

Élelmiszereink összetételének legújabb adatai VII.

Javított módszer élelmiszerfehérjék biológiai értékének kiszámítására

KORPÁCZY ISTVÁN, LINDNER KÁROLY, VARGA KÁROLY

Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet, Budapest

Érkezett 1960. szeptember 23.

Élelmiszerfehérjék biológiai értékének megítélésében döntő szerepük van az állatetetés kísérleteknek. Ezek azonban költségesek, időt rabolnak el, nagy körültekintést és gondosságot igényelnek, és csak jól felszerelt intézmények végezhetik el azokat.

Emberi táplálkozásra szánt élelmiszerek fehérjéinek biológiai értékére vonatkozólag azonban csakis embereken és huzamos időn keresztül végzett megfigyelések alapján lehet biztos véleményt mondani. E megfigyelések végzésénél az állatkísérletekre említett nehézségek még sokszorosan fekozottabban érvényesülnek.

Ezért nagyon érthető, hogy már eléggé régóta törekvések nyilvánulnak meg a fehérjék biológiai értékének kémiai vizsgálatok révén történő megállapítására, különböző fehérjék biológiai értékének ilyen módon való összehasonlítására. E törekvéseket újabban nagy mértékben könnyebbé tette az a tény, hogy a papiroskromatográfia segítségével könnyen, gyorsan és elegendő pontossággal lehet meghatározni a fehérjék biológiai értékére döntő befolyást gyakorló aminosavak minőségét és mennyiségét.

A fehérjék biológiai értékét ugyanis — *ceteris paribus*-aminosav összetételük határozza meg. *Rose* és munkatársai (1) 12 évre terjedő rendkívüli gondossággal végzett vizsgálataik alapján nyolc aminosavról állapították meg, hogy azok felnőtt emberek számára nélkülözhetetlenek, létfontosságúak, más néven esszenciálisak. Ezeket az emberi szövetet vagy egyáltalán nem képes szintetizálni, vagy csak olyan lassú ütemben, hogy a test fehérje felépítése szempontjából nem állnak kellő időben rendelkezésre. Mindkét esetben az ember e létfontosságú aminosavaknak a külvilágból való felvételére van utalva, az esszenciális aminosavakhoz csak a táplálékból juthat. A nyolc esszenciális aminosav: fenilalanin (nemzetközileg elfogadott rövidített jelzése: Phe); izoleucin (Ile); leucin (Leu); lizin (Lys); metionin (Met); treonin (Thr); triptofán (Try); Valin (Val). A természetes élelmiszerfehérjékben, mint összetevők, építőkövek, leggyakrabban előforduló nem-létfontosságú aminosavak: alanin (Ala); alfa-aminovajsav (Aba); arginin (Arg); aszparigin (Aspine); aszpariginsav (Asp); cisztein és eisztin (Cys); gamma-aminovajsav (Gaba); glikokoll (Gly); glutamin (Gline); glutaminsav (Glu); hisztidin (His); hidroxiprolin (Hpr); prolin (Pro); szerin (Ser); tirozin (Tyr). Egyikünknek a fehérjék aminosav összetétele papiroskromatográfias, polarográfias és koloriméteres meghatározására vonatkozó dolgozata már megjelent (2,3).

A fehérjék biológiai értékének aminosav összetételük alapján, számítás útján történő megállapításával előző cikkeinkben (4,5) már részletesen foglalkoztunk és kritikát is gyakoroltunk a három legáltalánosabban használt számítási módszer, úgymint a *Mitchell-Block* féle, az *Oser* féle és a *Bigwood* féle módszer felett, és 20 különböző hazai természetű élelmiszerfehérjére értékssorrendeket állítottunk fel a 3 különböző számítási módszer eredményei alapján. Mindhárom módszer összehasonlítási alapul a teljes tyúktojás összes fehérjét veszi, amit a biológusok az ember számára legmegfelelőbb fehérje gyanánt általánosan elfogadtak. Idézett cikkünkben azt

a megállapítást tettük, hogy *Oser* számítási módszere közelíti meg legjobban az állatkísérletekben, illetve embermegfigyelésekkel nyert megállapítások eredményét, az ő módszere szerint felállítható biológiai értéksorrend felel meg legjobban a döntő biológiai módszerek alapján felállítható sorrendnek. Ezért mi *Oser* számítási módszerének használatát tartottuk a legalkalmasabbnak fehérjék biológiai értékének, aminosav összetételük alapján, számvitáson nyugvó megítélésére.

