A fehérjék világából

Irta dr. Weninger Antal

AZ ÉLETFOLYAMATOK hordozói és tulajdonképpeni megvalósítói azok a rendkívül bonyolult összetételű szerves vegyületek, amelyeket „fehérjék"-nek nevez a tudomány. Szinte az az érzésünk, hogy a teremtő Ősprincipium alakító kedvteléseinek kifejező eszköze ez a „választott anyag", amelynek építőköveiből, az aminosavakból felépíthetnénk az egész szerves világot, ha ismernénk az életszerkezet valamennyi titkát. Ezekből az óriási hatalmas termetű molekulákból szerveződött, végtelen kombinációs lehetőségeket nyújtó, egészen különleges anyagokban a legérdekesebb vegyületekkel találkozunk, hiszen az élet titka rejtőzik bennük. Testi és lelki életünk minden megnyilvánulása végeredményben állandó mozgásban, lüktetésben kavargásban, hullámzásban, finoman sikló áramlásokban, ár-apályakban, végtelenül finom kölcsönhatásokban dolgozó fehérjekémia. Amikor a fehérjékről írok, csak az agyvelőfehérjéim segítségével tehetem ezt...

A „fehérje" kifejezés (régebben fehérnyének nevezték) a tojásfehérjéből származik. Német nyelven ma is „Eiweiss"-t emlegetnek. A többi szerves vegyületektől főleg nitrogéntartalma által különbözik. A nitrogén-elem különben az egész szerves élet tengelye. A nitrogéntartalom tehát mintegy vegytani árulójele a fehérjéknek, noha a zsírcsoporthoz tartozó foszfatidák és a glukozamidnak nevezett szénhidrát is tartalmaznak nitrogént. Az élettanban szokás nitrogén-anyagcseréről beszélni, ami azonban nem szabatos megjelölés, mert tulajdonképpen fehérjeanyagcserét jelent.

A fehérjék szerkezete

A szén, hidrogén, oxigén és nitrogén rendes alkatrésze minden fehérjének. E törzselemeken kívül megtaláljuk legtöbbször a kén és foszfort, némelykor pedig a vasat, rezet, klórt, jódot vagy brómot is.

A fehérjék vegyi szerkezetének felderítését, legalábbis alapjaiban, *Fischer* Emilnek köszönhetjük. Ő világított bele először azoknak a bonyolult kémiai kötéseknek útvesztőibe, amelyek a hatalmas fehérjemolekulát létrehozzák. A legalacsonyabb fehérje-molekulasúly 17.500. Érdekes, jelentőségében ma még megfoghatatlan körülmény, hogy a legtöbb fe-

hérje molekulasúlya mindig ez értéknek valamilyen egészszámú többszöröse. Igy például a thyreoglobulin, a pajzsmirígy egyik fehérjéje 650.000 molekulasúllyal szerepel, ami 50-szerese az alapértéknek. Bizonyosra vehető, hogy ez a szabályosság a fehérjemolekulák átcsoportosulásában, vegyi reakcióiknak egyszerűsítésében, bizonyos molekularészek kicserélődésében célszerű körülmény. Az élő szervezet fehérjereakciói sokkal finomabbak, mint a kémcsövekben lezajló, többnyire egyoldalú folyamatok. Csak a fehérje finom, mimózaszerkezete képes arra a sokoldalú vegyi feladatra, amelyeket a sejtforma keretei között csodálunk. Különben is lényeges, hogy ne képzeljük a fehérjét valami merev képletnek, talán téglának vagy érdes darabnak, hanem inkább kocsonyás, rugalmas, alkalmazkodó érzékeny anyagnak. Ne tévesszen meg ebben a szerkezeti képletek merev lánca vagy szimbólikus gyűrűje, mert ezek csak fogalmi rögzítők, de nem a valóság képei.

