



Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet

Empíriától a tudományig

Molekuláris és szupramolekuláris gasztronómia¹

Bevezetés

Az elmúlt néhány évszázad során a tudomány óriási fejlődésen ment keresztül. Mindezek ellenére a rendelkezésre álló hatalmas tudás és szakértelem csak elenyésző mértékben hasznosodott a főzés és sütés tudományának megalapozásában. Ennek tudatában kísérreljük meg a dolgozatban azoknak az ismereteknek a körvonalazását, amelyek elindították a klasszikusnak nevezhető gasztronómiát a tudománynak tekinthető molekuláris gasztronómia felé vezető úton. Hasznosnak látszik, ha előbb a fogalmak definíciójával, majd az új tudományterület keletkezésével kezdjük. Gasztronómiának nevezzük az ételek, italok szakértő ismeretét, illetve élvezésük művészetét. De definiáljuk úgy is, mint az ételek, italok kifinomult élvezését és az étkezés művészetét, tágabb értelemben az étkezés kultúráját is.

„Az ízlelés fiziológiája” [1] című, 1825-ben publikált munkájával Jean Anthelm Brillat-Savarin tekintik a gasztronómiai irodalom úttörőjének. Szellemes kötetében kitűnő receptek váltakoznak anekdotákkal és eszmefuttatásokkal. Neki tulajdonítják a közismert mondást, miszerint „egy új fogás felfedezése jobban hozzájárul az emberi faj boldogságához, mint egy új csillag”, sőt „a mondd meg, mit eszel, és megmondom, ki vagy” aforizmát is.

A történelem során a főzéshez empirikusan kialakított és az idő múlásával célszerűbben és kifinomultabban változtatott recepteket használtak a készítők (szakácsok, háziasszonyok stb.). Közismerten és humorosan szólva a nagymamák recept-könyvei voltak a konyha és konyhaművészet bibliái. Az ezekben található recepteket anélkül használták – és gyakorta hasz-

nálják ma is, néha meglepően sikeresen –, hogy az igénybevételük során történő kulináris változások mechanizmusával tisztában lettek volna. A fejlődés során idővel óhatatlanul felmerül a kérdés, hogy miért viselkednek úgy az élelmiszerek, ahogy, amikor bizonyos dolgokat tesznek velük. Az a tevékenység, amelyik a konyhai nyersanyagoktól az elkészült ételig vezető változások fizikai és kémiai mechanizmusát van hivatva megismerni, önálló tudományterületté, a molekuláris és jelen szerző véleménye szerint szupramolekuláris gasztronómiává fejlődött a legutóbbi körülbelül harminc év során. A molekuláris gasztronómia az a tudományterület, amelyik azt kívánja megismerni és hasznosítani, hogyan működik a főzés, sütés (cooking) a molekulák és szupramolekulák szintjén. Ugyanazon az alapon, amin a természettudomány a természeti jelenségek mechanizmusának, törvényszerűségeinek megismerésére törekszik. És ebben is követi Louis Pasteur közismert mondását: „nem léteznek alkalmazott tudományok, csak a tudomány alkalmazása”. Felmerül a kérdés, hogy akkor miért nem „molekuláris főzésnek” nevezzük. Egyszerű a válasz, mert a főzés jártasság, és nem tudomány. A molekuláris gasztronómia (MG) önálló tudományterületté vált, amelynek jelentősége messze meghaladja az egyszerű technológiai alkalmazást. Ezt az új területet nem az élelmiszertudománnyal kell azonosítani, amely az élelmiszerek előállításával, tulajdonságaival és viselkedésével foglalkozik.

A molekuláris gasztronómiáról kezdeti óta hatalmas méretű szakirodalom jelenik meg, ebből csak szemléltetésre sorolunk fel néhány művet [2–5].

Jelen írásban ízelítőül az MG által tanulmányozott néhány kiválasztott fizikai és kémiai folyamat és jelenség körvonalazásával foglalkozunk.

Alkotói szerint a fentiekben túlmenően az MG még a következő nagyon jelentős alterületekre fókuszál:

1. A kulináris tevékenységhez kapcsolódó társadalmi jelenségekre.

2. A kulináris tevékenységek művészeti összetevőire.

3. A kulináris tevékenységek műszerezettségére.

Ezek részleteire azonban ez az írás nem terjedhet ki. Végül feltétlenül meg kell említenünk, hogy a molekuláris gasztronómia nagymértékű hatást gyakorolt a világ vezető konyhaséffjeinek gondolkodásmódjára és szakmai tevékenységére. Szerte a világon már számos étteremben találkozhatunk a molekuláris gasztronómia tudományát alkalmazó neves séfek ínycsiklós alkotásaival. Éttermeik rendkívül sikeresek, azokba igen nehéz bejutni, sokszor hónapokkal előre érdemes asztalt foglalni, olyan hatalmas a tudományos háttérű ínycsiklós ételek iránti érdeklődés a nagyközönség részéről.

A molekuláris gasztronómia tudományának előfutárai

Az időszámításunk előtti második században egy Londonban tárolt papirusz szerzője mérleget használt annak a megállapítására, hogy az erjesztett hús könnyebb-e, mint a friss hús. Azóta az idők folyamán számos tudós érdeklődött az ételek és a főzés, sütés iránt. Különösen a minőségi sűrített hús és a csontleves, azaz a vizes oldat, ami a hús és csont hőkezelése közben jön létre, képezte a legnagyobb érdeklődést. Apicius említette ezt először a negyedik évszázadban, de a húsleves készítéséhez részletes receptek jelentek meg klasszikus szövegekben és a legtöbb francia szakácskönyvben is. Vegyészek a 18. század óta érdeklődtek az élelmiszerek elkészítése iránt [6]. Antoine-Laurent de Lavoisier talán a leghíresebb közülük, 1783-ban a húsleves sűrűségmérését alkalmazta a minőség meghatározására. Kísérleteinek ismertetésekor írta Lavoisier, hogy „akkor, amikor a legismertebb tárgyakat, a

¹ Az angol nyelvű „cooking” szónak nincs pontos magyar megfelelője. Ezért a dolgozatban fordításként a jelentés szerinti „sütés, főzés”-t használjuk.



legegyszerűbb dolgokat tekintetbe vesszük, lehetetlen nem észrevenni és nem meglepve tapasztalni, mennyire bizonytalanok és megbízhatatlanok ismereteink és hogy következményként milyen fontos, hogy azokat kísérletekkel tényként rögzítsük”. Szintén jelentős személyiség Rumford grófja, aki fizikusként a konyhai kultúra változásait tanulmányozta, és jobbításukra számos javaslatot és találmányt dolgozott ki, például egy különleges kávéfőzőt a kávé hatékonyabb kilúgozására.

