



Braun Tibor

■ ELTE, Kémiai Intézet, MTA Könyvtár és Információs Központ

Gasztronómiai íz-, illat- és zamatpárosítások molekuláris háttere és új lehetőségei

Előszó

A dolgozat nem élelmiszer-kémiai, hanem gasztronómiai szempontból kívánja témáját ismertetni, miután előző munkánkban már definiáltuk a gasztronómiát, az ételek és italok szakértő ismeretét, illetve élvezésük művészetét [1]. Ott arra is kitértünk, hogy a múlt évszázad közepén magyar kutatói segédlettel (Kürti Miklós, Oxford) létrehozott molekuláris gasztronómia azt kívánja megismerni és hasznosítani, hogyan működik a főzés és sütés a molekulák és szupramolekulák szintjén, illetve mi történik a molekulákkal, amikor hőhatás éri őket.

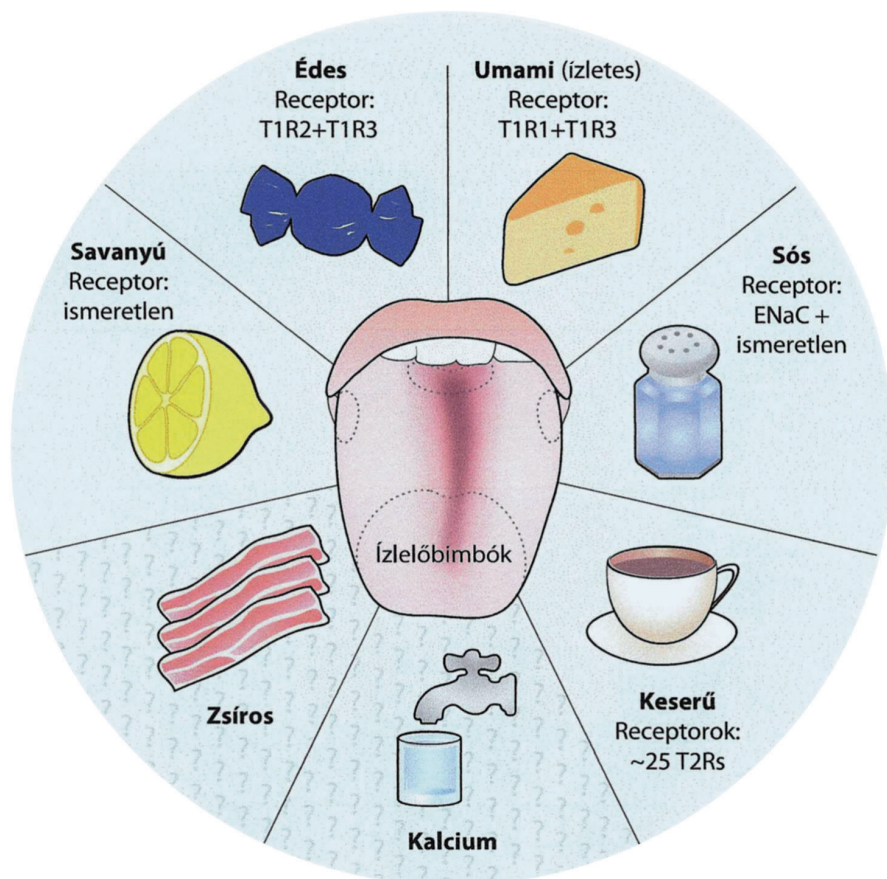
A mostani írás a fentieket kiegészítve azokkal az ismeretekkel foglalkozik, hogy mi történik, amikor az ízeket keverik, valamint azt is elemezzük, hogy a gasztroélvező hogyan értelmezi az ízeket, illatokat és zamatokat, és mindez milyen kihívásokat jelent azokkal a tradicionális érzékelésekkel és szokásokkal szemben, amelyekről egy étel ízletesnek és élvezetesnek tűnik. Ehhez alapvető premisszánk, hogy az elemzéshez az új kémiai, fizikai elemzési és adatbányászati eljárások, illetve azok alkalmazásai számos lehetőséget nyújtanak gasztronómiailag új íz-, illat- és zamatkombinációk létrehozására és vizsgálatára, s ezek nemcsak kiterjeszthetik, sőt forradalmasíthatják étkezési ízlésünket és szokásainkat, hanem képesek átértelmezni az ételek élvezetét is. Bizonyos ételeket együtt fogyasztva ízletesnek érzünk, másokat nem. Ennek az egyszerű megfigyelésnek az eredete az emberi érzékek biokémiájában rejlik.

