

Az élelmiszerkémia fejlődésének irányai

Jürg Solms*, Zürich

1. Bevezetés

A kémiai fejlődés irányait - magától értetődően - a tudomány haladása szabja meg. Az élelmiszerkémia esetében fokozottan figyelembe kell venni a fogyasztók igényeit is, ugyanis "Man does not eat nutrients, he enjoys food in a varied diet"*** [1]. Ebben a közleményben ilyen értelemben vizsgáljuk az élelmiszertudomány egyes kémiai aspektusait.

2. Élelmiszeranalitikai vizsgálódások

Élelmiszeranalitikai adatokat manapság nem csupán a szakképzett vegyészek igényelnek, hanem gyakran a széleskörű nyilvánosság is. Az érdeklődés főként a kis mennyiségben vagy nyomokban előforduló élelmiszer- vagy idegen összetevőkről szóló újabb ismeretekre irányul. Az analitikai kémia új eljárásainak bevezetésével a kimutathatósági határt a ppt tartományba vitték s ezáltal speciális analitikai módszerekkel kimutathatóvá és meghatározhatóvá tették a csekély koncentrációban előforduló hatóanyagokat, maradékokat és szennyeződések. Ugyanakkor azt sem szabad elfelejteni, hogy manapság az élelmiszerek makro- és mikroösszetevőinek optimális ismerete és azok kimutatása önmagában nem ad felvilágosítást az élelmiszerek minőségéről és élelmezésegészségügyi értékéről.

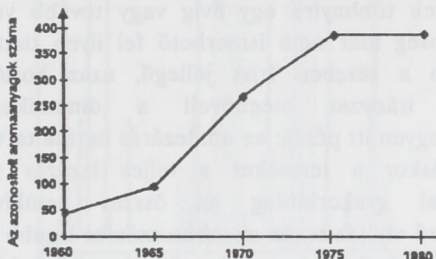
A potenciálisan egészségkárosító anyagok jelenlétét a jogszabályokban előírt határértékeket alapul véve ellenőrzik [2, 3, 4]. Aebi H. szerint [5] "ilyen sokoldalúan és alaposan vizsgált élelmiszerkínálat még nem állt rendelkezésre, mint jelenleg".

Eközben az analitika állandóan tovább fejlődik és ezáltal az analitikai eljárások érzékenységet is tovább növelik, ami ugyan fontos feladat [6, 7], de ez ebben a közleményben nem részletezhető. Csupán annyit fűzünk még ehhez, hogy az adalék- és a káros anyagok, valamint a környezeti szennyezők nyomelemzésének fejlesztése továbbra is nagyon fontos. Nyitott kérdés azonban, hogy vajon ebben az igen kis koncentráció-tartományban még sok új és releváns élelmiszerösszetevőt találhatunk-e.

* Prof. Dr. Jürg Solms (Eidgenössische Technische Hochschule, Institut für Lebensmittelwissenschaften, CH-8092 Zürich, Universitätsstrasse 2.) "Trends in der Lebensmittel-Chemie" c. közleménye alapján, amely a "Lebensmittel- und Biotechnologie" osztrák szakfolyóirat 1990/2 számában jelent meg.

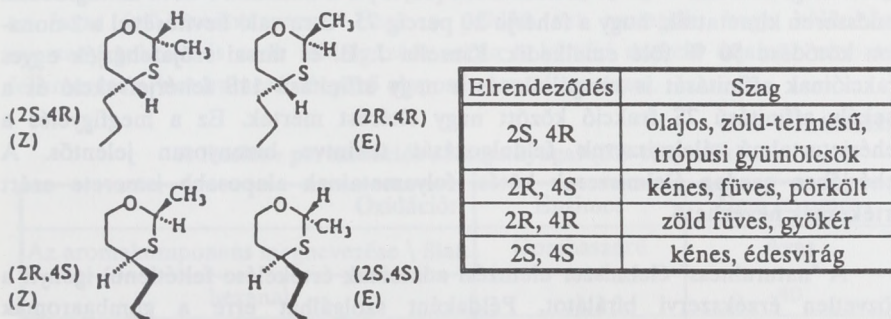
** "Az ember nem egyszerűen tápanyagokat fogyaszt, hanem élvezi a táplálék sokféleségét".

Ezt a kérdést leginkább talán az aromák példájával közelíthetjük meg [8]. Az élelmiszeraromák az aktív vegyületek százaiból állnak, melyek előfordulása a középestől az igen csekély koncentrációig terjed. A kakaóaromák újonnan leírt alkotórészeinek halmozott összesítése, az utóbbi két évtizedre vetítve, jól mutatja ezt a haladást (1. ábra).



1. ábra: A kakaó új aromaanyagainak halmozott összesítése 1960 és 1980 között

A görbe a 70-es évek közepéig tartó gyors emelkedés után ellaposodik [8], és az kérdéses: vajon a kimutatási eljárások érzékenyebbé válása révén a továbbiakban újabb, fontos összetevőket találhatunk-e. A jövőben inkább az újabb vegyületek izolálása és azonosítása mellett arra kell törekednünk, hogy ezeket az élelmiszerspektrumokat jobban rendezzük, azaz újabb ismeretekhez kell jutnunk: a stabilitás, a specifikus hatás, az interakcióképesség stb. terén. Ezt is egy aroma-példával szemléltetjük (2. ábra).



