

REFERENCE PROTEIN FORMULA: STAGES OF DEVELOPMENT AND MODERN STANDARDS

V. Makhynko, V. Drobot, I. Sokolovska, L. Chernish

National University of Food Technologies

Key words: <i>Amino acids</i> <i>Reference protein</i> <i>Score</i> <i>Biological value</i> <i>FAO</i>	ABSTRACT On the basis of the FAO/WHO experts' recommendations, the changes in the amino acid composition of the reference protein formula for 1957—2011 years was analyzed. It was found that in the modern periodic and educational and scientific literature the outdated reference protein formula (1971) is often used. The data on the recommended content of amino acids in the protein for different age groups of consumers are presented. It is proposed to use the reference protein formula recommended by FAO experts in 2011 (when there is information on the bioavailability of the amount of amino acids), or the formula recommended by FAO/WHO/UNU in 2002 (with the obligatory account of corresponding protein digestibility).
Article history: Received 15.01.2017 Received in revised form 04.02.2017 Accepted 25.02.2017	
Corresponding author: V. Makhynko E-mail: npnuht@ukr.net	

ФОРМУЛА ЕТАЛОННОГО БІЛКА: ЕТАПИ РОЗРОБЛЕННЯ І СУЧАСНІ НОРМИ

В.М. Махинько, В.І. Дробот, І.О. Соколовська, Л.М. Черниш

Національний університет харчових технологій

На основі вивчення рекомендацій експертів ФАО/ВООЗ у статті проаналізовано зміни в амінокислотному складі формули еталонного білка протягом 1957—2011 років. Встановлено, що у сучасній періодичній і навчально-науковій літературі дуже часто використовують застарілу формулу еталонного білка (1971 р.). Наведено дані щодо рекомендованого вмісту амінокислот у білку для різних вікових груп споживачів. Запропоновано використовувати формулу еталонного білка, рекомендовану експертами ФАО у 2011 р. (за наявності інформації про біологічно доступну кількість амінокислот), або формулу ФАО/ВООЗ/УООН 2002 р. (з обов'язковим урахуванням ступеня засвоюваності відповідного білка).

Ключові слова: амінокислоти, еталонний білок, скор, біологічна цінність, ФАО.

Постановка проблеми. Незважаючи на досягнення агропромислового комплексу та здобутки харчової науки, проблема білкового дефіциту раціонів харчування все ще залишається не вирішеною. Особливо це стосується країн

з низьким економічним розвитком. Адже основою харчування їх жителів є переважно вуглеводмісні продукти — овочі (у т.ч. коренеплоди) та зернові культури. Вирішенню цієї проблеми сприятиме підвищене споживання високобілкових тваринних і рослинних продуктів, а також розроблення комбінованих продуктів з підвищеним вмістом білка на основі традиційних раціонів. Саме останній напрям на сьогодні вважається найперспективнішим, оскільки тваринні та рослинні високобілкові продукти мають свої недоліки:

- тваринні можуть містити фармацевтичні засоби чи бути джерелом хвороботворних мікроорганізмів, мають високу вартість, непридатні для людей, що віддають перевагу вегетаріанському харчуванню;

- рослинні містять антипоживні речовини, мають переважно незбалансований амінокислотний склад і знижений ступінь засвоєння білка, зумовлений наявністю клітинних стінок, що погано розщеплюються травними ферментами людини [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фахівцями різних галузей харчової промисловості проводиться активна робота щодо збагачення білком традиційних харчових продуктів [2—4]. Головне завдання, що має бути при цьому вирішене, — максимальне наближення білкової складової нового продукту до фізіологічно обґрунтованих норм. Міжнародна та вітчизняна наука розробили декілька методів оцінки біологічної цінності білка, однак на сьогодні загальноприйнятим вважається визначення його повноцінності за показником амінокислотного числа (також вживається термін «скор», який є мовною калькою англійського слова «score» — число). Згідно з чинною нормативною документацією [5], розробленою на основі міжнародних рекомендацій, оцінка біологічної цінності білка проводиться шляхом зіставлення амінокислотного складу досліджуваного продукту й еталонного білка. Для цього вміст кожної з незамінних амінокислот в 1 г білка досліджуваного зразка порівнюється з вмістом цієї ж амінокислоти в 1 г еталонного білка за формулою:

$$\text{Амінокислотне число} = \frac{\text{мг амінокислоти в 1 г досліджуваного білка}}{\text{мг амінокислоти в 1 г еталонного білка}}$$

