



Vékey Károly–Lőrincz György–Harangi János

■ MTA Kémiai
Kutatóközpont

■ St. Andrea Szőlőbirtok

■ Pannon Egyetem
Műszaki Informatikai Kar

Elválasztástechnikai és tömegspektrometriás módszerek alkalmazása a borok vizsgálatában

A bor története egyidős az emberiség történetével. A görög és római mitológiában a szőlőnek és bornak külön istene van, a biblia is említést tesz a szőlőtermelőről, a víz borrá változtatásáról. A bor szerepe a történelem során alig változott, és mind a mai napig fontos élelmiszer-ipari termék. A borra is vonatkoznak az élelmiszer-ipari minőségi előírások és az érvényben lévő bortörvény [1], a minőség-ellenőrzésre vonatkozóan pedig számos szabvány ad útmutatást. A legfőbb minőség-ellenőrző természetesen a fogyasztó. A borok minősége számos nem vizsgált tényezőtől is függ, aminek a hatása csak kóstolással állapítható meg. Ez a vizsgálati módszer azonban szubjektív, bár vannak ajánlások a borminősítés egységesítésére [2], mégis a borkóstolás adja meg a végső minősítést.

Mi a célja az elválasztástechnikai és tömegspektrometriás elemzéseknek?

A bor nagyszámú komponens tartalmaz a szabványok által előírt vizsgálandó komponenseken kívül. Nyilvánvalóan a teljes analízis lehetetlen, de a komponensek egy adott csoportjára vonatkozó vizsgálat fontos információkat nyújthat. A jó minőségű bor a szőlő termelését és a bor készítését összesítve komoly értéket képviselhet. Az érték megőrzése, azaz a minőség megtartása indokolhatja a szabványokon kívüli vizsgálatokat. A bor minőségének készülékes vizsgálata a borkóstoláson túl pontos értékekkel jellemezhető adatokkal szolgál, ami a reprodukálhatóság, a bor azonosságának mértéke is lehet. Ilyen komponenscsoportot alkothatnak az illó komponensek, amelyek felelősek a bor illatáért; a savak összetétele, ami a bor ízének egyik fontos jellemzője; vagy a színyanyagok csoportja, ami a bor színén túl sok esetben az ízt is befolyásolhatja.

A minőség adatokkal történő jellemzése egyben azt is jelentheti, hogy a minőség fejlesztését, a technológiának a minőséget befolyásoló változtatását nyomon lehet követni, a bekövetkező minőségi változás okát és mértékét meg lehet adni. A bor íze, összetétele lényegesen megváltozik a tárolás során, még palackos tárolás esetén, levegőtől elzárva is. Az öregedés legtöbb esetben

lényeges minőségromlást eredményez, ennek okait megismerve a bor minőségének megőrzésére megnövekszenek az esélyek. Ma már számos szőlész-borász szakember szeretné jellemezni és értelmezni a bor tulajdonságait mérhető paraméterekkel, és javítani a bor érzékelhető tulajdonságait az élvezeti érték növelésével, javítani a bor minőségét az érzékelést nem befolyásoló hasznos, fontos komponensek természetes úton való dúsításával.

Az elválasztástechnikával és tömegspektrometriával foglalkozó kutatók számára pedig kihívás, a kutatói kíváncsiság tárgya, hogy a bort alkotó nagyszámú komponens közül minél többet meghatározzanak, segítve persze ezzel a borászok által is megfogalmazott kívánságok teljesítését. Ennek megfelelően a borok összetételét és a komponensek szerkezetét tárgyaló publikációk nagy számban jelentek meg, ezek közül válogatunk, hogy bemutassunk néhány izgalmas alkalmazást és eredményt.

Elválasztástechnikai és tömegspektrometriás eszközök és módszerek az élettani és élvezeti hatásokért felelős komponensek meghatározására a borelemzésekben

Mint minden más esetben, a borok esetében is az elemzendő komponensek határozzák meg az alkalmazandó mérés technikát.

Követve a borkóstolás lépéseit, vizsgáljuk először a bor illatát, vagyis az illékony komponenseket.

Illó komponensek a borban

Az illó komponensek meghatározásához a mintavételre több lehetőség is van. Szerencsére, lévén a bor homogén folyadék, a homogenizálással kapcsolatban nincs feladat.