2. ábra: A 2-metil-4 propil-1,3 oxatin szerkezete és szaga

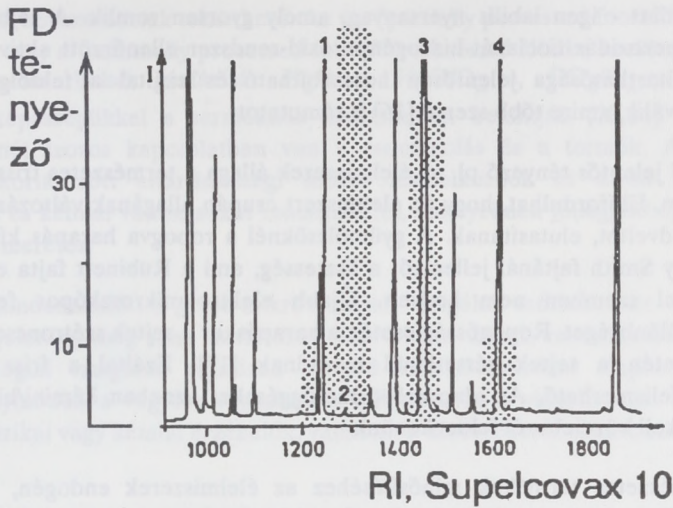
A 2-metil-4 propil-1,3 oxatin királis aromakomponenst néhány éve a golgota-gyümölcsökből (Granadilla-félék) izolálták, majd felderítették szerkezetét. Nyolc évvel később a 4 sztereoizomer részletesebb vizsgálatával kimutatták, hogy csupán a 2S,4R vegyület eredményezi a trópusi gyümölcs jellegzetes illatát [9]. Ennyit az analitikához fűzött rövid megállapításokból. Néhány hasonló példára még a továbbiakban utalunk.

3. A természetes állapot irányzata

Az élelmiszerek természetes állapota, az angolban is "naturalness" a neve, a nyolcvanas évek irányzata, amellyel az élelmiszervegyészek is foglalkoznak. Amíg régebben világos különbség állott fenn a friss és az un. tárolható élelmiszerek között - a tartósított termékek többnyire egy évig vagy tovább voltak eltarthatóak - manapság ez a különbség már nem ismerhető fel ilyen tisztán. A "naturalness" érdekében mind több a részben friss jellegű, azaz korlátozottan eltartható élelmiszer. Ez az irányzat megnöveli a dinamikus szemléletet az élelmiszerkémiában. Legyen itt példa: az un. lezárás hatása tartósítás esetén [10]. A hagyományos tartósításkor a terméket a teljes lezárás után tartósítják pl. hősterilizálással. Ezzel gyakorlatilag az összes nemkívánatos folyamatot megghiúsítják. A korszerű eljárás során azonban számos kisebb gátlást alkalmaznak, mint amilyen például a vízakaktivitás csökkentése, pasztőrözés, hűtés, illetve ezek kombinációi. Ezek eredményezik együttesen a kívánt hatást, ami leginkább a "naturalness" kedvezőbb megtartását jelenti. Ez az eljárás az élelmiszerek összetételének és tulajdonságainak jobb ismeretét feltételezi.

Ehhez is egy látványos példa az aromakutatás köréből, ami a fehérjék tulajdonságainak hevítés és/vagy szétválasztás során bekövetkezett változásait érinti. Jelenleg már közismert, hogy a fehérjék az aromaanyagokkal kölcsönhatásba lépnek, amelyek az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságait jelentősen befolyásolják [11]. Röviddel ezelőtt leírták, hogy a hőkezelés után a fehérjék és az aromaanyagok kötése megváltozik, miközben mindenekelőtt a fehérjék jelentős változásai figyelhetők meg. Kinsella J. E. és munkatársai [12,13] a 2-nonanon / beta-laktoglobulin rendszeren kimutatták, hogy a fehérje 20 percig 75 °C-ra való hevítésével a 2-nonanon kötődése 50 % fölé emelkedik. Kinsella J. E. és társai szójafehérjék egyes frakcióinak affinitását is vizsgálták, és a nagy affinitású 11S fehérjefrakció és a csekély affinitású 7S frakció között nagy eltérést mértek. Ez a megfigyelés a fehérjetartalmú élelmiszerek feldolgozását tekintve bizonyosan jelentős. A fehérjében gazdag élelmiszerek kötési folyamatainak alaposabb ismerete ezért értékesnek nevezhető.