A molekuláris gasztronómia tudományát talán Marie-Antoine Carême, a leghíresebb francia séfek egyike vélte előrelátni, amikor a 19. század elején leírta, hogy „az erőleves forráspontját nagyon lassan kell elérni, mert különben az albumin koagulál, megkeményedik, és ezáltal megakadályozza az osmazom zselatinos részének a szétválását”.

Említésre érdemes, hogy az osmazomot Brillat-Savarin a húsok szagmolekulájának tekintette. Ez tévesnek bizonyult, ugyanis a húsok illata számos molekula jelenlétéből ered. A korszerű szemlélet szerint az osmazom a hús különlegesen jóízű része, ami hideg vízben is oldódik; megkülönböztetendő a maradék résztől, ami csak forró vízben oldódik. Mint már a bevezetésben említettük, a molekuláris gasztronómia napjainkra önálló tudományterületté vált, és alkalmazásai, amit kulináris technológiának is nevezhetünk, úgy a mindennapi, otthoni, mint az éttermi kulináris tevékenységekben is jelentkezik.

Az új tudományterület teljes irodalmának áttekintését ezen írás természetesen meg sem kísérelheti. Ezért a következőkben néhány kiragadott példán kívánjuk a területet érzékeltetni.

A molekuláris gasztronómia tudományának születése

A molekuláris gasztronómia tudományának a felfedezése és megalkotása két kutató, a magyar eredetű Kürti Miklós Mór (Nicholas Kurti) oxfordi fizikusprofesszor és a párizsi Hervé This fizikokémikus találkozásának tulajdonítható.

Az alacsony hőmérsékletek fizikájával foglalkozó neves Kürti professzor zseni ifjúságától kezdve a főzés hobbijának hódolt. 1969-ben Sir Benjamin Thompson, a későbbi Rumford gróf által 1799-ben alapított Királyi Intézet (Royal Institution) 170. ünnepi évfordulóján Kürtit kérték fel a Rumfordról szóló emlékbeszédre. Előadásának címe „Fizikus a konyhában” volt.

Az előadáson hangzott el azóta elhíresült mondanéja: „Azt gondolom, szomorú, hogy civilizációnk le tudja mérni a Vénusz légkörének hőmérsékletét, ám azzal nincs tisztában, hogy mi megy végbe a felfűtött sütés közben.” Az előadás alatt Kürti számos tudományos kísérletet végzett, többek között megmérte a hőmérsékletet egy felfűtött belsejében. Ugyanezen az előadáson Kürti bemutatta a kacsahús hipodermikus fecskendővel történő beinjekciózását friss ananászlével. Tette ezt azért, mert az ananászlében lévő bromelin nevű proteolitikus enzim a fehérjemolekulákat szétbontja, így puhítva a húst.

Kürti használta először a „Fizikai gasztronómia” kifejezést 1980 májusában egy Oxfordban rendezett konferencián. E konferencia folytatásaként rendezték meg később szintén Oxfordban az „Élelmiszer és szakácsművészet” (Food and Cookery) című szimpóziumot, amit 1985 júniusában a „Tudomány és babona a konyhában” konferencia követett.

Hervé This fizikokémikusként Párizsban a nagymamáktól (old wives²) származó receptkönyvek tudományos hátterének kiderítésével foglalkozott 1980 óta, hogy tisztázza a főzési, sütési jelenségek mechanizmusát és elhatárolódjon a felesleges babonáktól és más hiteltelenségektől, külön hangsúlyt fektetve a régi bevált receptek, előírások pontosítására. Törekvései kiemelik ebben a molekuláris gasztronómia jelentőségét, amit ő új paradigmának tekint, és aminek, mint láttuk, feladata a kulináris szabályok leltározása és azoknak a pontosítása, amelyek kiállják a tudományos hátterű elemzést. A kulináris művészetnek, mint állítja, ez csak hasznára lehet, mert így létrejön a kulináris receptek esetében a bűzának az empirikus félrevezetések, félreértések pelyvájától való elválasztása. Tudományos alapú receptgyűjteménye (adatbázisa) mára meghaladja a 25 000 darabot. Ezekből már több százat tudományosan pontosított. Az 1. ábra mintát mutat be This adatbázisából.

Kürti és This Párizsban találkoztak először 1986-ban, és ennek során merült fel bennük a gondolat, hogy együtt hozzanak létre és alapozzanak meg egy új „Molekuláris gasztronómia” elnevezésű tudományterületet. Annak érdekében, hogy az új tudományterületet ismertté tegyék és fejlesszék, 1988 márciusában javasolták Antonino Zichichi fizikusnak, az olaszországi Ericében lévő Ettore Majorana kutatóközpont igazgatójának workshop-sorozat megrendezését a kutatóközpontban. Így került sor 1992-ben fizikus és kémikus No-

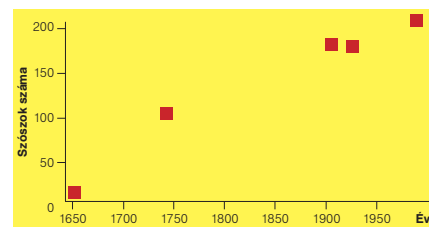
bel-díjasok és világhírű szakácsművészek (séfek) részvételével az első összejövetelre, amit aztán számos új követett. Kürti halála után, 1998-ban This lett ezek főrendezője és igazgatója, és a konferencia nevét „Nicholas Kurti Nemzetközi Molekuláris Gasztronómiai Konferenciára” változtatta. A konferenciasorozatot This elnöklétével 1998 óta mindmáig két évente megrendezik.

Kolloidok, illetve komplex diszperz rendszerek (KDR) [7,8]

Az ismertetést talán azzal kezdhethetnénk, amit manapság nemcsak a háziasszony, hanem az utca embere is tud. Ez pedig az, hogy számos étel (fogás) diszperz rendszerekből áll. Ezeket formálisan kolloidnak nevezzük. Alapvetően a kolloidok egy adott fázis (gázbuborékok, olaj, vízcseppek vagy szilárd mikro-, esetleg nanoméretű részecskék) eloszlása (diszperziója) egy másik folyamatos fázisban. Az emulziók, gélek, habok és szuszpenziók egyaránt alapvetően kolloidok, amiknek számos példájával találkozunk az étkezés világában. Például a tej olaj-a-vízben emulzió, a majonéz is komplex diszperz rendszer (KDR). A felfert tojáshabok száradáskor szilárd habbá keményednek. A dzsemek fizikai gélek. A legtöbb étel általában ennél azért bonyolultabb. Például a fagyaltban a gáz (levegő) diszpergálódik (habosítással) és jégkristályokat, fehérjeaggregátumokat, szacharózt és zsírokat (kristályos vagy folyékony cseppecskékként) tartalmaz kondenzált közegben.

