



kiemelten veszélyes benzo[a]pirén (BaP), PAH4, PAH8 és az összes PAH mennyiségét. Az eredményeket összesítve megállapítható, hogy a magyar és a spanyol füstöltpaprika-minták igen eltérő mennyiségben tartalmazták a PAH-származékokat (**1. táblázat**).

A spanyol minták lényegesen nagyobb koncentrációban tartalmazzák a PAH-vegyületeket. Találtunk azonban olyan nem füstölt fűszerpaprikákat is, amelyek PAH4-értéke megközelítette a füstölt mintákét. Mindenképpen figyelemre méltó, hogy a minták PAH-szennyezettségében található jelentős különbség oka egyrészt az alapanyag eredeti szennyezettségében, másrészt pedig a füstöléshez használt fa minőségében és az alkalmazott technológiában keresendő. Ugyanakkor a füstölt paprikát igen kis mennyiségben használják az ételek ízesítésére és színezésére, így az élelmiszermintákban a B[a]P mennyisége és a PAH4-vegyületek összes koncentrációja sem jelenthet veszélyt az egészségre.



IRODALOM

- [1] L. C. Dolan, R. A. Matulka, and G. A. Burdock Naturally Occurring Food Toxins, Toxins (Basel). (2010) 2(9): 2289–2332.
- [2] United States Food and Drug Administration (FDA) FDA Poisonous Database, 2008 (accessed on 21 July 2010).
- [3] R. Tömösközi-Farkas, N. Adányi, M. Gasztonyi-Nagy, M. Berki, V. Horváth, T. Renkecz, K. Simon, Z. Fabulya, Zs. Polgár, Farm. J. of Agr. Sci. and Tech. B (2016) 6, 83.
- [4] M. J. Kim and H. Kim, J Cancer Prev. 2015) Jun; 20(2) 92–96.
- [5] M.S., Ansar, N.P. Gupta, Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations, (2004) 22, 5, 415–420.
- [6] R. T. Mócsai, A. Maczó, M. Berki, M. Nagyné Gasztonyi, P. Milotay, R. Tömösközi-né Farkas, Él. Tud. Tech. (2015) 3, 9.
- [7] H. Molnár, É. Kónya, Zs. Zalán, I. Bata-Vidács, R. Tömösközi-Farkas, A. Székács, N. Adányi: Food Cont. (2018) 83, 54.
- [8] G. Bujdosó, É. Kónya, M. Berki, M. Nagy-Gasztonyi, K. Bartha-Szügyi, B. Marton, F. Izsépi, N. Adányi, Turkish J. of Agr. and For. (2016) 40, 160.
- [9] A. Halász, R. Laszity, T. Abonyi, A. Bata, Food Rev. Int. (2009) 25, 284.
- [10] N. Adányi, I. A. Levkovets, G. S. Rodriguez, A. Ronald, M. Váradi, I. Szendrő, Biosens. Bioelectron. (2007) 22, 797.
- [11] N. Adányi, Á. G. Nagy, B. Takács, I. Szendrő, G. Szakacs, R. Szűcs, E. Tóth-Szeles, I. Lagzi, D. Weiser, V. Bódoi, P. Sátorhelyi, B. Erdélyi, Food Chem. (2018) 267, 10.
- [12] Zs. Zalán, E. Németh, Á. Baráth, A. Halász, Food Tech. and Biotech. (2005) 43, 219.

Csóka Mariann – Amtmann Mária

■ SZIE ÉTK Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

Illatos kémia

Élvezeti cikkek

aroma-összetételének vizsgálata



Bevezetés

A műszeres aromavizsgálatok több évtizedes múltra tekintenek vissza, és növényi kivonatok, illóolajok, illatszerek-összetevők tanulmányozásán túl élelmiszerek vizsgálatára is alkalmazzák ezeket az eljárásokat. Az élelmiszerek illatát gyakran igen nagy számú illékony vegyület együttes jelenléte hozza létre. Az illatalkotók jelentőségét a jellegzetes aroma kialakításában elsősorban nem az abszolút mennyiségük, hanem azok illatküszöbükhez viszonyított aránya határozza meg. Az *illatküszöb* (felismerési küszöb) egy vegyületnek az a legkisebb mennyisége, amely már elegendő illatának felismeréséhez. A *detektálási küszöb* ennél az értéknel általában alacsonyabb koncentrációt jelent: a komponens jelenléte érzékelhető ugyan, de az aromaminőség nem állapítható meg egyértelműen [1]. Az aroma kialakításában különösen jelentősek a nagy illataktívitású (azaz alacsony illatküszöbű) vegyületek, mint például a terpénvegyületek, a heterociklusos oxigén-, illetve nitrogéntartalmú komponensek, vagy a kéntartalmú illatalkotók. Ezen aroma-összetevők – esetenként nem feltétlenül kellemes – illata ugyanis már nagyon kis koncentrációban is érzékelhető. Az illékony vegyületek hozzájárulhatnak az adott élelmiszer jellegzetes, harmonikus illatának kialakításához, ugyanakkor aromahibák, mellékillatok okozói is lehetnek.

Élelmiszerek aromájának vizsgálata

Az élelmiszerek aromakomponenseinek vizsgálatára többféle módszer létezik. Első lépésként el kell különíteni az illó vegyületeket a nem illékony mátrixkomponensektől, majd ezt követően – egy esetleges koncentrálsági lépés közbeiktatásával – kerül sor a műszeres vizsgálatra és az eredmények értékelésére. Az elmúlt 30 évben az illékony frakció minta-előkészítésére alkalmazott eljárások jelentős fejlődésen mentek át, a korábban használt módszereket új technikák egészítették ki [2]. A „hagyományosnak” tekintett műveletek a különböző desztillációs eljárások, melyek eredményeképpen folyadékminta (párlat, illóolaj) nyerhető. Összetétele általában további koncentráls után vizsgálható műszeres eljárással. Az egyik legjelentősebb fejlődés az illó frakció mintavételét illetően a különböző gőztéranalízisen alapuló eljárások kidolgozása volt. Legfontosabb megoldásaik a statikus, illetve a dinamikus gőztéranalízis. Az 1990-es években jelent meg egy újabb gőztérrelmézési eljárás, a szilárd fázisú mikroextrakció (SPME). Ezt a mintavételi módszert a folyóirat korábbi száma részletesen bemutatta [3].