Найчастіше цей показники виражають у відсотках, для чого отримане значення множать на 100. Зважаючи на домінуючий вплив незамінної амінокислоти, що міститься в найменшій кількості (лімітуючої амінокислоти), на ступінь утилізації решти незамінних амінокислот, прийнято вважати, що біологічна цінність білка визначається скором лімітуючої амінокислоти, а також кількістю амінокислот, скор яких менше 100%. Звідси зрозуміло, що правильний вибір еталонного білка має визначальне значення для оцінки харчових раціонів і визначення білкової повноцінності нових продуктів. Тому не дивно, що удосконалення медико-біологічних досліджень, накопичення статистичного матеріалу та розвиток нутриціології зумовлює постійний перегляд амінокислотної формули еталонного білка. Однак проведений нами побіжний огляд літератури показав, що більшість дослідників, на жаль, користуються застарілими даними — переважно ще 1971 р. [6—9]. Винятком можна вважати ґрунтовну статтю, присвячену методам оцінки якості харчових

білків [10], проте вона опублікована у 2013 р., а саме наприкінці цього року експертами ФАО було запропоновано оновлену формулу еталонного білка.

Мета дослідження: здійснити огляд формування складу еталонного білка в історичній перспективі та проаналізувати сучасні норми, зважаючи на те, що застаріла формула еталонного білка 1971 р. міститься у нормативній документації, а також беручи до уваги важливість правильного розрахунку показника амінокислотного числа для розроблення збалансованих раціонів харчування,

Викладення основних результатів дослідження. Перша група експертів ФАО, що займалася виключно питаннями білкових потреб людей різного віку та фізичної активності, була скликана ще у 1957 році. Вже тоді було визначено, що врахування лише загальної кількості спожитого білка для оцінки повноцінності харчових раціонів є недостатнім, необхідно брати до уваги також біологічну цінність білка та ступінь його засвоєння (утилізації). З урахуванням наявних на той час даних про амінокислотний склад білків різних продуктів і фізіологічних потреб в амінокислотах було запропоновано три моделі ідеального білка — жіноче молоко, коров'яче молоко та яйця. Однак усі експерти зійшлися на думці, що жоден з цих продуктів за фізіологічними потребами людини не відповідає вимогам до еталонного білка, тому слід провести додаткову роботу щодо напрацювання механізмів оцінки біологічної цінності білків. На цьому ж засіданні було запропоновано [11] першу модель еталонного білка (табл. 1).

Таблиця 1. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО (1957 р.)

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	42
Гістидин	—
Ізолейцин	42
Лейцин	48
Лізин	42
Метіонін+цистин	42
Треонін	28
Триптофан	14
Фенілаланін+тирозин	56

У 1966 р. було проведено засідання об'єднаної експертної групи ФАО/ВООЗ, присвячене білковим потребам людини. Залишивши без зміни склад еталонного білка, запропонований у 1957 р., учасники додатково внесли пропозицію [12] оцінювати біологічну цінність харчових продуктів відношенням вмісту кожної з незамінних амінокислот до їх сумарної кількості.