Bevezetés

Egy étel minőségéről, ízletességéről, illetve élvezeti fokáról születő döntés messzemenően személyes jellegű. Mint tudjuk, ételünkkel az érzékelésen keresztül kerülnünk kapcsolatba, azaz tapintás, látás, hallás, ízlelés és szaglás útján. Talán furcsának tűnik, de például a tapintási és látási érzékelések messzemenően befolyásolják az ételek ízével kapcsolatos észleléseinket. Másképp érezzük az étel ízét, ha jó minőségű porcelántányérból vagy ezüst-, illetve papírtányérból eszünk, azaz az ízérzékelés a felhasznált edény minőségétől is függ. Hasonlóan, az étel színe is befolyásolhatja ízlésünket; gondoljunk arra, hogy milyennek éreznénk egy kékre festett libacombot...

Az étel élvezésében kémiai érzékelésünk a legjelentősebbek. Ezek az íz, ízlés, az illat (szag) és a *chemesthesis* [2] (e szónak nincs magyar nyelvű szótári megfelelője, talán „kemesztézis”-re lehetne magyarítani). Ez utóbbit a bőr és a nyálkahártyák kémiai érzékenységeként definiálják, és akkor jelentkezik, amikor a vegyületek aktiválják a más érzékeinkhez, például fájdalomhoz, tapintáshoz és étetéshez kötődő receptorokat. Ezek a kémiailag indukált érzésreakciók nem illeszkednek a hagyományos ízlési és szagérzékelési kategóriákhoz. A kemesztetikus érzékelésre példa a paprikától, illetve hatóanyagától, a kapszaicintól származó égető, csípős érzés, vagy a mentol okozta hűsítő érzet. Előbbieket a gasztronómiában csípősségnek vagy pikánsságnak is nevezzük.

Az ízlés vagy kóstolás a szájból levő szenzorokkal érzékeli a folyadékokban oldott kémiai vegyületeket. Az illat és a szaglás a levegőben lévő vegyületeket detektálja, de érzékeli azokat az illatokat is, amelyeket az élelmiszerek a szájüreünkben emittálnak. Ízlésünk az édes, savanyú, sós és keserű ízek érzékelésére alkalmas. Újabban ezekhez további ízek csatlakoztak, mint az umami, a zsíros és a kalcium (1. ábra). Az 1905-ben Japánban felfedezett furcsa, gyámoltalan elnevezésű umami japánul kellemesen felséges ízt jelent, és valós létezését csak 2000-ben sikerült a megfelelő receptorokkal igazolni [5]: az umami tulajdonképpen egy aminosav, illetve a nátrium-L-glutamát íze, aminek egyik fő jellegzetessége, hogy más ízmolekulákkal társulva fokozza azok intenzitását és az ízlélibimbókra gyakorolt hatását. Ugyanakkor közismert, hogy több ezer ízt és illatot felismerünk és érzékelünk. A nyelvünkön, a szájpadlásunkon és a felső torkunkon lévő kemoreceptorok felismerik a megfelelő ízjelzéseket, például a keserűt, a savanyút, az édeset. Ezen észlelések mindegyike annak érdekében fejlődött ki, hogy információt közöljön a különösen kíváncsi (például só, cukor, aminosavak), vagy nemkíváncsi (toxikus alkaloidák) élelmiszerekről. A receptorok a nyelven lévő ízlélibimbókban helyezkednek el. Az ízlendő molekulák az ízlélibimbók csúcsán lévő pórusokon keresztül jutnak a bimbókba, és adszorbeálódnak az ízreceptor sejteken. Az édes ízt érzékelő receptorfehérjéket például aránylag csak a közelmúltban azonosították. [3,4] Mindezek a



1. ábra. Ismert és javasolt ízek [6]

receptorok a G-fehérjéhez csatolt receptorok supercsoportjába tartoznak, amelyeket T_1R_1 , T_1R_2 , T_1R_3 és T_2R -ként azonosítottak. Például a T_1R_2 – T_1R_3 heterodimerek az édes íz érzékelői, míg a T_2R -ek a keserű ízt érzékelik. A savanyú és sós ízek érzékelői lényegében ioncsatornák.

Az eltelt évszázadok során az ételek előállítását empirikusan kialakított receptekben rögzítették, és az ízek, zamatok minőségét, élvezeti értékét [6] az egyéni, sze-

mélyes ízlés határozta meg. Azt, hogy a különböző élelmiszer-alapanyagok közül mit, mivel, hogyan és milyen arányban kell vagy lehet párosítani, keverni, mint említettük, az empiria jellemezte, és az élvezetességét a kellemesség, illetve elfogadhatóság műveletileg közelebb hozta a művészethez, mint a tudományhoz (szakácsművészet).