Az illó komponenseket ki lehet nyerni magas hőmérséklet alkalmazásával a gőztérből [3]. Ennek a módszernek az előnye, hogy bizonyosan nincs veszteség az illó komponensekben. A nagy mennyiségben jelen lévő etilalkohol biztosan nehézséget okoz, főként az alacsony forrponútú illó komponensek meghatározásában.



Alkalmazható a folyadék-folyadék extrakció az illó komponensek kinyerésére is [4]. A hivatkozott esetben az extrakció diklórometánnal történt, a megfelelő idejű extrakciót követően a mintát lehűtik ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), így a vizes fázis kifagy és könnyen elkülöníthető a szerves fázistól anélkül, hogy az illó komponensekből lényeges veszteség keletkezne. Külön feladat a szerves fázis betöményítése olyan módon, hogy az illó komponensek ne távozzanak a szerves oldószerral.

Az illó komponensek szilárd fázisú mikroextrakcióval (SPME) történő kinyerése egyre elterjedtebb [5,6,7]. Ezzel kapcsolatban hosszan tartó vita bontakozott ki, hogy a szilárd fázisú mikroextrakció mennyiben jelent egyes komponensekre dúsítást, és mennyire reprodukálható, de egyszerű kivitelezése és jó automatizálhatósága a módszert általánosan elfogadottá tette. Érdeemes megemlíteni, hogy az igen népszerű SPME módszer borászati alkalmazásának magyarok voltak az úttörői [8,9,10,11].

Az illó komponensek elemzését el lehet végezni a bor közvetlen, változatlan felhasználásával is minden előzetes kezelés nélkül [12,13]. Ebben az esetben az illó komponensek az általánosan használt gázkromatográf injektorában párolognak el, a nem illók az injektorban maradnak. A nagy mennyiségben jelen lévő etilalkohol elemzési nehézséget jelenthet ennél az eljárásnál is.

Gázmintát lehet venni a bor gőzteréből lezárt borospalack esetében is a bor feletti térből [9]. A palackozott bor esetében a dugót átszűrve a bor feletti légtérből közvetlenül lehet gázmintát venni. Ez a módszer ugyan nehézkes, de steril eszközök használata esetén a palackban lévő bor minőségét nem befolyásolja. A mintavételezés történhet akár szilárd fázisú mikroextrakciós eszközzel is.

Az illó komponensek meghatározását gázkromatográffal szokás végezni. Legtöbb esetben kellő hosszúságú (50 m) metilszilikon fázissal rendelkező kapilláris oszlop megfelelő a komponensek elválasztására. A tipikus kromatográfias paraméterek a következők: $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ indulási hőmérséklet, a hőmérséklet-program $5\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{perc}$, a végső hőmérséklet $240\text{--}280\text{ }^{\circ}\text{C}$, amit további $5\text{--}10$ percig tartva a későn eluálódók is távoznak az oszlopról. Ennek megfelelően az elemzési idő $25\text{--}60$ perc. Különleges esetekben, amikor a komponensek nagy száma ezt igényli, ennél hosszabb oszlop is szükséges lehet, de ekkor számolni kell az elemzési idő lényeges növekedésével. Más álló fázis is szóba jöhet az elemzéshez, ha olyan komponensek elválasztása a feladat, amely komponensek együtt eluálódnak az apoláris állófázisról. A kétdimenziós gázkromatográfia pedig extrém nagy felbontást és csúscapacitást eredményez [14].

A detektálás azonban már érdekes feladat. Az emberi orr érzékenysége bizonyos vegyületekre (például kéntartalmú komponensekre) nagyságrendekkel jobb, mint a legérzékenyebb gázkromatográfias detektor. Az illat- és aromakomponensek elem-



zését ezért el lehet úgy is végezni, hogy az oszlopról eluálódó vívógázt a komponensekkel együtt kettősztjuk, és ez egyik ágon egy tömegspektrométer, a másik ágon pedig egy olfaktometriás (szaglószervi érzékelést biztosító) detektor helyezkedik el [15,16]. A komponensek szaglószervi érzékelését természetesen nagyon gyakorlott, különleges képességű szakemberek végzik, az érzékelt illatkomponens jellegzetességét megadják, és egy potenciométerrel jelzik az illat intenzitását. A „ké-

zi” kromatogramot ezután össze lehet vetni a tömegspektrométer által szolgáltatott adatokkal, szerkezeti információval. A tölgyfa hordós érlelés (barikolás) jellegzetes illatot ad a bornak, az ezért felelős komponensek (gvajakol, hexanal, *transz*-2-nonenal, *transz*-tölgyfa-lakton, *cisz*-tölgyfa-lakton, eugenol, vanilin és *transz*-izoeugenol, esetenként furfural, 4-metilgvajakol és *cisz*-izoeugenol) jól meghatározhatók az említett eljárással, a szaglószervi észlelés során lehet meghatározni a „faillat”, a tömegspektrométer pedig azonosítja a szerkezetet.