A "naturalness" élelmiszer elemzési adatainak értékelése feltétlenül igényli a közvetlen érzékszervi bírálatot. Példaként szolgálhat erre a gombaaromák jellemzésére az "odour values"-on [14] alapuló "Flavor-Dilution-Factors" mellett az emberi érzékelés és megállapítás alkalmazása. A friss csiperke gombából az illó frakció egyik kapilláris gázkromatogramjából 4 érdekes csúcsot (1-4) nyertek, melyeket érzékszervi bírálók a hígítósos szaganalízis módszerével vizsgálták. A kombinált HRGC-kromatogramot és a megfelelő aromagrammot a 3. ábra mutatja, melyen jól látható, hogy a 2. számú vegyület az (1-oktén-3-on) és a 3. sz. vegyület (1-oktén-3-ol) az aromakialakításához messze nem a koncentrációjuk alapján járul hozzá. Az aroma szempontjából legfontosabbnak a 2. számú csekély koncentrációjú komponens tekinthető, amelynél a legnagyobb FD-csúcs mutatkozik [15].



3. ábra: A csiperkegomba illó frakciójának kapilláris kromatogramja és aromagrammjának FD értékei

(((1): 3-oktanon, (2): 1-oktén-3-on, (3): 1-oktén-3-ol, (4): 2(E)-oktén-1-ol)

Számos fontos aromaanyag képződik lipidek peroxidációja által. Ezek a kémiai reakciók enzimés és nem enzimés módon is bekövetkezhetnek. A reakció fajtája szerint azonos és/vagy eltérő lebontási termékek képződnek eltérő feltételek között, amint azt az 1. táblázatban a linolsav példája bemutatja [15]: a "gombaaromát" vagy az "avas ízt" eredményezve. Ezek a példák azt mutatják, hogy különböző nyersanyagokban és azok feldolgozása során a kémiai reakció útjainak szabatos felismerése a "naturalness" tényező alapos ismeretéhez vezet.

1. táblázat

A linolsav peroxidációs aromaanyagai (FD-tényezők)

Oxidáció:	Enzimés	Nem enzimés
Az aromakomponens megnevezése \ illat:	Gombaszzerű	Avas
hexanal	-	40
3-oktanon	10	
1-oktén-3-on	50	18
1-oktén-3-ol	40	
2(E)-oktén-1-ol	10	
2(Z)-oktenal	-	80
2(E)-nonenal	-	80

További példát, ezúttal a természetes enzimrendszer célzott alkalmazására, még röviden megemlíthetünk. A nyers tej számos fejlődő országban - a klimatikus

adottságok miatt - igen labilis nyersanyag, amely gyorsan romlik. A tejben lévő sajátos laktoperoxidáz-tiocianát-hidrogénperoxid-rendszer ellenőrzött aktiválásával a nyerstej eltarthatósága jelentősen hosszabítható és ezáltal a feldolgozáshoz szállíthatóvá válik, amire több szerző [16] is rámutatott.

További jelentős tényező pl. az élelmiszerek állaga a természetes friss állapot megítélésében. Előfordulhat, hogy az élelmiszert csupán állagának változása miatt, mint nem kedveltet, elutasítanak. A gyümölcsöknél a ropogva harapás kívánatos, ami a Granny Smith fajtánál jellemző; a lisztesség, ami a Rubinett fajta esetében gyakori, ezzel szemben nem kedvelt. Újabb elektronmikroszkópos felvételek mutatják a különbséget. Ropogósság esetén a harapáskor a sejtek szétroncsolódnak; lisztesség esetén a sejtek sértetlenül maradnak [17]. Ezáltal a friss állapot közvetlenül felismerhető. Az alapvető összefüggéseket azonban kémiai/biokémiai eljárásokkal kell közelebbről felderítenünk.

A természetes termékek minősítéséhez az élelmiszerek endogén, bioaktív tényezőiről alkotott ismereteinket is jelentősen ki kell bővítenünk. A tartós diéták, a bioétrendek, a megváltozott táplálkozási szokások és az élelmiszer-minták ezzel kapcsolatos változásai az élelmiszerek feldolgozásának és elkészítésének újraértékelését igénylik. Az élelmiszerek néhány endogén biotényezőjéről az utóbbi időben gyakran folytatnak tudományos vitát, melyekről a 2. táblázat ad összefoglalást.

2. táblázat:

Az élelmiszerek bioaktív tényezői - Néhány újabb keltezésű példa

Benzo-diazepinek (burgonyák, gombafélék)	Wildmann és munkatársai [18]
Anti-asztma-tényező (hagymák)	Emsley/Bayer [19]
D-aminosavak (fermentációs termékek)	Hausch és munkatársai [20]
P. rokfort/camembert mikotoxinjai	Leistner [21]

Igen érdekes, hogy a nemrég talált specifikus hatású vegyületekről már korábban, mint az élelmiszerek ismert frakcióiról adtak leírást, ahol azok relatív nagy koncentrációban is előfordultak. Ide sorolhatók a peptidek, amelyek mint a kazein lebontási termékei előfordulhatnak. Ráadásul a szakirodalom nem képviseli egyértelműen azt az álláspontot, hogy a kazein az újszülöttek lehetséges prohormonja lenne [22]. Kazomorfinnak nevezett peptid található a sajtban, ami nemcsak a bél mikroflórájára hat, hanem újabb vizsgálatok szerint úgy tűnik, hogy a vékonybélben egyéb aktív hatást is kifejt [23,24].