A molekuláris és szupramolekuláris [1] gasztronómia bevezetésével manapság eg-

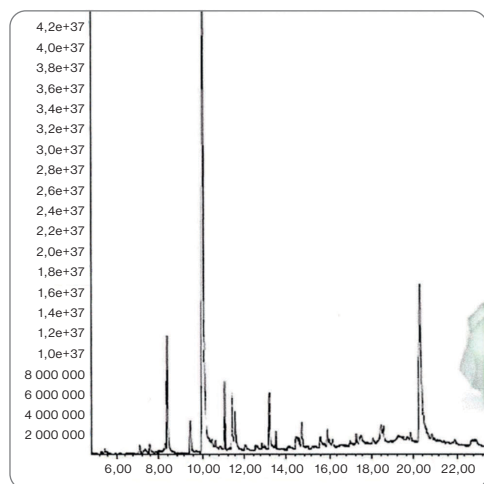
zaktabb gasztronómiai ismeretekkel rendelkezünk a főzés és sütés alatt végbemenő fizikai és kémiai jelenségekről, de az ízek párosításával, keverésével, illetve molekuláris hátterével és az ezek során kialakuló ízhathatóságok vizsgálatával még csak mostanában kezdett az élvezeti gasztronómiai [6] kutatás foglalkozni. Ennek az útnak az elejéről számolunk be a továbbiakban.

Ízmolekula-hasonlóság

Az ízmolekula-hasonlósági elvet *Heston Blumenthal* angol séf és molekuláris gasztronómus vetette fel először 2002-ben, majd részletezte számos példával „fűszerezve” 2008-ban [7,8]. Blumenthal a séfje és tulajdonosa a berkshire-i Fat Duck nevű három Michelin-csillagos vendéglőnek, és nem kutató ugyan, de vendéglője mellett nagyon jól felszerelt műszeres fizikai kémiai laboratóriumot is működtet. Az általa alkalmazott elv szerint, ha két étel azonos illékony molekulákat tartalmaz, akkor keverékük étkezéskor kellemes íz- és illatérzetet kelt. Az élelmiszer-alapanyagok elemzésére folyadékkromatográfiát és tömegspektrometriás gázkromatográfiát alkalmazva számos élelmiszer-alapanyagot vizsgált. Például a 2. ábra a nyers uborka illóizanyagainak a gázkromatogramját mutatja be. Fentiek alapján Blumenthal vendéglője számos új, nem konvencionális, ízletes ételkombinációt kínál, például jázminos sertésmáját vagy kaviáros fehér csokoládét [8]. Blumenthal felkérte *François Benoit*-t, a világ második legnagyobb illat-, ízgyártó és -forgalmazó, Svájcban székelő Firmenich S. A. [9–11] nevű cégének fővegyésztét, hogy működjenek együtt az ízhasonlóság vizsgálatában. Blumenthalék elképzelései gyorsan elterjedtek a világban, és számos séf egyedül vagy illatkémikusok együttműködésével rengeteg új, ízletes ételkombinációt hozott létre. Így például *Martin Lerch* norvég kémikus, aki fémorganikus vegyületekkel foglalkozik, Blumenthalék nyomait követve megalapította az interneten a *Khymos* nevű [12] blogot és a „They Go Really Well Together (TGRWT)” (Valóban kitűnően illenek egymáshoz) sorozatot, amelyben főleg saját tapasztalatait ismerteti az ízek hasonlósági elve alapján kialakított ízletes ételekről. Ezek egyike például a földieper korianderrel: ezt az ízeiről szóló kézikönyv [13] nyomán kiválasztott (7)-3-hexanal ízvegyület alapján alkotta, amely mindkettőben jelen van.

Blumenthal, bevallása szerint, az ízek hasonlóságát alapul vevő ételeinek kidolgozásakor erősen támaszkodik az eredeti

2. ábra. Nyers uborka illóizanyagainak gázkromatogramja [7]





leg 1963-ban létrehozott „Volatile Compounds in Food” [14] című nyomtatott adatbázisra. Ez az adatbázis az International Organization of the Flavour Industry szervezet révén 2000-től az Interneten is hozzáférhető [14].

Számítógépes ízpárosítás (élelmiszer-párosítás)

Szintén a Blumenthal által bevezetett ízhasonlósági elv ihletése nyomán a már említett *François Benzi* vegyész és *Bernard Lahousse* biomérnök Belgiumban magánvállalkozásként megalapította a Sense for Taste (Ízéret) nevű céget azzal a céllal, hogy főleg séfeknek és élelmiszer-vállalatoknak, de magánszemélyeknek is innovatív ízpárosításokat forgalmazzanak. A cég *Foodpairing* című weblapja elsősorban folyadékromatográfiával és tömegspektrometriás gázkromatográfiával, de más műszerek analitikai eljárásokkal is az élelmiszerek ízeit elemzi, és saját algoritmusokkal szoftvereket fejleszt és forgalmaz kompatibilis ízpárosítások létrehozására. Ezek a cég weblapján hozzáférhetők [15]. A 3. ábra a párosítások vizualizálására alkalmas „fákat” mutat be. A továbbiakban szó szerint, prospektusszerűen ismertetjük az interaktív weblap alkalmazási lehetőségeit [16].