A diszperz rendszerekre olyan, komplex diszperz rendszereket leíró formalizmus használható, amit 1791-ben Lavoisier vezetett be a kémiában, majd a kilencvenes

1. ábra. A francia szószerzők (mártások) számának növekedése a történelem folyamán [10]



években This alkalmazott a molekuláris gasztronómiában. A következő rövidítésekkel: G (gáz), O (olaj, esetleg oldott illanyagokat tartalmazó folyékony zsír, például olívaolaj, de olvasztott libazsír, ol-

² Ezt a kifejezést használja az angol irodalom.



vaszott kakaóvaj is stb.), W (víz, azaz bármilyen vizes oldat) és $S_1, S_2, S_3, \dots$ (bármilyen szilárd anyag), és jelekkel (például diszpergálás valamilyen: /, keverés valamivel: +, és így tovább) képletek írhatók le fizikai rendszerek jellemzésére. Például a krémek (mártások, szószok) felverésének jellemzésére a következő képlet írható: $O/W+G \rightarrow (G+O)/W$. Ugyanezzel a formalizmussal új fizikai rendszerek is leírhatók, például $(G+O+S_1)S_2$ egy vizes oldatot tartalmazó gélt ír le, amiben levegőbuborékok, szilárd részecskék és olajcseppecskék diszpergálódnak [2]. Ennek a képletnek az alapján készítette el 2003-ban Pierre Gagnaire világhírű séf párizsi három Michelin-csillagos vendéglőjében a Faraday emlékének szentelt „Faraday-fésűkagylók” nevű ínycsöveget [8,9]. A fázisokhoz szükséges mennyiség a képletekben alsó indexként írható. Például O_{95}/W_5 egy olaj-a-vízben emulziót jelent, azaz 95 g olajat diszpergálva 5 g vízben. Így írva a konzerválás törvényeinek is eleget lehet tenni: $O_{95} + W_5 \xrightarrow{E_w} O_{95}$ ahol E_w a képzéshez szükséges mechanikai energia.

Mivel a szerkezetek méretei is lényegesek, ezeket zárójelben lehet szerepeltetni, például: $O_{95} [10^{-6}-10^{-5}]/W_5$, ahol a kitevők a diszpergált olajcseppek alsó és felső méretét jelentik (nemzetközi egységekben).

Természetesen a fentiek csak példák a formalizmusra, aminek számos további részletezését és pontosítását dolgozták ki.

Gyakorlati alkalmazása ennek a formalizmusnak az, hogy hasonló képletek segítségével egyébként nehezen elképzelhető új, diszperz rendszerek (mártások, öntetek, szószok) is kreálhatók, és ezeket általánosítani lehet. Így például az $O/W+G \rightarrow (G+O)/W$ képlet szerint olvadt csokoládéból felveréssel, vízben diszpergálva „Chan-

tilly csokoládé”-nak nevezett ínycsöveg (csokoládé-mousse, hab) születhet, belekevert tejszín vagy tojásfehérje nélkül. Vagy vízben diszpergált libamájhab, mindkettő Pierre Gagnaire séf kreációja) készíthető.

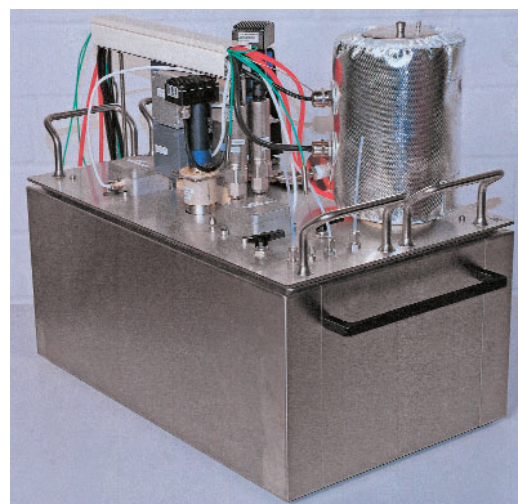
This a müncheni Hessel mikromechanika-professzorral mikoreaktort készített emulzióalapú új szószok és mártások előállítására a KDR-formalizmus alapján (2. ábra) [10]. Ennek az automatizált változatát a 3. ábra mutatja. This véleménye szerint [8] ez a készülék vezetékben áramló folyadékok, porok és gázok különböző arányú kombinálásával több millió új étel készítésére alkalmas [11].

Utazás a lágy tojás körül

Mint annyi mindent, ezt az utazást is Kürti Miklós tette meg a kilencvenes évek elején úgy, hogy az e célra épített kis berendezéssel (4. ábra) megmérte egy tyúktojás belsejében a hőmérsékletet lágy tojás főzése közben [12]. Mérései alapján Kürti új receptet javasolt a lágy tojás főzésére. Úgy találta, hogy a világoszerte 100 °C tojásfőzési víz hőmérséklet helyett 59–61 °C hőfokon körülbelül 60 percig főtt tojás állaga úgy a koagulált fehérje, mint a lágyan krémes jellegű sárgája miatt ideálisnak mondható.

A tyúktojás belsejében főzés közben lezajló fizikokémiai szolgé folyamatokat később fényszóródással, sűrűségméréssel, elektroforézissel és analitikai mérésekkel pontosították. Ultrahangvizsgálatokkal ki lehetett deríteni a tyúktojás belső szerkezetét is [13] (5. ábra).

A tojásfehérje körülbelül 67 térfogatszázalékát teszi ki a tojásnak. Ez négy, egymás utáni vékony és vastag opálos rétegből áll.

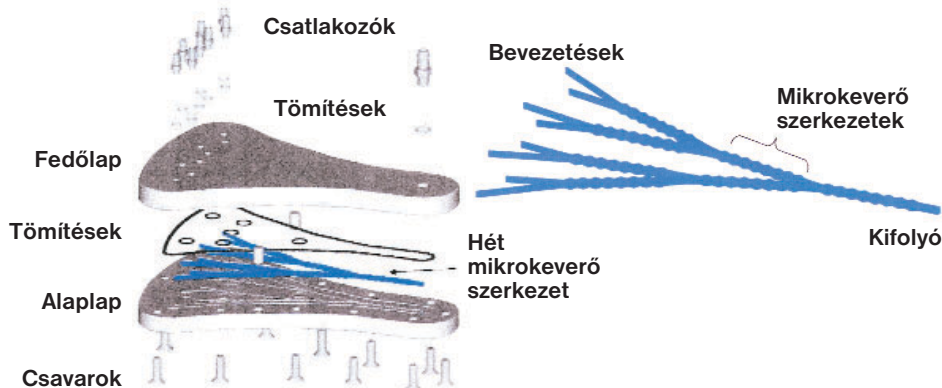
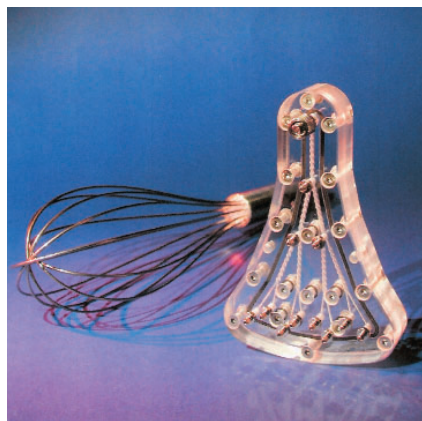