Oser módszerének is két hiányossága van azonban. Az egyik az, hogy csupán a létfontosságú aminosavak mennyiségét a tyúktojáséhoz viszonyított százalékos arányban veszi számítási alapul, a nem létfontosságú aminosavakra nincs tekintettel. A másik, talán még nagyobb jelentőségű hiányossága pedig az, hogy nem veszi tekintetbe, hogy egyes aminosavak túlzott mennyiségben való jelenléte az aminosav egyensúlyt megbontja, ezzel a fehérje biológiai értékét csökkenti. Erre a jelenségre többek között *Fekete és Korpáczy* (6) mutatott rá állatkísérleteik eredményeivel kapcsolatban.

Eme hiányosságok kiküszöbölése végett *Oser* számítási módszerének módosítását dolgoztuk ki, és e módosítás használatát javasoljuk. Összehasonlítási alapul továbbra is a teljes tyúktojás összes fehérjéinek aminosav összetételét vesszük, amely állatkísérletek és embermegfigyelések alapján harmonikusan összehangolt.

Oser módszere első hiányosságának kijavítását úgy eszközöljük, hogy nem csupán a létfontosságú aminosavakat vesszük tekintetbe, hanem *Rose* és munkatársai (1) megállapításai alapján a nem létfontosságú aminosavakat is. Ha a létfontosságú aminosavak biológiai értékét *Oser* képlete alapján kiszámítva A-val jelöljük, a nem esszenciális aminosavak hasonló módon kiszámított biológiai értékét B-vel; akkor javaslatunk szerint a kérdéses fehérje biológiai értéke (B.É.) *Rose* és munkatársainak megállapítását tekintetbe véve:

$$B.É. = 0,75 A + 0,25 B \dots\dots\dots (1.)$$

Ezt a képletünket arra alapozzuk, hogy *Rose* és munkatársainak megállapítása szerint embereket huzamosabb időn át csakis esszenciális aminosavakkal, mint kizárólagosan nitrogén forrással táplálva, a nitrogén anyagcserében zavarok következtek be, negatív nitrogén egyensúly állt elő, amely csak akkor szűnt meg, és lett ismét pozitívva és normálissá, ha a táplálékkal bevitt nitrogénnek legalább 25%-a nem esszenciális aminosavak nitrogénjéből származott.

E kísérleti eredmények alapján tehát ezt a létfontosságú és nem létfontosságú aminosav arányt tettük meg 1.) képletünk alapjává.

A második említett hiányosság oka az, hogy *Oser* a kérdéses létfontosságú aminosav százalékos arányát számítja ki a tyúktojásfehérjék ugyanazon aminosavára vonatkoztatva, de amennyiben a vizsgált fehérje valamelyik esszenciális aminosavának mennyisége nagyobb a tojásfehérjék megfelelő aminosavának mennyiségénél, vagyis a százalékos eredmény száznál nagyobb értéket adna, akkor ezt az értéket száznak vesszük, azaz teljes értékűnek. Az előzőleg felhozott indokok alapján azonban a 100-as értéket jóval meghaladó eredményt adó aminosav megbontja az aminosavak kívánatos egyensúlyát, tehát a valóságban nem teljes értékű fehérjét szolgáltat, csökkenti, degradálja a fehérje biológiai értékét (4). Ezért ennek a hiányosságnak kiküszöbölésére azt javasoljuk, hogy ha valamelyik aminosav koncentrációja kisebb a vizsgálandó fehérjében, mint ugyanazon aminosav koncentrációja a teljes tyúktojás összes fehérjéjében, akkor továbbra is az *Oser* szerinti hányadost használjuk:

$$\frac{a_x}{a_t} \cdot 100 \dots \dots \dots 2.)$$

(ahol a_x a vizsgált fehérje valamelyik aminosavának, a_t pedig teljes tyúktojás fehérje ugyanazon aminosavának koncentrációját jelenti az összes fehérjében).