„Az eredeti *Foodpairing* weblap körülbelül 250 különböző alapanyag párosításait tette hozzáférhetővé (a 3. ábrán látható) statikus ábrák formájában. Magát a megvalósítást – azaz hogy miből mennyit és milyen formában használjunk fel ahhoz, hogy valóban működjön a párosítás – az olvasóra hagyták, bár az egyes kategóriákat – például gyümölcsök, húsok vagy halak – külön ágakként tüntették fel.

2011-től megújult kezelőfelülettel megjelent a *Foodpairing* profi változata, amit eleinte csak a gasztronómia területén dolgozók számára kínáltak. Emellett tovább

működött az ingyenes, mindenki számára elérhető statikus oldal. 2012-ben viszont megszűnt az ingyenes oldal, és ezzel együtt átalakult a *Foodpairing* üzleti modellje is. Ma már bárki regisztrálhat a *Foodpairing* oldalán, és ingyen böngészhet 100 alapanyag között. Aki a teljes, folyamatosan bővülő és jelenleg 870 alapanyagból álló adatbázishoz szeretne hozzáférni, havi 15 euróért (azaz egy szakácskönyv árértékéért) vagy évi 129 euróért (azaz egy-két többcsillagos séf könyvének árértékéért) válthat ki profi hozzáférést. Tehát több szinten is ki lehet próbálni és meg lehet ismerni az új kezelőfelületet és az alapanyagok közötti párosításokat.

Az alapanyagok közötti böngészés megkezdésekor először talán a modernebb megjelenés tűnik fel. Az egyes alapanyagok ábrái felépítésüket tekintve hasonlóan statikus elődjeikre, de kissé rendezettebbek és áttekinthetőbbek is lettek. A megtekintett alapanyag „párosítási gráfja” (3. ábra) közepén továbbra is magát az alapanyagot találjuk. Körben a különböző kategóriák ikonjai előtt három példát látunk, amelyben létezik egyáltalán párosítás az adott kategóriából. Ha zavaróak a kategóriák ikonjai, akkor a jobb alsó sarokban található pöttyre kattintva eltüntethetjük őket. További kategóriánkénti párosítási javaslatért a központi alapanyag közelében található csomópontokra kattintva nagyíthatunk bele az egyes ágakba. Itt további alkategóriákat is találunk, például zöldségeknél magukat a zöldségeket és a gombákat, vagy halaknál a kagylókat, a tengeri és édesvízi halakat, valamint egyéb tengeri élőlényeket (például algák, kaviár). Az eredeti ábrához a középső főalapanyagunkra kattintva juthatunk vissza.

Az egyes alapanyagokra kattintva rövid leírást olvashatunk az adott alapanyagról, gyakran képpel is ellátva. Ezen túl két lehetőség közül is választhatunk, mégpedig átvándorolhatunk a kiválasztott alapanyag

párosítási grájához, és ott folytathatjuk a böngészést, vagy hozzáadhatjuk az alapanyagot a párosítási listánkhoz. Az eddig összegyűjtött párosításainkat a jobb oldalon tekinthetjük meg, törölhetünk belőlük alapanyagokat és megnézhetjük a gráfjait is. A kiválasztott alapanyagok a bal oldali ábrákban is kiemelve, nagyobb betűkkel jelennek meg az adott kategóriájukban.

Arról, hogy melyik alapanyag mennyire jól párosítható a kiválasztott alapanyaggal, egyrészt magából a párosítási gráfból értesülhetünk. A középső alapanyag körül koncentrikus körök találhatók, melyeknél a közelebbi körön belül elhelyezkedő alapanyagok jobban harmonizálnak az adott alapanyaggal. Másrészt a jobb oldali lila nagyítóra kattintva nyithatjuk meg a keresőt, s itt ötös skála alapján sorrendbe gyűjtött listaként tekinthetjük meg a párosítható alapanyagokat.