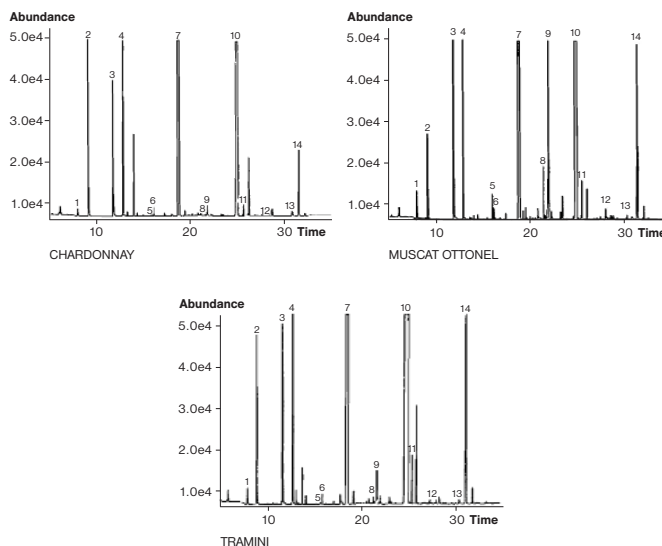
A komponensek minőségi elemzését tömegspektrométer erősítheti meg. A tömegspektrometria alkalmazásának előnye, hogy lehetővé válik a borban található nagyszámú, részben átfedő kromatográfias csúcsot adó komponens molekulatömeg alapján történő szétválasztása és azonosítása, továbbá ezek szerkezetének meghatározása. A szerkezetazonosítás részben ismert standard vegyületekkel való összehasonlítással, részben spektrumkönyvtár felhasználásával, részben pedig a tömegspektromok elemzésével történhet.

A borok illékony komponenseinek jellemzésére az irodalomban sok száz közlemény található. A lehetőségek szemléltetésére bemutatunk egy példát. Három különböző típusú bor illatanyagait vizsgáltuk csatolt szilárd fázisú mikroextrakció – gázkromatográfia – tömegspektrometria (SPME–GC–MS) technika segítségével [8]. A kromatogramban észlelt csúcsok az egyes komponenseket, a csúcsintenzitások ezek mennyiségét jelzik. A kromatogramokban számmal jelöltük a meghatározó illatanyagokat – jól látszik, hogy ezek nem minden esetben nagy intenzitású csúcsok. Bár az **1. ábrán** (a limitált felbontás miatt) csak az intenzív csúcsok látszanak, kis intenzitással, jól reprodukálhatóan mintegy száz további komponens is észleltünk.

Az **1. ábra** jól mutatja, hogy a különböző borfajták kromatogramja (melyet „aromagram”-nak is nevezhetünk) egymástól jelentősen eltér – számos komponens esetén a koncentrációbeli eltérés a tízszerest is meghaladja. Ez biztató, bár önmagában nem meglepő eredmény, hisz a borok illata is eltérő. A kromatogram előnye, hogy az illatot pontos, számszerű, objektíven és reprodukálhatóan meghatározott értékekkel jellemzi.

Miután a borok illatanyagait sikeresen jellemeztük a bemutatott SPME–GC–MS kromatogramokkal, megvizsgáltuk, hogy mi a különbség ugyanazon típusú, de különböző eredetű borok il-

1. ábra. Chardonnay, Muscat Ottonel és Tramini borok illékony komponenseinek SPME–GC–MS kromatogramja ([8] alapján)





latanyagai között. Azonos évjáratú egri, mátrai, villányi és trenói (Olaszország) Muscat Ottonel típusú borokat vizsgáltunk. Megállapítottuk, hogy az azonos típusú, ugyanazon régióban, hasonló fermentációs eljárással készült borok illatanyagai (ill. ezek mintázata) egymással szoros hasonlóságot mutatnak – az egyes illatkomponensek koncentrációja mintegy 10%-on belül mozog. A különböző régiókból származó borok illatanyagai ennél jóval nagyobb, sok esetben 100%-nál is nagyobb mértékben eltérnek. Az itt bemutatott GC–MS technikát a fermentációs folyamat nyomon követésére is jól tudjuk alkalmazni [11]. A GC–MS technikán alapuló jellemzés mind a minőségbiztosításban, a borászati technológiában, mind pedig az eredetvédelemben jól használható.