A Szent István Egyetem Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén évek óta folynak élelmiszerek aroma-összetételének vizsgálatával kapcsolatos kutatások. Munkánk kiterjedt élelmiszer-nyersanyagok és késztermékek vizsgálatára, valamint különböző illóanyag-kivonási eljárások összehasonlítására is. Aromavizsgálataink elsősorban alapkutatásnak tekinthetők, melyek





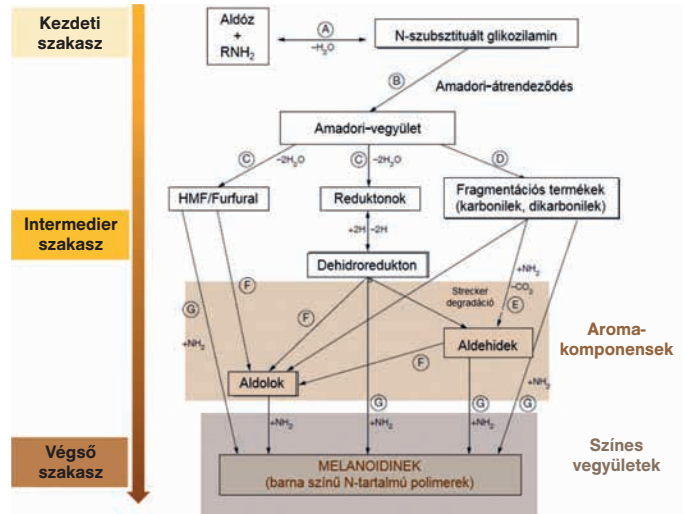
eredményei a későbbiekben várhatóan több célra is felhasználhatók. Zöldség- és gyümölcsfajok esetében segíthetik a nemesítési munka eredményének ellenőrzését, a leginkább aromagazdag fajták kiválasztását – amennyiben ez a tulajdonság releváns a növényfaj szempontjából. Követhetők a tárolás, érlelés során végbemenő változások például gyümölcsök, borok, sajtok esetén. Technológiai folyamatok – kávépörkölés, teafermentálás, cefreerjesztés – eredményessége is vizsgálható az illékony frakció tanulmányozásával. Vizsgálataink során az aromakivonást követően gázkromatográfiás (GC–MS) elválasztást és tömegspektrometriás detektálást alkalmaztunk.

Az élvezeti cikkek nem tekinthetők alapvető, létfontosságú termékeknek, mégis nagy mennyiségben fogyasztott árucikkek – elsősorban nem tápértékük, hanem élvezeti értékük, ízük, zamatuk miatt. Az élvezeti szerek közé hagyományos értelemben a kávé, teát, dohánytermékeket, alkoholokat, valamint egyes alkoholmentes italokat sorolják. Kellemes aromájuk miatt ezeknél az élelmiszereknél különösen fontos az illatanyagok vizsgálata. Cikkünkben néhány, a kávé, a kakaó és a tea aroma-összetételének vizsgálatával kapcsolatos eredményt mutatunk be.

A Maillard-reakció

A nem enzimikus barnulási folyamatnak is nevezett Maillard-reakció aminosavak (aminosavak, fehérjék) és karbonilvegyületek (többnyire redukáló cukrok) között létrejövő komplex reakciósorozatot jelent [4]. A folyamat alapjait első ízben egy francia biokémikus, Louis-Camille Maillard írta le 1912-ben. A kávé- és kakaóban feldolgozása során ez a legfontosabb, nem illó prekursorok között végbemenő reakciósorozat, mely számos aromavegyület kialakulásához vezet és hozzájárul a termékek pörkölt-diós-malátás-karamellás illatjellegének kialakításához. A tealevél szárítása során is lejátszódik a folyamat, hasonló aromájú vegyületeket eredményezve. A bonyolult, szerteágazó reakciósorozaton belül három fő szakasz különíthető el, melyek egymással szoros összefüggésben vannak (1. ábra).

A Maillard-reakció legfontosabb termékei barna színanyagok (melanoidinek) és egyéb nem illó komponensek. Számos illékony vegyület is keletkezik azonban a folyamatok során, egyes források 3500-nál is több ilyen összetevőről számolnak be. Ez utóbbi reakciótermékek között nagy számban találhatóak olyanok is, melyek alacsony érzékszervi küszöbértékeik miatt jelentős illat-

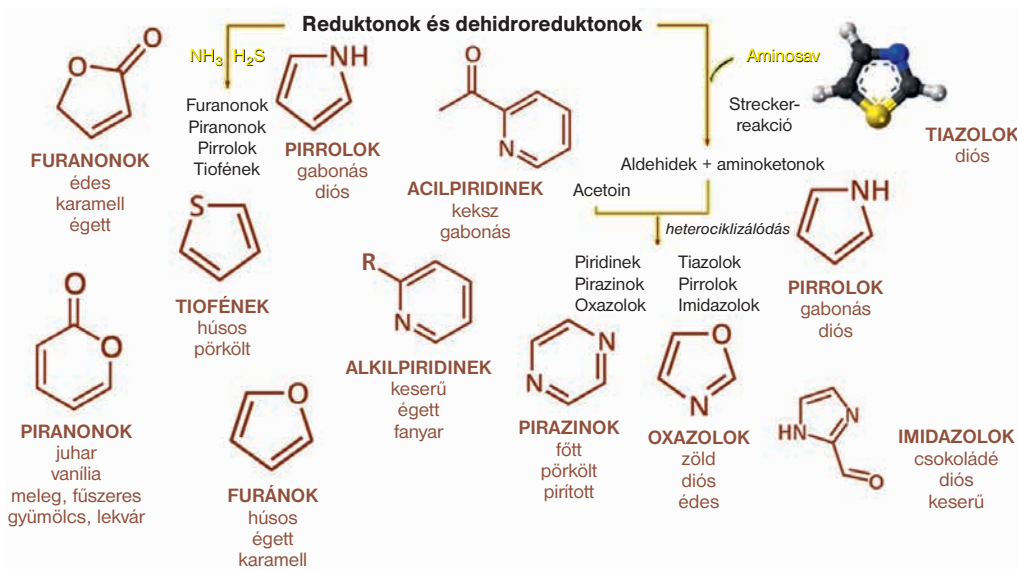


1. ábra. A Maillard-reakció [5]

A: cukor-amin kondenzáció; B: Amadori/Heyns-átrendeződs; C: cukor-dehidratáció; D: cukor-fragmentáció; E: aminosav-degradáció (Strecker-degradáció); F: aldolkondenzáció; G: aldehyd-amin kondenzáció és N-tartalmú heterociklusos vegyületek keletkezése

kialakító vegyületeknek tekinthetők [4]. Az aromaanyagok közül nagy illataktivitásuk miatt kiemelkedő jelentőségűek a különböző heterociklusos – leginkább nitrogén-, oxigén-, illetve kéntartalmú – komponensek (2. ábra).

Különböző, hőkezeléssel készült élelmiszerekben eddig összesen több mint 100 pirazinvegyületet azonosítottak. Ezen aromaösszetevők érzékszervi tulajdonságai igen különbözők lehetnek: az alkilpirazinok többnyire pörkölt, diós jegyekkel rendelkeznek; a metoxipirazinok illata gyakran földes, zöldes jelleget; az acetilpirazinok aromája a pattogatott kukoricaéhoz hasonló, míg a biciklusos pirazinkomponenseket égett, pörkölt, grillezett jelzőkkel illetik. Az oxigénatomot tartalmazó heteroaromás vegyületek illatjellege karamellszerű, édes, gyümölcsös, diós, esetleg égett. A kéntartalmú heterociklusos aromaalkotók is illataktív vegyületek, melyek között megtalálhatók zöld, diós, kakaós, pörkölt, zöldes, húsos illatjegyekkel rendelkező komponensek is. A legfontosabbak közülük a tiazolok és tiofének. További jelentős aromakomponenseknek tekinthetők még az alifás aldehidek, ketonok, diketonok és alacsony móltömegű zsírsavak is [4].