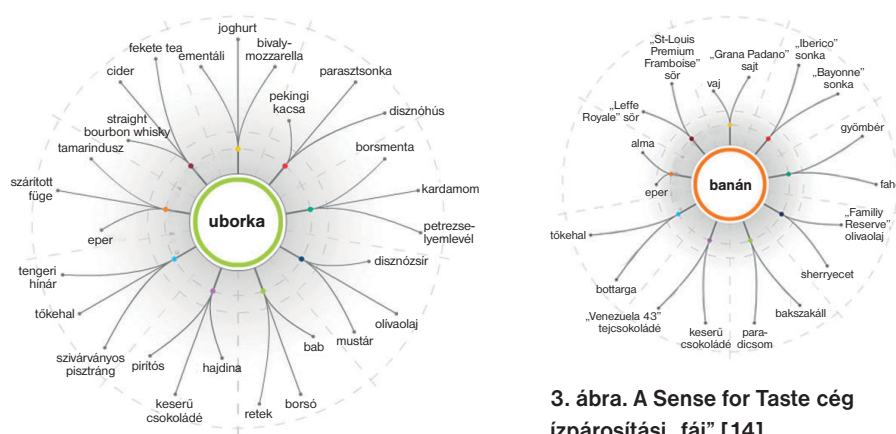
Ebben a keresőben számos új és igazán segítőkész funkciót is találunk. Üres jobb oldali párosítási lista esetén mind a 870 alapanyag között kereshetünk. Amint viszont kiválasztottunk egy vagy néhány alapanyagot a párosítási listánkba, életbe lép a „scope”, azaz látókör funkció. A bal oldali ikon a párosítási listában szereplő alapanyagaink saját párosítási kapcsolatainak egyesített listáját mutatja, míg a másik ikon a metszetét. Tovább segíti az áttekinthetőséget a kategóriák leszűkítése, például ha csak ecetet keresünk a jelenlegi párosítási listánkhoz. (Végül az összeállított kombinációinkat elmenthetjük, és akár receptet is begépelhetünk hozzá!)

Rengeteg bővítésen és igen jól sikerült újításon ment keresztül a *Foodpairing* weblapja. Aktuális formájában kitűnően használható új ételek, receptek tervezése, vagy akár meglévő receptek megújítása során is” [16].

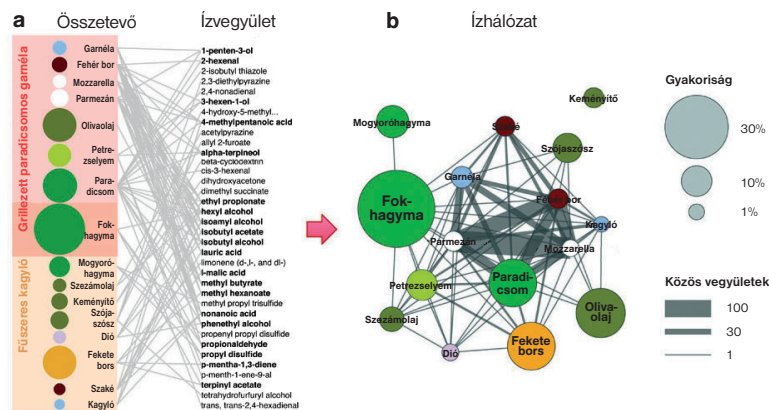
A fentiekben ismertetett algoritmusok és szoftver részleteit Lahousse nem volt hajlandó közzétenni, annyit azonban elárult, hogy azok több mint két illékony vegyületet vesznek tekintetbe egy vizsgált élelmiszerpár esetében, és hozzátette, hogy szerinte az ember különböző vegyületeket különböző küszöbértékeknél érzékel, így erre is figyelni kell.

Íz-, illat-, zamathálózatok

Ugyancsak a Blumenthal- és Benzi-Lahousse-féle alapokból indulva, de felvetve, hogy ezek nem tudnak kielégítő magyarázatot adni minden gasztronómiai ízkombinációra, az angol *Sebastian Ahnert* cam-



3. ábra. A Sense for Taste cég ízpárosítási „fái” [14]



4. ábra. Íz-, illat- és zamathálózat [17]