A fogyasztók élénk érdeklődése a friss termékek iránt a csomagolás erőteljes fejlesztését vonta maga után. Egyszerűen fogalmazva, élelmiszerek esetén a "passzív csomagolásról" az "aktív csomagolásra" való áttérési törekvéséről beszélhetünk. "Passzív csomagolás" alatt gyakran a hagyományos, közömbös csomagolást értjük. "Aktív csomagolás" révén a termék tulajdonságai módosulnak, javulnak az ellenőrzött, illetve a módosított légtér vagy a vákuum-csomagolás által, ami ma más

általánosan bevezetettnek tekinthető. Az ún. "partially processed foods"* besorolású termékek vagy a "minimally processed foods"*** áteresztő fóliába kerülnek, amelyek a csomagolás belső gázfázisát H_2O -re, H_2O/O_2 -re, CO_2/O_2 -re specifikus áteresztőképességükkel a terméknek megfelelően beállítják [25,26]. Ezeknél a termékeknél szoros kapcsolatban van a csomagolás és a termék. A termékek gyakran korlátozott eltarthatósági idővel rendelkeznek és olyan mikrobiális, biokémiai és kémiai változásokat mutatnak fel, amelyeknek jelleggörbéje még nem teljesen ismeretes.

Itt mindenekelőtt a gyors mikrobiológiai vizsgálati módszerekre van szükség, amelyek jelenleg még csak korlátozott mértékben állnak rendelkezésre. A gyors mikrobiológiai vizsgálati eljárások újszerű kémiai-analitikai alapon működnek [27,28], ilymódon a vegyész végezheti a mikrobiológiai vizsgálatokat is. Előtérbe került a fizikai vagy kémiai érzékelők, valamint a bioérzékelők alkalmazása is.

4. Új technológiák és az élelmiszerkémia

A technológia markáns fejlődése az élelmiszerkemiát új feladatok elé állítja. A vizsgálódások itt közvetlenül az élelmiszeraspektusra irányulnak. Az összefoglaló elemzéshez a biotechnológia címszó alatt elegendő téma áll rendelkezésre. Az élelmiszerek-biotechnológia alkalmazásáról Lebeault [30] egy új áttekintést állított össze és 15 fő alkalmazási területet sorolt fel. Ezek többnyire a biológiai alapanyagok, az adalékok, az enzimek előállításával foglalkoznak, amelyek azután másodlagosan az élelmiszerekben kerülnek felhasználásra. Ennek érzékeltetésére egy különösen érdekes példát mutathatunk be [31].

Az Egyesült Államokban 1970 és 1988 évek között a szacharóz egy-egy személyre számított évenkénti fogyasztása 45 kg-ról 29 kg-ra csökkent. Ez a csökkenés azonban egyúttal nem jelentette a kalóriadús cukrok fogyasztásának mérséklését. Ezen időszak alatt ugyanis a kalóriadús cukrok egy főre jutó fogyasztása összességében 60 kg-ra emelkedett. A szacharóz helyettesítésére a high fructose corn syrupot (HFCS) vezették be, amelyet az Egyesült Államokban a kukoricakeményítő enzimes hidrolízise és a glükóz fruktózzá történő izomerizálása útján állítják elő. A terméket 1983 - 1985 között a Cola italok előállításához vezették be.

Ugyanakkor a biotechnológiai eljárások közvetlen alkalmazása az élelmiszer-technológiában még igen ritka. Ez a helyzet azonban a közeljövőben jelentősen változhat pl. a sajtgyártás során a genetikusan modifikált mikroorganizmusok, a starterkultúrák [32] bevezetésével.

* "részben feldolgozott élelmiszerek"

** "minimálisan feldolgozott élelmiszerek"

Az élelmiszertechnológia jelenleg kellő ismerettel és felszereléssel rendelkezik a folyamatszabályozás megvalósításához. Az adatfeldolgozás önmagában még semmi nehézséget nem jelentene. Az élelmiszergyártás számos területén azonban a folyamat-szabályozási rendszernek az alkalmazása még nehézkes, mert a folyamatok optimalizálásának feltételei tulajdonképpen még kevéssé ismertek. A közeljövőben az élelmiszerkémia még jelentősen hozzájárulhat ezen ismeretek bővítésében.

Az élelmiszergyártás alpműveletei között a hőtartósítás a legjelentősebb eljárás. Ezen a területen a mikrobiológiai, a fizikai, az eljárástechnikai és a táplálkozásélettani ismeretek [33] elegendőnek látszanak. A kémiai reakciók ezzel szemben, amelyek az élelmiszerekben a korszerű technológiák különböző hőkezelési feltételei során végbemennek és a minőségi tényezők szempontjából jelentősek, még nem kielégítően feltártak. Az ebből eredő minőségi változások beható vizsgálata nagy érdeklődésre tarthat számot.

A kenyérgyártás példája jól jelzi ezt az irányt. Régóta ismert, hogy a kenyér aromája az előállítás számos tényezőjétől, kiemelten a sütési művelettől függ. Az élesztő felhasználásával vagy élesztő nélkül készített kenyér sütésének vizsgálatával W. Grosch és munkatársai [15] tárták fel részletesen, hogy az előállítás módja szerint különféle aromakomponensek képződnek a Maillard-reakció, a lipidperoxidáció és a termikus szénhidrátbontás összhatása révén. Különösen fontos ebben a 2-acetil-1-pirrolin, amely élesztő jelenlétében képződik, és ahol a prekursor is jelentősnek látszik (3. táblázat).

