Christensen, Pedersen 2006). A benzolgyűrűs illatkomponensek is sok növény (különösen fűszer) illékony vegyületei között megtalálhatók. Kék héjú gyümölcsökben (szilva, kékszőlők) is nagy arányban vannak jelen (Tóth, 2010, Palotai, 2012; Kovátsová, 2013). Az észterek közül a gyümölcsös illatú etil-butanoát jelent meg a legnagyobb csúcsterülettel, ezen kívül az alma-jelleges metil-butanoát, valamint az enyhe, viaszos illatú metil- és etil-palmitát voltak jelen nagy arányban. Észterek a gyümölcsökben általában nagy számban fordulnak elő, feketeribizliben is sokat azonosítottak (Harb et al., 2008; Píry et al., 1995). A szakirodalom (Marsili, 2002; Rowe, 2005; Rigou et al., 2014) jellegzetes feketeribizli illatúként ír le néhány kénvegyületet (pl. p-menta-8-tiol-3-on, 1-metoxi-3-metil-3-merkaptobután, 4-metoxi-2-metil-2-butántiol), melyek alacsony illatküszöbük miatt fontos illataktóknak számítanak. Rigou és munkatársai (2014) vörösborokban tapasztalt feketeribizli illat kiváltásáért szintén kénvegyületeket jelölnek meg: a 4-merkaptó-4-metil-2-pentanont, a 3-(merkaptó)hexil acetátot és a 3-merkaptó-1-hexanolt. Az általam vizsgált feketeribizliben azonban nem azonosítottam kénvegyületeket, amely eredmény az irodalmi adatok ismeretében meglepőnek számít. Annak ellenére, hogy a feketeribizli savanykás ízű gyümölcs, illó savakat csak viszonylag kis arányban azonosítottam benne (6,83 %). Közülük is leginkább a nagyobb moltömegű ($C_8<$), zsírsavak jelentek meg, melyek illatjellege kellemetlen, zsíros/avas/viaszos, a hosszú szénláncúak (pl. palmitinsav) pedig gyakorlatilag illattalanok (Burdock, 2010, thegoodscentscompany.com). 10% feletti területrészesedésük ellenére a szénhidrogének nem számítanak jelentős illat-komponenseknek, alacsony illataktivitásuk miatt. A vizsgálat során sikerült azonosítanom 6 olyan aromakomponenst is, melyeket a gyümölcsön kívül valamennyi belőle készült termékben is megtaláltam. Ezek a vegyületek a kámforos illatú eukaliptol (1,8-cineol), az orgonás jellegű α -terpineol, a virágos β -damaszenon, az enyhe, sült kenyérre

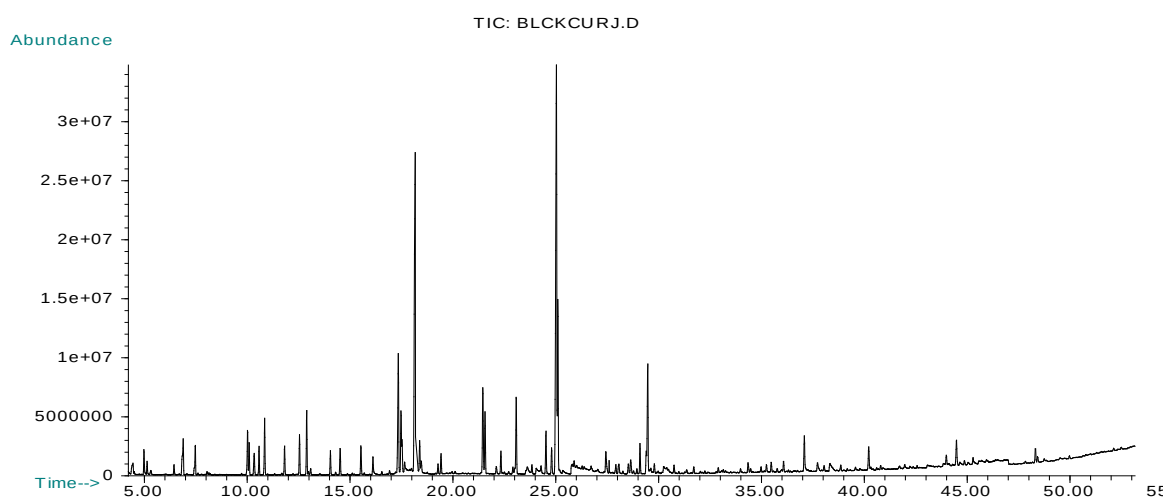
emlékeztető illatú 2-furánkarboxaldehid, a füves-zöld illatjellelű 1-hexanol és a füves-zöld illatú (Z)-3-hexen-1-ol voltak. Megjelenésüket a gyümölcs kromatogramján a 6. ábrán mutatom be.



6. ábra A feketeribizliben és termékeiben azonosított közös illatkomponensek

5.3. A feketeribizli szörp illatkomponensei

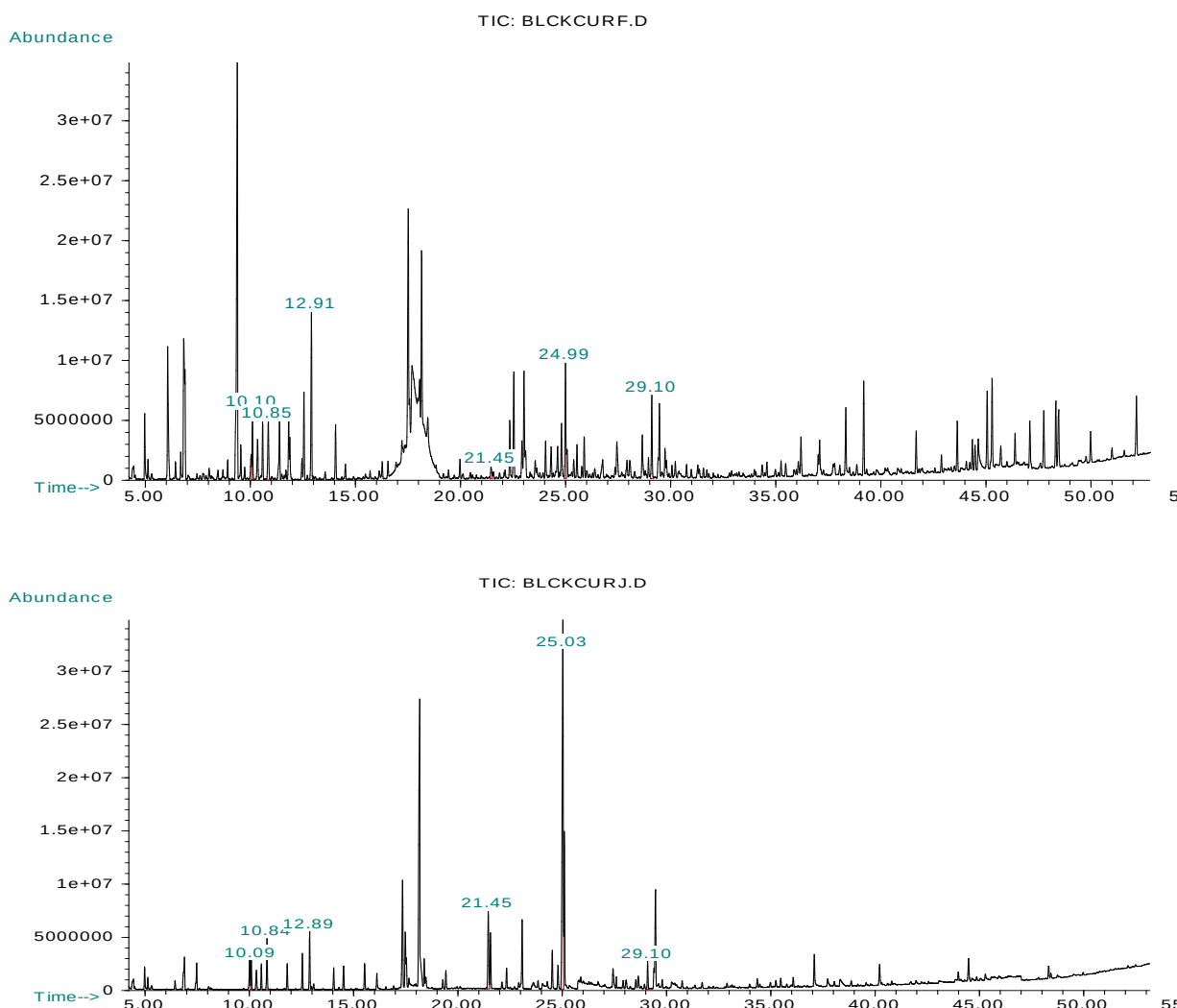
A feketeribizli szörpről készült kromatogramot a 7. ábrán mutatom be.