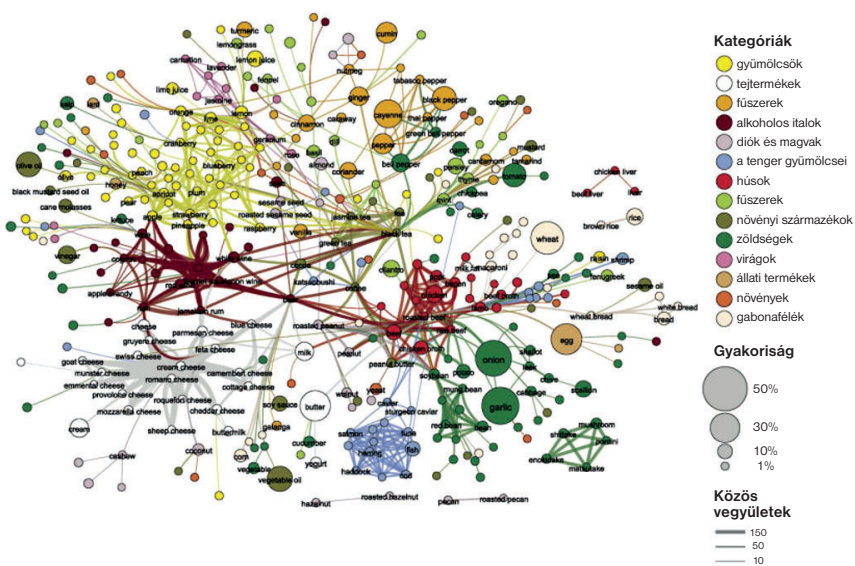
bridge-i elméleti fizikus és műkedvelő molekuláris gasztronómus által vezetett csoport (amelynek *Barabási Albert-László* román-magyar-amerikai fizikus is tagja volt) kidolgozott egy ízhálózatot [17]. Ebben több mint 50 000 online konyharecept hozzávalóját és íz-, illetve illat- és zamatvegyületeit (amihez forrásként egy kézikönyv szolgált [19]) rendelte egymáshoz. Ezeket észak-amerikai, latin-amerikai és ázsiai jellegük szerint csoportosították annak köszönhetően, hogy a gasztronómusok lehetővé tették a gasztronómiai összetevők körülbelül 51 íz-, illat- és zamatvegyületének azonosítását.

Az eredményeket páros gráfba tömörítették. Az egyik oldal 381, az egész világon

használt recept összetevőit, a másik az említett összetevők 1021 íz-, illat- és zamatvegyületét tartalmazza (4.a ábra). Ennek a gráfnak a vetülete az az íz-, illat- és zamathálózat, amelyben két csomópont (összetevő) akkor kapcsolódik, ha legalább egy íz-, illat- és zamatösszetevőjük közös (4.b ábra). Az egyes kapcsolatok, vonalak súlya a közös íz-, illat- és zamatvegyületek számából adódik, így az íz-, illat-, zamathálózat súlyozott hálózat.

Mivel bizonyos íz-, illat- és zamatvegyület nagyszámú összetevőben is szerepel, a létrejövő íz-, illat- és zamathálózat közvetlen vizualizálásához a hálózat túlságosan sűrű. Ezért egy eljárással minden összetevőnek meghatározták a statisztikailag szig-

5. ábra. Az íz-, illat- és zamathálózat gerince [17]. Mindegyik csomópont egy alapanyagot jelez, a csomópont színe az ételcsoportot mutatja, míg a csomópont mérete az összetevők gyakoriságára utal. Két alapanyag akkor kapcsolódik, ha jelentős számú közös íz-, illat- és zamatvegyülete van. A vonalak vastagsága a két alapanyag közös vegyületeinek számát érzékelteti