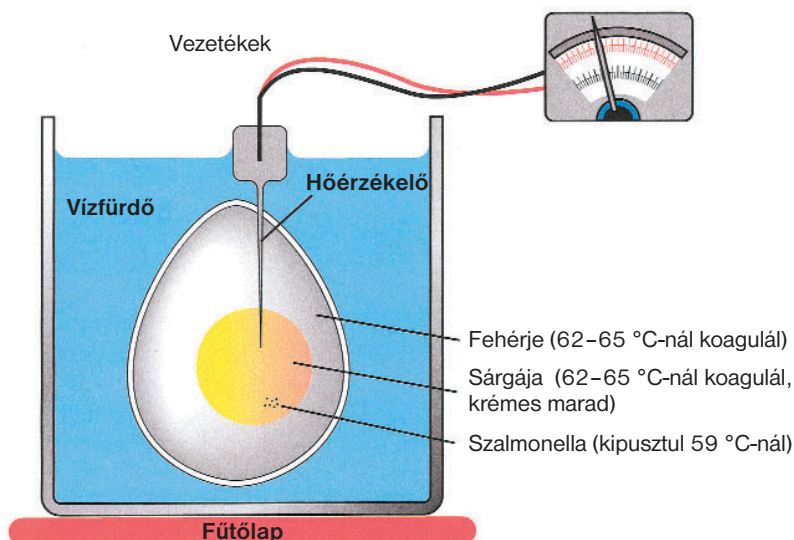
3. ábra. A mainzi Institut für Mikrotechnikben szószok kikeverésére továbbfejlesztett termosztátos készülék a mikoreaktor és a szivattyúk számítógépes működtetésére, ahol 100 bar nyomás és 60 l/h sebesség is elérhető [10]

A frissen tojt tojás pH-ja 7,6–7,9, és a tartalmazott CO_2 -tól opálos színű. A tojás öregedése CO_2 -felszabadulással és a pH-emelkedéssel jár. A friss tojásfehérje 62 °C és 65 °C között koagulál.

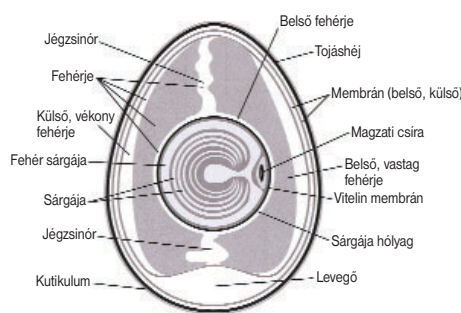
A tojássárgája a tojásfolyadék 33%-ára tehető, tartalmazza a tojás teljes zsíradék-tartalmát és körülbelül a teljes fehérjetartalom felét. Riboflavinon és niacinon kívül a tojássárgája vitamintartalma magasabb a fehérjénél (A-, D- és E-vitaminok). A sárgája több foszfort, mangánt, vasat, jódot, rezet és kalciumot tartalmaz, mint a fehérje. A tojássárgája pH-ja körülbelül 6,0, nem is igen változik, mert nem tartalmaz CO_2 -t. A már említett későbbi vizsgálatok Kürti tojásfőzési receptjét annyiban pontosították, hogy az ideális állaghoz 10 pernyi főzés is elegendő.

2. ábra. A This által feltalált és a mainzi Institut für Mikrotechnikben Hessel és Werner által épített mikoreaktor keverőrése sorosan és párhuzamosan köt össze vezetékeket a KDR-formalizmus által leírható emulziórendszerek (szószok) létrehozására. A nyolc bevezetés vezethet gázokat, folyadékokat és szilárd részecskéket [9, 10]





4. ábra. Kürti Miklós (Nicolas Kurti) berendezése a tyúktojás belsejében lévő hőmérséklet mérésére [12]



5. ábra. A tyúktojás ultrahangos mérésekkel kiderített belső szerkezete [13]

Hőátadás sütéshez, főzéshez

Az ételek elkészítése során a molekuláris és szupramolekuláris jelenségek, reakciók létrehozása energiát igényel, ami többféle úton elérheti a rendszert. Ezek közül a folyadékok, a gőzök, a levegő és a sugárzások hőátadása vehető igénybe. A számos lehetőség közül egyetlen olyannal szeretnénk csak foglalkozni, ami külföldön már igen, hazánkban még alig honosodott meg a háztartási ételkészítés szintjén. Jobb vendéglőkben már Magyarországon is kezdik alkalmazni. Ez a Franciaországban kifejlesztett „sous vide” eljárás.

A „sous vide” sütési, főzési eljárás

A francia „sous vide” kifejezés fordítása vákuum alatt (vákuumban). Magyarországon vákuumsütésként vagy fonetikusan „szuvid”-sütésként ismerik, sőt a művelti jelölésre a „szuvidolás” is használatos. Az

Egyesült Államokban a „sous vide” helyett az eljárást „cryovack”-nek, illetve „cryovacking”-nek nevezik – ami egy berendezés márkanevéből származik. Olyan főzési, sütési eljárásról van szó, ahol a sütendő nyersanyagokat általában rövidebb-hosszabb időre vákuum alatt lezárt (lehegesztett) műanyag zacskóban, alacsony hőmérsékleten (általában 60 °C körül) termosztatált vízfürdőben melegítik néha 24 vagy még több órán át. Számos kiváló sült-húsféle készíthető azonban akár 30 perc alatt is. Tudvalevő, hogy az élelmiszerek zöme vizet tartalmaz. Míg a víz szobahőmérsékleten 100 °C-on forr, vákuumban csak 20 °C-on.