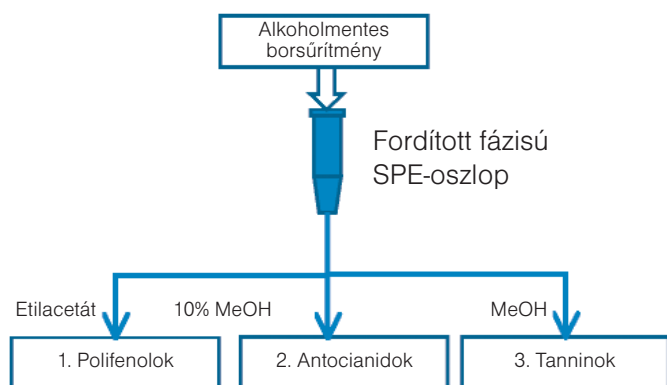
A borkóstolás következő lépése a szín vizsgálata – gyertyafény helyett most az erre alkalmas mérőeszközökkel végezzük el az elemzést.

Színanyagok

Azt gondolhatnánk, hogy csak a vörösborok és legfeljebb a rozé borok esetében van jelentősége a színanyagoknak. Az antocianinok és glikozidszármazékaik felelősek a jellegzetes színért. Ezek nem illó, színes komponensek, elemzésüket nagy teljesítményű folyadékromatográffal végezzük. A fehér borok esetében a flavonoidok és glikozidszármazékaik idézik elő a színeket. A fenolos komponensek is jelen vannak, ha nem is olyan mennyiségben, mint a vörösboroknál [17].

Ha a vizsgálandó komponens elegendően magas koncentrációjú, akkor a bor elemezhető közvetlen mintabevitelrel is, mintaelőkészítés nélkül [18].

A színanyagok meghatározásához általában minta-előkészítésre van szükség. A leggyakrabban használt minta-előkészítés



2. ábra. A minta-előkészítés fő lépései a színanyagok elemzéséhez

alapsémáját a **2. ábra** mutatja [19,20,21]. Ezt a módszert több változatban használják a borok elemzésében az egyes frakciók további frakciókká bontásával finomítva az előkészítést.

A szín elemzésére elvileg több módszer is rendelkezésre áll. A Folin–Ciocalteu-reagens felhasználásával a fenolos komponensek fotometriásan meghatározhatók [22]. Ennél a módszernél természetesen az összes polifenolszármazékot együttesen lehet meghatározni, a módszer galluszsav-ekvivalens értékben adja az eredményt. Az elemzésnek ki kell terjednie a színanyagok komponenseinek meghatározására is, aminek manapság a legelterjedtebb eszköze a folyadékromatográfia (HPLC). A HPLC-mérést számos körülmény befolyásolja (pH, a borok szokásos kezelésé-