3. táblázat:

A fehér kenyér héjának aromaanyagai (mint FD tényezők)

Kenyérgyártás Aromaanyag* \	Élesztő nélkül	Élesztővel	Jel*
	másnapos	friss	
2-acetil-1-pirrolin	-	512	M
2-(E)-nonenal	512	256	L
2(E),4(E)-dekadienal	256	-	L
3-metil-butanal	256	128	M
1-oktén-3-on	128	-	L
2(Z)-nonenal	128	64	L
2(E),4(E)-nonadienal	128	-	L
diacetil	-	64	C
metional	-	64	M
ismeretlen	128		

- *: M - Maillard-reakció terméke
 L - lipidperoxidáció terméke
 C - szénhidrátbontás terméke

Hasonló vizsgálatokat végzett W. Baltés húсарomákkal [34]. Az élelmiszer, mint reakciórendszer döntően meghatározza az aromaösszetevők képződésének jellegét és módját. Ilyen ismeretek teszik lehetővé, hogy az élelmiszerelőállítás eljárásait - lehetőleg jelzőanyagok felhasználásával - célzottan optimalizáljuk [35]. Ezeket a kutatásokat célszerű lenne az érzékszervi bírálatra alapozni. Emellett a folyamatellenőrzés és -szabályozás terén ki kell fejleszteni az íz- és zamatanyagok bioszenzorait is [29].

5. Újszerű élelmiszerek, rendszerek és kölcsönhatások

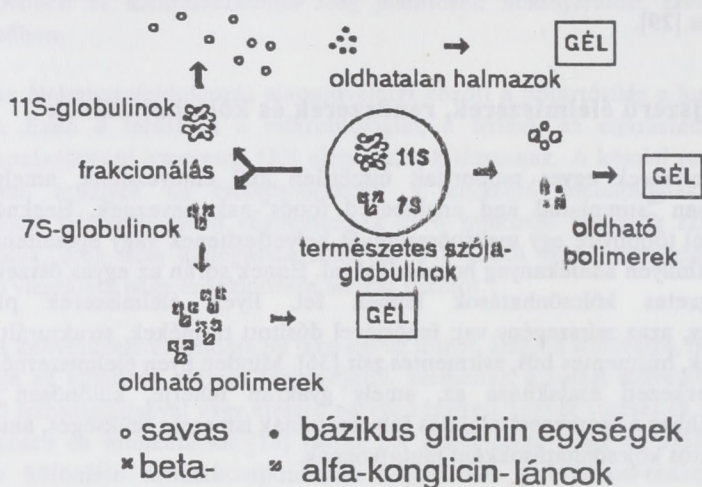
Az élelmiszerek egyes csoportjait újszerűen kell elneveznünk, amelyeket angolul találóan "stimulated and engineered foods"-nak neveznek. Ezeknél az élelmiszereknél többnyire egy makroösszetevőt helyettesítenek vagy egészítenek ki leginkább valamilyen adalékanyag hozzáadásával. Ennek során az egyes összetevők között jellegzetes kölcsönhatások lépnek fel. Ilyen élelmiszerek pl az energiaszegény, azaz zsírszegény vaj; fehérjével dúsított termékek, strukturált hús- és haltermékek, húsmentes hús, zsírmentes zsír [36]. Minden ilyen élelmiszernél a fő összetevő szerkezeti átalakítása az, amely gyakran fehérje, különösen nagy jelentőségű. Ehhez a szerkezetátalakítás folyamatainak ismerete szükséges, amelyek többnyire sajátos kölcsönhatásokként mutatkoznak.

A fehérjék megfelelő derivatizálása [37] táplálkozásélettani okokból csak nehezen valósítható meg. Növekvő jelentőségű viszont a fehérjék ún. funkcionális tulajdonságainak (pl. oldhatóság, viszkozitás, emulgeálhatóság, habtartóság, zselírozóképeség) ismerete és ezek szerepe a feldolgozás során. A célzott szerkezetátalakítás, a zselírozás különleges jelentőségű az újszerű élelmiszerek előállítása során. Az előforduló viszonyokat M. A. Juillerat [38] mutatta be szemléletesen a szójafehérjék hőkozmata gélképződése példáján (4. ábra). A 11S globulin (gyakran glicininnek is nevezett) fehérjefrakció aleggységeivel és a 7S globulin (gyakran konglicininnek is nevezett) aleggységeivel az összfehérje mintegy 68 %-át teszi ki. Ezek részt vesznek a különféle frakciókkal és mechanizmusokkal a hőkezeléses gélképződésben olyan specifikus reakciókon keresztül, melyek szinergikus és antagonisztikus hatást fejtenek ki. Hasonló példák említhetők az állati eredetű fehérjék vonatkozásában is [39]. Ezen folyamatok molekuláris alapjainak elmélyült ismeretére igen nagy szükség van.