Оскільки члени і першої, і другої експертних груп підкреслювали умовність своїх рекомендацій та необхідність їх подальшого уточнення, в 1971 р. в Римі було скликано Спеціальний об'єднаний комітет експертів ФАО/ВООЗ з енергетичних і білкових потреб людини. Віддавши данину шани роботі своїх попередників, водночас учасники комітету зазначили, що наведені в попередніх рекомендаціях дані потребують суттєвих уточнень. Це стосувалося як методик оцінки біологічної цінності білоквмісних продуктів, так і

складу самого еталонного білка. Зокрема, саме рішенням цього Комітету було рекомендовано використовувати для оцінки якості білка показник його амінокислотного числа. Зважаючи на те, що найдефіцитнішими в раціонах харчування є лізин, сірковмісні амінокислоти (метіонін+цистин) і триптофан, експерти запропонували для прискорення процесу оцінювання якості білка визначати вміст лише цих чотирьох амінокислот і для кожної з них розраховувати амінокислотне число. Також учасниками експертної групи було запропоновано [13] три градації рекомендованого вмісту амінокислот у білку для різних вікових груп (табл. 2).

Таблиця 2. Рекомендований вміст амінокислот у білку залежно від віку (1971 р.)

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка		
	Немовлята	Школярі	Дорослі
Валін	47	41	18
Гістидин	14	—	—
Ізолейцин	35	37	18
Лейцин	80	56	25
Лізин	52	75	22
Метіонін+цистин	29	34	24
Треонін	44	44	13
Триптофан	8,5	4,6	6,5
Фенілаланін+тирозин	63	34	25

На основі табл. 2, зважаючи на обмеженість статистичних даних та інформації щодо співвідношення амінокислот, які хімічно визначаються і біологічно засвоюються, експертами запропоновано склад еталонного білка з урахуванням узагальнених потреб дітей дошкільного віку (табл. 3).

Таблиця 3. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО/ВООЗ (1971 р.)

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	50
Гістидин	—
Ізолейцин	40
Лейцин	70
Лізин	55
Метіонін+цистин	35
Треонін	40
Триптофан	10
Фенілаланін+тирозин	60

Члени Комітету зазначили, що майже двократне перевищення вмісту амінокислот у пропонованому зразку відносно потреб дорослих людей не є критичним, однак наголосили, що ця формула не може бути використана для оцінки харчового раціону немовлят. Також експерти підкреслили орієнтовний характер цього еталону і вказали на необхідність його коригування в міру накопичення нових експериментально-статистичних даних.

Слід зазначити, що саме ця формула еталонного білка найчастіше зустрічається в опрацьованій нами літературі. Це можна пояснити двома чинниками:

- починаючи з цього засідання, у наступних звітах подібна формула еталонного білка не наводилася у вигляді окремої таблиці, а лише рекомендувалася у тексті підсумкових рішень;

- рішення всіх консультативних зборів ФАО/ВООЗ, починаючи з 1991 р., видавалися лише англійською мовою, що ускладнило ознайомлення з їх пропозиціями широкого загалу зацікавлених науковців.

У 1981 р. відбулися Об'єднані консультативні збори експертів ФАО, ВООЗ та УООН (Університету ООН) на тему «Потреби в енергії та білку». Оскільки за десять років, що минули від попереднього засідання, було зібрано додаткову інформацію як щодо кількості амінокислот у різних харчових раціонах, так і щодо ступеня утилізації білка, то були запропоновані [14] уточнені значення вмісту незамінних амінокислот у білку для різних вікових груп (табл. 4).

Таблиця 4. Рекомендований вміст амінокислот у білку залежно від віку (1981 р.)

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка			
	Немовлята	Дошкільнята	Школярі	Дорослі
Валін	55	35	25	13
Гістидин	26	19	19	16
Ізолейцин	46	28	28	13
Лейцин	93	66	44	19
Лізин	66	58	44	16
Метіонін+цистин	42	25	22	17
Треонін	43	34	28	9
Триптофан	17	11	9	5
Фенілаланін+тирозин	72	63	22	19

Вперше у таблицю було додатково внесено дані по гістидину, який до цього вважався лімітуючою амінокислотою лише для немовлят. Також експерти підкреслили необхідність, поряд з визначенням амінокислотного числа кожного білка, враховувати оцінку його засвоюваності (особливо стосовно рослинних продуктів і змішаних раціонів). Як і їхні попередники, для полегшення розрахунків пропонувалося обчислювати амінокислотне число лише для лізину, сірковмісних амінокислот (метіонін+цистин), треоніну і триптофану. Зважаючи на суттєві відхилення в амінокислотних потребах, члени експертних зборів не вважали за потрібне визначати склад єдиного еталонного білка, пропонуючи використовувати для розрахунку амінокислотного числа нормативне значення для відповідної вікової групи.