7. ábra A feketeribizli szörp kromatogramja

A szörpben kevesebb illatkomponenst (102) azonosítottam mint a gyümölcsben, vagyis a feldolgozás során sok illatkomponens "elveszett", valószínűleg elpárologtak a nyersanyagból a sűrítés során. Az azonosított komponensek között 65 olyan vegyület volt, amely a gyümölcsben is

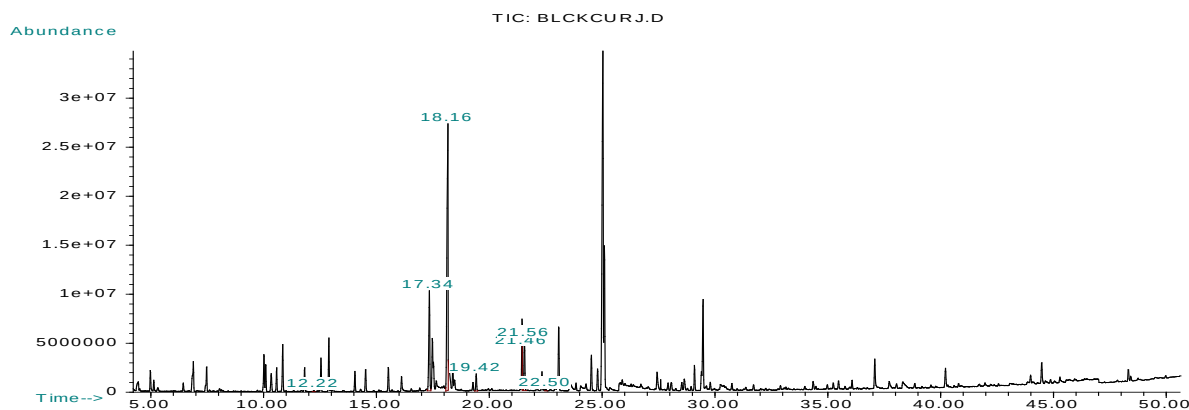
előfordult, ezek igazolhatják tehát a termék gyümölcs eredetét. Néhány jellegzetes terpénvegyület megjelenését a gyümölcs és a szörp kromatogramján a 8. ábrán mutatom be.



8. ábra A feketeribizli gyümölcs és szörp néhány közös terpén komponense
 10,10 min: m-menta-1,8-dién; 10,85 min: eukaliptol; 12,91 min: α -terpinolén; 21,45 min: 1-terpineol; 24,99 min: α -terpineol; 29,10 min: para-cimen-8-ol

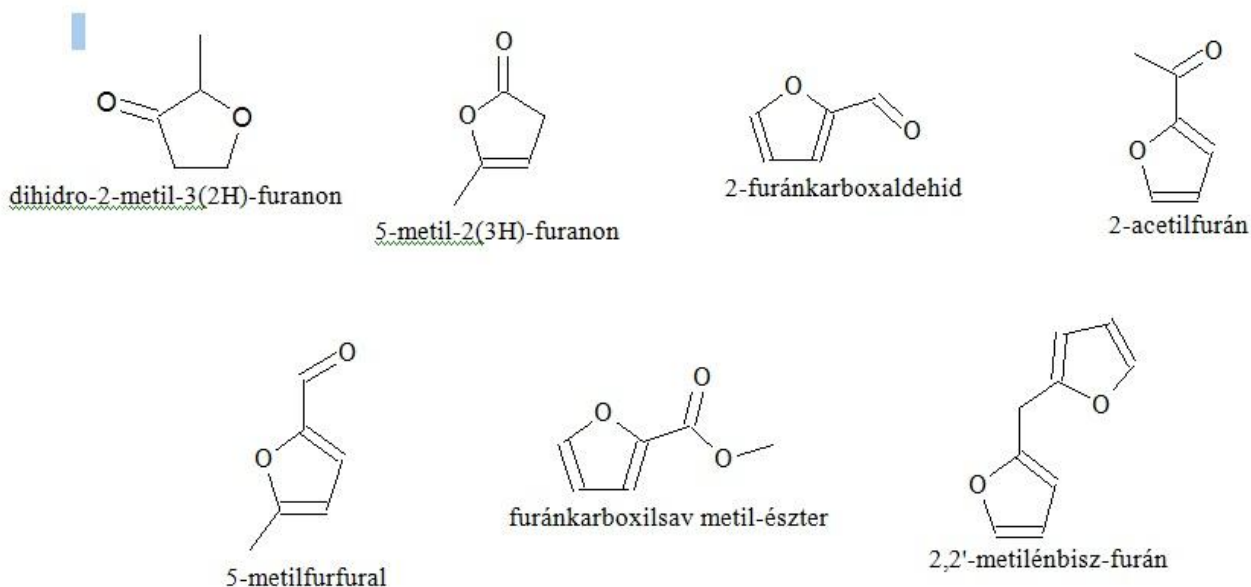
Bár a szörpben jóval kevesebb terpénvegyületet találtam mint a gyümölcsben, csúcsterületük összege mégis majdnem a fele volt az össz-területnek (45,42 %). A területrészesedés növekedésével párhuzamosan a terpénvegyületek száma majdnem a felére csökkent: 61-ről 35-re. Ennek magyarázata a gyümölcs feldolgozása lehet: ezek az illékony aromakomponensek a hőkezelés, sűrítés során a vízzel együtt elillannak a termékből. Szinte mindegyik vegyületcsoport aránya megváltozott a szörp esetén, a gyümölcshöz viszonyítva: a terpénekhez hasonlóan például az oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek aránya is megnőtt, több mint 4-szeresére (5,13 %-ról 20,61 %-ra). Ezek az illatkomponensek szénhidrátokból keletkeznek magas hőmérsékleten, és nagy mennyiségben megtalálhatók hőkezeléssel előállított termékekben, melyek nagy szénhidráttartalmú

nyersanyagok felhasználásával készültek (Merő, 2007). A vizsgált termékek közül ebben fordultak elő a legnagyobb aránnyal ezek a komponensek, ugyanis a szörpöt érte a legnagyobb hőhatás a feldolgozás során. A vegyületcsoporton belül a 2-furánkarboxaldehid, az 5-metil-2(3H)-furanon, a furánkarboxilsav metil-észter és az 5-metilfurfural voltak a legintenzívebb csúcsterületű vegyületek. Illatjellegük általában édes, fűszeres (Burdock, 2010). Megjelenésüket a termékben a 9. ábrán, szerkezeti képletüket pedig a 10. ábrán mutatom be.



9. ábra A hőkezelés (sűrítés) során keletkező aromakomponensek

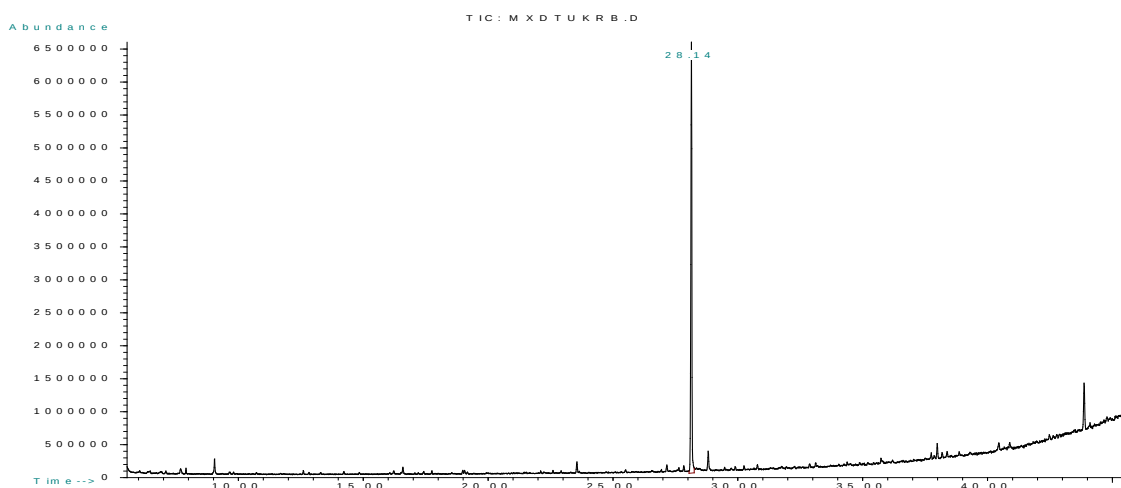
12,22 min: dihidro-2-metil-3(2H)-furanon; 17,34 min: 5-metil-2(3H)-furanon; 18,16 min: 2-furánkarboxaldehid; 19,42 min: 2-acetilfurán; 21,46 min: 5-metilfurfural; 21,56 min: furánkarboxilsav metil-észter; 22,50 min: 2,2'-metilénbisz-furán