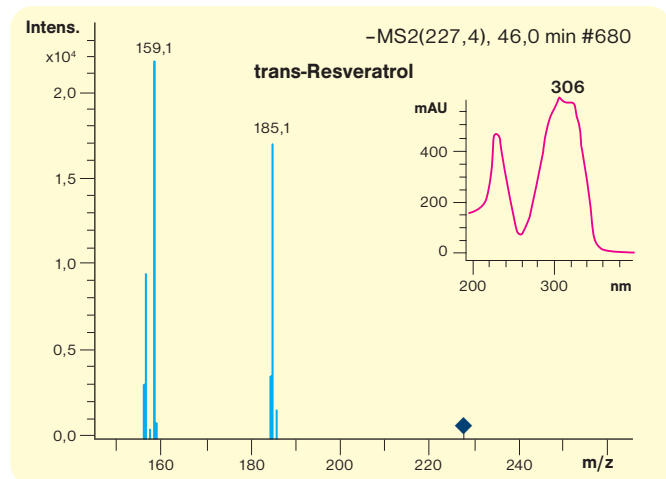
nek kén-dioxid-maradék). A komponenseket ezzel a módszerrel lehet legnagyobb hatékonysággal elválasztani. Az UV-spektrumok, valamint tömegspektrometriás módszerek segítségével a komponensek minőségileg és mennyiségileg meghatározhatók, így más módszerekhez képest ez adja a legtöbb információt a borok színanyagainak meghatározásához [23]. A HPLC-s elemzést általában fordított fázisú oszlopon szokás végezni, a színanyagkomponenseket diódasoros detektor segítségével rendszerint 280 és 520 nm-en detektáljuk. A diódasoros detektor elviekben lehetőséget ad az egyes komponensek UV-látható spektrumának felvételére is, de a színért felelős komponensek nagyon hasonló (az aromás rendszer által meghatározott) spektrummal rendelkeznek. Ezért UV-spektrumkönyvtár létrehozása és felhasználása a komponensek azonosításra csak nagyon korlátozott lehetőség, UV-elemzéseket jellemzően a tömegspektrometriás módszerek elterjedése előtt végeztek [24]. Minden esetben gradiens-elúciót alkalmazunk, az eluens vizes-metanolos vagy vizes-acetonitriles rendszer a fenolos OH-csoport disszociációjának visszaszorítására a pH-t 2-3 értéken tartva (legtöbb esetben foszforsavval).

A gázkromatográfiával analóg módon a HPLC-t is gyakran összekapcsolják tömegspektrometriával. Ez a kapcsolat hasonló előnyökkel jár, mint amit a GC–MS esetén említettünk: a tömegspektrometria az egyes komponensek azonosítását és tömegszerinti szétválasztását is lehetővé teszi. Ez utóbbi különösen fontos komplex keverékek, így a bor vizsgálata esetén [25]. Mivel a molekulatömeg és a retenciós idő alapján a legtöbb komponens jól elválasztható, a HPLC–MS technika az egyes komponensek kvantitatív meghatározását is megkönnyíti. A módszer jól használható fajta, eredet (termőhely) és évjárat meghatározására [26].



A tömegspektrometria speciális változata a tandem tömegspektrometria (MS–MS), mely szintén jól kapcsolható kromatográfiához. Ez a szelektivitást tovább növeli, és vegyülettípusok analizését is lehetővé teszi. Ennek érdekes hazai példája: Abrankó László és munkatársai speciális, HPLC–MS–MS (MRM) módszert dolgoztak ki különböző flavonoid aglikonok meghatározására [27].

A tömegspektrumok és az UV-spektrumok együttes felhasználására is van lehetőség, ebben az esetben a komponens azonosítása a retención túl két spektrális tulajdonsággal is megerősítést kap (3. ábra) [28].



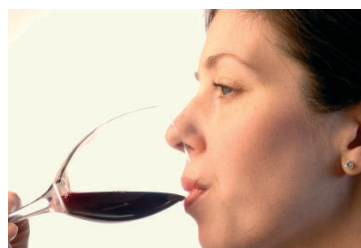
3. ábra. A trans-rezveratrol UV- és MS-MS-spektruma

A szín változik a tárolás és érés során, a bor öregedik, amit először az élénkörös szín mélyülése, majd barnás árnyalatúvá válása jelez [29]. Ha a bort oxigén kizárásával tárolják (palackban), akkor a színyanyagok a bor típusától, a bor többi komponensétől függően különböző sebességgel bomlanak [30]. A hordós tárolás, ami több-kevesebb oxigén jelenlétét feltételezi, a színyanyagokban (és ezzel párhuzamosan az ízanyagokban is) az oxigénmentes tároláshoz képest eltérő változást okoz. A polifenolok mennyisége megnő, és a változás jelentős mértékben függ attól is, hogy a hordó anyagát képező tölgyfa honnan ered [31].

A színyanyag összetétele ujjlenyomatszerűen alkalmazható a borok azonosítására statisztikai eszközök felhasználásával [32,33], erre számos más példát is találhatunk a nagyszámú, borelemzéssel kapcsolatos irodalomban.

A borkóstolás az ízeleléshez érkezett. Az ízek elemzése mérőeszközökkel szinte lehetetlen, és itt nemcsak detektálási problémák vannak, hanem az ízerzet összetettsége gyakorlatilag kizárja a pontos mérést. A sokszor kellemetlen mellékízek okozójának megtalálása azonban már gyakori feladat, ebben sokat segíthetnek a mérőeszközök.