Ha a fehérjéket bizonyos erjesztőkkel kezeljük vagy savval, lúggal főzzük, akkor olyan hasadási termékek keletkeznek, amelyek jórésze *aminosav*, ami annyit jelent, hogy NH_2-gyököt tartalmaz. Csak elenyészően csekély töredékben találkozunk *aminosavakkal* (NH-gyök). Az aminosavak láncszerű fűzéreit nevezzük *peptideknek*. Ez a jellemző, úgynevezett „peptidkötés", valamint a hozzája sokszoros variációkban kapcsolódó oldalláncok érzékítik a fehérjeépítés vázlatát. Ha elképzeljük az aminosavak sokasága révén előálló különböző hosszúságú láncokat függelékeikkel, fityegőikkel egyetemben, továbbá azt, hogy egyetlen fehérjemolekulában ugyanaz az aminosav többszörösen fordulhat elő, valamint azt is, hogy a kapcsolódás sorrendje is hányszorosan változhat, úgy megértjük, hogy a természet végtelen sokféle fehérjemolekulát építhet, amelyek mind különböznek egymástól. Ezt az elméleti lehetőséget a természet gazdagon valósítja meg, hiszen tudjuk, hogy minden állati és növényi fajnak különböző, a fajra jellemző, úgynevezett „specifikus" fehérjéi vannak, sőt mai ismereteink alapján már *egyéni fehérjékkel* is számolnunk kell és ezen túlmenően egyetlen szervezeten belül a különböző zsigerek is specifikus szervfehérjékkel rendelkeznek. Ha ehhez hozzávesszük, hogy bizonyos betegségekkel kapcsolatban ezek a szigorúan körvonalazott fehérjék kémiai átalakulást szenvedhetnek, akkor fogalmunk támad arról, hogy mennyire bonyolult, áttekinthetetlen és virtuóz - differenciálódásaiban

mennyire kimeríthetetlen a fehérjék biokémiája. Ahogy a zene 7 alaphangjából és azok módosításaiból évezredekre telik új és új melódiára, partiturára, a zenei stílusok sokaságára, mert a hangok kombinációinak határtalan a lehetősége és a zeneértő mégis ráismer Mozartra, Wagnerre, Debussyre vagy Bartókra, úgy az aminosavakból a természet bámulatos biztonsággal építi fel Nagy János vagy Kis Péter egyéni fehérjéit, amelyek, ha mégoly finom árnyalatban is, de különböznek a földön eddig megjelent összes emberek fehérjéitől... *A természet miriádnyi variációkon keresztül tör az egyén, az individuum felé!*

A fehérjék szerepe táplálkozásunkban

A fehérjéket szokás szervezetünk építőanyagának nevezni. S valóban: az életgépezet állványai, protoplazmás sejtjei, fogaskerekei, húrjai és küllői, csavarjai és betétei, nedvei és olajai mind fehérjéből készülnek. Az életszövő Művész kedvenc anyaga a fehérje... Ez építőanyag mellett szükségünk van üzemanyagokra, amelyek a szénhidrátok, zsírok, ásványi sók és a víz. Az erjesztők, hormonok és vitaminok is üzemanyagok, de ezek egy része ugyancsak fehérjékből áll.

Különben nem is lehet egész élesen elhatárolni azt, hogy melyik az építő és melyik az üzemi anyag. Noha a fehérjének nem az a hivatása, hogy üzemi anyagként szerepeljen, mégis gyakran sor kerül arra, hogy energiát és hőt szolgáltasson. Másrészt például az agyvelőnek, idegrendszernek és a csontvelőnek felépítésében a zsír is részt vesz, mint lényeges építőanyag.

Az építő-anyagcserében fehérjékkel, állati vagy növényi proteinekkel pótoljuk az elkopott és szétesett fehérjéket. Hajunk, körmeink, a bőrünkről állandóan hámló szaru, nyálkánk és váladékaink, stb. mind fehérjékből állanak. A fodrász hatalmas mennyiségű fehérjét távolít el ollójával és borotvájával, a manikűrolló ugyancsak sokat amputál le kezünkről és lábunkról, minden köhögés és köpés, nátha vagy verejtékezés fehérjeveszteséget jelent. Számottevő mennyiséget fogyaszt ezeken kívül a hormonális mirigyrendszer is. *De a fehérje csak fehérjével pótolható!* Míg az üzemi anyagcserében a három mennyiségileg legjelentősebb tápanyag: a szénhidrátok, zsírok és fehérjék a legtágabb mértékben izokalóriásan helyettesíthetik egymást, az építőanyagcsere szempontjából a fehérje nélkülözhetetlen. A fehérjéből kb. napi 40 gramm az

a minimum, amely mellett anyagcsere-egyensúly fennállhat. Ez az érték azonban korántsem jelent optimumot, mert a fehérjefukarság csakhamar érezteti hatását. Elég csak egy lázas betegség, amely fokozott fehérjeelhasználódással jár és megbomlik az egyensúly, mert fehérjéje fogytán a szervezet alaptőkéjéhez, a saját protoplazmájához nyúl. Ezért lényeges megállapítás az, amely szerint *a szervezet nagyobb fehérjemennyiségre szorul, mint amennyivel szükség esetén beéri.* Rendes, változatos és kiadós táplálkozás esetében, amikor energiaszükségletünket bőségesen fedezik a szénhidrátok és zsírok, tehát a fehérje ebből a szempontból megkímélődik, elég belőle az úgynevezett „fiziológiás minimum". Ilyenkor akár napi 25 grammal is beérjük. Eközben tudnunk kell, hogy a szénhidrátok jobb fehérjemegtakarítók, mint a zsírok. Az úgynevezett „higiénikus" vagy „praktikus" fehérjeminimum azonban több; a különböző tapasztalatok szerint 30—200 gramm között váltakozik. Ennyi fehérjefogyasztás mellett teljes munkaképességünk és egészségünk biztosítva van.