A poliszacharidok hozzájárulása az élelmiszerek szerkezetének átalakításához ugyancsak sokféle lehet. A poliszacharidok azonban már régóta fontos szerkezetformáló anyagok, amelyek az utóbbi időben mindenenk előtt élelmi rostként kerültek vissza a köztudatba [40].

A poliszacharidokat származékaik formájában már régen bevezették. Származékaik kialakítása - a fehérjékkel összehasonlítva - úgy tűnik kevesebb nehézséggel jár. Erre érdekes új példa az egyes országokban már engedélyezett ciklodextrinek adalékanyagként történő felhasználása. A ciklodextrinek, amelyeket keményítőből a dextrinek rövidláncú gyűrűzárásával nyernek (lásd 5. ábra),

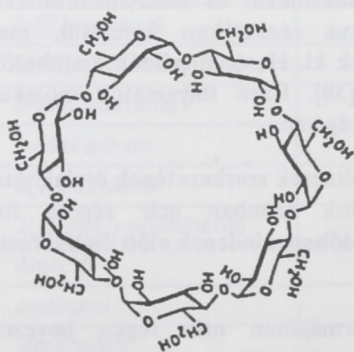
alkalmasak sajátos, stabil, zárt komplexek képzésére a befogadott molekulával, amelyek összehasonlíthatóak a jellegzetes ligandum - receptor - kölcsönhatásokkal. Ezeket különféle célokra lehet felhasználni: aromák és vitaminok stabilizálására, valamint levek kesertelenítésére [41,42]. Alkalmazásuk iránt jelenleg igen nagy az érdeklődés.



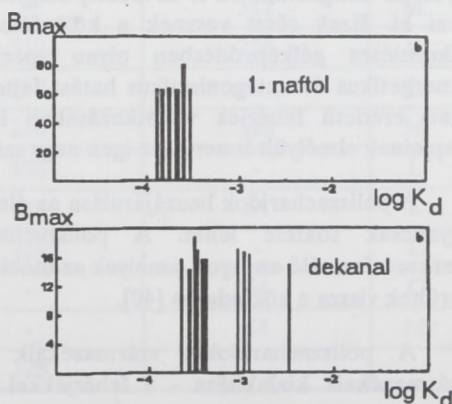
(Juillerat, 1989)

4. ábra: Szójafehérjék gélképződése hő hatására (vázlatosan)

A keményítőnek a ciklodextrinéhoz igen hasonló funkcionális tulajdonságait ezidáig kielégítően alig vizsgálták. Már régóta ismeretes ugyanis, hogy kiemelten a keményítő amilózfrakciója helix-alakzatban stabil és zárt komplexet képezhet a különböző befogadott molekulával [43,44].



5. ábra: A ciklodextrin szerkezetének képe

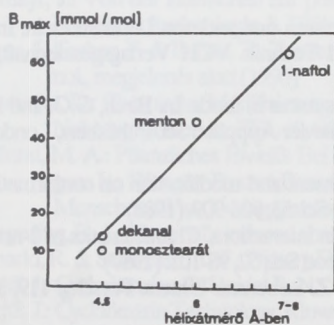


6. ábra: A burgonyakeményítő affinitásspektrumi 1-naftollal és dekanallal (20°C-on)

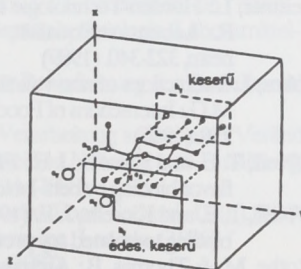
A keményítő kötéseinek újabb tanulmányozása, különösen a burgonya-keményítőé a különféle ligandumokkal, azt mutatta, hogy a keményítő elhatárolt, definiálható kötési sávokkal rendelkezik, amelyek funkcionálisan a specifikus receptormolekulák kötési helyeivel hasonlíthatók össze [45]. Ezek ún. affinitásspektrumokkal illusztrálhatók, mint amelyet az elcsirizésített burgonya-keményítőből különféle ligandumokkal végzett egyensúlyi tanulmányok során nyertek (6. ábra). Ezekben az affinitásspektrumokban példaként a B_{max} -t, a legnagyobb ligandumképzést (mmol/mol glülozt) vették fel a disszociációs állandó logaritmusával K_d -vel szemben. A spektrumok a jellegzetesen körülhatárolt kötési sávok képeit mutatják. A 7. ábrán a legnagyobb ligandumképzést vetik össze a röntgendiffrakciós méréssel kapott hélixátmérő értékek nagyságával. Ezen értékek között egyértelmű összefüggés mutatkozik. Ha a kötési reakciókba egyszerre több ligandumot vonnak be, akkor érdekes szinergisztikus és/vagy antagonisztikus hatások adódnak, amelyeket ezidáig alig vizsgáltak [46]. Élelmiszerekben való előfordulásuk lehetséges és akkor jelentős.