Abban az esetben viszont, amelyikben a vizsgált fehérje valamelyik aminosavának koncentrációja nagyobb a tojás megfelelő aminosavának koncentrációjánál, egyszerűség kedvéért a következő hányadossal számoljunk :

$$\frac{b_t}{b_x} \cdot 100 \dots \dots \dots 3.)$$

(ahol b_x a vizsgált fehérje olyan aminosav koncentrációja, mely számértékeleg nagyobb a tojásban levő ugyanazon aminosav koncentrációjánál, b_t -nél).

Ezek után a módosított Oser képletét így írhatjuk fel :

$$\sqrt[n+m]{\frac{a_{x_1}}{a_{t_1}} \cdot 100 \cdot \frac{a_{x_2}}{a_{t_2}} \cdot 100 \dots \frac{a_{x_n}}{a_{t_n}} \cdot 100 \cdot \frac{b_{t_1}}{b_{x_2}} \cdot 100 \cdot \frac{b_{t_2}}{b_{x_2}} \cdot 100 \dots \frac{b_{t_m}}{b_{x_m}} \cdot 100 \dots \dots 4.)}$$

(ahol n a 2.) képletnek, m a 3.) képletnek megfelelő aminosavak száma).

Tekintettel arra, hogy *Rose* és munkatársainak vizsgálatai sem adnak feleletet arra a kérdésre, van-e különbség a nem létfontosságú aminosav között a fehérje biológiai értékére gyakorolt befolyás tekintetében sőt kísérleteik szerint a nem létfontosságú aminosavak egyéb nitrogén forrásokkal pl. ammonsókkal vagy karbamiddal, teljes mértékben helyettesíthetők mind állatok, mind az ember táplálásánál, ezért a nem esszenciális aminosavakra vonatkozólag nem szükséges a hosszadalmas számításokat a 4.) összefüggés alapján elvégezni.

Elegendő, ha a vizsgált fehérje nem létfontosságú aminosavainak együttes koncentrációját hasonlítjuk össze a teljes tyúktojás nem létfontosságú aminosavai koncentrációjának összegével, azaz rájuk nézve :

$$\frac{\sum c_x - \sum c_t}{\sum c_t} \dots \dots \dots 5.)$$

(ahol c_x a vizsgált fehérje valamelyik nem esszenciális aminosavának koncentrációját, c_t pedig a teljes tyúktojás fehérjének ugyanazon nem esszenciális aminosavának koncentrációját jelenti). Az 5.) kifejezés alkalmazásával általában mindig pozitív értéket kapunk, mert a teljes tyúktojásban a legkisebb a nem létfontosságú aminosavak összkoncentrációja.

Az előbb kifejtett módosításokkal most már helyes értékeket kaphatunk 1.) kifejezés A és B tagjainak mennyiségeire. 4.), 5.) kifejezés figyelembevételével 1.) kifejezés következőképpen alakul :

$$B.É. = 0,75 \sqrt[n+m]{\frac{a_{x_1}}{a_{t_1}} \cdot 100 \dots \frac{a_{x_n}}{a_{t_n}} \cdot 100 \cdot \frac{b_{t_1}}{b_{x_1}} \cdot 100 \dots \frac{b_{t_m}}{b_{x_m}} \cdot 100} + 0,25 \left(100 - \frac{\sum c_x - \sum c_t}{\sum c_t} \cdot 100 \right) \dots \dots 6.)$$