10. ábra A szörp mintában azonosított O-heterociklusos vegyületek

5.4. A vegyes gyümölcsital aromaalkotói

A feketeribizli felhasználásával készült vegyes italban meglepően kevés (30) aromakomponenst azonosítottam, amit a kromatogram csúcsszegénysége is mutat (11. ábra). A kromatogramon kiintegrált csúcs az általam a mintához adott undekanol-1 belső standard, vagyis nem a minta alkotója. Ennek az eredménynek a termék alacsony gyümölcsstartalma lehet az oka. Az ital érzékszervi tulajdonságai sem utaltak egyértelműen a felhasznált nyersanyagra: gyenge, édeskés illata volt, némi bogyós gyümölcs jelleggel. A termék tartalmazott a feketeribizlin kívül almát és aroniát (berkenye) is. Az élelmiszeriparban a fekete berkenyét (*Aronia arbutifolia*) felhasználják dzsemek és ivólevek készítéséhez. Gyümölcshéja nagy mennyiségű festékanyagot tartalmaz, így ízesítő hatásán túl főleg színezésre használják. Beltartalmi értékei közül magas antocianin tartalma is említést érdemel, amely körülbelül háromszorosa a fekete ribizkének (Soltész, 1998).



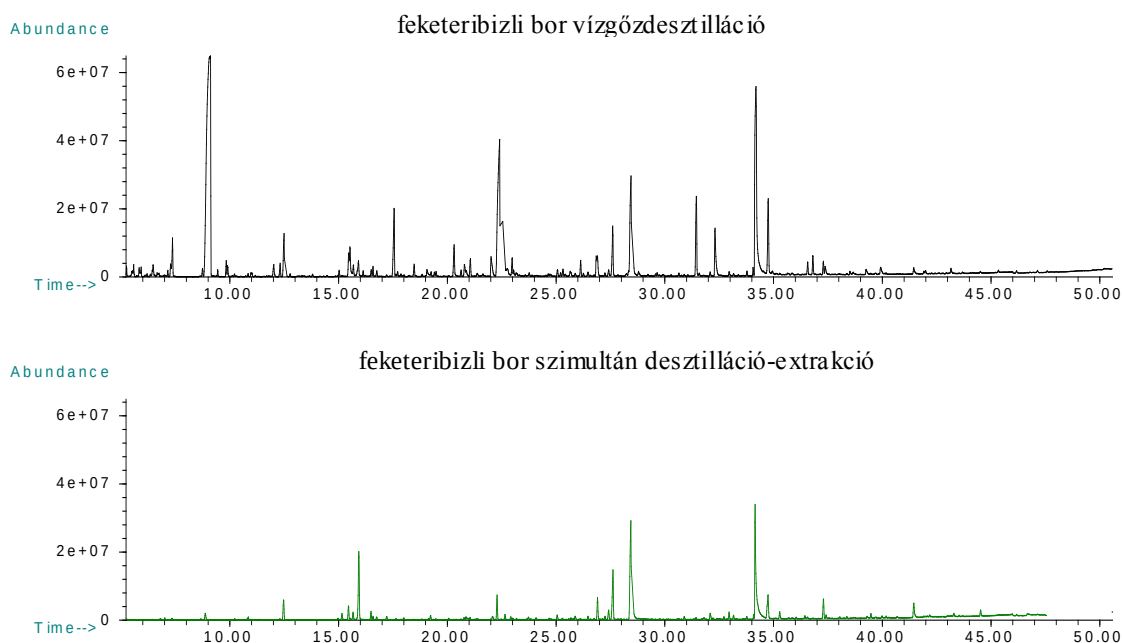
11. ábra A vegyes gyümölcslé illékony vegyületei

Az azonosított illatkomponensek kb. fele, 14 vegyület megtalálható volt a feketeribizliben is. Ezek közül 9 terpénvegyületet azonosítottam. A komponens csoporton belül az eukaliptol, az α -, és γ -terpineol, valamint a β -damaszenon a feketeribizliben is megjelent, ezek igazolhatják a termék gyümölcs eredetét. A terpeneol vegyületek viszonylag széles körben elterjedtek a növényvilágban, sok növényfajban megtalálhatók (Marsili, 2002; Rowe, 2005), a β -damaszenon pedig karotinoid bomlástermék, jelenléte a növényekben ezért szintén nem ritka. Ezek a vegyületek tehát származhatnak a feketeribizlitől, de a többi felhasznált növényi alapanyagtól is. Az eukaliptol megjelenése viszont kevésbé gyakori illatkomponens gyümölcsökben, cikkünkben Harb és munkatársai (2008) is fontos feketeribizli komponensekként említik meg. Megjelenése ezért jelezheti a ribizli jelenlétét az italban, még ha valószínűleg nagyon kis mennyiségben (és sűrítmény formájában) történt is a hozzáadása. A gyümölcsben azonosított nagy számú benzolgyűrűs vegyületek teljesen hiányoznak az italból, ezek a jellegzetes komponensek tehát nincsenek

segítségünkre a ribizli eredet igazolásában. Kén- és nitrogéntartalmú heterociklusos illatvegyületeket sem tartalmazott az ital, és az O-heterociklusok közül is csupán a furánkarboxaldehid jelent meg. Az észterek részesedése viszont különösen magas (43,60 %) volt, bár nem a kis moltömegű, illékony, gyümölcsös-virágos észterek jelentek meg, hanem a hosszú szénláncú, kevésbé illataktív vegyületek. A termékben azonosítottam ezeken felül növényi, zöld, fűszerű illattal rendelkező 6 szénatomszámú alkoholokat és ketonokat is (2-hexanon, 2-hexanol, 1-hexanol, (Z)-3-hexen-1-ol). A feketeribizli aromakomponenseiről rendelkezésre álló, kevés számú szakirodalommal összevetve az eredményeimet, az eukaliptol tekinthető a ribizli felhasználásra utaló illatkomponensnek.

5.5. A feketeribizli bor eredményei

A mintaelőkészítés során alkalmazott egymást követő desztillációk miatt a feketeribizli bor mintához két kromatogram tartozik (12. ábra): a klasszikus vízgőzdesztilláció és a szimultán desztilláció-extrakció felvételei.



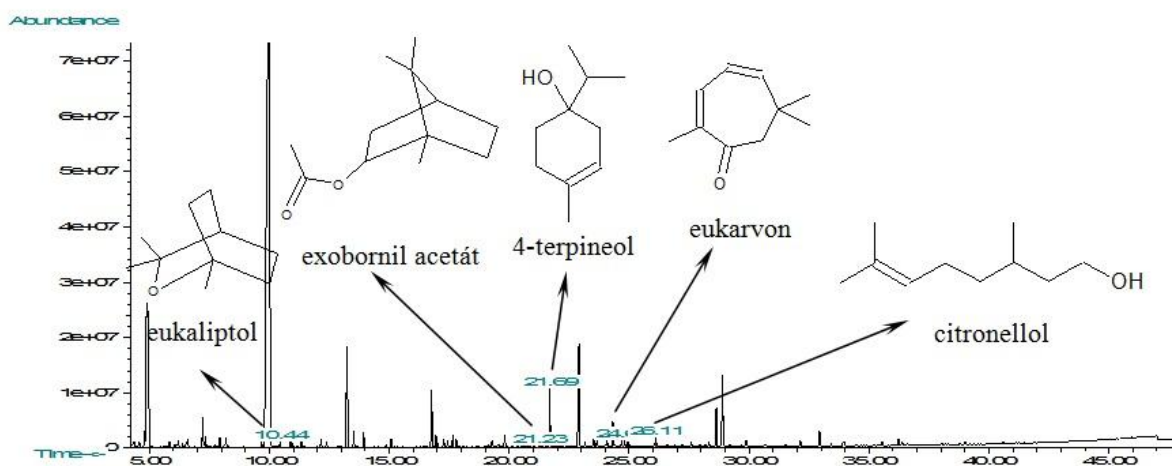
12. ábra A feketeribizli bor kromatogramjai