2. ábra. A Maillard-reakció során kialakuló heterociklusos vegyületek és illatjellegeik [6]



A kávé aromája

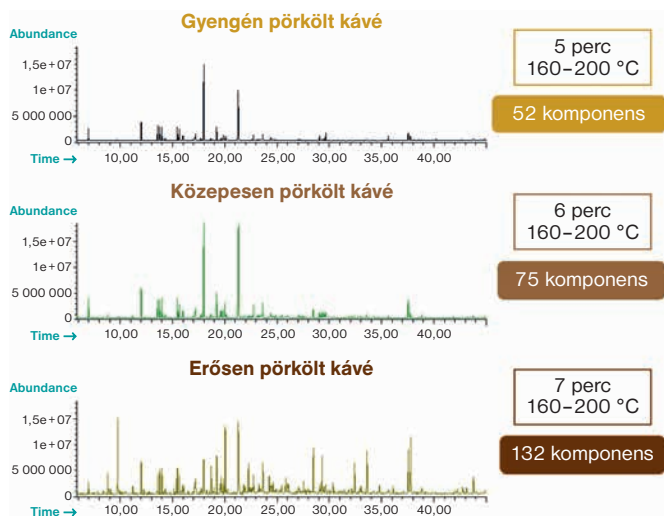
A kávébabból készült ital világszerte a legnépszerűbb élvezeti cikk. Az ivóvíz után a második legnagyobb mennyiségben fogyasztott ital, évente átlagosan 500 milliárd csészével fogyasztunk belőle [5]. Nyersanyaga, a kávénövény a *Coffea* nemzetségbe tartozik, mely több mint 120 fajt foglal magában. Gazdasági jelentősége azonban csupán két fajának van, az arab kávénak (*Coffea arabica*) és a robuszta kávénak (*Coffea canephora*). A kémiai összetételét és a belőlük készült ital minőségét tekintve is vannak különbségek a fajok között. Az arabica fajok szénhidrát-, aminosav- és lipidtartalma általánosságban magasabb, koffein- és klorogénsav-tartalma viszont alacsonyabb, mint a robuszta fajoké, bár természetesen az egyes fajták között lehetnek ettől eltérő jellegű különbségek is [7]. Kávékeverékekben az arabica kávékat kedvező aromajellemzőik miatt alkalmazzák, a robusztákat pedig az íz és a testesség kialakítása végett [8].

A makrotápanyagok mennyisége a kávébabban természetesen meghatározza a belőle készült ital aromajellemzőit is, hiszen ezek a vegyületek szolgálnak előanyagként (prekurzorként) a különböző illó komponensek keletkezéséhez. A kávébab ugyanis jelentős változásokon megy keresztül a feldolgozási lépések során, melyek közül legjelentősebb a pörkölés. A nyers kávébab, a zöld kávé illata többnyire gyenge, „zöld” jellegű [9], esetenként virágosgyümölcsös jegyekkel [10]; a jellegzetes kávéaroma e technológiai lépés során alakul ki. A pörkölt kávé aromájának kialakításában igen nagy számú illó vegyület vesz részt, egyes irodalmi források [11] 800-nál is több aroma-összetevőről tesznek említést. A pörkölt kávé illó frakciójának összetételét a kávéfaj illetve -fajta mellett a származási hely, a termesztés, a tárolási körülmények, valamint természetesen maga a pörkölés is befolyásolja. A folyamat során a kávébabokat 170–240 °C-ra melegítik adott időtartamig. Három fő műveleti lépése a szárítási, pörkölési és hűtési szakasz, melyek során jelentős fizikai és kémiai változások mennek végbe [12]. A pörkölés kémiaja nagyon összetett, és a mai napig nem teljes mértékben tisztázott. Az egyik legfontosabb folyamat a Maillard-reakció, valamint a karamellizáció. Mindkét reakciósorozat jellegzetes szín- és aromakomponensek forrása [13]. A pörkölt kávé komplex aromája a vízdoldékony összetevők pirolízise során alakul ki: a szénhidrátokból különböző furánvegyületek, aldehidek, ketonok és fenolok keletkeznek; a nitrogéntartalmú alkotókból ketonok, pirrolok, pirazinok és piridinek; a lipidek különféle aldehidek és ketonok prekurzorai lehetnek, míg a klorogénsavakból fenolvegyületek alakulnak ki [14, 15].

A pörkölés körülményei, elsősorban a hőmérséklete és időtartama döntő jelentőségű az aromakialakítás szempontjából. E



két paraméter alapján különböző pörkölési és kávéfajtások léteznek a lágy pörkölésű cinnamon kávétól egészen a nagyon intenzíven pörkölt olasz kávéig. Vizsgálataink során Etiópia Sidamo körzetéből származó, különböző pörkölésű arabica kávé aroma-összetételét vizsgáltuk GC–MS módszerrel [16]. A kávépörkölést laboratóriumi pörkölőberendezéssel végeztük, három pörkölési stílust alkalmazva: a cinnamon pörkölés világosbarna babot eredményez, a folyamat összesen 5 percig tartott 160, 180 majd 200 °C-on. A bécsi pörkölés végén középbarna bab a végeredmény, mely 6 perc után alakult ki 160, 190, majd 200 °C-ot alkalmazva. A francia pörkölés végén keletkezett a legsötétebb barna szín, ezt a műveletet összesen 7 percig végeztük 160, 190 majd 200 °C-on. Az aromavizsgálatokhoz szükséges minta-előkészítésre desztillációt használtunk. A kávépörkölés jelentős illatanyag-termelődést eredményezett: nagyszámú új aromaalkotó keletkezett, illetve számos vegyület intenzitása jelentősen növekedett (3. ábra).



3. ábra. A kávé aroma-összetételének változása a pörkölés során [16]

A pörkölés erősségének fokozása a keletkezett illatalkotók számát és intenzitását is jelentősen növeli. Ez a változás azonban nem feltétlenül pozitív az érzékszervi tulajdonságok szempontjából: míg a gyengén pörkölt (cinnamon) minta illata jellegzetes, kellemes, lágy kávé jelleges volt, a bécsi pörkölésű kávé illatában a kávé mellett már kissé kesernyés jelleg is felismerhető volt, a francia pörköléssel készített kávé pedig kifejezetten kellemetlen aromával rendelkezett. A gyengén pörkölt kávé illékony frakciójában 49 aromakomponenst azonosítottunk. A kromatogramon megjelenő csúcsterületek összegének 77,2%-át az oxigén-, illetve nitrogéntartalmú heterociklusos vegyületek alkották. A legintenzívebb komponensek a 2-furánkarboxaldehid (23,82%), az 5-metil-2-furfural (15,05%), valamint a különböző pirazinok (29,95%) voltak, ez utóbbi vegyületcsoport igen nagy számban jelent meg. Mindkét említett illatalkotó csoport a Maillard-reakció terméke, a pörkölés hatására jelennek meg a kávé illó frakciójában. Jelentősen hozzájárulnak a jellegzetes kávéaroma kialakításához, prekurzoraik szénhidrátok és nitrogéntartalmú összetevők (aminosavak, trigonellin). A legnagyobb számban megjelenő pirazinvegyületek illatjellege többnyire diós, mogyorós, pörkölt-pírított jellegű [17, 18]. Viszonylag kis csúcsterületekkel megjelent néhány további vegyületcsoport (kénvegyületek, terpének, benzolgyűrűs komponensek, aldehidek, ketonok, észterek, szénhidrogének) is a kávé illó frakciójában, bár a jellegzetes, pörköltkávé-aroma ki-