Паралельно зі згаданими Об'єднаними консультативними зборами в Отаві в 1980 р. почав працювати Комітет з рослинних білків. Провівши кілька засідань (1983, 1984, 1987, 1989 рр.), учасники цього Комітету прийняли рішення, в якому найкращим способом оцінки якості білка визнали визначення його амінокислотного числа з внесенням поправки на ступінь засвоюваності білка чи біодоступність амінокислот. На підсумковому засіданні в 1989 р. члени Комітету схвалили шкали амінокислотних потреб, затверджені експертами ФАО/ВООЗ/УООН в 1981 р., однак зазначили, що доцільніше було б прийняти якісь єдині значення формули еталонного білка, взявши за основу, наприклад, потреби дітей дошкільного віку (2—5 років). Відповідно, Комітет

запропонував зібрати об'єднану групу експертів ФАО/ВООЗ, щоб внести необхідні зміни.

Беручи до уваги пропозиції Комітету з рослинних білків, наприкінці 1989 р. було проведено Консультативні збори експертів ФАО/ВООЗ на тему «Оцінка якості білка». Учасники зборів розглянули міркування та пропозиції попередніх зборів і згаданого Комітету щодо методів визначення біологічної цінності білка. Вони визнали, що класичний метод оцінки білкової складової харчування за допомогою лабораторних досліджень на щурах може давати недостовірні дані щодо задоволення людських потреб, у той же час проведення масштабних досліджень на людях є недоцільним як з етичної, так і з економічної точки зору. Тому метод визначення амінокислотного числа білка (з урахуванням його засвоюваності та/або біодоступності амінокислот) визнали найперспективнішим щодо оцінки білкової складової раціонів харчування. Зважаючи на результати наукових досліджень і беручи до уваги, що норми амінокислот для дітей задовольняють потреби дорослих, але не навпаки, було прийнято рішення [15] рекомендувати як склад еталонного білка амінокислотні потреби дітей дошкільного віку, запропоновані Об'єднаними консультативними зборами експертів ФАО/ВООЗ/УООН у 1981 р. (табл. 5). Додатково наголошувалося на необхідності обов'язково множити отримане число на коефіцієнт засвоюваності відповідного білка.

Таблиця 5. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО/ВООЗ (1989 р.)

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	35
Гістидин	19
Ізолейцин	28
Лейцин	66
Лізин	58
Метіонін+цистин	25
Треонін	34
Триптофан	11
Фенілаланін+тирозин	63

Наступні консультативні збори експертів ФАО/ВООЗ/УООН на тему «Білкові та амінокислотні норми в харчуванні людини» відбулися у квітні 2002 року. Зазначивши, що наукові знання та експериментальні дослідження (насамперед широке використання ізотопного методу) спричинили значний поступ у розвитку науки про харчування, члени комісії запропонували значно збільшити нормативну кількість амінокислот у білку для дорослого населення. Передусім це пояснювалося тим, що всі попередні експертні групи брали до уваги дані лише «ідеальних» чоловіка і жінки без урахування впливу можливих інфекційних захворювань, нервового та фізичного виснаження. Визнаючи складність оцінки якості білка, експерти все ж запропонували [16] значення орієнтовного вмісту незамінних амінокислот в білку для різних вікових груп, пропонуючи розраховувати їх як результат ділення норми відповідної амінокислоти на вказану у відповідній постанові зборів норму безпечного споживання білка (табл. 6).