A kromatogramokon legnagyobb csúcsterületekkel az erjedés során keletkező másodlagos (szekunder) illatkomponensek jelentek meg, mint az észterek, alkoholok és savak. Ezek a vegyületek gyümölcsjelleget nem hordoznak, jelenlétük csupán az alkoholos fermentáció tényét jelzi. Az észterek egy szerves sav és egy alkoholos vagy fenolos hidroxil-csoport kondenzációjából képződnek. Az alacsony molekulatömegű észterek (amelyeket gyakran gyümölcsésztereknek

neveznek) tiszta, jellegzetes gyümölcsillatot adnak, a szénhidrogén lánc növekedésével azonban az illat a gyümölcsszerűből a szappanjellegű felé tolódik el (Eperjesi, 1998). A fermentációs termékek közül legnagyobb csúccsal az izoamil alkohol (22,53 %) és a szorbinsav (14,00 %) voltak jelen. A borban összesen 120 aromakomponenst sikerült azonosítanom, melyek közül 46-ot a gyümölcsben is megtaláltam. Ezek az illatkomponensek tekinthetők elsődleges (primer) illataalkotóknak, melyek a felhasznált növényi nyersanyagból származnak. A gyümölcsjelleges illataalkotókat tehát ezek között kell keresnünk. A legtöbb elsődleges, gyümölcsjelleges komponens a terpének és a benzolgyűrűs vegyületek csoportjába tartozott. Összesített területrészesedésük közel 14 %-ot tett ki az össz-aromából (2 benzolgyűrűs vegyület, a benzil-alkohol és a feniletal-alkohol fermentációs terméknek számít, ezért ezek terület %-át nem számoltam hozzá). A terpének között találtam néhány hasonló szerkezetű cineol vegyületet (izocineol, eukaliptol, 2-hidroxi-1,8-cineol, exo-2-hidroxicineol). Bár közülük nem mindegyik vegyület volt jelen a gyümölcsben, jelenlétük a borban mindenképpen érdekes eredménynek számít, és jellegzetes ribizli-komponensek lehetnek. A szakirodalom által említett kénvegyületeket a feketeribizliben ugyan nem sikerült azonosítanom, ennek ellenére a borban 6 ilyen illatkomponenst is találtam. Mivel a gyümölcsben nem voltak jelen, valószínűleg az erjesztés illetve a borkezelés (kénezés) során kerültek az italba. Kéntartalmú szerves vegyületek általában csak nyomokban fordulnak elő a kész borokban. Jelenlétük viszont nagyon fontos, mert érzékszervi küszöbértékük mindegyiknek 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, 1998; Szabados, 2010).

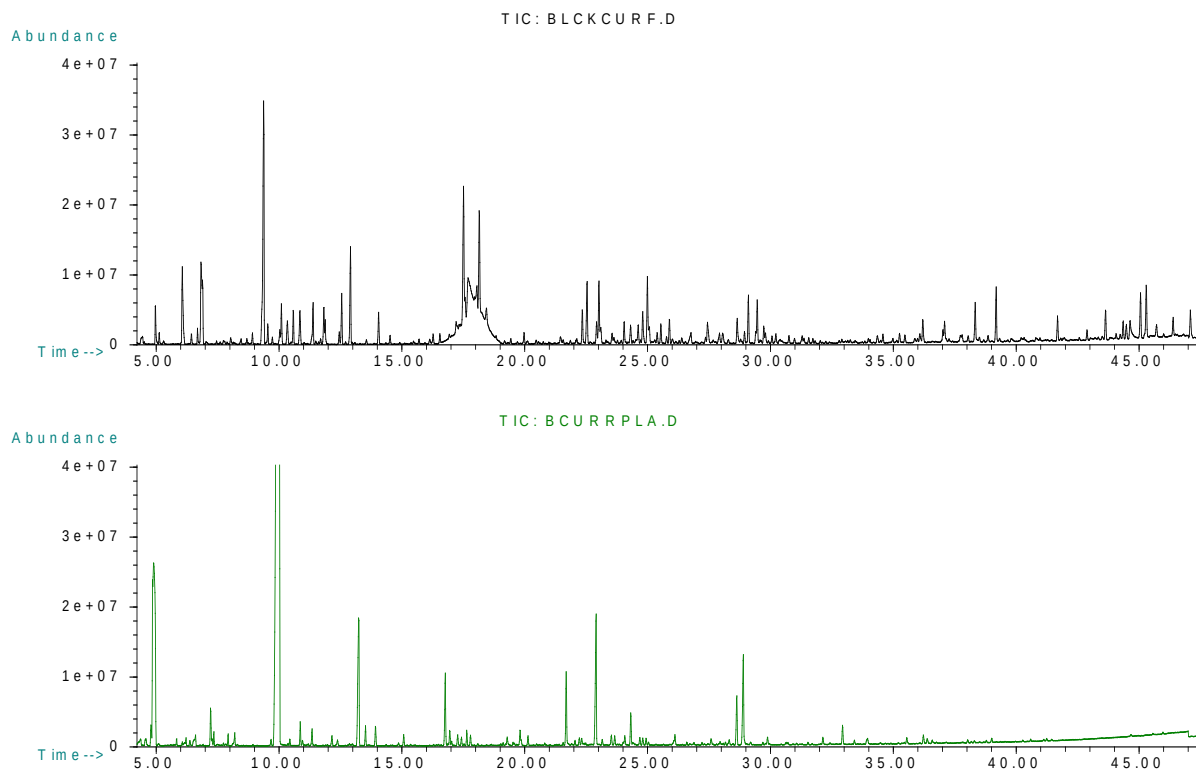
5.6. A feketeribizli pálinka aromakomponensei

A feketeribizliből készített párlat pálinka-különlegességnek számít, aromája jellegzetes bogyós gyümölcs jellegű. Illékony frakciójában 109 vegyületet azonosítottam, melyek közül 48 a gyümölcsben is előfordult. Ezek a primer, vagyis a növényi nyersanyagra jellemző aromaalkotók. Többségük a terpének csoportjába tartozott, de a benzolgyűrűs vegyületek között is találtam a gyümölccsel közös komponenseket. Néhány primer terpénvegyület megjelenését a pálinka kromatogramján a 13. ábrán mutatom be.



13. ábra Néhány primer terpén komponens megjelenése a feketeribizli pálinka kromatogramján

A gyümölcspálinkákban a terpének főként az alapanyagokból származnak, sok közülük szabad monoterpén-alkohol vagy oxid (Majoros, 2005; Lévai, 2005). Amint az az ábrán is látható, a növényi forrásra utaló elsődleges vegyületek igen kis csúccsal jelennek meg a felvételen. A kromatogram domináns vegyületei – a borhoz hasonlóan – alkoholok, acetátok és észterek voltak. Ezek a vegyületek a fermentáció során keletkeznek, az élesztők tevékenysége során. Megjelenésük ezért csupán arról nyújt információt, hogy a termék erjedéssel készült, gyümölcs jelleget nem hordoznak. Az acetátoknak általában zöldség-jellegű illatuk van. Bár borokban már több mint 20féle acetált izoláltak, a normál borokban és egyéb alkoholtartalmú italokban igen csekély érzékszervi jelentőségük van, viszonylag kis mennyiségük és gyenge illékonyosságuk miatt (Eperjesi, 1998; Szabados, 2010). Az észterek szintén az erjedés során enzimek által katalizált reakcióban, a lepárláskor valamint az érlelés során kémiai reakciókban képződhetnek. Az illó savakból képzett észterek az illat, míg a nem illó észterek az íz kialakításában játszanak szerepet. A képződött észterek túlnyomó többsége etil észter a közeg nagy alkohol koncentrációja miatt. Az észterek közül a pálinkában az illataktív, gyümölcsös-virágos jellegű, kis molekulasúlyú észterek viszonylag kis csúcsterülettel jelentek meg. A másik erjesztett termékhez hasonlóan a pálinka kromatogramján is az izoamil alkohol jelent meg a legnagyobb intenzitással: csúcsterülete az össz-aroma több mint felét (51,20 %) tette ki. Bár ezt a vegyület csekély területarányal (0,55 %) a gyümölcsben is megjelent, fermentációs (szekunder) aromakomponensnek tekinthető, mivel ilyen nagy arányú jelenléte a pálinkában az élesztő tevékenységének köszönhető. A fermentáció melléktermékeként néhány illékony kéntartalmú vegyület is keletkezett. Érzékszervi küszöbértékük alacsony, így jelentős hatásuk van az alkoholos italok aromájára (Keller, 1977; Kállay, 1998). A 14. ábrán bemutatom a gyümölcs és a felhasználásával készült pálinka kromatogramjait egymás alá vetítve.