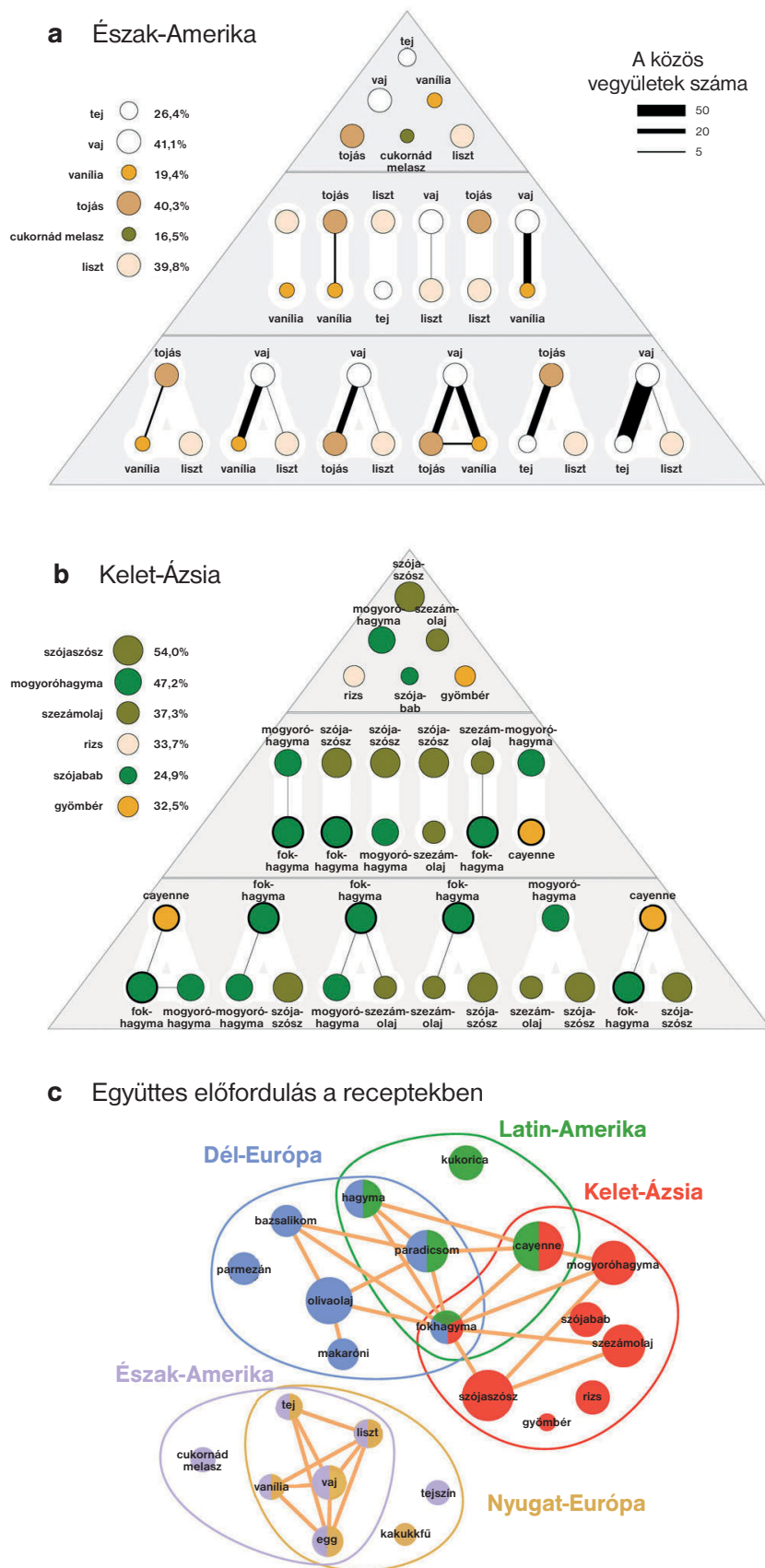
A kategóriák közötti kapcsolatok tájékoztatnak azokról az ízekről, illatokról és zamatokról, amelyek kialakítják a különböző élelmiszer-csoportokat.

nifikáns kapcsolatait (5. ábra). Nem meglepő, hogy a hálózat mindegyik modulja egy ételosztálynak felel meg, például hússoknak (vörös) vagy gyümölcsöknek (sárga). A modulok közötti kapcsolatok tájékoztatnak azokról az ízekről, illatokról és zamatokról, amelyek összetartják a különböző élelmiszer-csoportokat. Így például a gyümölcsök és tejtermékek közel vannak az alkoholos italokhoz, de a gombák elkülönülnek, mivel nagyszámú íz-, illat- és zamatvegyületük csak más gombákéval közös.

Az íz-, illat- és zamathálózat lehetővé tette, hogy a szerzők az ételpárosítás-hipotézist topológiai kérdésként fogalmazzák újra: tehát gyakrabban használunk-e olyan alapanyag-párosításokat, amelyek erősen kapcsolódnak az íz-, illat-, zamathálózatban, vagy igyekeznünk ezeket elkerülni? Ennek a hipotézisnek az ellenőrzésére a szerzőknek szükségük volt olyan, az emberek által kedvelt alapanyag-kombinációkra, amelyek hozzáférhető kurrens ételreceptekben. A szerzők két amerikai receptgyűjtemény (*epicurious.com* és *allrecipes.com*) 46 498 receptjét használták fel a munkához. A világkonyha kimondottan nyugati értelmezését elkerülendő, egy koreai (*menupan.com*) adatbázist is igénybe vettek. A recepteket földrajzilag megkülönböztethető (észak-amerikai, nyugat-európai, dél-európai, latin-amerikai és kelet-ázsiai) konyháként csoportosították.

Az alapanyagok száma egy átlagos receptben nyolcnak bizonyult, eloszlásuk kötött, ami jelzi, hogy ritkák azok a receptek, amelyek nagyon sok vagy nagyon kevés alapanyagból készülnek. Ezzel szemben a különböző specifikus alapanyagok népszerűsége négy nagyságrendben változik, ezáltal igazolva azt, hogy milyen nagy különbségek vannak a receptekben használt alapanyagok összetevői között. Ez még meggyőzőbben látható a 6. ábrán.