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Таблиця 6. Рекомендований вміст амінокислот у білку залежно від віку (2002 р.)

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка					
	Немовлята	1—2 роки	3—10	11—14	15—18	понад 18
Валін	43	42	40	40	40	39
Гістидин	20	18	16	16	16	15
Ізолейцин	32	31	31	30	30	30
Лейцин	66	63	61	60	60	59
Лізин	57	52	48	48	47	45
Метіонін+цистин	28	26	24	23	23	22
Треонін	31	27	25	25	24	23
Триптофан	8,5	7,4	6,6	6,5	6,3	6,0
Фенілаланін+тирозин	52	46	41	41	40	38

Для полегшення розрахунків експерти рекомендували для всіх груп споживачів віком від 2 років використовувати єдину формулу еталонного білка, прийнявши за основу амінокислотні потреби дітей віком 3—10 років (табл. 7).

Таблиця 7. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО/ВООЗ/УООН (2002 р.)

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	40
Гістидин	16
Ізолейцин	31
Лейцин	61
Лізин	48
Метіонін+цистин	24
Треонін	25
Триптофан	6,6
Фенілаланін+тирозин	41

У квітні 2011 р. було скликано останні на сьогодні Консультативні збори експертів ФАО, присвячені темі оцінки якості білка в харчуванні людини. Зважаючи на зростання кількості населення планети та обмеженість продовольчих ресурсів, одним із основних завдань цих зборів було визначено якомога точніше з'ясувати кількісні та якісні характеристики білка, необхідні для задоволення життєвих потреб людини [17]. Після опрацювання експериментальних даних і літературних джерел експерти внесли певні зміни у склад затвердженого попередніми зборами еталонного білка (табл. 8).

Таблиця 8. Формула еталонного білка згідно з рекомендаціями ФАО (2011 р.)

Амінокислота	Пропонований вміст, мг/1 г білка
Валін	40
Гістидин	16
Ізолейцин	30
Лейцин	61
Лізин	48
Метіонін+цистин	23
Треонін	25
Триптофан	6,6
Фенілаланін+тирозин	41

Однак при цьому підкреслювалося, що в чисельник формули розрахунку амінокислотного числа слід підставляти не хімічно визначену в певному харчовому продукті чи раціоні кількість амінокислоти, а кількість її біологічно засвоюваної форми. Оскільки масив подібних даних ще відсутній, експерти наголосили на необхідності щонайскорішого початку роботи в цьому напрямку з залученням фахівців різних країн.

Висновки

Зважаючи на вказані в статті дані, вважаємо за доцільне рекомендувати для оцінки біологічної цінності продуктів і раціонів використовувати формулу еталонного білка, наведену в табл. 7, з обов'язковим урахування ступеня засвоюваності відповідних білків [16]. З часом, коли науковцями буде визначено кількість біологічно доступних амінокислот у різних харчових продуктах і змішаних раціонах, варто використовувати як еталон склад білка, рекомендований ФАО у 2011 р. (табл. 8).