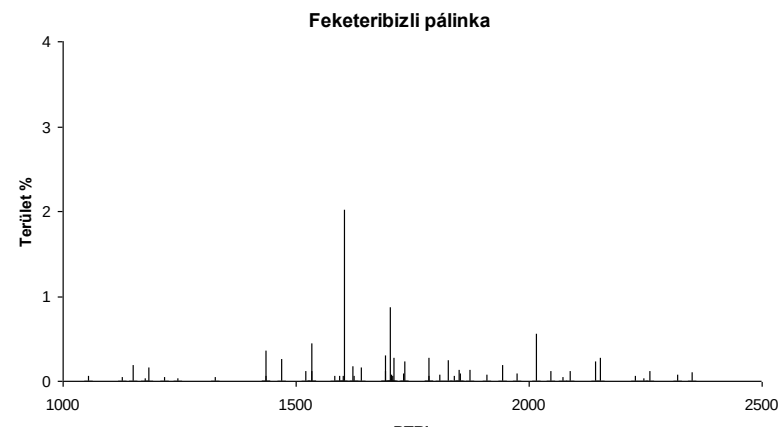
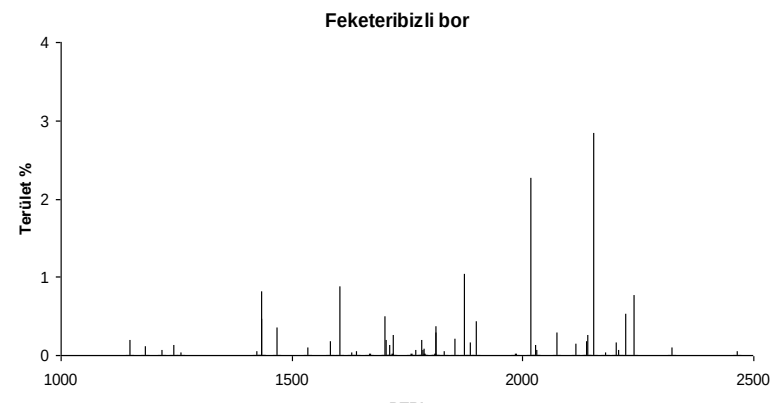
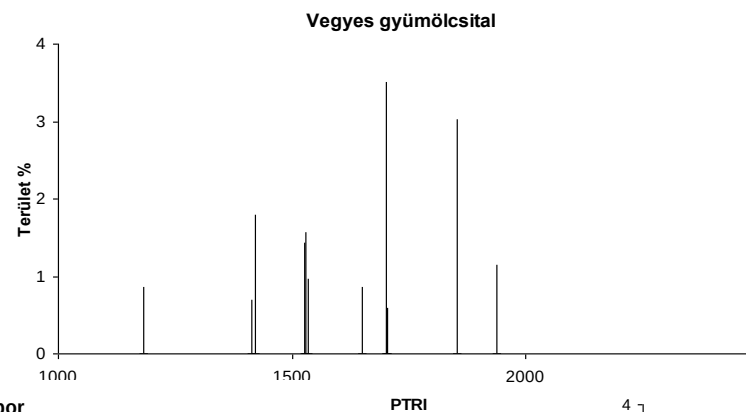
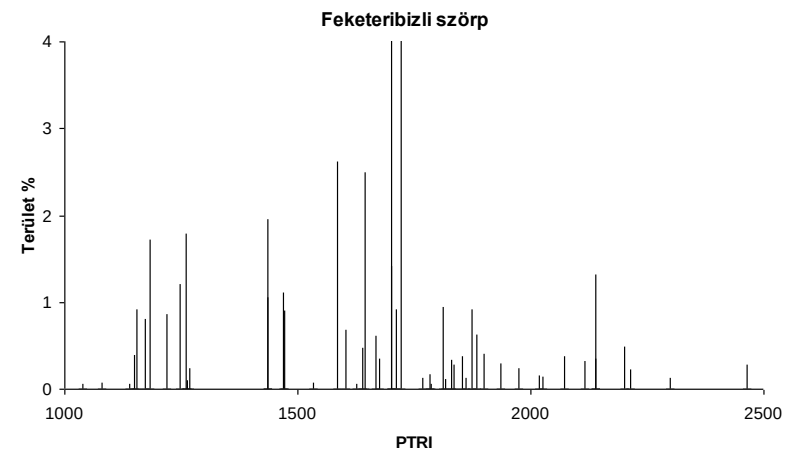
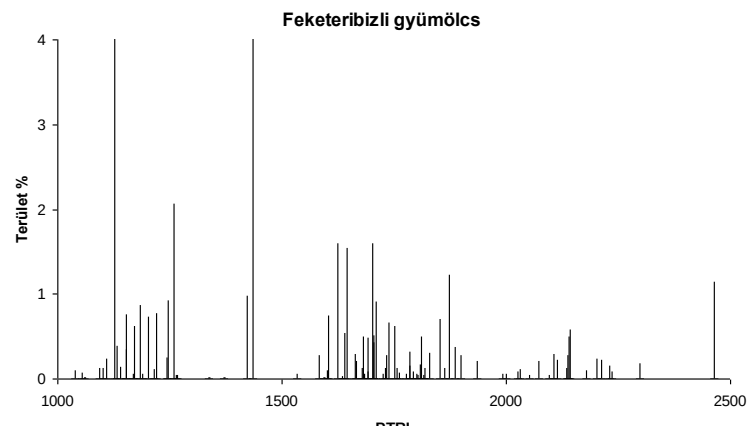


14. ábra A feketeribizli gyümölcs és pálinka kromatogramjai

A korábban az Élelmiszerkémia Tanszéken végzett pálinkavizsgálatokkal ellentétben a feketeribizli esetén a gyümölcs bizonyult illatosabbnak. A cseresznye- és eperpálinka vizsgálatok során ugyanis arra az eredményre jutottak, hogy a gyümölcsből készült pálinka jóval illatosabb a felhasznált nyersanyagnál (Lévai, 2005). A feketeribizli esetén az eredményre a gyümölcs illatossága lehet a magyarázat: a gyümölcsben azonosított, nagy számú és igen illatos terpén- és benzolgyűrűs vegyületek közül sok átkerült a termékbe is, vagyis „átvészelt” az erjedést, amely folyamat gyakran nagy aromavesztéssel jár.

5.7. A feketeribizli jelleg megjelenése

A gyümölcs feldolgozásának (hőkezelés, erjesztés) hatása a termékek aromaösszetételére jól nyomon követhető a 15. ábrán, ahol a legnagyobb illataktívitású vegyületcsoportok, a terpének és benzolvegyületek területrészesedését ábrázoltam.



15. ábra A vizsgált minták terpén- és benzolgyűrűs vegyületeinek aromaszpektruma

Az ábrán látható, hogyan „tűnik el” a feldolgozás hatására az illatos vegyületek egy része. Ennek ellenére a gyümölcsből készült termékek mindegyikében felismerhető volt a jellegzetes, bogyós gyümölcsökre jellemző illat (bár a vegyes gyümölcsitalban csak igen gyengén). A jellemző illat kialakításában nagy valószínűség szerint az illataktív terpén- és benzolgyűrűs vegyületeknek fontos szerepük van. A gyümölcsjelleges illataktókat természetesen a közös vegyületek között kerestem. Hat olyan aromakomponenst találtam, amelyik minden vizsgált mintának alkotórésze volt: az eukaliptol, az α -terpineol, a β -damaszenon, a 2-furánkarboxaldehid, az 1-hexanol és a (Z)-3-hexen-1-ol. Ezek mindenképpen jelzik a növényi eredetet, bár többségük általános növényi illataktó. A gyümölcsjelleges vegyületek közé soroltam ezeken kívül a terpinén-1-olt, a 4-terpineolt, a karvomentenalt, a szantént, a citronellolt, a para-cimen-8-olt, a p-menta-1,4-dien-7-olt, a 1-metil-4-(1-metiletenil)-benzolt és a benzaldehidet is. Ezek a vegyületek a vegyes gyümölcsitalon kívül mindegyik mintának alkotói voltak. Hiányukat az italból véleményem szerint annak alacsony gyümölcs- (és még alacsonyabb feketeribizli) tartalma magyarázhatja. Irodalmi adatok (Marsili, 2002; Rowe, 2005) és az Élelmiszerkémia Tanszéken eddig végzett gyümölcs aroma vizsgálatok tapasztalatai alapján a feketeribizli eredetre utaló aromakomponensek a fent felsorolt vegyületek közül az eukaliptol, a karvomentenal, a citronellol, a para-cimen-8-ol és a p-menta-1,4-dien-7-ol lehetnek. Az eredmények pontosításához azonban további mérések is szükségesek több ribizli fajta illetve több bogyós gyümölcs bevonásával.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A feketeribizlinek kitűnő beltartalmi értéke van: többek között magas C-vitamin tartalommal rendelkezik, ezért fontos élelmiszeripari nyersanyag. A Magyarországon termesztett gyümölcsfajok közül a feketeribizli az egyik legnagyobb C-vitamin tartalmú gyümölcs. A feketeribizlit az élelmiszeripar több helyen is felhasználja. Készül belőle többek között gyümölcslé, tea, bor, pálinka, jam és szörp.