Az összegezés (mint matematikai művelet) Σ -val jelölésének analógiájára a tényezők összesorzását is szimbolummal jelölhetjük. Erre a célra legmegfelelőbb a már mások által is használt Π -t bevezetni. Ha még azt is tekintetbe vesszük, hogy *Rose* és munkatársai mindössze 8 aminosavat tartanak esszenciálisnak (1), akkor kis matematikai átalakítással a (6) kifejezés végső alakjában következőleg írható fel:

$$\text{B.É.} = 75 \sqrt[8]{\Pi \frac{a_{x1}}{a_{t1}} \cdot \Pi \frac{b_t}{b_x} + 25} + 25 \left(1 - \frac{\sum c_x - \sum c_t}{\sum c_t} \right) \dots \dots \dots 7.)$$

A 7.) kifejezés alkalmazásának bemutatására kiszámítjuk a kazein biológiai értékét. A kazein és a teljes tyúktojás esszenciális aminosavai e fehérjék százalékában:

	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Try	Val
kazein	6,1	9,2	8,2	3,0	5,5	4,5	1,7	7,1
tojás	7,7	9,2	7,0	4,0	6,3	4,3	1,5	7,2

Az Ile, Met, Phe, Val esetében a tojásban nagyobb az aminosavak koncentrációja, tehát ezekre nézve a kifejezés következőképpen alakul:

$$\Pi \frac{a_x}{a_t} = \frac{6,1}{7,7} \cdot \frac{3,0}{4,0} \cdot \frac{5,5}{6,3} \cdot \frac{7,1}{7,2}$$

A Lys, Thr és Try koncentrációja a kazeinben nagyobb mint a teljes tojás fehérjében, ezeket tehát a következőképpen kell figyelembe venni:

$$\Pi \frac{b_t}{b_x} = \frac{7,0}{8,2} \cdot \frac{4,3}{4,5} \cdot \frac{1,5}{7,0}$$

A leucin koncentrációja a két fehérjében megegyezik, így a koncentráció hányadosa = 1, ez mint szorzó tényező elhanyagolható, mert nem változtat a szorzat értékén.

A nem esszenciális aminosavak: Ala, Arg, His, Asp, Cys, Glu, Gly, Pro, Ser és Tyr koncentrációinak összege a kazeinben: 63,4%, ugyanezek összege a teljes tyúktojás fehérjében: 51,2% tehát

$$\sum c_x = 63,4 \text{ és } \sum c_t = 51,2$$

A kapott értékeket helyettesítsük be a 7.) kifejezésbe:

$$\text{B.É.}_{\text{kazein}} = 75 \sqrt[8]{\frac{6,1}{7,7} \cdot \frac{3,0}{4,0} \cdot \frac{5,5}{6,3} \cdot \frac{7,1}{7,2} \cdot \frac{7,0}{8,2} \cdot \frac{4,3}{4,5} \cdot \frac{1,5}{1,7}} + 24 \left(1 - \frac{63,4 - 51,2}{51,2} \right)$$

a kijelölt műveleteket elvégezve:

$$\begin{aligned} \text{B.É.}_{\text{kazein}} &= 75 \sqrt[8]{0,360} + 25 \left(1 - \frac{12,2}{51,2} \right) = 75 \cdot 0,880 + 25 \cdot 0,760 = \\ &= 6,0 + 19,1 \text{ azaz } \text{B.É.}_{\text{kazein}} = 85,1. \end{aligned}$$

Módosított biológiai érték számítási módszerünk arra is alkalmas, hogy vele fehérje keverékek várható biológiai értékét, így a komplettáló vagy degradáló hatás (4) mértékét is kiszámíthassuk. E műveletre példa gyanánt számítsuk ki a búza és a burgonya fehérjék 1 : 1 arányú elegyének biológiai értékét.