Література

1. Повноцінне харчування : інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу : кол. моногр. / за ред. В.В. Євлаш, В.О. Потапова, Н.Л. Савицької ; Харк. держ. ун-т харч. та торг. — Харків : ХДУХТ, 2015 — 580 с.
2. *Simakhina G.* New non-traditional sources of food protein / Galina Simakhina, Nataliia Naumenko, Kateryna Yarosh // *Ukrainian Food Journal*. — 2015. — Vol. 4. Issue 3. — P. 453—459.
3. *Москалюк О.Є.* Інноваційний м'ясний продукт / О.Є. Москалюк, О.І. Гашук, Л.В. Пешук // *Харчова промисловість*. — Київ : НУХТ. — 2016. — № 17. — С. 64—67.
4. *Рашевська Т.А.* Полікомпотентна масляна паста з комплексом рослинних добавок гепатопротекторного призначення / Т.А. Рашевська, Ю.А. Ковтун // *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. — 2014. — Т. 20, № 3. — С. 214—222.
5. Методичні вказівки «Медико-біологічна оцінка нетрадиційної продовольчої сировини і нових харчових продуктів»: наказ МОЗ України від 09 липня 1997 року № 204 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=824>.
6. *Диетология. 4-е изд.* / Под ред. А. Ю. Барановского. — СПб.: Питер, 2013. — 1024 с.
7. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології [Текст] : підручник / Л.В. Капрельянц, А.П. Петросьянц. — Одеса : Друк, 2011. — 269 с.
8. *Научные ответы на вызовы современности: техника и технологии : монография.* В 2 кн. — Кн. 2. — Одесса : КУПРИЕНКО СВ, 2016. — 189 с.
9. *Энциклопедия питания [Текст]: В 10 т. Т. 1—2: Организм человека и питание. Нутриенты пищевых продуктов / В.Г. Горбань, Н.В. Дуденко, М.Б. Колесникова, А.И. Мглинец ; под ред. А.И. Черевко, В.М. Михайлова.* — Харьков : Мир Книг, 2013. — 353 с.
10. *Молчанова Е.Н.* Оценка качества и значение пищевых белков / Е.Н. Молчанова, Г.М. Сусянок // *Хранение и переработка сельхозсырья*. — 2013. — № 1. — С. 16—22.
11. *FAO Committee on Protein Requirements. Nutrition Studies № 16.* — Rome: FAO, 1958.
12. *Потребности в белке. Доклад объединенной экспертной группы ФАО/ВОЗ (Серия технических докладов, № 301).* — Женева : ВОЗ, 1966. — 90 с.
13. *Энергетические и белковые потребности: доклад Специального объединенного комитета экспертов ФАО/ВОЗ (Серия докладов совещаний ФАО по питанию, № 52; Серия технических докладов, № 522); пер. на рус.* — Москва : Медицина, 1974. — 144 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/92451/1/-WHO_TRS_522_rus.pdf.
14. *Потребности в энергии и белке: доклад Объединенного консультативного совещания экспертов ФАО, ВОЗ и УООН (Серия технических докладов, № 724); пер. на рус.* —

Москва : Медицина, 1987. — 144 с. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/90561/1/WHO_TRS_724_part1_rus.pdf (ч. 1); http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/90562/1/WHO_TRS_724_part2_rus.pdf (ч. 2).

15. Protein quality evaluation: report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation. — Rome : FAO, 1991. — 66 p. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/38133/1/9251030979_eng.pdf.

16. Protein and amino acid requirements in human nutrition : report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation (WHO technical report series ; no. 935). — Geneva : WHO, 2007. — 256 p. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO_TRS_935_eng.pdf.

17. Dietary protein quality evaluation in human nutrition : Report of an FAO Expert Consultation. — Rome : FAO, 2013. — 66 p. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

ФОРМУЛА ЭТАЛОННОГО БЕЛКА: ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ И СОВРЕМЕННЫЕ НОРМЫ

В.Н. Махинько, В.И. Дробот, И.А. Соколовская, Л.Н. Черныш

Национальный университет пищевых технологий

На основе изучения рекомендаций экспертов ФАО/ВОЗ в статье проанализированы изменения в аминокислотном составе формулы эталонного белка в течение 1957—2011 годов. Установлено, что в современной периодической и учебно-научной литературе очень часто используют устаревшую формулу эталонного белка (1971 г.). Приведены данные по рекомендованному содержанию аминокислот в белке для разных возрастных групп потребителей. Предлагается использовать формулу эталонного белка, рекомендованную экспертами ФАО в 2011 г. (при наличии информации о биологически доступном количестве аминокислот), или формулу ФАО/ВОЗ/УООН 2002 г. (с обязательным учетом степени усвояемости соответствующего белка).

Ключевые слова: аминокислоты, эталонный белок, скор, биологическая ценность, ФАО.