Dolgozatomban a feketeribizli és néhány belőle készült élelmiszer (szörp, gyümölcslé, bor és pálinka) illatkomponenseit vizsgáltam. Az aromakomponensek kivonása különböző mintaelőkészítési eljárásokkal történt: desztillációt, extrakciót és ezek kombinációját is alkalmaztam. Az analitikai vizsgálatok GC-MS műszeregyüttessel történtek. A legtöbb aromakomponenst a termékek nyersanyagául szolgáló gyümölcsben azonosítottam. A feldolgozás (hőkezelés, fermentáció) során az aromaösszetétel és a különböző vegyületcsoportok aránya is megváltozott. A szörpben például sok O-tartalmú heterociklusos vegyületet azonosítottam, melyek az alapanyag hőkezelésére utaltak. A vegyes gyümölcslében csak nagyon kevés illatkomponens jelent meg, mely valószínűleg a termék alacsony gyümölcstartalmának köszönhető. Az erjesztéssel készült élelmiszerekben (bor és pálinka) a fermentációs termékek intenzitása volt a legnagyobb. Ezek a vegyületek a termék gyümölcs eredetét nem, csak az erjesztés tényét jelzik. Hat közös illatkomponenst azonosítottam a gyümölcsben és a belőle készült termékekben, amelyek közül egyedül az eukaliptol jelezheti a ribizli eredetet, a többi komponens növényi mintákban gyakran előforduló illatanyag. A feketeribizli felhasználására utalhat további 4 illatvegyület: a karvomentenál, a citronellol, a para-cimen-8-ol és a p-menta-1,4-dien-7-ol.

A pontos eredmények tisztázásához azonban további mérések is szükségesek több ribizli fajta illetve több bogyós gyümölcs bevonásával. Az eddigi aromavizsgálati eredmények ugyanis leginkább a hazánkban széles körben termesztett és fogyasztott gyümölcsfajokra (alma, körte, kajszli) vonatkoznak, ezért szükséges lenne a vizsgálatok kiterjesztése a kisebb mennyiségben termesztett, valamint az erdei gyümölcsökre (pl. bogyós gyümölcsök) is, ez utóbbi fajok aromája ugyanis az érzékszervi tapasztalatok alapján nagyon hasonló. A további vizsgálatok ezért fényt deríthetnének a bogyósok közötti aromaösszetételbeli különbségekre is.

IRODALOMJEGYZÉK

- Burdock, G. A. (2010): Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients. Boca Raton: CRC Press, Taylor and Francis Group, 2135 p.
- Brennan, R. M., Hunter, A. E., Muir, D. D. (1997): Genotypic effects on sensory quality of blackcurrant juice using descriptive sensory profiling, Food Research International Vol. 30 No.5 381-390 p.
- Czanik S. (1957): Feketeribiszke, Zöldség-Gyümölcs Szövetkezeti Export Vállalat, Budapest 1957.
- Eperjesi I., Kállay M., Magyar I. (1998): Borászat, Mezőgazda Kiadó, Budapest 2000
- Fügel, R., Carle, R., Schieber, A. (2005): Quality and authenticity control of fruit purées, fruit preparations and jams – a review, Food Science & Technology 2005/16 433-441 p.
- Harb, J., Bisharat, R., Streif, J. (2007): Changes in volatile constituents of blackcurrants (*Ribes nigrum* L. cv. 'Titania') following controlled atmosphere storage, Postharvest Biology and Technology 2008/47 271–279p.
- Hui, Y. H. (2010): Handbook of fruit and vegetable flavours, John Wiley & Sons Inc.
- Jandric, Z., Roberts, D., Rathor, M. N., Abraham, A., Islam, M., Cannavan, A. (2013): Assessment of fruit juice authenticity using UPLC–QToF MS: A metabolomics approach, Food Chemistry 2014/148 7-17p.
- Kahle, K., Preston, C., Richling, E., Heckel, F., Schreier, P. (2004): On-line gas chromatography combustion/pyrolysis isotope ratio mass spectrometry (HRGC-C/P-IRMS) of major volatiles from pear fruit (*Pyrus communis*) and pear products, Food Chemistry 2005/91 449-455p.
- Kovátsóvá E (2013): Illatos fehér- és vörösborok aroma összetételének tanulmányozása, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Kurz, C., Leitenberger, M., Carle, R., Schieber, A. (2009): Evaluation of fruit authenticity and determination of the fruit content of fruit products using FT-NIR spectroscopy of cell wall components, Food Chemistry 2010/119 806-812 p.
- Lévai O. (2005): Cseresznye és eper pálinkák illattulajdonságainak összefüggése a gyümölcsök illóanyagainak minőségével, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Majoros E. (2005): A sárgabarack gyümölcs, párlat és szeszes ital illattulajdonságainak összehasonlítása GC-MS mérésekkel, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem

- Marsili, R. (2002): Flavor, Fragrance, and Odor Analysis, Marcel Dekker, Inc., New York 425 p.
- Merő A. (2007): A pörkölés alatti változások nyomon követése Sidamo kávéban GC-MS mérésekkel, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Palotai T. (2012): Különböző termőhelyekről származó kadarka borok illó komponenseinek vizsgálata GC-MS módszerrel, TDK dolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Píry, J., Pribela, A., Durcansca, J., Farkas, P. (1994): Fractionation of volatiles from blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) by different extractive methods, Food Chemistry, 1995/54. 73-77 p.
- Rigou, P., Triay, A., Razungles, A. (2013): Influence of volatile thiols in the development of blackcurrant aroma in red wine, Food Chemistry, 2014/142. 242-248 p.
- Rowe, D. J. (2005): Chemistry and Technology of Flavors and Fragrances, Blackwell Publishing, Oxford, 336 p.
- Soltész M. (1998): Gyümölcsfajta-ismeret és –használat, Mezőgazda Kiadó, Budapest 1998
- Soltész M. (1997): Integrált gyümölcsstermesztés, digitális tankönyvtár:
<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/integral/ch21.html>
- Szabados D., Fekete D. (2010): A szőlőbor és különböző gyümölcsborok illatkapcsolatának GC-MS vizsgálata, TDK dolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Szabados D. É. (2010): Gyümölcsborok aromaösszetételének feltérképezése, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Szőllősi D. (2008): A komló és a sör illatkapcsolata, TDK dolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Tóth Z. (2010): Vörösborok aromaösszetételének összehasonlítása, Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Wilson, R. H., Slack, P. T., Appleton, G. P., Sun, L., Belton, P. S. (1992): Determination of the fruit content of jam using Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Food Chemistry 1993/47 303-308 p.
- <http://www.thegoodscentscompany.com>

Melléklet A feketeribizliben és a belőle készült termékekben azonosított aromakomponensek

PTRI	Komponens	Terület %				
		gyümölcs	szörp	vegyes	pálinka	bor
	<i>Terpének és származékaik</i>	28,59	45,42	13,95	7,19	5,53
1054	α -fenchén	0,07			0,05	
1060	kamfén	0,02				
1080	1-acetil-4-metilbicyclo[3.1.0]hexan-3-on		0,07			
1092	β -pinén	0,13				
1101	szabinén	0,12				
1109	α -terpinolén	0,24				
1127	δ -3-karén	6,82			0,04	
1133	β -mircén	0,38				
1140	l-fellandén	0,14	0,05			
1150	izocineol		0,39		0,18	0,19
1154	(+)-m-menta-1,8-dién	0,76	0,92			
1169	m-menta-6,8-dién	0,05				
1172	dl-limonén	0,62	0,80			
1175	5-izoprenil-2-metil-2-viniltetrahydrofuran				0,03	
1183	eukaliptol	0,86	1,71	0,86	0,15	0,11
1189	p-menta-1,5,8-trién	0,05				
1203	α -pinén	0,73				
1214	α -tujén	0,11				
1219	γ -terpinén	0,77	0,86			0,06
1260	α -terpinolén	2,06	1,79			0,03
1267	α -terpinolén		0,23			
1267	izoterpinolén	0,04				
1326	transz-rózsa oxid				0,04	
1336	cisz-rózsa oxid	0,02				