Ízanyagok, mellékízek



Az ízek fontosságát nagyon jól jelzi, hogy a sörökhöz hasonlóan létezik alkoholmentes bor is [34], ami kísérleti jelleggel készült tokaji hárslevelűből. A valóságban a bor élvezeti értékéhez az alkoholtartalom jelentős

mértékben hozzájárul, nem várható tehát, hogy az alkoholmentes bor széles körben elterjed.

A borok, különösen a vörösborkok ízerzetét jelentősen befolyásolják a tanninok. Az ízerzet és a tanninok közötti összefüggéseket vizsgálva megállapították, hogy keserű, húzós ízek kialakulása a bor érése során több komponens átalakulásának eredménye. [35]

A penészesedés sajnos gyakran előforduló betegség a szőlőkben. A *Botrytis cinerea* fertőzés például nemkívánatos „föld” mellékízt eredményez, ami a gomba által termelt vegyületekre (geozmin, metil-izo-borneol, 1-oktén-3-ol, fenchon és fenchol) vezetető vissza [36].

Polifenolok, rezveratrol

A polifenolok élettani szempontból a bor legfontosabb alkotórészei közé tartoznak. A *transz-rezveratrol* és glükozidszármazéka (a *transz-piceid*) azzal került a figyelem középpontjába, hogy bizonyosodott egészségvédő antioxidáns hatása [37,38]. Szükségessé vált tehát, hogy ezeknek a fenol típusú komponenseknek a gyors, rutinszerűen használható meghatározására külön módszer álljon rendelkezésre [18,39].

Bizonyított, hogy vörösborkor mérsékelt fogyasztása csökkenti a plazma LDL-aggregációját, megnövekszik az antioxidáns tulajdonságú flavonoidok és polifenolok koncentrációja, ami csökkenti az LDL oxidációját [40], mindezek csökkentik az erek falán történő koleszterintartalmú plakkok kialakulását, az infarktus kockázatát.

Hamisítás, eredetvizsgálat

A bor hamisítása valószínűleg a bor készítésével egyidős. A hamisítás széles skálát jelenthet az egyszerű hígítástól a meg nem engedett adalékok hozzáadásán át a teljesen mesterséges, „tablettás” borig (ez utóbbi esetben a hamisított bornak semmilyen szőlőeredete nincs). A legtöbb hamisítást a borászok borkóstoláskor felismerik, de ezt érdemes objektív módszerrel is megerősíteni. Van azonban olyan hamisítás, amit csak műszeres vizsgálattal lehet felfedni, ez leginkább az eredet hamisításához kapcsolható. Alkalmos módszer például a borok illóanyag-összetételének megváltozását detektáló sokkomponensű rendszer elemzése [9]. Azt nyilvánvalóan jól ki lehet mutatni, ha a „bor” mesterséges aroma felhasználásával készült, de annak a kimutatása sem jelent nagy nehézséget, ha a bort „javítási” céllal kezelik mesterséges aromával, adalékkal.

Összefoglalás

A dolgozatban megpróbáltunk áttekintést adni arról, hogy a szabványos borelemzési eljárásokon túl a műszeres analitikai kémia, azon belül is az elválasztástechnika és az azzal kombinált tömegspektrometria számos esetben segítséget, támogatást tud adni a borok minőségének meghatározásához.

Elemezni lehet a borok illóanyag-összetételét GC- és GC–MS-módszerrel, ami az illat meghatározásában segít. Ez utóbbiban az illó komponensekre vonatkozóan az MS-spektrumkönyvtárak használatával a retenciót is figyelembe véve az illó komponensek összetétele nagy biztonsággal meghatározható. Jól elemezhetőek a színyanyagok (antocianinszármazékok, flavonoidvegyületek) HPLC és HPLC–MS segítségével. A színyanyagok és az ízelet befolyásoló tanninok elemzése, a komponensek előfordulásának gyakorisága, azok aránya összefüggésbe hozható a borok fajtájával, termőhelyével, a borok kezelésével. Bár a GC–MS-



rendszerekkel ellentétben a HPLC–MS esetében nem áll rendelkezésre általánosan használható spektrumkönyvtár, a tömegspektrometria nagy segítséget ad a szín- és ízkomponensek azonosításában.

Mindezek együttvéve segítenek a borászoknak a borok minőségének ellenőrzésében, objektív mérőszámokkal történő jellemzésében és a minőség javításában.