6. Az édesítőszer, mint a kémiai befogadás modellanyagai

Befejezésül a vegyületek egyik olyan csoportját kell még megemlítenünk, amely már néhány éve a tudomány és a gyakorlat érdeklődésére tarthat számot. Ezek olyan szerkezeti elemet tartalmaznak, amelyek lehetővé teszik, hogy az emberi érzékszervekkel kölcsönhatásba kerüljenek és eközben édes ízt váltsanak ki. Így energiaszegény édesítőszerként szolgálnak [47]. Ezen édesítő anyagok közös molekulaszervezetének részletes elemzése az "édes" ízminőségre a reagáló receptor-modell kidolgozásához, a tulajdonképpeni receptorzsebhez vezetett. A 8. ábra a ligandumokkal kitöltött receptormodellt mutatja [48].



7. ábra: A legnagyobb ligandumképzés (B_{max}) és a burgonyakeményítő néhány zárványvegyületének hélixátmérője (A)



8. ábra: A keserű/édes ízérzetre reagáló sematikus receptor, mint hidrofob zseb, ízérzetet keltő aminosav típusú anyaggal kitöltve

Ezek az ismeretek nem csupán újabb édesítőszer felismeréséhez és szintéziséhez vezetnek, ezek az emberi kemorecepció további kutatására serkentenek más íztulajdonságok és az illó aromaanyagok vonatkozásában. Ez a

témakör azonban már messze túlmutat az élelmiszereken és gyümölcsöző hidat képezhet a fiziológiai irányba.

7. Utószó

Az élelmiszerkémia fejlődése - az analitika jelentős előrehaladása mellett - arra mutat, hogy erősítse az egyes élelmiszerek bioorganikus rendszerként való kezelését. Ehhez kapcsolódnak az élelmiszerellátás kémiai szempontjai, amelyek mindinkább a fogyasztók igényeit veszik figyelembe. Ezáltal kerül az élelmiszerkémia központi helyre, a vegyész szaktudása és az emberek sokoldalú igényei közé. Változó világunkban az élelmiszerkémia így járulhat hozzá a jövő feladatainak megoldásához és a kémia jelentőségének jobb megértéséhez.

Irodalom

1. Tilgner, D.J., In: Solms, J., Booth, D.A., Pangborn, R.M. and Raunhardt, O.: Food Acceptance and Nutrition Academic Press, London, X. XIII. (1987)
2. Neukom, H.: Nahrung, Chemie, Gesundheit. Neujahrsblatt, Naturforsch. Ges. Zürich, Zürich, S.1-52. (1990)
3. Solms, J.: Lebensmittel und Wohstandsgesellschaft. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 79, 21-28. (1988)
4. Zimmerli, B.: Betrachtungen zur Festlegung und Bedeutung gesetzlicher Normen für potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe in Lebensmitteln. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 77, 473-498. (1986)
5. Aebi, H. In: Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde. Wie sicher sind unsere Lebensmittel? B. Behr's Verlag, Hamburg, S. 323-343. (1983)
6. Euro Food Chem IV. 1987. Proceedings Vol. I
7. Widmer, A. H.: Columna Analytica, Chimia 40, 250. (1986)
8. duBois, M.: Natural flavor ingredients. Cereal Foods World, 33, 560-563. (1988)
9. Mosandl, A.: Chirality in flavour chemistry - recent developments in synthesis and analysis. Food Reviews Int. 4, 1-43. (1988)
10. Leistner, L.: Hürden-Technologie bei Fleischerzeugnissen und anderen Lebensmitteln. In: Stute, R.: Lebensmittelqualität, Wissenschaft und Technik. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 322-340. (1989)
11. Solms, J.: Interactions of non-volatile and volatile substances in foods. In: Birch, G.G. and Lindley, M.G.: Interactions of Food Components, Elsevier Applied Sci. Publishers, London, 189-210. (1986)
12. O'Neill, T. E. and Kinsella, J. E.: Effect of heat treatment and modification on conformation and flavor binding by beta-lactoglobulin. J. Food. Sci. 53, 906-909. (1988)
13. O'Neill, T. E. and Kinsella, J. E. (1987): Flavor protein interactions. Characteristics of 2-nonanone binding to isolated soy protein fractions. J. Food Sci., 52, 98-101. (1987)
14. Rothe, M. & Thomas, B.: Aromastoffe des Brotes. Z. Lebensm. Unters. Forschg. 119, 302-310. (1963)
15. Grosch, W.: Aromastoffe aus der Lipidperoxidation. FatSci. Technol. 91, 1-6. (1989)
16. De Valdez, G. F., Bibi, W. & Bachmann, M. R.: Antibacterial effect of the lactoperoxidase/thiocyanate/hydrogen peroxide (LP) system on the activity of thermophilic starter culture. Milchwiss. 43, 350-352. (1988)
17. Lapsley, K.: Texture of fresh apples - evaluation and relationship to structure. PH.D. thesis, ETH, Zurich, No. 8802 (1989)
18. Wildmann, J., Vetter, W., Ranaldler, U. B., Schmidt, K., Maurer, R. & Möhler, H.: Occurrence of pharmacologically active benzodiazepines in trace amounts in wheat and potato. Biochem. Pharmacol. 37, 3549-3559. (1988)
19. Emsley, J.: Onions run rings around chemists. New Scientists, 124, September 30, 32. (1989)