1435	cisz-linalool o xid		1,05		0,36	0,47
1468	transz-linalool o xid		1,11		0,26	0,35
1471	dl-menton		0,90			
1521	4-metilbiklo[3.2.2]nona-3,6-dien-2-on				0,12	
1526	vitispirán			1,43		
1529	(+,-)-(2R,5R)-2,10,10-trimetil-6-metilidén-1-oxaspiro(4.5)dec-7-én			1,57		
1533	linalool			0,96	0,12	
1584	terpinén-1-ol	0,27	2,61		0,06	0,17
1594	d-fenchil-alkohol	0,02			0,05	
1600	exobornil-acetát	0,09			0,05	
1603	4-terpineol	0,74	0,68		2,01	0,88
1623	szantén				0,17	
1625	transz-kariofillén	1,59	0,06		0,05	
1636	eremofilén	0,03				
1640	karvo mentenal	0,54	0,47		0,15	0,05
1645	β -terpineol		2,49			
1650	δ -3-karén			0,86		
1664	kamfén	0,29				
1674	d-pulegon		0,35			
1678	alloaromadendrén	0,12				
1682	citronellil-acetát	0,50				
1684	9,10-dehidro-izolongifolén	0,05				
1691	1,8-mentadien-4-ol	0,08			0,12	
1700	cisz- β -terpineol		1,41			
1701	α -terpineol	1,60	17,15	3,51	0,86	0,49
1704	γ -terpineol	0,43		0,59	0,07	0,19
1704	α -humulén	0,51				
1707	endo-borneol				0,05	
1711	szantén	0,91	0,92		0,27	0,13

1716	karvenon					0,02
1719	2-hidroxi-1,8-cineol					0,26
1722	δ -elemén		5,53			
1725	izoborneol	0,05				
1730	ledén	0,13				
1733	eukarvon	0,27			0,22	
1739	p-menta-1,5-dien-8-ol	0,66				
1752	2,6,6-trimetil-biciklo(3.1.1)heptán-2,3-diol	0,62				
1757	transz-(+)-karveol	0,12				0,02
1762	α -szelinén	0,07				
1767	l-karvon		0,13			0,07
1777	E,E- α -farnézén	0,05				
1783	epoxilinalol		0,16			0,06
1784	kar-3-en-2-on	0,15			0,05	
1785	citronellool	0,32	0,06		0,27	0,08
1786	perilla aldehid					0,01
1792	δ -kadinén	0,08				
1801	fitán	0,05				
1804	δ -szelinén	0,04				
1809	(E,Z,Z)-2,4,6-oktatrién					0,01
1819	γ -szelinén	0,12				
1829	2-karen-10-al	0,30	0,33			0,04
1834	cisz- β -s zantalol		0,28			
1839	1,4,4-trimetil-cisz-biciklo[3.2.0]hept-2-én				0,05	
1852	β -damaszenon	0,70	0,37	3,03	0,09	0,21
1874	para-cimen-8-ol	1,22	0,91		0,13	1,04
1885	exo-2-hidroxicineol	0,37	0,62			0,16
1910	α -ionol				0,07	
1937	α -kalakorén			1,14		

1942	p-ment-1-en-9-ol				0,18	
1973	β -ionon		0,23			
1975	dihidro- β -ionol				0,09	
2018	p-menta-1(7),8(10)-dien-9-ol		0,15			
2027	p-menta-1,8-dien-7-ol	0,08	0,14			0,12
2031	dehidro- β -ionon	0,11				
2047	nerolidol				0,12	
2073	p-menta-1,4-dien-7-ol	0,21	0,37		0,04	0,28
2087	globulol				0,12	
2135	1,4- β -5-trimetil-9-metilénbicyklo[3.3.1]nonan-2-on	0,12				
2143	spatulénol	0,58			0,22	
2179	karvakrol					0,03
2227	(3.alfa.,3a.alfa.,7.alfa.,9a.beta.)-(.-.-)- dekahidro-1,1,7-trimetil-3a,7-metano-3aH-ciklopentaciklookten-3-ol				0,06	
2230	izospatulénol	0,15				
2237	α -kadinol	0,08				
2246	2,3-dihidro-6-transz-famezol				0,03	
2259	1-(2,3,3a,4,5,6,7,8-oktahidro-1-azulenil)-1-propanon				0,12	
2299	megastigmatrienon	0,18	0,12			
2318	transz-famezol				0,07	
	Benzolgyűrűs vegyületek	14,05	8,80	2,48	2,58	19,67
1039	metil-benzol	0,10	0,05			
1152	p-cimén	0,35				
1217	etenilbenzol				0,04	
1243	m-cimén	0,25				0,13
1247	o-cimén	0,92	1,20		0,03	
1263	4-metil-benzolmetanol	0,04	0,10			
1370	1-etil-2-metil-benzol	0,02				
1414	1-metil-2-(2-propenil)-benzol			0,69		

1420	1,2-diklórbenzol			1,79		
1423	metil(1-metiletenil)-benzol	0,97				0,05
1435	1-metil-4-(1-metiletenil)-benzol	4,64	1,95		0,06	0,82
1533	benzaldehyd	0,06	0,07		0,44	0,09
1629	2-(1-metiletil)-fenol					0,03
1644	metil-benzoát	1,54				
1667	benzolacetaldehyd	0,21	0,61			0,02
1692	etil-benzoát	0,48			0,30	
1730	(2,2-diétóxietyl)-benzol				0,08	
1781	etil-fenilacetát					0,19
1808	1-(4-metilfenil)-etanon	0,17			0,07	
1811	metil-szalicilát	0,50	0,94			0,28
1812	fenetil-acetát					0,37
1817	kuminaldehyd	0,04	0,11			
1826	etil-szalicilát				0,24	
1851	kuminalkohol				0,13	
1862	1-(2,4,6-trimetilfenil)buta-1,3-dién	0,12	0,13			
1900	benzil-alkohol	0,28	0,40			0,43
1936	feniletil-alkohol	0,20	0,29		0,26	9,68
1984	1,2,3,5-tetrametil-benzol					0,02
1993	5-(1,2-dimetil-1-propenil)-1,2,3-trimetil-benzol	0,06				
1999	1-(2,3,6-trimetilfenil)-3-buten-2-on	0,06				
2016	4-etilgvajakol				0,56	2,26
2029	2,3-dihidro-2-metil-benzofurán					0,06
2053	4-metoxi-benzaldehyd	0,04				
2096	4-metil-fenol	0,04				
2107	1-[6-hidrox-2-metil-3-(1-metiletil)fenil]-etanon	0,29				
2115	4-(1-metiletil)-benzolmetanol	0,22	0,32			0,15
2138	2,3-dihidro-3,3,5,6-tetrametil-1H-inden-1-on	0,28	0,34			0,18

2140	eugenol	0,49	1,31			0,25
2153	2-etil-fenol				0,27	2,83
2178	izoeugenol	0,09				
2201	2-metoxi-5-vinilfenol	0,23	0,49			0,16
2207	3,4,4a,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-2H-1-benzopirán					0,07
2213	3-(1,1-dimetiletil)-fenol	0,22	0,22			
2222	2-propilfenol					0,52
2240	etil-2-hidroxil-3-fenilpropanoát					0,77
2323	kumarán					0,10
2351	β -feniletil-izovalerát				0,10	
2463	kavikol	1,14	0,27			0,04
2517	etil-vanillát					0,17
	S-tartalmú vegyületek	-	0,84	-	0,21	0,47
1023	tio-hexánsav S-butil-észter					0,29
1221	2-tiofénkarboxaldehid					0,01
1251	dietyl-szulfid				0,19	
1333	2-acetil-5-formiltiofén		0,11		0,02	0,01
1700	metionol					0,11
1752	1-(3-tienil)-etanon		0,73			
1967	3-etyl-4-metil-5-(metiltio)izotiazol					0,02
1971	4-metiltiazol					0,03
	N-tartalmú heterociklusos vegyületek	-	0,21	-	0,28	-
1336	1-etyl-3-metil-2-propilidén-imidazolidin				0,02	
1632	4-acetil-3-metilpirazol		0,07			
1999	7,8-dihidro-1,3-dioxolo[4,5-g]izokinolin-5(6H)-on				0,26	
2126	5,6,7,8-tetrahidro-5-metil-2(1h)-kinolinon		0,14			
	O-tartalmú heterociklusos vegyületek	5,13	20,61	3,33	0,64	3,19
1234	dihidro-2-metil-3(2H)-furanon		0,04			
1429	5-metil-2(3H)-furanon		4,53			0,15