alakításában játszott szerepük valószínűleg kisebb az előbb említett két heterociklusos illatkomponens csoportokénál. A bécsi pörkölésű kávéban az illatkomponensek száma csaknem másfélszeresére növekedett: 69 vegyületet azonosítottunk, melyek közül 40 a cinnamon kávéban is megtalálható volt. Az erőteljesebb pörkölés hatására keletkezett „új” komponensek között szintén találunk nitrogén- és oxigéntartalmú heterociklusos vegyületeket (pirrolokat, pirazinokat, furánvegyületeket), de megjelent néhány kénvegyület is. Ez utóbbi csoport különösen jelentős lehet az aroma változásában, mivel tagjai többnyire nagyon illataktívák, vagyis jellegzetes illatuk már kis koncentrációban is érzékelhető. Prekurzoraik kéntartalmú aminosavak (cisztein, metionin) lehetnek, melyek szintén részt vesznek a hőkezelés során végbemenő reakciókban. A francia pörkölésű kávé illatkomponenseinek száma 2,5-szeres növekedést mutat a cinnamon kávéhoz viszonyítva, a változás a bécsi pörkölésű mintához képest is közel 1,8-szoros. Szinte minden vegyületcsoport tagjai számbeli és intenzitásbeli növekedést mutattak. Megjelent számos gyűrűs keton, nagyszámú pirrol- és piridinvázis komponens, valamint furán- és piránvegyületek nagy csúcsterületekkel. Új vegyületcsoportként azonosítottuk a kinolinvázis aromaalkotókat. A vegyületcsoport tagjai között számos erős élettani hatású komponens található, így elképzelhető, hogy a kávé illó frakciójában azonosított kinolinvegyületek a túlzott hőterhelés miatt keletkező nemkívánatos összetevők előanyagai lehetnek. A benzolgyűrűs komponensek aránya is jelentős növekedést mutatott a pörkölés során. Az erősen pörkölt kávéban megjelent továbbá számos kellemetlen illatjellegű összetevő is: az erős, émelyítő jellegű fenol és 4-metilfenol, a dohos illatú 2-metilfenol és 3-etilfenol, valamint a kátrányosgyógyszeres jellegű 3-metilfenol [17, 19]. E komponensek prekurzorai a nyers kávéban a klorogénsavak lehetnek, melyek a pörkölés során átalakulva nemkívánatos aromajegyeket alakíthatnak ki. Szintén a túlpörkölést jelezheti a 4-etil-2-metoxifenol intenzitásának jelentős növekedése is: ez a füstös-fűszeres jellegű vegyület az antioxidáns hatású ferulasav bomlásterméke [18]. Az illataktív kénvegyületek közül is megjelent néhány kellemetlen illatlajaldonságú komponens: a zsíros jellegű 3-metiltiofén; a kellemetlen, intenzív aromájú furfural-merkaptán; a vegyszerhez hasonló illatú 2-propiltiofén; az égett-pörkölt jellegű 3-acetil-2,5-dimetiltiofén [17]. A nagyszámú egyedi komponens nemkívánatos aromajellegei, valamint a nagy intenzitással megjelenő egyéb komponensek egyaránt hozzájárulnak a francia pörkölésű kávé kellemetlen érzékszervi tulajdonságainak kialakításához: aromája intenzív, égett jellegű volt. Eredményeink tehát alátámasztják az érzékszervi jellemzők alakulását: a pörkölés erősségének növelése egyértelműen aromakomponens-generáló hatású. Az illatminőség azonban nem alakult az aromaalkotók számával és mennyiségével arányosan: lágy, jellegzetes illatával a gyenge pörkölésű kávé bizonyult a legkellemesebbnek; a közepes pörkölésű kávé egy jó, a kereskedelemben sötétre pörkölt kávé minőségének felelt meg, míg az erősen pörkölt kávé illata nagyon erőteljes, kellemetlen volt [16]. Vizsgálati eredményeink összhangban vannak a szakirodalmi források adataival [11, 12, 14, 18], melyekben szintén a korábban említett vegyületcsoportok számának és mennyiségének növekedését említik a kávépörkölés során.

Egy másik vizsgálatban kapszulás kávék aroma-összetételét tanulmányoztuk szilárd fázisú mikroextrakciós minta-előkészítést alkalmazva [20]. Hat különböző mintát vizsgáltunk: brazil, kolumbiai, indiai, koffeinmentes és keverék kávékat. A kávék illékony frakciójának összetétele meglehetősen hasonló volt: a korábban leírt vizsgálat eredményeihez hasonlóan a kromatogra-

mokat a kávépörkölés során keletkező furánvegyületek és pirazinok uralták. A mintákban gyakorlatilag ugyanazok az illatalkotók voltak azonosíthatók, és arányuk az össz-aromában is közel egyforma volt. A koffeinmentes kávé illat-összetételében sem találtunk jelentős eltérést a többi mintához képest. Vizsgálataink alapján a származási hely sem gyakorolt jelentős hatást az aromára, csupán egyes komponensek előfordulási arányában tapasztaltunk eltérést. Ez az eredmény azonban akár a minta-előkészítési módszer következménye is lehet: az SPME-szálak ugyanis polaritásuktól függően „válogatnak” az illó komponensek közül, így elképzelhető, hogy az általánosságban hatékonyabbnak tekintett desztillációs eljárásokat alkalmazva sikerülne egyedi aromaalkotókat azonosítani a kávémintákban. Ez utóbbi feltételezést ugyanis – a származási hely hatását az illatösszetételre – szakirodalmi források is igazolják [8, 21].

A kakaó aromája

A kakaó növény (*Theobroma cacao* L.) magjából, a kakaóbabból készülő két legfontosabb köztes termék a kakaóvaj és a kakaómassza, melyek felhasználásával állítják elő a kakaóport és a csokoládét. Bár a kakaóbab jelentős élettani hatásokkal rendelkezik, a belőle készült termékeket mégis leginkább élvezeti értékük miatt fogyasztjuk. Ez pedig azt jelenti, hogy a kakaópor illat- és aromaanyagait fontos szerephez jutnak ezen élvezeti cikkek minőségének meghatározásában. Kereskedelmi forgalomban különböző zsirtartalmú kakaóporok kaphatók: a magasabb zsirtartalmúak általában 20–22%, az alacsonyabbak pedig 10–12% kakaóvaj-tartalmúak. A magasabb kakaóvaj-tartalmú termékek illata a laikus fogyasztók számára is érzékelhetően intenzívebb, aromásabb. A kakaóport a kakaóbab fermentálása, szárítása és pörkölése után, az aprítást és hántolást követően állítják elő finomaprítással. A megfelelő szemcseméret elérése után lehűtik és szitálják, majd csomagolják [22]. A kakaóbabban jelen lévő illatanyagok mennyiségét és minőségét alapvetően két dolog befolyásolja: a kakaófa fajtája, illetve a feldolgozás folyamatának egyes lépései – különösen a fermentáció ideje és a pörkölés [22–24]. A folyamatok során először kialakulnak az aroma-prekurzorok (szabad aminosavak, rövid láncú peptidok, redukáló cukrok), majd ezt követően, a pörkölés során maguk az illatkomponensek is [25–28]. A jellegzetes kakaóaroma a korábban már említett Maillard-reakció közben alakul ki [29].