Az aminosavak koncentrációja a kérdéses fehérjékben százalékosan:

	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Try	Val	nem esszenciális
búzafehérje	4,5	8,6	2,7	2,4	5,0	4,0	1,1	4,5	65,5
burgonyafehérje	5,4	9,9	10,1	2,0	4,8	6,5	1,9	5,6	56,3
az elegy-fehérje (számított)	5,0	9,2	6,4	2,2	4,9	5,3	1,5	5,1	60,9
teljestojásfehérje	7,7	9,2	7,0	4,0	6,3	4,3	1,5	7,2	51,2

A számítás menete :

$$B.É_{\text{elegy}} = 75 \sqrt[8]{\frac{5,0}{7,7} \cdot \frac{9,2}{9,2} \cdot \frac{6,4}{7,0} \cdot \frac{2,2}{4,0} \cdot \frac{4,9}{6,3} \cdot \frac{4,3}{5,3} \cdot \frac{1,5}{1,5} \cdot \frac{5,1}{7,2}} + 25 \left(1 - \frac{60,9 - 51,2}{51,2} \right)$$

$$B.É_{\text{elegy}} = 75 \sqrt[8]{0,1454} + \left(1 - \frac{9,7}{51,2} \right) = 75 \cdot 0,788 + 25 \cdot 0,810, \text{ azaz}$$

$B.É_{\text{elegy}} = 79,7$, vagyis a búza és burgonya fehérje egyenlő arányú elegyének biológiai értéke sokkal nagyobb, mint a két összetevőé külön-külön, tehát a burgonya fehérje hozzáadása előnyösen kiegészíti, komplettálja a búzafehérje biológiai értékét (4), ami állatkísérletek eredményeivel teljesen összhangban áll. (7) Ha a következő táblázatból a burgonyafehérje és búzafehérje biológiai értékének átlagát vesszük, akkor csak 71,3 értéket kapunk, ami megint csak a komplettálás tényét igazolja.

Végezetül bemutatjuk 20 hazai élelmiszerfehérje biológiai értékét 1.) javított számítási módszerünk és 2.) Oser eredeti számítási módszere alapján.

Fehérje :	1	2
teljes tyúktojás összesen	100,0	100,0
halhús (süllő)	85,2	93,0
kazein	85,1	89,0
rizs	76,7	75,5
napraforgó (szabolcsi)	76,3	80,2
tarkabab	76,0	71,3
napraforgó (íregszemcsei)	75,3	75,9
burgonya (Ella)	73,8	83,9
fehérbab	73,3	75,3
szójabab (Korona)	72,7	—
szójabab (Szürkebarát)	72,2	80,9

Fehérje :	1	2
gomba (csiperke)	71,5	69,7
zab	70,1	75,1
búza	68,8	67,5
száraz borsó	67,8	72,3
lencse	66,6	68,6
rozsa	63,9	72,5
zöldborsó	60,5	—
árpa	59,7	71,2
csillagfürt (fehér)	58,5	67,9
csillagfürt (sárga)	58,2	69,5

Az összehasonlíthatóság kedvéért azokat a teljes tojás összes fehérjéinek esszenciális aminosavaira vonatkozó adatokat használtuk mi is, amelyeket Oser használt, bár újabb, és talán jobbaknak is tekinthető,

mikrobiológiai módszerekkel meghatározott adatokat közöltek a teljes-
tojás fehérjének aminosavaira vonatkozólag. Oser az arginint és hisztidint
még esszenciális aminosavaknak tartotta, és így 10 aminosavval számolt,
míg Rose és munkatársai idézett vizsgálatainak eredménye alapján, ezeket
felelt emberek részére nem vettük esszenciális aminosavakként figyelembe,
hanem számításunkban a nem esszenciális aminosavak között szerepelték.
A két adatsort összehasonlítva láthatjuk, hogy módszerünkkel a gabona-
félék és a hüvelyesek fehérjének biológiai értéksorrendje a táplálkozási
kísérletek eredményeivel összhangban a rizs, zab, búza, rozs, árpa, illetve
tarkabab, fehérbab, borsó, lencse, csillagfürt csökkenő sorrendet adja,
ami Oser eredeti számolási módszerével ettől több ízben is eltér.

Az ember természetesen nem fehérjéket eszik, hanem bonyolult össze-
tételű élelmiszereket, amelyek a konyhatechnikai eljárások során még
nagy jelentőségű változásokon is keresztül mennek. Ezért a tápanyagok
biológiai értékét és a bennük foglalt fehérjék biológiai értékét kémiai össze-
tételük alapján biztosan megállapítani jelenlegi tudásunk szerint nem lehet,
továbbra is csak hosszú időtartamon át és gondosan keresztül vitt táplál-
kozási kísérletek és megfigyelések alapján lehet végérvényes megállapítá-
sokat eszközölni.