1436	2-furánkarboxaldehid	4,90	12,28	3,33	0,32	2,23
1442	2-furaldehid dietil acetál				0,19	0,13
1445	2-izopropilfurán					0,07
1508	2-acetilfurán	0,12	0,64			0,11
1578	1-hidroximetil-1,2,3-trimetil-ciklopentén					0,04
1584	5-metilfurfural		1,08			0,11
1588	furánkarboxilsav metil-észter	0,11	1,98			
1611	izomaltol					0,06
1617	2-furánkarboxilsav etil-észter				0,13	0,16
1624	2,2'-metilénbisz-furán		0,06			
1958	cisz- β -metil- γ -oktalahton					0,09
2090	2-(1,2-epoxiciklohexil)-1-pentén					0,04
	<i>Naftalinvázak vegyületek</i>	0,16	0,08	-	0,06	0,15
1328	1,2,3,4-tetrahidro-1,1,6-trimetil-naftalin	0,02				
1945	3,4-dimetil-4-hidroxinaftalen-1(4H)-on	0,14	0,08			0,15
2114	7-metil-3,4,5,6,7,8-hexahidronaftalen-1(2H)-on				0,06	
	<i>Észterek</i>	17,55	4,59	43,60	11,09	19,92
960	etil-acetát	0,68	0,81		0,71	
1001	butánsav metil-észter	1,79				
1031	butánsav etil-észter	3,20	1,68		0,52	0,34
1043	2-metil-butánsav etil-észter				0,05	0,06
1055	3-metil-butánsav etil-észter		1,03			0,15
1093	izoamil-acetát				0,37	1,05
1201	hexánsav etil-észter	0,21	0,04		0,52	0,28
1210	butil-izovalerát			0,73	0,03	
1288	etil-laktát					2,00
1375	oktánsav metil-észter	0,03			0,04	
1386	2-hidroxil-3-metil-butánsav etil-észter					0,17
1388	2-hidroxil-butánsav etil-észter	0,25				

1417	oktánsav etil-észter				1,85	0,72
1483	etil-szorbát					1,92
1518	3-hidroxibutánsav etil-észter	0,06				0,09
1554	dietylmalonát					0,12
1598	dekánsav metil-észter				0,07	
1616	butándisav etil-metil-észter					0,49
1657	dekánsav etil-észter	0,07		0,96	4,07	0,13
1678	dietyl-szukcinát				0,24	11,60
1776	etil-glutarát					0,08
1821	dodekánsav metil-észter				0,07	
1865	dodekánsav etil-észter			2,43	1,35	
1887	3-metilbutil-dekanoát				0,11	
1898	2-metilpropánsav 2-etil-3-hidroxihexil-észter	0,45				
1916	etil 3-metilbutil-butándioát				0,04	
1934	etil (E,E)-2,4-dekadienoát				0,03	
2062	izopropil-mirisztát	0,09		2,00	0,04	
2067	tetradekánsav etil-észter			1,93	0,13	
2224	hexadekánsav metil-észter	1,05		5,07		
2256	etil-palmitát	1,28	0,08	5,07	0,07	
2272	etil-9-hexadecenoát				0,03	
2351	dietyl-ftalát	0,62	0,19			
2396	oktadekánsav metil-észter	0,27				
2400	trietyl-citrát					0,72
2420	metil-oleát	0,27				
2425	oktadekánsav etil-észter	0,77		4,65		
2441	etil-oleát	0,33				
2452	(E,E)-9,12-oktadekadiénsav metil-észter	0,43				
2487	izobutil-ftalát	1,45	0,28	20,76	0,30	
2503	metil-linolenát	0,62				

2529	etil-linolenát	0,60			0,45	
2556	eikozánsav metil-észter	0,81				
2581	eikozánsav etil-észter	0,99				
2603	butil-2-etilhexil-ftalát	1,00	0,48			
2704	dokozánsav metil-észter	0,23				
	<i>Gyűrűs alkoholok, aldehidek, ketonok</i>	-	0,35	-	-	0,29
1078	2-metoxi-7,7-dimetil-biciklo[2.2.1]hept-2-én					0,03
1201	3-hidroxi-2-(2-metil-1-propenil)-2-ciklopentén-1-on					0,02
1313	3-metil-ciklohexanon		0,06			
1445	4,4-dimetil-2-ciklopenten-1-on					0,22
1609	1-(1,4-dimetil-3-ciklohexen-1-il)-etanon		0,29			
1802	(1S-exo)-5,5-dimetil-6-metilén-biciklo[2.2.1]heptan-2-ol					0,02
	<i>Nyílt láncú alkoholok, aldehidek, ketonok, acetálok</i>	3,04	5,28	9,16	68,48	24,14
942	2-propanon		0,08			
956	1-etoxi-1-metoxi-etán				0,31	
966	2-butanon	0,20	0,39			
968	dietyl acetál				13,45	
972	3-metil-butanal	0,09	0,21			
975	2-metil-butanal				0,05	
1015	2-butanol	0,20	0,31			
1025	2-metil-3-buten-2-ol	0,24			0,15	0,02
1059	2-metil-1-propanol	0,02	0,05		0,92	0,28
1060	1,1-dietoxi-3-metil-bután				0,42	0,04
1063	2-hexanon			2,03		
1066	hexanal	0,14				
1066	2-etoxi-propán					0,17
1076	2-metil-2-butenal	0,16	0,11			0,04
1079	2-pentanol	0,05			0,08	
1080	3-metil-2-butanol					0,03

1094	3-penten-2-on			2,82		0,05
1102	1-butanol	0,04			0,05	
1163	izoamil-alkohol	0,55	0,79		51,20	22,53
1169	2-hexanol			1,46		
1189	4-etoxi-2-pentanon					0,19
1207	1-pentanol	0,08				
1212	3,3-dietoxi-2-butanon				0,40	
1230	3-hidrox-2-butanon					0,07
1262	3-pentén-2-ol					0,02
1270	1-propoxi-pentán					0,30
1283	2-heptanol		0,04		0,07	0,02
1285	2-metil-2-buten-1-ol	0,11	0,04		0,04	
1308	1-hexanol	0,18	0,90	0,93	0,50	0,06
1320	3-(1-hidroxietilidén)-5-metil-4-hexén-2-on					0,02
1335	(E)-3-hexén-1-ol		0,03			
1358	3-oktanol				0,03	
1358	3-metoxi-1-butanol	0,06				
1359	(Z)-3-hexén-1-ol	0,02	0,94	1,16	0,08	0,02
1383	nonanal	0,16	0,75	0,76	0,03	
1427	1-heptanol				0,12	
1518	2,6-dimetil-4-heptanol					0,28
1558	n-oktanol	0,05			0,25	
1672	1-nonanol	0,06			0,14	
1749	(E)-3,4,4-trimetil-2-pentenal		0,64			
1769	1-dekanol				0,09	
1843	transz,transz-2,4-dekadienal	0,08				
2343	1-hexadekanol				0,10	
2515	1-oktadekanol	0,33				
2657	17-oktadecenal	0,22				

	<i>Nyílt láncú savak</i>	6,83	2,83	4,55	-	18,33
1406	ecetsav					0,16
1541	2-metil-propánsav					0,32
1654	3-metil-butánsav					0,90
1682	butánsav		0,67			0,44
1916	hexánsav		1,23			0,50
1947	2-etil-hexánsav					0,09
2121	szorbinsav					14,00
2131	oktánsav	0,17	0,14			1,58
2223	nonánsav		0,79	2,42		
2317	dekánsav	0,20		2,13		0,34
2645	mirisztinsav	0,38				
2806	palmitinsav	4,70				
3012	linolsav	1,38				
	<i>Szénhidrogének</i>	14,78	4,54	1,42	1,08	0,28
940	metil-ciklohexán	0,33	0,67		0,25	
1221	3,7-dimetil-1,3,7-oktatrién	0,45				
1271	6-metil-1-heptén					0,06
1398	cisz-3,5-dimetil-1,6-oktadién	0,26	0,12			
1442	4-metil-2,6-oktadién	9,72	0,89			
1480	3-metil-ciklohexén				0,03	
1510	1,2,3-trimetil-ciklopentén				0,05	
1630	1,2-ciklononadién					0,13
1835	3-etilidén-1-metil-ciklopentén		0,26			
1856	trimetil-1,3-ciklopentadién		0,43			
1868	1-metiladamantán	0,29				0,05
2039	2,5,6-trimetil-1,3,6-heptatrién	0,10				
2103	2-(1,2-epoxiciklohexil)-1-pentén				0,04	0,04
2119	heneikozán		0,05			

2170	ciklotetradekán			1,42	0,12	
2295	trikozán	0,19	0,76			
2457	pentakozán	0,43	0,90			
2471	1-doko zén		0,26			
2507	1-okatdecén				0,59	
2608	heptakozán	1,17	0,20			
2666	1-oktadecén	0,64				
2681	oktakozán	0,08				
2748	nonakozán	0,96				
2857	transz-szkvalén	0,16				