A kakaóporok vizsgálata során az aromaanyagok kivonására két módszert is kipróbáltunk: szilárd fázisú mikroextrakciót és vízgőz-desztillációt. Mintáink különböző gyártóktól származó zsíros és csökkentett zsirtartalmú kakaóporok voltak [30]. Mindkét típusú kakaópornál a desztillációs eljárással tudtunk több illatalkotót kivonni, és a komponensek intenzitása is jelentősebbnek bizonyult. Mindegyik kakaópor illatosnak tűnt, az azonosított aromavegyületek száma minden esetben 100 fölötti volt. Valamennyi kakaópor esetén a zsírsavak jelentek meg a legnagyobb intenzitással, közülük is a gyakorlatilag illattalan palmitinsav dominált. A zsírsavak részben eredetileg is jelen vannak a kakaóban, de pörkölés során is keletkeznek [27]. Nagy intenzitásuk ellenére ezek az alkotók – különösen a hosszú szénláncúak – nem túl illatosak, inkább enyhe, viaszos, zsíros-olajos jellegűek [17]. Jellegzetes komponensekként jelentek meg a heterociklusos (nitrogén-, illetve oxigéntartalmú) vegyületek, melyek hőkezelés során alakulnak ki, a Maillard-reakció és különböző gyűrűzáródási reakciók következtében [22]. Jelenlétük a kakaóporokban ezért csupán azt jelzi, hogy hőkezelésen átesett termékről van szó, mely-



ben aminosavak és redukáló cukrok találhatóak. A termék készítéséhez felhasznált növényi nyersanyagra ezek az illó vegyületek nem utalnak. Az említett heteroaromás vegyületeken belül a különböző pirazinok száma és területaránya volt a legjelentősebb; illatjellegük többnyire diós, mogyorós, pirított olajos magvakra emlékeztető [17]. Az alkalmazott desztillációs módszerrel nagyobb számú pirazinvegyület nyerhető ki a mintákból, összehasonlítva a szilárd fázisú mikroextrakcióval – ezt a megfigyelést irodalmi adatok is alátámasztják [23, 29, 31, 32]. A zsírosabb kakaópor szembetűnő illatgazdagsága a csökkentett zsirtartalmúakhoz képest részben e vegyületcsoport kisebb móltömegű, illékonyabb tagjainak köszönhető: nagyobb számban és intenzitással jelentek meg ugyanis a kromatogramon ezek a pirazinvegyületek, különböző szénhidrogénnel és aldehidekkel együtt. Viszonylag nagy illékonyaságuk miatt ezek az aromaalkotók a zsirtartalom csökkentése során – amikor a kakaómasszából a kívánt zsirtartalmú kakaóporok megfelelően különböző mennyiségű kakaóvaját távolítanak el préseléssel [33] – részben vagy teljesen eltávoznak a termékéből, ez lehet az oka a zsírszegény kakaóporok gyengébb illatának. A terpénvegyületek nagyon elterjedtek a növényvilágban: gyümölcsökben, fűszerekben gyakran jellegalkalító szerepük van. Bár a kakaóporokban nem ezek a komponensek voltak dominánsak, valószínűleg fontos szerepük van a kellemes illat létrehozásában: megjelent a fás, növényi jellegű α - és β -pinén; a fűszeres β -mircén; a citrusos δ -3-karén és dl-limonén, a virágos linalool és számos további terpénvegyület, főleg virágos-gyümölcsös jellegű monoterpének. A zsíros kakaópor aromagazdagságához hozzájárulnak az észterek is: jelentős arányban azonosítottuk ugyanis ezeket a vegyületeket, a nagyobb móltömegű, kevésbé illékony zsíros, enyhe virágos illatúakat és a kisebb tömegű, gyümölcsös, boros, édeskés illatjellegűeket is [17]. A különböző zsirtartalmú kakaóporok illatösszetétele közötti különbségek tehát azt sugallják, hogy a kakaóvaj eltávolításával párhuzamosan számos aromaalkotó is elvesz. Ennek köszönhetően a csökkentett zsirtartalmú kakaóporok illata érezhetően gyengébb, karamellás-diós-pörkölt jellegük enyhébb [30].

A tea aromája

A tea a teanövény (*Camellia sinensis*) leveleiből készített forrázat. A tealevél összetétele függ a növény fajtájától, termőhelyétől és a feldolgozás módjától is. A feldolgozási folyamat eltérő mértékű lehet, ennek megfelelően különböző teatípusok léteznek. *Fekete teának* a teljesen fermentált teát nevezik. Több lépésben állítják elő: a fonnasztást követően a leveleket hengerelik, majd fermentálják és szárítják. A fermentálás során alakul ki a tea jellegzetes aromája: a folyamat során szinte az összes aromaanyag mennyisége nő, és új vegyületek is képződnek. A félig fermentált

(oolong) tea előállítása fonnasztással kezdődik, majd részben (12–20%) fermentálják. Ezt követően hevítéssel leállítják a folyamatot és sodorják a leveleket. A *zöld tea* készítéséhez a leveleket fonnasztják, majd hővel (pörköléssel, gőzöléssel) fixálják az enzimműködés leállítására érdekében. Ezt követi a sodrás és a szárítás. A jellegzetes aromaanyagok nagy része a feldolgozási lépések során alakul ki, csupán kis hányaduk származik a friss levélből [34]. A *fehér tea* készítése igényli a legkevésbé feldolgozási lépést: az új rügyek szüretelését követően a friss leveleket a napon fonnasztják és szárítják, a leveleket viszonylag friss állapotban hagyják a zöld és fekete teákhoz képest. A belőlük készült ital halvány szalmaszínű, íze pedig közelebb áll a friss tealevéléhez, mint a zöld teáé [35].