Liebig még fehérjetartalom szerint becsülte fel ételeink tápértékét, mert úgy vélte, hogy az izommunka energiaforrása a fehérje. Elméletét *Rubner* döntötte meg, amennyiben kimutatta, hogy a fehérje elsősorban az élő anyag felépítéséhez kell. Ujabban mintha megint *Liebig* felé közeledne az élettudomány. *Schenk* ugyanis az 1936-i berlini olimpiászon szereplő sportembereken végzett vizsgálatai révén megállapította, hogy heveny megerőltetések alkalmával nagy szükségünk van állati fehérjékre.

A minőségi tényező

A fehérjeértékek körül folyó vita természetes következménye annak, amit a fehérjevegyületekről általában mondottunk. Nyilvánvaló, hogy nemcsak foglalkozási ág, testi vagy szellemi munkateljesítmény, életkörülmények és életkor szerint adódnak nagy különbségek, hanem alkati, továbbá megszokási és alkalmazkodási tényezők is közrejátszanak a fehérjeszükséglet mértékének eltérő fokaiban. De mindezeken felül szem előtt kell tartanunk *a fehérje minőségi különbségeit is.* Minthogy az állati fehérje áll legközelebb az emberihez, érthető, hogy legértékesebb fehérjéinket a húsból, halból, tojásból és tejből merítjük. A növényi fehérje biológiai tápérték szempontjából kétségtelenül mögöttük áll, ami egyben tudományos

cáfolata az egyoldalú, fanatikus vegetáriánizmusnak. A növényi fehérjék nélkülözik azokat a fontos aminosavakat, amelyek az emberi fehérjék felépítéséhez szükségesek. Aki mégis növényi kosztra szánja el magát, annak legalább tejjel, tojással és sajttal kell „nemesítenie" étrendjét, hogy egészséges maradjon. A fehérjék minőségi rangsorát a következőképpen jegyezhetjük meg: ha 100 százalékosnak vesszük a tejet, akkor a hús, a hal és a tojás 95 százalék, a szójabab és burgonya 75 százalék, a gabonafehérje 50 százalék, a hüvelyesek 25 százalék értékkel bírnak. *Roese* szerint a fehérjeszükséglet lúgos, bázisos táplálkozás mellett csökken, savanyú táplálkozásra pedig emelkedik.

Tudnunk kell azt, hogy nem mindig az egész fehérjemolekula fejt ki élettani hatást szervezetünkben, hanem gyakran annak csak egy töredéke, vagy az egyik láncszemét kitevő aminósav. Így pl. a glykokoll, a legegyszerűbb aminosav, szoros összefüggésben áll a kreatinnal és ezáltal az izomműködéssel. Lám, az izomműködés nemcsak égésen, szénhidrátok elfűtésén, hanem a fehérjék támogatásán is mulik! Gyakran nehéz eldönteni, hogy az egész fehérjemolekula hatott-e, avagy csak egyik aminosav. Tévedésbe eshetünk akkor is, ha a fehérje mellett más anyagokat is fogyasztottunk. *Hippokrates* pl. az esti vakság gyógyítására a következő receptet ajánlja: „Márts mézbe egy ökörmájat és nyelj le ebből egyet-kettőt". Igaza volt, de nem a májfehérje miatt, hanem a nyersmájban foglalt A-vitamin és carotin fejtik ki a retinabiborra a kedvező hatást.

A fehérjetáplálás fokozott jelentőségű növekedésben lévő fiataloknál és lábadozóknál. Különösen ilyeneknek van szükségük minőségileg elsőrangú proteinekre, tehát főleg jó tejre. Noha a hiányzó aminosavak egy részét a szervezet maga is elő tudja állítani, másokat, pl. a histidint, glysint, methionint, tryptophant csak a táplálék útján kaphatja. Ha ezek hiányoznak, a növekedés gátlást szenved és a lábadozók sem kaphatnak erőre. A hiányos biológiai értékű fehérjék közé tartozik pl. az enyv és a zselatin. Az 1871-i párizsi ostrom alkalmával enyv segítségével takarítottak fehérjét. Zselatinnal összfehérjeszükségletünknek kb. a felét pótolhatjuk. Kivételesen az is előfordul, hogy tiszta növényi táplálék mellett is megtartja az ember teljes munkaképességét, tehát fehérjeszükségletét tűrhető módon fedezi növényi pro-

teinekkel. Nagyon alkalmas erre a burgonya.