Közölt módszerünk azonban e kérdésben gyors tájékoztatások nyúj-
tására alkalmasnak látszik.

I R O D A L O M

- (1) Rose, W. C., Wixon, R. L., Lockhart, H. B. és Lambert, G. Fr.: J. Biol. Ch. 217. 987, 1955.
- (2) Lindner K.: Acta Chim. Acad. Sci. Hung. 9 353, 1956.
- (3) Lindner K.: ÉVIKE. 3, 145, 154, 164, 174, 1957.
- (4) Lindner K., Jaschik S. és Korpáczy I.: Kis Orvostud. 9, 464, 1956.
- (5) Lindner K., Jaschik S. és Korpáczy I.: ÉVIKE, 6. 59, 1960.
- (6) Fekete L. és Korpáczy I.: Acta physiol. Ac. Sci. Hung. 9, 243, 1956. Kis Orvostud. 9, 39, 1956.
- (7) Lindner K. és Bedő M.: Élelmézési Ipar 10, 100, 1956.

НОВЕЙШИЕ ДАННЫЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. VII. УЛУЧШЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА БИОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕННОСТЕЙ ПИЩЕВЫХ ПРО- ДУКТОВ

И. Корпачи К. Лиднер К. Варга

Метод Озер-а, примененный для расчета биологических ценностей белков
на основе данных анализа аминокислот, авторы изменили таким образом,
что приняли во внимание избыток эссенциальных аминокислот, вредно влияю-
щих на равновесие аминокислот а также сумму неэссенциальных аминокислот
и дают новую для расчета биологических ценностей.

NEUESTE ANGABEN ÜBER DIE ZUSAMMENSETZUNG UNSERER LEBENSMITTEL VII. VERBESSERTE METHODE ZUR BERECHNUNG DER BIOLOGISCHEN WERTIGKEIT VON NAHRUNGSMITTEL- EIWEISS

I. Korpáczy, K. Lindner, K. Varga

Die Verfasser korrigieren die zur Berechnung der biologischen Wertig-
keit von Eiweiss auf Grund der Aminosäureanalyse verwendete Oser'sche
Methode dadurch, dass sie den Überfluss an übermässigen und daher das
Aminosäure-Gleichgewicht nachteilig beeinflussenden essentiellen Amino-
säuren und die Summe der nicht essentiellen Aminosäuren an Betracht
ziehen und so zur Berechnung des biologischen Wertes eine neue Formel
angeben.

RECENT CONTRIBUTIONS TO THE COMPOSITION OF FOODS,
VII. IMPROVED METHOD FOR THE CALCULATION OF THE BIO-
LOGICAL VALUE OF FOOD PROTEINS

I. Korpáczy, K. Lindner and K. Varga

The Oser method used for the calculation of the biological value of proteins from the data of the analysis of amino acids was improved by the authors. Namely, the excess of essential amino acids present in abundant quantities and thus detrimentally influencing the equilibrium of amino acids is considered, together with the composition of non-essential amino acids. In this way, a new formula is given for the calculation of the biological value.

DERNIERES DONNÉES SUR LA COMPOSITION DE NOS PRODUITS
ALIMENTAIRES VII. MÉTHODE AMÉLIORÉE POUR LE CALCUL
DE LA VALEUR BIOLOGIQUE DES PROTÉINES DES PRODUITS
ALIMENTAIRES

I. Korpáczy, K. Lindner, K. Varga

Les auteurs ont amélioré la méthode *Oser* employée pour le calcul de la valeur biologique des protéines à partir des données de l'analyse des aminoacides en prenant en considération les aminoacides essentiels présents en quantité excessive qui par ce fait influencent défavorablement l'équilibre des aminoacides et aussi la somme des aminoacides non-essentiels, et ainsi ils ont établi une formule nouvelle pour le calcul de la valeur biologique des protéines.