Az alacsony hőmérsékleten végzett hosszú (lassú) hússütés már a 19. század óta használatos volt, a jelenlegi vákuumos technikát Georges Pralus francia séf dolgozta ki a 70-es évek közepén, aki új eljárást keresett a zsíros libamáj és húskok sütésére. Ugyanis a hagyományos eljárás során a libamáj, de a húskok is 30–50%-os súlyvesztést szenvedhetnek. Pralus kimutatta, hogy a „szuvid” eljárás során a libamáj és a húskok zöme alig veszít súlyból, és a textúrája is javul. Az eljárást továbbfejlesztették, sőt nemcsak a konyhában, hanem ipari méretekben is használni kezdték. 1974-ben egy fagyasztott hússal foglalkozó konferencián, Strasbourgban bemutatták a „szuvid” eljárással süttött, alig zsugorodott marhalapockát, ami nemcsak ízletes volt, hanem tárolási idejét is 60 napra hosszabbította. A „szuvid” sütés időtartamát három tényező határozza meg: 1. az alaphőmérséklet, amelyen az ételt (hús, hal) sütni kívánjuk, 2. a nyersanyag hőátadási jellemzői, 3. a feldolgo-

zandó adag mennyisége. Például a húskok, amelyek nem igazán jó hővezetők és nem nyújtanak túl nagy elérhető felületet, hosszabb kezelési időt igényelnek. Ezen felül minél nagyobb a főzőfolyadék–étel arány a „szuvid” termosztátban, annál gyorsabban éri el az étel minden része a kiválasztott hőmérsékletet.

A „szuvid” technikának számos előnyt tulajdonítanak:

- az élelmiszer a műanyag zacskóban való vákuumozás előtt fűszerezhető és vajjal vagy olajjal kezelhető;
- alacsony, ellenőrzött hőmérsékletek megelőzhetik a túlsütést;
- mint említettük, kisebb a súly- és szaftvesztés;
- a feldolgozott ételeknek jobban megmarad a tápértékük.

A világon már számos helyen gyártanak jó minőségű „szuvid” berendezéseket. Ezek lényegében precíziós, önműködő termosztátokból, különböző méretű vízfürdőkből és fűtő-, illetve hőmérséklet-szabályzókból állnak. A teljesség igénye nélkül a 6. ábrán bemutatunk egy „szuvid” berendezést. A termosztát mellett a „szuvid” technika vákuumozó berendezést is igényel, ilyen látható a 7. ábrán. Ez ma már minden háztartási elektromos készüléket forgal-

6. ábra. Önműködő „szuvid” (sous-vide) termosztát



7. ábra. Műanyag zacskóból levegőkiszívással vákuumozó és a zacskót lehegesztő készülék





mazó cégnél Magyarországon is elfogadható áron beszerezhető.

Sajnos, nem ugyanez a helyzet a „szuvid” termosztátok terén. Itt az árak még 150 000–500 000 Ft körül járnak. Idővel ezek ára biztosan csökkenni fog. Olyan ínyenceknek, akik már most ki szeretnék konyhájukban próbálni a „szuvid” technikát, e dolgozat szerzője egy, az Egyesült Államokban kidolgozott, olcsó berendezést alkalmazott. Ez a **8. ábrán** látható: egy közepes méretű műanyag hűtődoboz-



8. ábra. A szerző egyszerű „szuvid” berendezése

ból (5000–6000 Ft) és egy digitális hőmérőből (körülbelül 7500 Ft) áll. Ha a főzéshez, sütéshez kívánt hőmérsékletnél (60 °C) körülbelül 10 °C-kal magasabb hőmérsékletű vizet (~70 °C) a 10 literes hűtődobozba töltjük, aránylag kis hővesztesség keletkezik, és a hőmérséklet 1–2 órán keresztül nagyjából állandó marad. Ennyi

idő alatt szerény ínyenc igényeknek megfelelő sertés- vagy marha-steak készíthető.

A hőmérséklet hatása a húsokra

A húsiszom durván 75% vízből, 20% fehérjéből és 5% zsírból és más anyagokból áll. A húsok fehérjeje három csoportra osztható: miofibrilláris (50–55%), szarkoplazmás (30–34%) és összekötő (10–15%) szövetek. A miofibrilláris fehérjék (zömükben miozin és aktin) és az összekötő szövetfehérjék (főleg kollagén) összehúzódnak (zsugorodnak) melegítés hatására, míg a melegítés a szarkoplazmás fehérjéket tágítja. Ezeket a változásokat általában denaturálásnak nevezik. Melegítés közben az izomszálak keresztben és hosszában húzódnak össze, a szarkoplazmás fehérjék aggregálódnak és gélesednek, míg az összekötő szövetek összehúzódnak és feloldódnak. Az izomszálak 35–40 °C-nál kezdenek összehúzódnak. A szarkoplazmás fehérjék aggregálódása és gélesedése körülbelül 40 °C-nál kezdődik és körülbelül 60 °C-nál fejeződik be. Az összekötő szövetek összehúzódnak 60 °C-nál kezdődik, de ez jelentősebben 65 °C felett következik be.

A hússzálak vízmegtartó kapacitását a miofibrillumok összehúzódnak és duzzadása szabályozza. A víz körülbelül 30%-a a húsiszomban a miofibrillumok, a vastag (miozin) és vékony (aktin) szálak között

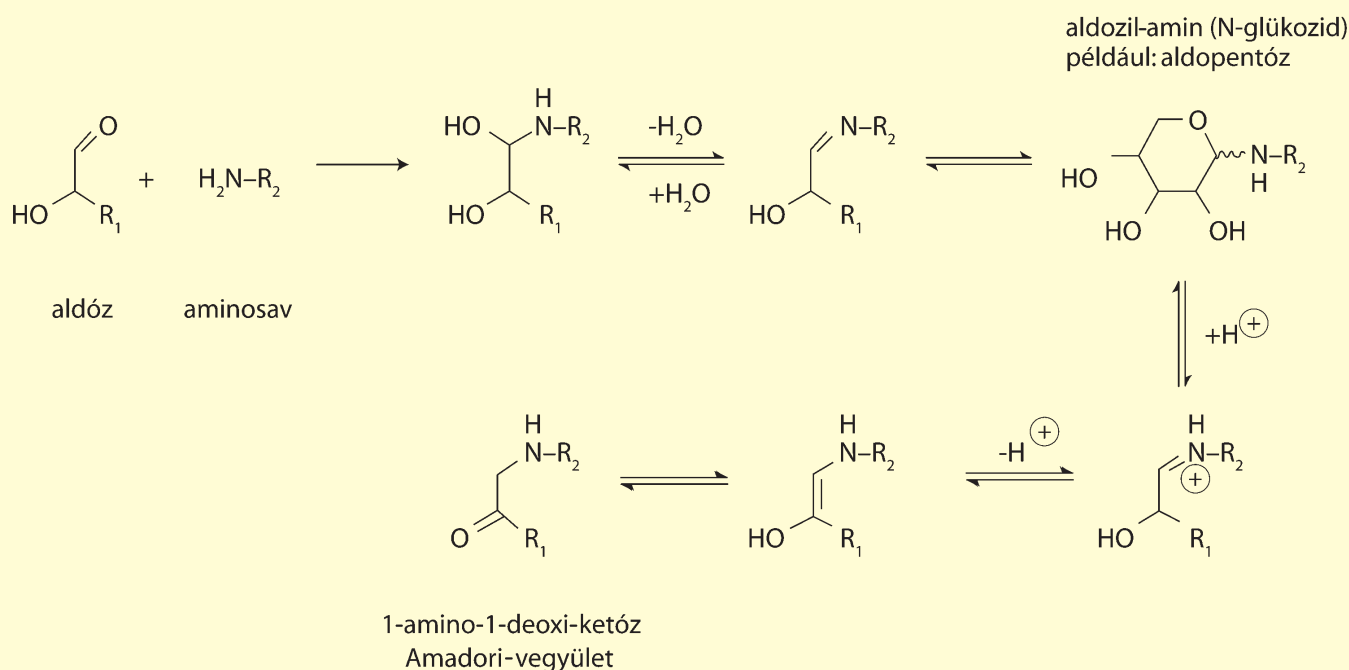
rögződik. 40 és 60 °C között az izomszálak keresztben húzódnak össze, szélesítve a szálak közötti réseket. 60–65 °C felett hosszában kontraktálódnak, ezáltal jelentős vízvesztést okoznak. Ennek az összehúzódnak a mértéke fokozódik a hőmérséklet növekedésével.