A tealevél fő összetevői közé tartoznak a fehérjék, aminosavak, koffein, szénhidrátok és ásványi anyagok. Az összetételben nem szerepelnek számottevő tömegben, viszont az élvezeti értéket döntően befolyásolják az illó komponensek. Sok kutatást végeztek arra vonatkozóan, hogy az egyes aromahatások mely vegyületeknek tulajdoníthatók [36, 37], de az alapkérdés az is, hogy van-e egy-egy fajtának olyan jellemző – marker – komponense, ami alapján azonosítható, vagy az eredete bizonyítható. Az aroma kialakításában az egyes alkotók jelentőségét nem abszolút mennyiségük, hanem illatküszöb-értékükhöz viszonyított arányuk szabja meg. Az érzékszervi hatás és a mérhető összetételi adatok összekapcsolására több módszer is született. Talán a leggyakrabban használt az Owuor Flavor index, (FI) melyet Owuor és munkatársai [38] kimondottan a teák aromaanyagainak értékelésére dolgoztak ki. Eszerint az azonosított komponenseket két csoportba sorolják, a VFC (Volatile Flavour Compounds) I és VFC II kategóriákba. A VFC I-et alkotó vegyületek negatív hatásúak az aromában, ezt a csoportot túlnyomó részben 6 szénatomos aldehidek és alkoholok alkotják [39]. A VFC II csoport a virágos, édes illat kialakításáért felelős összetevőket tartalmazza, ezek a kellemes aroma alkotói. A két csoport aránya (VFCII/VFCI) adja az „aroma-indexet”. A magasabb aroma-indexszel rendelkező fajtákból jobb minőségű teafüvet lehet előállítani.

A Szent István Egyetem Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszéken évek óta folyik fajtaazonos teák aromájának összehasonlító vizsgálata [40] GC–MS műszeregyüttessel, szimultán desztillációs-extrakciós minta-előkészítéssel. Az eredmények jobb összehasonlíthatósága érdekében a kromatogramokat a Tanszéken kidolgozott módszer szerint [41] „aromaspektrum”-má alakítva vizsgáltuk. Ezzel az átalakítással a tömegspektrumokhoz hasonló jellel alakíthatók a kromatogramok, és kiküszöbölhetők azok a hibák, amiket a minta-előkészítés esetleges különbségei, illetve például a kromatográfiás oszlopok öregedése okoz. Aromavizsgálataink mintái ismert eredetű és fajtaazonos, jó minőségű teák voltak: különböző származási helyű fekete teák (Keemun, ceyloni, indiai, Darjeeling), valamint kínai oolong, zöld és fehér tea. A *Keemun teát* (*Camellia sinensis* var. *sinensis* convar. *forma-bohea*) jellemzően fekete tea készítésére termesztik. Virágaromájú, ezt magas geranioltartalmának köszönheti. A teában 90 komponenst azonosítottunk megfelelő biztonsággal. A δ -oktalakton kókuszos, vajjas, édes, gyümölcsös ízt ad a teának, ez a vegyület csak ebben a mintában volt kimutatható. Több olyan benzolgyűrűs komponenst is találtunk, amelyek elképzelhetően a feldolgozás során, a fermentáció leállítására végzett sütés során kerültek be a fenyőfa füstjéből. Ezek nem tekinthetők a tea-fajtára jellemző markervegyületnek, de a mérés érzékenységét jól mutatják. A *Ceyloni fekete tea* alacsonyabb tengerszint feletti magasságon terem, ezt a var. *assamica* típusú teanövény adja. Eb-



ben a teában azonosítható volt néhány, csak a ceyloni termőhelyről származó mintában megtalált vegyület: a szafranal, a *cisz*-3-hexenil-hexanoát, a *cisz*-3-hexenil izobutirát és a *cisz*-3-hexenil-butirát, valamint az izoforon. Linalooltartalma nagyobb, mint a Keemun teáé, linalool-oxidjai azonban kisebb mennyiségben voltak jelen. Ezek az értékek összecsengenek a magasabb levélillat-anyag tartalommal és jelzik, hogy a ceyloni teák feldolgozási módja különbözik a kínai teákétól. Az *indiai Assam tea* a *Camellia sinensis var. assamica* növényből készül. A teafű aroma-indexe (FI) 6,75, tehát a VFC II. csoportba tartozó, pozitív illatokat hordozó vegyületek vannak benne többségben. Kimondottan markervegyületet azonban nem sikerült az Assam teában azonosítani. Jellegét a terpének és terpénszármazékok szabják meg (71,86 terület% a kromatogramokon), illata ezért virágos, gyümölcsös. Legnagyobb relatív intenzitással a dl-limonén volt jelen, a vizsgált Assam tea limonéntartalma több, mint tízszerese a többiének. Az Assam tea nemcsak aromadús, de minőségében is kiemelkedik a fekete teák közül. A *Darjeeling teát* India Nyugat-Bengál régiójában termesztik. A növény a *Camellia sinensis var. sinensis* kis levelű fajta. A nagyobb tengerszint feletti magasság miatti erősebb UV-sugárzás ellen a növény flavonoidokkal védekezik, a levélben flavonoid-glikozidok vannak, melyekből enzimes hidrolízissel szabadulnak fel az aromaanyagok, például a linalool és a geraniol. Összességében a *Darjeeling tealevelet* illékony vegyületekben gazdagabbnak találtuk, mint a többi fekete teát. A vizsgált *kínai Oolong tea* nagy levelű, magas termetű tea-fajta levele. Aromavegyületekben ez a teatípus bizonyult a leggazdagabbnak. Erre az eredményre a gyártási folyamat ad magyarázatot: a zöld teára jellemző friss, üde illatot adó komponensek is megmaradnak, valamint a fermentált jelleg is jelen van. Kevés alacsony forráspontú vegyület található benne, mert a friss levél ezen összetevői könnyen elillannak, illetve átalakulnak a feldolgozás során. Mivel az Oolong tea a fermentáció szempontjából a fehér, illetve zöld tea és a teljesen fermentált fekete tea között helyezkedik el, mindegyik teafajta összetevőit megtaláljuk benne. A dihidroaktinidiolid a fermentált teák jellemző aromaanyaga, α -jononból keletkezik oxidációval. A vizsgált minták közül az Oolongban volt detektálható legnagyobb mennyiségben. Nobumoto