20. Hausch, M. & Brückner, H.: Occurrence of D-amino acids in fermented foods, In: Int. Conference on Biotechnology and Food, Proceedings, Hohenheim-Stuttgart. (1989)
21. Leistner, L.: Mould ripened foods: risks and developments. In: Int. Conference on Biotechnology and Food, Proceedings, Hohenheim-Stuttgart. (1989)
22. Migliore-Samour, D. & Jolles, P.: Casein, a prohormone with an immunomodulating role for the newborn. *Experimenta* 44, 188-193 (1988)
23. Chiba, H. & Yoshikawa, M.: Biologically functional peptides from food proteins: New opioid peptides from milk proteins. In: Feeney, R. E. & Whitaker, J. R.: Protein tailoring for food and medical uses, Marcel Dekker Inc., New York, 123-153. (1986)
24. Daniel, H.: Opiate aus Milch zur Behandlung von Diarrhoe. *Spiegel der Forschung*, 3-4, 9-12. (1988)
25. Chefteil, J. C.: Industries alimentaires et recherches en sciences et technologies des aliments au Japon. *Ind. Alim. Agric.* 105, (1-2), 25-33; (3) 149-159. (1988)
26. IFT-Overview: Minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 43, (2), 123-129 (1989)
27. Huis Int Veld, J., Hartog, B. & Hofstra, H.: Changing perspectives in food microbiology. Implementation of rapid microbiological methods in modern foods processing. *Food Reviews Int.* 4, 271-329 (1988)
28. Jarvis, B.: Developments in rapid microbiological methods. In: Euro Food Chem. IV. Proceedings, Vol. II. 388-397 (1987)
29. Laing, D. G.: Biosensors for the food industry. *Food Australia*, June, 799-801. (1989)
30. Lebeault, J.M. & Cochet, N.: Biotechnology for the characterization and transformation of agricultural products. In: Agriculture, Food Chemistry and the Consumer. Proceedings, 5th Europ. Conf. Food Chem., Institut National Recherche Agron., Paris, 321-335 (1989)
31. Novo Nordisk, A/S.: The sugar substitute. *Food Lab. News* No. 17, 39-41. (1989)
32. Law, B.: A cultural revolution for cheese. *New Scientist* 124, May 27, 58-61 (1989)
33. Zeuthen, P., Chefteil, J. C., Eriksson, C., Jul, M., Leniger, H., Linko, P., Varela, G. & Vos, G.: Thermal Processing and Quality of Foods. Elsevier Applied Sci. Publishers, London (1984)
34. Baltes, W.: Die Maillard-Reaktion und ihre Bedeutung für die Zubereitung von Lebensmitteln unter den Bedingungen des Kochens, Bakkens und Bratens. In: Stute, T.: Lebensmittelqualität: Wissenschaft und Technik, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 65-84. (1989)
35. Homayr, J.: Von der klassischen zur postmodernen Lebensmitteltechnologie. In: Buckenhüskes, H., Alkoholtechnologie. 8. Filderstädter Colloquium, VLT, Fliderstadt, 735 (1986)
36. Solms, J., Escher, F. & Puhán, Z.: Tendenzen in der Lebensmitteltechnologie, *Lebensmittel-Technol., megjelenés alatt* (1990)
37. Schwenke, D.: Chemische Modifizierung als Möglichkeit zur Beeinflussung der Funktionalität von Nahrungsproteinen. *ZfL* 40, 666-673 (1989)
38. Juillerat, M. A.: Pflanzliches Eiweiß: Bei Gewinnung und Verarbeitung auftretende Veränderungen. In: Wenger, R. und Brandstetter, B. M.: Eiweiß in Nahrung und Ernährung des Menschen, Wiss. Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2134. (1989)
39. Foegeding, E. A.: Thermally induced changes in muscle proteins. *Food Technol.* 42, (6), 58-64.
40. Amado, R. & Schweizer, T. F.: Dietary Fibers. Academic Press Inc., London, (1986)
41. Szejtli, J.: Cyclodextrins, D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, (1982)
42. Szejtli, J.: Cyclodextrin Technology. Kluwer Academic Publ., Dordrecht (1988)
43. Radley, J. A.: Starch and starch derivatives. Chapman & Hall Ltd, London, (1968)
44. Zugenmaier, P.: Konformations- und Paskungsanalyse von Polysacchariden. In: Burchard, W.: Polysaccharide, Springer Verlag, Berlin, 260-279. (1985)
45. Rutschmann, M. A., Heiniger, J., Pliska, V. & Solms, J.: Formation of inclusion complexes of starch with different organic compounds. I. Method of evaluation of binding profiles with menthone as an example. *Lebensm. Wiss. Technol.* 22, 240-244. (1989)
46. Rutschmann, M.: Bildung von Einschlußverbindungen der Stärke mit ausgewählten Liganden in binären und ternären Modell Systemen. Diss. ETH. Zürich, Nr. 8413 (1987)
47. Dobbing, J.: Sweetness. Springer Verlag, Londodn, (1987)
48. Belitz, H. D., Rohse, W., Stempf, W., Wieser, H., Gasteiger, J. & Hiller, Ch.: Struktur-Wirkungsbeziehungen bei Geschmackstoffen. *Lebensmittelchem. Gerichl. Chem.* 41, 77-82 (1987)