Itt befejezésül meg kell említenünk, hogy egyrészt a „szuvid” sütés nem barnítja meg a húsokat, ezért egy rövid, magas hőmérsékletű sütésnek kell követnie annak érdekében, hogy a Maillard- és Strecker-reakciók alapján a sült húsok vonzó barna színe, illetve az íz- és illathatások kibontakozhassanak. Ez általában füstölő növényi olajat tartalmazó serpenyőben vagy konyhai lángszóróval végezhető el. Ez utóbbi propán- vagy butángázzal működtetett változatai 1900 °C hőmérsékletre is képesek, és így rövid pörkölés után különösen szép és ízes barna pörkőréteget hoznak létre a húsok felületén. De ugyanezt megkapjuk alacsonyabb hőmérsékleten is (200–250 °C) füstölő növényi olajban való rövid barnítással.

Illatok és ízek a Maillard- és Strecker-reakciók nyomán

Mint közismert, ízek és illatok az élelmiszerek termikus feldolgozásakor (sütés, főzés), kémiai reakciók során is képződnek. Ezek közül is kiemelkedő jelentőségűek a Maillard-, Strecker-, valamint karamellizálási reakciók. Ezek nemcsak a hússütés so-

9. ábra. A Maillard-reakció kezdeti lépései





rán kialakuló ízekért, hanem a csokoládé és kávé ízéért és illatáért, valamint az édességekben főtt, sült cukrok karamell-ízeért, sőt még a frissen sült kenyérhéj illatáért és ízéért is felelősek.

Hangsúlyozandó, hogy a **9. ábrán** bemutatott kezdeti Maillard-reakció kémiaja határozza meg a fent említett ízek és illatok kialakulását. Ezek az úgynevezett „mesterséges” vagy „előidézett” ízek és illatok feltétlenül megkülönböztetendők a valóban természetesektől, illetve azoktól, amelyeket sokan „természetesnek” vélnék. Ezek feltétlenül külön kezelendők a valóban „természetesektől”, például a citrusgyümölcsöktől. A molekuláris és szupramolekuláris gasztronómia egyik legjelentősebb feladatának tekinti a háziasszonyok, séfek és a nagyközönség előtt azoknak a finom különbségeknek a bemutatását és megértését, hogy hogyan keletkeznek az ízek és illatok, és hogyan lehet differenciálni a „természetes” és szintetikus ízek és illatok között.

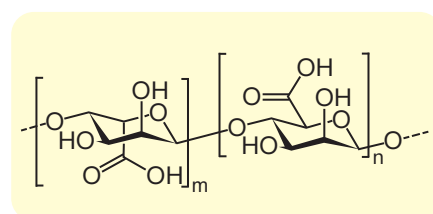
Azokat a barna termékeket, amelyek aminosavak és cukrok vizes oldatának melegítésénél keletkeznek (**9. ábra**), Louis Maillard írta le először 1912-ben. A Maillard-reakciók részletes vizsgálatok tárgyát képezték azóta is [14]. Ezek a reakciók bonyolultak és lefutásukat nehéz előre látni. Ennek ellenére ma már megértésük elfogadható szintre jutott úgy a reakciómechanizmusok, mint az ételek (például húsok) barnulása, ízének kialakítása esetében. További részletezésre itt sem térhetünk ki, de befejezésül még megjegyezzük, hogy a Maillard-reakciókban az aminosavak bármilyen fehérjéből keletkezhetnek és a cukrok is eredhetnek bármilyen szénhidrátból. A reakciók első lépéseként a fehérjék és szénhidrátok kisebb cukrokká és aminosavakká bomlanak. A következőkben a cukorgyűrűk kinyílnak és a keletkező aldehidek és savak az aminosavakkal reagálnak számos vegyület létrejöttével. Ezek az új molekulák azután egymás között reagálnak és létrehozzák a főbb íz- és illatvegyületeket. A Maillard-reakcióban a reduktonok és a hasadási termékek képződése az aminosavak lebontásával kapcsolatos. Ez a reakció magában foglalja az α -aminosavak kondenzálását olyan Schiff-bázisból származó konjugált dikarbonilvegyületekkel, amelyek aminosavszármazékokká degradálódnak, illetve egyszerűen dekarbonileződnek. Az egy atommal kevesebbet tartalmazó Schiff-bázis azután hidrolitikusan az eredeti aminosavnál egy atommal kevesebb szénrel rendelkező aldehidre hasad.

Gyöngyösítés (szferifikálás) és molekuláris gasztronómiai kaviárképzés

Az általunk itt használt gyöngyösítés szó az angol „spherification”-ból ered. Ez a folyadékok különböző méretű, csepp formájú gyöngyökbe (membránba) való foglalását jelenti. A kaviárhoz hasonló látvány miatt ezek a mesterséges gyöngyök molekuláris gasztronómiai kaviárként váltak ismertté. Feltalálásuk és előállítási technológiájuk kidolgozása Ferran Adrià katalán séf és molekuláris gasztronómus nevéhez fűződik. Ezt a „kaviárfajtát” általában folyadékokból, gyümölcslevekből (például alma, körte, dinnye, szamóca stb.) vagy zöldséglevekből (például karotta, paradicsom, cékla, olíva stb.) állítják elő: a leveket cseppek vagy gyöngyökké alakítják úgy, hogy a cseppeket külső gélburokkal vonják be. A bevonat vagy burok gélesítési reakció eredményeként jön létre térhálósítás következtében.