A legjobb elválasztástechnikai és tömegspektrometriai eszköz és módszer sem helyettesítheti azonban a borok érzékszervi elemzését, a legfontosabb vizsgálatot, még akkor sem, ha az szubjektív, mert minden bort kóstoló (és fogyasztó) személynek más az ízlése – ezért is van a világon annyi különböző jó bor. ●●●

IRODALOM

[1] 2004. évi XVIII. törvény a szőlőtermesztésről és borgazdálkodásról.
 [2] Sztanew B, Dr. Kendéné T.M., Borkedvelők kézikönyve, Alinea Kiadó, 2002.
 [3] Grosch, W., Chem. Senses (2001) 26, 533–545.
 [4] Rocha, S. M., Coutinho, P., Coelho, E., Barros, A. S., Delgado, L., Coimbra, M. A., LWT – Food Sci. Technol. (2010) 43, 1508–1516.
 [5] Canuti, V., Conversano, M., Calzi, M. L., Heymann, H., Matthews, M. A., Ebeler, S. E., J. Chromatogr. A (2009) 1216, 3012–3022.
 [6] Cabaroglu, T., Selli, S., Kafkas, E., Kurkcuoglu, Canbas, A., Baser, K. H. C., Chem. Nat. Comp. (2005) 41 (4) 382–384.
 [7] Vas, G., Vékey, K., J. Mass Spectrom. (2004) 39, 233–254.
 [8] Vas, G., Kóteleky, K., Farkas, M., Dobó, A., Vékey, K., Am. J. Enol. Viticult. (1998) 49 (1), 100–104.
 [9] Vas, G., Gál, L., Harangi, J., Dobó, A., Vékey, K., J. Chromatogr. Sci. (1998) 36, 505–510.
 [10] Vas, G., Lőrincz, G., Acta Alimentaria (1999) 28 (1), 95–101.
 [11] Vas, G., Blechschmidt, I., Kovács, T., Vékey, K., Acta Alimentaria (1999) 28 (2), 133–140.
 [12] Peinado, R. A., Moreno, J. A., Munoz, D., Medina, M., Moreno, J., J. Agr. Food Chem. (2004) 52 (21), 6389–6393.
 [13] Villen, J., Sensorans, F. J., Reglero, G., Herraiz, M., J. Agr. Food Chem. (1995) 43 (3), 717–722.
 [14] Culleré, L., Ferreira, V., Cacho, J., Food Chem. (2011) 127, 1397–1403.
 [15] Díaz-Maroto, M. C., Emilia Guchu, E., Castro-Vázquez, L., de Torres, C., Pérez-Cuello, M. S., Flavour Fragr. J. (2008) 23, 93–98.
 [16] Sun, S. Y., Jiang, W. G., Zhao, Y. P., Flavour Fragr. J. (2010) 25, 206–213.
 [17] Darias-Martín, J. J., Cristina Andrés-Lacueva, C., Díaz-Romero, C., Lamuela-Raventós, R. M., Eur. Food Res. Technol. (2008) 226, 871–876.
 [18] Márk, L., Nikfardjam, M. S. P., Avar, P., Ohmacht, R., J. Chromatogr. Sci. (2005) 43, 445–449.
 [19] Lee, J. H., Johnson, J. V., Talcott, S. T., J. Agric. Food Chem. (2005) 53 (15), 6003–6010.
 [20] Sun, B., Leandro, M. C., de Freitas, V., Spranger, M. I., J. Chromatogr. A (2006) 1128, 27–38.
 [21] de Villiers, A., Lynen, E., Crouch, A., Sandra, P., Chromatographia (2004) 59, 403–409.
 [22] Singleton, V.L., Rossi, J. A. Jr., Am. J. Enol. Viticult. (1965) 16 (3), 144–158.
 [23] Versari, A., Boulton, R. B., Parpinello, G. P., Food Chem. (2008) 106, 397–402.
 [24] Chilla, C., Guillén, D. A., Barroso, C. G., Pérez-Bustamante, J. A., J. Chromatogr. A (1996) 750, 209–214.
 [25] Lazarus, S. A., Adamson, G. E., Hammerstone, J. F., Schmitz, H. H., J. Agr. Food Chem. (1999) 47 (9), 3693–3701.
 [26] Leonhard, J., Kathrin, S., Reinhard, E., Rak, G., Abranko, L., Koellensperger, G., Hann, S., Food Chem. (2010) 122 (1), 366–372.
 [27] Rak, G., Fodor, P., Abranko, L., Int. J. Mass Spectr. (2010) 290 (1), 32–38.
 [28] Sun, J., Liang, E., Bin, Y., Li, P., Duan, C., Molecules (2007) 12, 679–693.
 [29] Del Alamo Sanza, M., Domínguez, I. N., Anal. Chim. Acta (2006) 563, 255–263.
 [30] Monagas, M., Gómez-Cordovés, C., Bartolomé, B., Eur. Food Res. Technol. (2005) 220, 607–614.
 [31] Hernández, T., Estrella, I., Dueñas, M., de Simón, B. E., Cadahía, E., Eur. Food Res. Technol. (2007) 224, 695–705.
 [32] Gómez-Ariza, J. L., García-Barrera, T., Lorenzo, F., Anal. Chim. Acta (2006) 570, 101–108.
 [33] Gambelli, L., Santaroni, G. P., J. Food Compos. Anal. (2004) 17, 613–618.
 [34] Takács, L., Vatai, G., Korány, K., J. Food Eng. (2007) 78, 118–125.
 [35] Vidal, S., Francis, L., Noble, A., Kwiatkowski, M., Cheynier, V., Waters, E., Anal. Chim. Acta (2004) 513, 57–65.
 [36] Morales-Valle, H., Silva L. C., Paterson R. R. M., Venâncio A., Lima N., Food Microbiology (2011) 28 (5), 1048–1053.
 [37] Frémont, L., Life Sci. (2000) 66, 663–673.
 [38] Frankel, E. N., Waterhouse, A. L., Kinsella, J. E., Lancet (1993) 341, 1103–1104.
 [39] Nikfardjam, M. S. P., Márk, L., Avar, P., Figler, M., Ohmacht, R., Food Chem. (2006) 98, 453–462.
 [40] Aviram, M., Fuhrman, B., Ann. NY Acad. Sci. (2002) 957, 146–161.