Amennyire biztos, hogy kellő mennyiségű és minőségű fehérjetáplálkozás nélkül nem maradhatunk egészségesek, annyira bizonytalan az a kérdés, vajjon hol az a határ, fenn vagy lenn, ameddig elmehetünk? Noha a bő fehérjetáplálás ellenségei azt bizonyítják, hogy különösen a sok hús idült bélrenyhe séget és ezzel kapcsolatosan vakbélgyulladást, gyomor-, bél- és májbetegségeket, keringési és vesezavarokat, cukorbajt, köszvényt, stb. okoz, a mindennapos megfigyelés mégis azt igazolja, hogy egészséges embernek a nagyobb fehérjefölösleg sem árt. Valószínűnek kell tartanunk, hogy csak olyanokra vonatkoztatható az aggályos felfogás, akiknél az idézett betegségekre való hajlam kezdettől fogva megvolt; a húsfogyasztás legfeljebb sietteti a kórkép kifejlődését. A nagy húsevők csaknem mindig sok szeszt és dohányt is fogyasztanak, kevesebbet mozognak, stb. és így számos káros tényező együtthatása érvényesülhet a megbetegedésben.

A túlzott fehérjefogyasztást főleg gazdasági okokból kell elítélnünk, különösen inséges időkben. Az építő anyagcserében fölösleges fehérje ugyanis elég, vagyis csupán a szénhidrátokkal, a sokkal olcsóbb fűtőanyaggal jut közös sorsra. 1 gramm fehérje ugyanannyi kalóriát szolgáltat, mint 1 gramm szénhidrát (4,1 kalória). Könnyen érthető tehát, hogy mekkora pazarlást jelenthet ez. De ezenkívül a luxusfehérje az egési folyamatokat 20—40%-kal fokozza, amit sem a szénhidrát, sem a zsír nem csinál. Fehérjével fűteni körülbelül annyit jelent, mintha épületfával tüzelünk az olcsóbb hasábok helyett.

Fehérjeínség

Ha tudományosan nem is bizonyítható, hogy a fehérjedőzsölés nagyobb ártalmat jelent, annál világosabb előttünk *a fehérjeínség katasztrofális jelentősége*, mert ilyenkor a szervezet mintegy önmagát emészti meg. Éhezéskor ugyanis először glykogentartalékát, szénhidrátkészletét fogyasztja el. Ezután következik a zsírraktárak kiürítése és végül a sejtek protoplazmája esik áldozatul. És mekkora oekonomiát találunk a sorrendben! Az izmok már nagy mértékben fogynak, amikor a szívizom és a központi idegrendszer még teljesen ép. A gázcsere szempontjából oly fontos haemoglobin, a vasfehérje is sokáig kegyelmet kap, míg a többi fehérjék már tünedeznek, pusztulnak. Ezek az élettani tények azt bizonyít-

ják, hogy a szervezet zsigerről-zsigerre tudja átcsoportosítani fehérjéit, ahogy a szükség megkívánja. Előbb a kevésbbé fontos szövetek fehérjéit veti máglyára, de eközben is szűntelenül rendez, soroz, átcsoportosít, ügyeskedik, hogy az anyagcsere egyensúlya, úgy, ahogy biztosítva legyen. De ha tovább tart az inség, ha nem érkeznek mentő fehérjeszállítmányok, végül is a teljes éhezés siralmas állapotába süllyed. Természetes, hogy már félúton is, az önelhasználódás fokozatos előrehaladtával, a betegségekkel szemben való ellenállóképesség csökken. Különösen a güműkór kopogtat már igen korán a meglazult kapukon. Jellemző kísérője az éhezésnek — a fehérjehiánynak — az acidózis, a savvérűség, ami annyit jelent, hogy acetontestek képződnek (aceton, acetecetsav, B-oxyvajsav), amelyeket megtalálunk a vizeletben és a beteg leheletében, tehát teljesen hasonló állapotba jut az éhező, mint a cukorbeteg előrehaladott kórságában. Később aztán kifejlődik az *éhségvizenyő,* ami abban áll, hogy testszerte folyadékgyülemek keletkeznek a bőr alatt.