A nátrium-alginát alapanyaga anionos poliszacharid, az algin-sav (**10. ábra**), amit tengeri algákból vonnak ki. A nátrium-alginát vízben jól oldódik, viszkózus (mészszerű) oldatot képezve.

A gélesítéses térhálósítás a nátrium-alginátban $[(NaC_6H_7O_6)_n]$ jelen levő L-glukopiránuronsav és kalcium-klorid közötti reakció eredménye, ami a **11. ábrán** bemutatott szerkezetet hozza létre. A gyöngyösítés, illetve „kaviárképzés” során a gyöngyösítendő folyadékban (például szamócalében) 0,7–1,0 tömegszázalék (a koncentráció a folyadékféleségtől függ) nátrium-alginátot oldanak és azt túlnélküli orvosi fecskendőből vagy csepegtetőtölcsér-



10. ábra. Az algin-sav vázlatos szerkezete. Az egyszerűség kedvéért egy α -L-gulopiránuronsav és β -D-mannopiránuronsav heteropolimert tartalmazó részletet mutatunk be

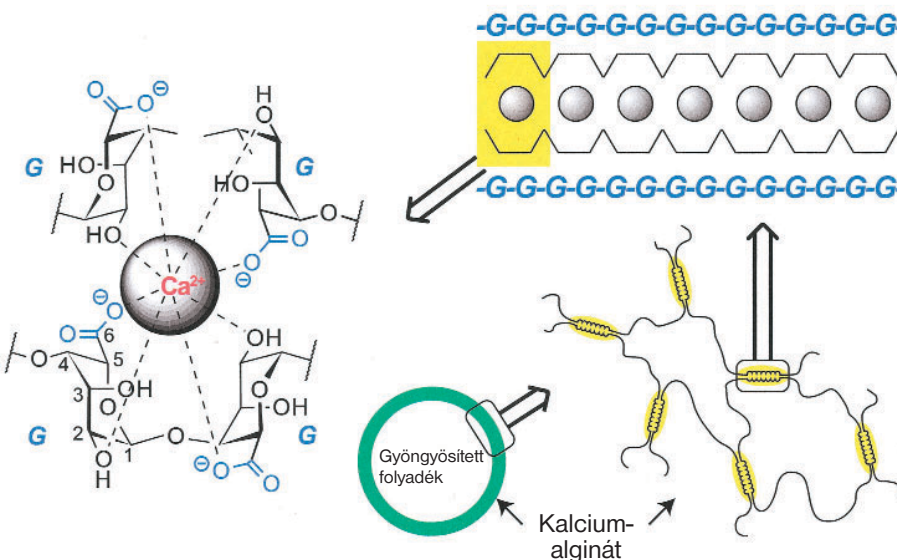
ből egy körülbelül 2,5 tömegszázalékos vizes kalcium-klorid-oldatba csepegtetik. A kalciumos oldattal való érintkezésnél az alginát térhálósódva gélesedik, a csepp köré vékony alginátmembrán képződik úgy, hogy a gyöngyömembrán belsejében marad az eredeti folyadék (például gyümölcslé). Ezeket a gyöngyöket leszűrve és a gélesedést (a folyadékféleségtől függően) hideg vízben való öblítéssel leállítva az így előállított „kaviár” fogyasztható.

A **12. ábrán** látható Ferran Adrià séf „szamócakaviár”-ja, amely Spanyolországban, Németországban és a Benelux államokban már kiskereskedelmi forgalomban van, illetve a szerző által előállított „cékla-kaviárral” ízesített szendvics is.

Szupramolekuláris gasztronómia

Jelen szerző bizonyos fokú értetlenséggel vette tudomásul, hogy a molekuláris gasztronómia szakirodalmában a szakterület 1988. évi keletkezése óta egyáltalán nem tesz említést, illetve nem vesz tudomást az éte-

11. ábra. α -L-Glukopiránuronsav (G) kalciumionokkal alkotott sójának vázlatos szerkezete a kalcium-alginát-membránnal körülvett gyöngyökben [18] kis átalakítással





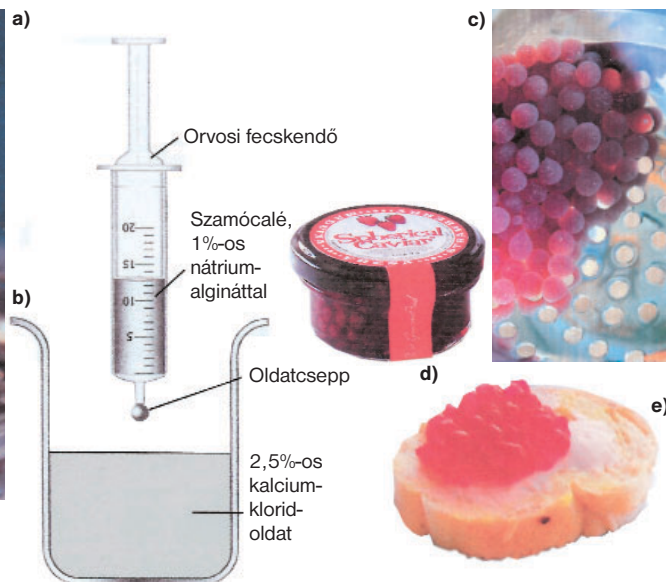
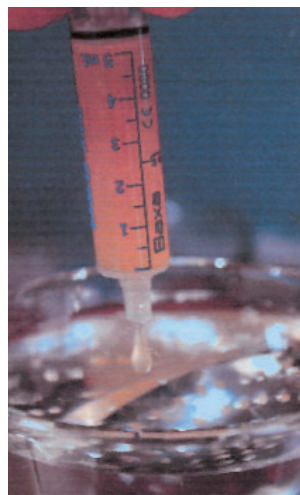
lek készítése során lejátszódó szupramolekuláris vonatkozásokról. Érdekes módon a terület létrehozói és követői, bár számtalan említést tesznek a gasztronómiai műveletek bonyolult és sokféle mechanizmusáról, kizárólag a kovalens kötésű molekulákkal foglalkoznak. E sorok írójában felmerült a kérdés, hogy indokolt-e ez a negligálás akkor, amikor a legutóbbi körülbelül negyven év során fény derült arra, hogy számos molekuláris szerkezetet szupramolekuláris kölcsönhatások tartanak össze; ezek a kölcsönhatások az élet csaknem minden jelenségénél fellelhetők és a molekuláris mechanizmusok mellett tekintetbe és számításba veendőek [16].