A borok összetevői és ízvilága

A bortermelők, borfogyasztók és a tudományos kutatás egységesen egyetértenek abban, hogy a termőhelynek jelentős szerepe van a megtermelt bor kémiai alkotórészeinek képződésében, a köztük fennálló arányok és a bor általános ízbenyomásának kialakulásában. Abban már sokkal kisebb az egyetértés, hogy az úgynevezett klimatikus (éghajlati) és edafikus (talaj-közet) faktorok hatása közül melyik a meghatározó vagy a hangsúlyosabb. És noha egyetlen figyelmes bortermelő és borfogyasztó sem tagadhatja, hogy ugyanazon szőlőfajta, ugyanolyan termesztéstechnológiai paraméterek mellett, különböző termőhelyeken – terroir-okon – jelentősen különböző borokat terem, a tudomány még kevésbé kutatta azokat az okokat, amelyek miatt a különböző termőhelyeken termett borok alkotórészeiben és azok arányaiban érezhetően különböznek. Ennek a kutatási hézagnak köszönhetően nem létezik olyan egységes, összefoglaló koncepció, amely leírná a környezeti faktorok és a bort létrehozó kémiai folyamatok közötti egyértelmű összefüggést. Emiatt a környezet és a bor kémiai összetétele közötti kapcsolatot gyakran szórványos, elszigetelt megfigyelésekből, mérésekből tudjuk rekonstruálni, köztük olyan „nem tudományos” megfigyelések gazdag sorozatából, amelyek nem tudományos méréseken, hanem organoleptikus (érezkszervi) észleléseken alapulnak.

A problémát tovább nehezítik az ampelológiai-önológiai kísérletezéssel járó nehézségek: a szőlőtermelés és borkészítés sokváltozós függvényrendszerében nagyon nehéz olyan kísérleti rendszereket felállítani, ahol az összes változó egy kivételével azonos és így kiszűrhető és mérhető annak az egyetlen változónak az egyértelmű hatása, amelyet éppen mérni szándékozunk. Ráadásul az ampelológiai-önológiai kísérletek nemcsak igen drágák, de rendkívül hosszú a kísérletezésre fordítandó idő is. Jól használható idősorok létrehozásához legalább egy évtizednyi folya-

1. ábra. A szőlő és a bor ízvilágának kialakulását befolyásoló tényezők