Igen érdekes betekinteni azokba a fínom folyamatokba, amelyeken a fehérjék átesnek, amíg a külvilágból rendeltetési helyükre érkeznek.

Míg a szénhidrátok emésztése már a szájban kezdődik, a fehérjéket csak a gyomor veszi munkába. Itt vár rájuk a *pepszin,* hogy az első szétbontást elvégezze. Igaz, hogy pl. a tej fogyasztásakor a nyál *mucin* nevű glykoproteidja nagy mennyiségben termelődik, a tejhez keveredve a gyomorban fellazítja az ott keletkező alvadási terméket, a kazeint, ami által nagyobb felületet biztosít a gyomor erjesztőinek, tehát jól előkészíti a gyomormunkát. Ilyen értelemben tehát egyes fehérjék emésztése is már a szájban kezdődik.

Mivel a fehérjék — amint említettük, — erősen fajlagos vegyületek, az emésztőcsatornában le kell bontani őket mindaddig, amíg elemi építőkövekké esnek szét, amelyek már semlegesek, nem fajlagosak. Míg az idegen fehérjemolekulát nem tűri a szervezet, az építőkövekből, az aminosavakból zavartalanul építi fel a saját fajlagos fehérjéit.

A gyomor pepszinje két részre hasítja a fehérjéket: a vízben könnyen oldható *albumózékra* és *peptonokra.* Ezek azonban még mindig magukon viselik származásuk bélyegét, tehát fajlagosak és nem léphetnek a belvilágba, a vér szentélyébe. Még tovább kell vetkőzniök, hogy lehántsák fajlagosságuk utolsó maradvá-

nyait is. Vannak, akik az albumózék megkülönböztetését fölöslegesnek tartják, tehát az összes fehérjetörmelékeket peptonoknak nevezik.

A gyomorból a bélbe vándorló peptonokat a bélnedv *tripszinje* és *erepszinje* emészti tovább. A tripszin a még le nem bontott fehérjéket peptonizálja, a gyomorból érkező peptonokat polipeptidekké aprítja, de nem áll meg itt, hanem továbbhalad és ditripeptidekig hasít tovább. Végül az erepszin fejezi be a műveletet és teljesen aminosavakká szedi szét a fehérjeroncsokat. Az erepszint a hasnyálmirigy és a bélnyálkahártya nedvei szolgáltatják.

A fehérjeemésztés során keletkezett aminosavak a bélfalon át szívódnak fel, a vérkeringés útján eljutnak a sejtekhez és ezekben épülnek fel új fajlagos fehérjékké.

Mint már bevezetőleg is hangsúlyoztam, az életfolyamatok lényege: fehérjekémia, a fehérje örökös mozgása, színeváltozása. A fehérjekémia rejtelmei azonban még számosak. Ha ismerjük is a fehérjegazdálkodás stílusait, ha rá is nyitottunk a természet legtitkosabb tevékenységeire a belvilág süllyesztőiben, a szervek sejtműhelyeiben, mégis távol állunk attól, hogy beavatottjai lehessünk a legfínomabb műhelytitkoknak. Hosszú és fárasztó kutatómunka kell még ahhoz, hogy megtudjuk pontosan, miként állítanak be az aminosavak új otthonukba, a számukra kijelölt sejtekbe, miként fogadják ott a parányi jövevényeket, hogyan épülnek újra önálló jellemű, hatalmas fehérjemolekulákká, miként illeszkednek bele új életükbe, stb.

Számunkra a fehérjekérdés ma különösen alkalomszerű érdekesség. Mindnyájan érezzük a fehérjeinség keserveit. A szervezet sokszorosan jelzi, hogy nem tud úgy dolgozni, ahogy megszokta. Egy-egy bőrjelenség, kiütés, vagy fagydaganat, a vitamin- és hormonhiány közismert jelenségei mind fehérjeinségre utaló vészjelek. A mai élelmezési nehézségek leküzdése valósággal fehérjepolitikát sürget. *A népegészségügyi gondok sikeres megoldása azonos a fehérjeellátás biztosításával,* ami járvány- és örökléstani szempontból is felbecsülhetetlen jelentőségű. Természettudományos ellenőrzés, tanács nélkül azonban célt nem érhetünk. A nép- és utódmentő fehérjepolitika helyes elindítása és célszerű irányítása természettudományos kérdés, amelyhez époly szükséges a fiziológus szakvéleménye, mint a büntetőjog reformjához a pszichológusé.