és munkatársai [42] szerint az Oolong tea jellemző komponense a nerolidol is, mely a fonnasztás alatt keletkezik a levélben. Kellemesen édes, virágos, enyhén fás illatával hozzájárul az Oolong tea különleges aromájához. A fekete teákban ez a szeszkviterpén alkohol enzimes hidrolízissel szénhidrogénné alakul, farnezen keletkezik belőle, mely zöldes, fás illatú. A mért teaminták nerolidoltartalma megfelel az irodalmi adatoknak: legnagyobb csúcsterület-aránnyal (63,26%) az Oolong teában található meg a komponens. Markervegyületként ebben a teában a δ -dekalakton és a metil-antranilát azonosítható. A furánok közül a dihidro-2-metil-3(2H)-furanon szintén csak a félig fermentált teában található meg, a többi azonosított furán közül pedig az 5-metil-2-furánkarboxaldehid és a 2-acetilfurán ebben a teában volt a legnagyobb mennyiségben. A pirrolok között is található markervegyület: a fermentáció során a Maillard-reakcióban keletkező 1-etilpirrol. A pirazinok szintén hő hatására keletkező vegyületek. A teában azonosított komponensek közül a metilpirazin a glükózamin, etanolamin vagy szerin pirolízisével keletkezik. A 2,5-dimetilpirazin és a trimetilpirazin a treonin pirolízis-termékei, mindhárom komponens markervegyülete az Oolong teának. Szintén egyedüli komponens a 2,5-dietilpirazin és a 2-metil-5H-6,7-dihidrociklopentapirazin, ez utóbbi a sült kenyér illatát hordozó molekula. A még jelen lévő pirazinok valamennyien az Oolong teában mutathatók ki legnagyobb mennyiségben. Méréseink szerint a pirrolok és pirazinok markáns aromakomponensei a félig fermentált teának, jól jellemzik illatulajdonosságait. A *kínai zöld tea* a *var. sinensis* fajtából készül, ennek polifenoltartalma alacsonyabb, így a belőle készült tea ízletesebb, nem annyira fanyar, mint a *var. assamica*. A vizsgált kínai zöld tea sütéssel fixált keverék. Aromakomponenseinek száma kisebb, mint a többi vizsgált mintáé. A zöld teában a zsírsavakból származó heptanal, oktanal, nonanal oktanal, 2-oktanal és (*E,E*)-2,4-dekadienal, valamint a linolénsav autooxidációs termékei közül a 2-hexenal, (*E,E*)-2,4-heptadienal, (*Z,E*)-3,5-oktadién-2-on és (*E,E*)-3,5-oktadién-2-on található meg nagyobb mennyiségben. Aromavegyületei a zöld teák friss illatát adják, ehhez a fonnasztás és sütés során keletkező linalool, hotrienol, α -terpineol, geraniol, α -jonon, *transz*- β -jonon-5,6-epoxid, fitol és dihidroaktinidiolid virágos, gyümölcsös illata járul. A *kínai fehér tea* a Fujian tartományban termesztett *Camellia sinensis var. sinensis convar. khenghe bai hao* és *convar. fudin bai hao* fajtából készül. Markerkomponense a δ -eudezmozol. Aroma-összetétele a friss tealevélhez áll közel, mivel nem fermentálják, illatanyagai a hosszú fonnasztás során alakulnak ki. Aroma-indexe is ezt tükrözi: az 1,58-as érték a zöld illatot hordozó komponensek nagy arányát mutatja. A hexánsav, hexanal, hexenal, hexenol vegyületek és származékaik mind a levél elsődleges aromaanyagai és a friss, zöld, fű illat kialakítói a növényekben. A fonnasztás során kialakuló másodlagos aromakomponensek is azonosíthatók a fehér teában. Közülük nagyobb mennyiségben a benzaldehid, linalool, hotrienol, benzilacetaldehid, 2-feniletanol, α -jonon és dihidroaktinidiolid vannak jelen.

A teák illó frakciójának vizsgálata nemcsak a növényi nyersanyagról, de a *feldolgozás mértékéről* is információt nyújt. A fehér és zöld teák például aromában szegényebbnek bizonyultak, mint a félig fermentált és fermentált teák. A fermentálatlan teafűvek viszont gazdagabbnak illékonyabb, alacsony retenciós idejű komponensekben, melyek egy része jellegzetes zöldes, füves illatot ad a teának. A fonnasztás, fermentálás és sütés számos komponens mennyiségét megnöveli a teákban, és új vegyületek is kialakulnak. A mennyiségi növekedés a pirazinok és pirrolok te-



kintetében számottevő. E komponensek hő hatására keletkeznek a Maillard–Strecker-reakciók során, pörkölt, mogorós, füstös aromát létrehozva a teákban. A gvajakol és a krezol szintén füstös, égett szagot kelt, és az Oolong, valamint a fekete teákban azonosítható. További jellegzetes illó alkotók a linolénsavból szintetizálódó jázmonátok (jázmonsav, cisz-jázmon, metil-jázmonát), melyek a sérült növényi részekben halmozódnak fel. A tea feldolgozása során a levelek feltörése – mint mechanikai sérülés – kiválthatja a jázmonátok keletkezését, hiszen az enzimek a feldolgozás végéig aktívak maradnak a levelekben. A hosszabb feldolgozási folyamat a fekete teák gyártásánál nagyobb mennyiségű jázmonsav keletkezését teszi lehetővé. Az enzimek inaktiválása a fehér és zöld tea előállításakor a lipáz enzim működését is gyorsan leállítja, ezzel magyarázható az alacsonyabb jázmonsavtartalom. Ez a vegyület tehát alkalmas lehet a *fermentáció fokának* jelzésére. A fermentálás során a legtöbb komponens mennyisége nő a teákban. Az aminosavak bomlásából illó anyagok keletkeznek, ezek némelyike árosan, mások előnyösen befolyásolják a tea minőségét. A glicin, alanin, valin, leucin, izoleucin és metionin formaldehidet, acetaldehidet, izobutiraldehidet, izovaleraldehidet, 2-metil-butanolt és metionalt képez. Ezeknek a vegyületeknek a feldúsulása kedvezőtlenül hat a tea ízének alakulására. A fenil-alaninból és a fenil-glicinből benzaldehyd és benzilacetaldehyd keletkezik, mely vegyületek emelik a termék aromaértékét. A linalool – a friss tealevél egyik fő komponense – glikozidos formában van jelen. Hidrolízise a teafű aprítása során kezdődik el, amikor a sejtek sérülése lehetővé teszi a sejtnevel kiáramlását, a lizoszomális enzimek kiszabadulását és az enzim-szubstrát találkozást. A napon történő fonnasztás a linalool gyors oxidációját eredményezi. A fermentáció alatt az oxidok mennyisége tovább nő egészen addig, míg sütéssel, szárítással az enzimek nem inaktiválódnak. A linalool és oxidjainak arányából tehát következtethetünk az *oxidáció fokára*. A fehér – Oolong – fekete tea fermentációs sorozat esetében kapott linalool/linalool-oxidok arány megfelel az irodalmi adatoknak, az oxidáció előrehaladásával a linalool-oxidok mennyisége nő. A zöld tea mérési eredményei is a várakozásnak megfelelőek, hiszen az említett arány 4,87, magasabb, mint a félig fermentált és fermentált teáknál kapott érték, az oxidok kisebb mennyiségben vannak jelen az Oolong és a fekete teákhoz képest. További különbség, hogy a cisz-jázmon-, nerolidol-, indol- és fitoltartalom fermentáció hatására nő. Eredményeink megegyeznek a thaiföldi teák illó anyagainak vizsgálati eredményével [43].

A teák minőségének meghatározása tehát nem egyszerű feladat, a minősítést részben objektív módon műszeres mérésekkel, részben érzékszervi jellemzők alapján végzik. Ez utóbbi tulajdonságokat a teanövény fajtája és természeti körülményei, valamint a feldolgozás módja együttesen határozzák meg. A késztermék minősítése ma is elsősorban érzékszervi bírálattal történik. A műszeres fizikai (szín-mérés, teaital vezetőképsége mérése) és az analitikai mérések (gázkromatográfiás, folyadék-kromatográfiás mérések, multielemelem analízisek) nagyon gyakran az érzékszervi vizsgálatok kiegészítésére és megerősítésére szolgálnak, objektív adatokkal erősítik meg a szubjektív érzékszervi észleleteket.