Itt ennek a kérdésnek az elmélyültebb diszkussziójára sem hely, sem lehetőség nincs, de befejezésül egy-két példát a fentiek alátámasztására azért megemlítenénk. E dolgozatban például előkerült az emulziók szerepe és jelentősége a gasztronómiában. Az ismert emulziók talán legismertebbje a majonéz. Ennek összetételében, stabilitásában a felületi feszültség, illetve a felületi anyagok, így például a lecitin szupramolekuláris kölcsönhatásokban való szerepe vitathatatlan. De ugyanúgy szupramolekuláris gasztronómiai kölcsönhatásokban szerepelhetnek a kollagének, a gélek, a globinok, az enzimek, a laktáz, a fehérjék, a peptidok, és a gasztronómiai sütés-főzés során keletkező szupramolekuláris kölcsönhatásokra még számos példa említhető [16].

Gondolván, hogy érdekes kérdések felmerülése esetén talán a legcélszerűbb a lehető legilletékesebb véleményét megkérni, 2010. szeptember 29-én levélben fordultam Jean-Marie Lehn francia kémiai Nobel-díjas professzorhoz nézetét kérve a kérdérről. Az egyszerűség kedvéért angol nyelven idézzük Lehn professzor szeptember 30-i levelének a témára vonatkozó részletét: „the mechanism ... is both molecular and supramolecular, as you need both the molecule and its interactions with the receptors” [17].

Utószó

Napjainkra a magyar–angol Kürti Miklós és a francia Hervé This eredeti és 1988-ban molekuláris gasztronómiaként megalkotott elképzelései széles körben elterjedtek és elfogadottakká váltak. A molekuláris gasztronómia és remélhetőleg lassanként a molekuláris és szupramolekuláris gasztronómia jelentős továbbfejlődésnek néz elébe a kulináris jelenségek jobb megértése és alkalmazásai terén egyaránt.



12. ábra. Molekuláris gasztronómiai gyöngyösítés (szferifikálás)

a–c) Eszközök és oldatok a szamócakaviárhoz

d–e) Ferran Adrià „szamócakaviár”-ja és libamájkrémes szendvics „céklakaviárral” (a szerző készítménye)

IRODALOM

1. J. A. Brillat-Savarin, La physiologie du gout, Paris, 1825. Magyar kiadás: J. A. Brillat-Savarin: Az ízlés fiziológiája, ford. Ambrus Zoltán és Ambrus Gizella, Singer és Wolfner, Budapest, 1912. (Szerző szerint a francia „gout” szónak a téma kontextusában a helyes fordítása „ízlelés”.)
2. H. This, Molecular Gastronomy, Exploring the Science of Flavor., Columbia University Press, New York, 2006.
3. a. R. L. Wolke, What Einstein Told his Cook, Kitchen Science Explained, W. W. Norton & Co., New York, 2002. Magyar kiadás: R. L. Wolke: A tudós szakács. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2010.
4. P. Barham, The Science of Cooking, Springer, Berlin, 2000.
5. P. Barham, L. H. Skibsted, W. L. Bredie, M. B. Forst, P. Möller, J. Risbo, P. Snitjaer, L. Mörch Mortensen, Molecular Gastronomy: A New Emerging Scientific Discipline, Chem. Rev. (2010) 110, 2313–2365
6. H. This, Food for tomorrow? How the scientific discipline of molecular gastronomy could change the way we eat, EMBO Reports (2006) 7, 1062.
7. H. This, Formal Description and Formulation, Int. J. Pharmaceutics (2007) 344, 4.
8. H. This, Molecular Gastronomy, a Scientific Look at Cooking, Acc. Chem. Res. (2009) 42, 575.
9. H. This, <http://www.pierre-gagnaire.com> (science and cooking section). Letöltve: 2010.10. 27.
10. H. This, V. Hessel, B. Werner, levélbeni személyes közlés, 2010.
11. T. This, Building a Meal, From Molecular Gastronomy to Culinary Constructivism, Columbia University Press, New York, 2009.

12. N. Kurti, H. This-Benchard, Chemistry and Physics in the Kitchen, Scientific American, (1994) April, 44.
13. K. J. Opielinski, Ultrasonic Parameters of Hen's Egg, Molec. Quant. Acoust. (2007) 28, 203.
14. H. E. Nursten, The Maillard Reaction. Chemistry, Biochemistry and Implications, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2005.
15. F. Adrià, <http://www.eatmedaily.com/2009/01/spherical-caviar-in-a-jar-molecular-gastronomy/>. Letöltve: 2010.10. 27.
16. J. L. Atwood, J. W. Steed, Encyclopedia of Supramolecular Chemistry, Marcel Dekker, Inc., New York, vol. 1, 2, 2004.
17. J. M. Lehn, levélbeni személyes közlés, 2010. szeptember 30.
18. Bokros Attila, Pádár Petra, Szolomájer János, Kupihár Zoltán, Kele Zoltán, Kovács Lajos, Kémiai bemutató kísérletek, I. rész, A kémia tanítása (2010) 18(2), 3.

ÖSSZEFOGLALÁS

Braun Tibor: Empíriától a tudományig. Molekuláris és szupramolekuláris gasztronómia
A dolgozat a molekuláris gasztronómia tudományának születését és célkitűzéseit írja le az empíriától az ételek sütése, főzése közben lejárló fizikai és kémiai jelenségek jobb megértésének és felhasználásának útján, különös tekintettel az eddig elhanyagolt szupramolekuláris kölcsönhatásokra.

Az amalgámtömés nem mérgező, de tartós

Örömmel tölt el a PreFog (Prevenációs Fogászati Szűrőprogram) sikere. Fővárosiak tucatjai állnak sorban egyes fogorvosi rendelők előtt. Fogaik állapotának ellenőrzésére és egyúttal fogtöméseik cseréjére várnak. Tartós amalgámtöméseiket cseréltetik a kampányt támogató cég kompozit termékére. A csere most ingyenes. A jelszó: az amalgámtömés mérgező, a kompozit nem. A szlogen hamis! Semmiféle megbízható vizsgálat nem igazolta az amalgámtömések mérgező voltát! Az amalgám nem oldható higanyvegyület, hanem a higanynak más fémekkel alkotott ötvöze, amelyből a higany nem párolog ki, és a szájba kerülő szerves és szervetlen savak sem oldják ki. Tartósan, gyakorlatilag egész életünkön át biztosítja lyukas fogunk tömését. Ezzel szemben a cserére ajánlott kompozitok nem annyira tartósak, élettartamuk általában 5–10 év. Viszont esztétikusabbak. Arra is gondoljanak, hogy tíz év múlva újra a fogorvosi székben kell ülniük, és súlyos ezresek kifizetése vár Önökre. Az ajánlat így etikus.

K. T.