Konkrétumokat is felsorolva, egy észak-amerikai ételben, például a garnélarákos-paradicsomos rostonsültben egyaránt van 1-penten-3-ol, és a recept szerinti mozzarella, parmezán és paradicsom tartalmaz 4-metilpentánsavat. Ez a nyugat-európai receptekben szintén előfordulhat. Ellenben a kelet-ázsiai és a dél-európai receptekben ellenkező a trend, az alapanyagok valószínűleg nem osztoznak az íz-, illat- és zamatösszetevőkben. Egy másik példa: az észak-amerikai receptek gyakori összetevői, a tej, vaj, kakaó, vanília, tejszín és tojás közös íz-, illat-, zamatvegyületeket tartalmaznak sok más élelmiszerrel. Amikor ezeket az alapanyagokat kiiktatták a vizs-



6. ábra. Íz-, illat- és zamatpiramisok az észak-amerikai és ázsiai konyhákban (a,b) [17]. A piramisok a legautentikusabb hat alapanyagot, -párt és -tripletet tartalmazzák. A csomópontok mérete arra utal, hogy egy adott konyha receptjei mennyit használnak az alapanyagból. A színek az alapanyag kategóriáját jelzik (l. 5. ábra), a vonal vastagsága a közös vegyületek számát mutatja. c) A hat legautentikusabb alapanyag és alapanyag-pár a regionális konyhákban. A csomópont színe a konyhát, a vonalak az alapanyagpár relatív gyakoriságát tükrözik

gálatokból, a közös ízek, illatok és zamatok érzete is gyengült. Ezzel szemben amikor az ázsiai konyhánál kiiktatták az olyan alapanyagokat, mint például a marhahús, gyömbér, sertéshús, cayenne bors, csirkehús, hagyma, amelyek a legkevesebb közös íz-, illat- és zamatvegyületet tartalmazták, az íz-, illat-, zamatösszetevők száma megnőtt.

Végszó

Az élelem-felhasználás, a gasztronómiai és érzékelésbiológiai adathozzáférés hatására egy átfogóan új, már e dolgozatban is említett adatbányászat nyomán felmerült a „computational gastronomy” (számítási gasztronómia) elnevezésű kutatási terület [18] szükségessége.

A lehetséges fejlődésre gondolva talán jelen területre is reményt keltők lehetnek a biológiai, biokémiai receptorokat kiegészítő, a kémiai szenzorokra alapozott elektronikus orrok és nyelvek fejlesztésére vonatkozó kutatások. Ezeket jelenleg a gasztronómiában még nem, de az élelmiszeriparban már igénybe veszik [20].

IRODALOM

- [1] Braun Tibor, Empíriától a tudományig. Molekuláris és szupramolekuláris gasztronómia, Magy. Kém. Lapja (2011) 66, 113.
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Chemesthesis>
- [3] E. Adler, M. A. Horn, K. L. Mueller, J. Chandrasekar, N. J. P. Ryka, C. S. Zucker, Cell (2000) 100, 683.
- [4] J. Chandrasekar, K. L. Mueller, M. A. Horn, E. Adler, L. Feng, L. Guo, C. S. Zucker, N. J. p. Ryka, T2Rs Function as Bitter Taste Receptors, Cell (2000) 100, 703.
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Umami>
- [6] K. Kupferschmidt, Following the Flavor, Science (2013) 340, 808.
- [7] H. Blumenthal, The Guardian, 2002. május 4.
- [8] H. Blumenthal, The Big Fat Duck Cookbook, Blumsbury, London, 2008.
- [9] <http://www.kiserletikonyha.hu/2009/11/konyvajanlofat-duck-cookbook.html>
- [10] <https://www.foodpairing.com/en/what-is-foodpairing/the-science-behind>
- [11] <http://wikipedia.org/wiki/Firmenich>
- [12] <http://blog.khymos.org/about/>
- [13] Handbook of Flavor Characterization: Sensory Analysis, Chemistry and Physiology, CRC Press, Boca Raton 2004.
- [14] B. Nijssen, K. van Ingen, J. Donders, Volatile Compounds in Food, version 10.1.1 (2008), www.vcf-online.nl
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/Foodpairing>
- [16] <http://www.kiserletikonyha.hu/2012/02/foodpairing-avagy-az-alapanyagok.html>
- [17] Y. Y. Ahn, S. E. Ahnert, J. P. Bagrow, A.-L. Barabási, Flavor network and the principles of food pairing, Sci. Rep. (2011) 1, 196.
- [18] S. E. Ahnert, Network analysis and datamining in food science: the emergence of computational gastronomy, Flavour (2012) 2, 4.
- [19] G. A. Burdock, Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients, 6th edition, CRC Press, Boca Raton, 2009.
- [20] E. A. Baldwin, J. Bai, A. Plott, Sh. Dea, Electronic Noses and Tongues: Applications for the Food and Pharmaceutical Industries, Sensors (2011) 11, 4744.