Összefoglalás

Szakirodalmi adatok és aromavizsgálataink eredményei alapján látható, hogy a nyersanyagok aroma-összetétele jelentősen különbözik a feldolgozott termékétől és a belőle készülő, fogyaszt-

tásra kerülő élelmiszerétől. Az általunk vizsgált növényi minták jellegzetes aromája a feldolgozási folyamatok jellemző lépései során alakul ki. A kávé és a kakaóbab esetén ez a pörkölés, míg teáknál a különböző mértékű fermentálás, illetve szárítás. A hasonló feldolgozási eljárásoknak köszönhető a számos közös aromavegyület azonosítása a mintákban, hiszen a jellegzetes illatalkotók ugyanazon prekursorokból alakulnak ki például a hőkezelés során. A közös aroma-összetevők ellenére a különböző terméktípusok egyértelműen megkülönböztethetők illat alapján, hiszen az aroma kialakításában nemcsak az illékony frakcióban azonosított illatalkotók minősége, hanem mennyisége és egymáshoz viszonyított aránya is fontos tényező.

IRODALOM

- [1] H-D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle, Food Chemistry, Springer-Verlag, Heidelberg, 2009.
- [2] A. Herrmann, (Ed.), The Chemistry and Biology of Volatiles, Wiley, Chichester, 2010.
- [3] Székelyhidi R., Magy. Kém. Lapja (2017) 72, 276.
- [4] G. Reineccius, Flavor Chemistry and Technology, CRC Press, Boca Raton, 2006.
- [5] B. Caballero, P. M. Finglas, F. Toldrá, (Eds.), Encyclopedia of Food and Health, Elsevier, Oxford, 2016.
- [6] <https://www.brewersjournal.ca/2017/05/18/science-malliard-reaction/>
- [7] R. J. Clarke, O. G. Vitzthum, (Eds.), Coffee. Recent Developments, Blackwell Science, Oxford, 2001
- [8] A. M. Costa Freitas, A. I. Mosca, Food Res. Int. (1999) 32, 565.
- [9] G. Charalambous, (Ed.), Food Flavors: Generation, Analysis and Process Influence, Elsevier, Oxford, 1995.
- [10] O. Gonzalez-Rios, M. L. Suarez-Quiroz, R. Boulanger, M. Barel, B. Guyot, J-P. Guiraud, S. Schorr-Galindo, J. Food Compos. Anal. (2007) 20, 289.
- [11] W. Grosch, in Coffee. Recent Developments, Blackwell Science, Oxford, 2001, 68.
- [12] O. Gonzalez-Rios, M. L. Suarez-Quiroz, R. Boulanger, M. Barel, B. Guyot, J-P. Guiraud, S. Schorr-Galindo, J. Food Compos. Anal. (2007) 20, 297.
- [13] I. D. Fisk, A. Kettle, S. Hofmeister, A. Virdie, J. S. Kenny, Flavour (2012) 1, 1.
- [14] S. J. Lee, M. K. Kim, K-G. Lee, Innov. Food Sci. Emerg. Techn. (2017) 44, 97.
- [15] N. Caporaso, M. B. Whitworth, C. Cui, I. D. Fisk, Food Res. Int. (2018) 108, 628.
- [16] Merő A., Diplomadolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 2007.
- [17] G. A. Burdock, Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients, CRC Press, Boca Raton, 2010.
- [18] N. Yang, C. Liu, X. Liu, T. Kreuzfeldt Degn, M. Munchow, I. Fisk, Food Chem. (2016) 211, 206.
- [19] <http://www.thegoodscentcompany.com>
- [20] E. Várvölgyi, A. Gere, D. Szöllösi, L. Sipos, Z. Kovács, Z. Kókai, M. Csóka, Zs. Mednyánszky, A. Fekete, K. Korány, Arab. J. Sci. Eng. (2015) 40, 125.
- [21] S. Risticvic, E. Carasek, J. Pawliszyn, Anal. Chim. Acta, (2008) 617, 72.
- [22] E. Afoakwa, Chocolate Science and Technology, Wiley-Blackwell, Chichester, 2010
- [23] J. Rodriguez-Campos, H. B. Escalona-Buendía, S. M. Contreras-Ramos, I. Orozco-Avila, E. Jaramillo-Flores, E. Lugo-Cervantes, Food Chem. (2012) 132, 277.
- [24] V. Acierno, S. Yener, M. Alewijn, F. Biasioli, S. van Ruth, Food Res. Int. (2016) 84, 86.
- [25] Y. Li, Y. Feng, S. Zhu, C. Luo, J. Ma, F. Zhong, J. Food Compos. Anal. (2012) 25, 17.
- [26] F. Frauendorfer, P. Schieberle, J. Agric. Food Chem. (2008) 56, 10244.
- [27] J. Diab, R. Hertz-Schünemann, T. Streibel, R. Zimmermann, Food Res. Int. (2014) 63, 344.
- [28] E. O. Afoakwa, A. Paterson, M. Fowler, A. Ryan, Crit. Rev. Food Sci. Nutr. (2008) 48, 840.
- [29] M. Hinneh, E. Semanhyia, D. Van de Walle, A. De Winne, D. A. Tzompa-Sosa, G. L. Scalone, B. De Meulenaer, K. Messens, J. Van Durme, E. O. Afoakwa, L. De Cooman, K. Dewettinck, Food Res. Int. (2018) 111, 607.
- [30] M. Csóka, M. Amtmann, Zs. Mednyánszky, L. Simon-Sarkadi, K. Korány, CoCo-Tea 2015 Conference, Aveiro, Portugal.
- [31] S. Ducki, J. Miralles-Garcia, A. Zumbé, A. Tornero, D. M. Storey, Talanta (2008) 74, 1166.
- [32] S. C. G. N. Braga, L. F. Oliveira, J. C. Hashimoto, M. R. Gama, P. Efraim, R. J. Poppi, F. Augusto, Microchem. J. (2018) 141, 353.
- [33] <http://www.icco.org/about-cocoa/processing-cocoa.html>
- [34] N. Xu, Zm. Chen, in Tea. Bioactivity and Therapeutic Potential. Taylor & Francis, London, 2002, 35.
- [35] Y. Hilal, U. Engelhardt, J. Cons. Prot. Food Safety (2007) 2, 414.
- [36] Y. Takei, K. Ishiwata, T. Yamanishi, Agric. Biol. Chem. (1976) 40, 2151.
- [37] K. Yamaguchi, T. Shibamoto, J. Agric. Food Chem. (1981) 29, 366.
- [38] P. O. Owuor, H. Horita, T. Tshuida, T. Murai, Tea (1986) 7, 71.
- [39] P. O. Owuor, 11th Napreca Symposium (2005) Book of Proceedings, 45.
- [40] Zs. Mednyánszky, Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, 2012.
- [41] K. Korány, Zs. Mednyánszky, M. Amtmann, 16th Informal Meeting on Mass Spectrometry, Budapest, 1998.
- [42] Y. Nobumoto, K. Kubota, A. Kobayashi, Biosci. Biotech. Biochem. (1993) 57, 79.
- [43] P. Pripdeevech, T. Machan, Food Chem. (2011) 125, 797.