

Klochkovsky, 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: 0631608817;
e-mail: vlad-pnimenko@yandex.ru.

Головко Тегяна Миколаївна, канд. техн. наук, доц., кафедра товарознавства в митній справі, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0677096521; e-mail: golovko_tn@mail.ru.

Головко Татьяна Николаевна, канд. техн. наук, доц., кафедра товароведения в таможенном деле, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 0677096521; e-mail: golovko_tn@mail.ru.

Golovko Tetyana, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Associate Professor, Department of Commodity Research on Customs, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: str. Klochkovsky, 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: 0677096521; e-mail: golovko_tn@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.*

УДК 519.8:637.521.473(083.12)

АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ НЕТРАДИЦІЙНИХ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ

Ж.А. Крутовий, Г.В. Запаренко, В.О. Захаренко, А.О. Борисова

Проаналізовано узагальнену біологічну цінність білків у сукупності нетрадиційних борошняних виробів, створених для систем харчування лікувально-профілактичного призначення.

Ключові слова: нетрадиційні борошняні вироби, узагальнена біологічна цінність білка, показник наближення до стандартного білка.

АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ж.А. Крутовой, А.В. Запаренко, В.А. Захаренко, А.А. Борисова

Проанализирована обобщенная биологическая ценность белков совокупности нетрадиционных мучных изделий, созданных для систем питания лечебно-профилактического назначения.

Ключевые слова: нетрадиционные мучные изделия, обобщенная биологическая ценность белка, показатель приближения к стандартному белку.

ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL VALUE OF UNCONVENTIONAL FLOURY PRODUCTS

G. Krutovyi, G. Zaparenko, V. Zakharenko, A. Borysova

Using the earlier proposed factor of protein approximation to the standard, the quantitative analysis of the biological value of the totality of unconventional floury products is carried out. It is ascertained that the created products are marked, as a rule, by rather high biological value which is converged to ideal protein. That was guaranteed by the use of proper aggregated restrictions for the functional of amino acids balancing in the mathematical models of the recipes contents of the products. The obtained results are provided by the created methodology of the projection of the floury products recipes for nutrition systems. The proposed factor can be used for the comparison of the biological value of proteins in various products, dishes or diets and for the determination of the best of them.

Keywords: *unconventional floury products, the generalized biological value of protein, the factor of protein approximation to standard*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Загальновідомо, що сучасне харчування людини є далеким від сформованого наукою ідеалу, який називають раціональним харчуванням, збалансованим, належним. Для покращення харчового статусу населення багато галузей харчової промисловості почали розробляти окремі продукти харчування підвищеної харчової та біологічної цінності, головним чином шляхом додавання до рецептур відомих виробів нетрадиційних або так званих фізіологічно-функціональних інгредієнтів. Таким чином, останніми роками було створено велику сукупність різноманітних харчових продуктів, кращих за якістю порівняно із традиційними виробами. З іншого боку, на сьогодні не запропоновано узагальнених (комплексних) критеріїв порівняння якості нових виробів між собою або зі стандартним, ідеальним виробом. Ця обставина ускладнює можливість об'єктивної оцінки результатів роботи численних наукових шкіл та окреслення перспективи подальшого розвитку харчової науки та промисловості.

Звичайно, що зазначені оцінки потребують усі харчові продукти за всіма показниками, що утворюють поняття харчової та біологічної цінності, але, оскільки кожне дослідження має певний обмежений обсяг, у цій статті буде розглянуто лише біологічну цінність білків нетрадиційних борошняних виробів, що були спроектовані нами на попередніх етапах дослідження [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біологічна цінність білків у виробках, як відомо, характеризується скорями незамінних амінокислот, тобто відношеннями вмісту певних амінокислот у 1 г білка (виробу, страви) до аналогічного вмісту цих же кислот у

стандартному (ідеальному) білку. Найчастіше відношення задаються у відсотках.

Процедура обчислення амінокислотних скорів окремих страв викладена в працях [2; 3]. У [4; 5] обґрунтовано можливість обчислення зазначених скорів виробів і раціонів одноразового споживання різної структури як лінійних функцій аналогічних скорів інгредієнтів і доцільність використання цих залежностей під час аналізу якості білків у системах харчування лікувально-профілактичного призначення. Крім того, у [5] викладено метод формалізованого визначення біологічної цінності білків у великих сукупностях страв, виробів, раціонів одноразового споживання різних видів (для сніданків, обідів, вечерь тощо). Цей метод дозволяє швидко, необтяжливо та прозоро виконувати розрахунки скорів незамінних амінокислот великих сукупностей виробів, страв, раціонів харчування, при цьому не лише створених, але й тих, які тільки проектується.

Разом із тим розроблений нами на попередніх етапах дослідження формалізований метод визначення біологічної цінності не дає відповіді на такі запитання:

– Як комплексно (узагальнено) оцінити якість білка у виробі (страві, раціоні) з урахуванням скорів усіх десяти незамінних амінокислот?

– Як порівнювати такі показники для різних виробів між собою?

– Наскільки білок у нетрадиційному виробі (страві, раціоні) відрізняється за якістю від стандартного або «ідеального»?

Пошук відповідей на поставлені запитання є актуальним напрямом досліджень.

Мета статті – проаналізувати біологічну цінність створених раніше нетрадиційних борошняних виробів із використанням показника наближення білка до стандартного.

Виклад основного матеріалу дослідження. В ідеальному білку амінокислотний скор кожної амінокислоти приймають за 1 або, якщо розрахунок здійснюється у відсотках, то за 100%. У випадку, якщо скорі всіх незамінних амінокислот дорівнюють або становлять більше 100% ($C_i \geq 100\%$ для $i = 1, 10$), то амінокислотний склад виробу (раціону харчування), що розглядається, вважається повноцінним, і його біологічна цінність приймається рівною 100%.

Кожен скор – це одиничний показник, який характеризує лише одну з багатьох граней біологічної цінності білка, грань, яка полягає в тому, що в ньому (білку) є певна частка конкретної незамінної амінокислоти. Біологічну цінність білка загалом характеризує вся сукупність десяти скорів незамінних амінокислот (НАК). Якщо скор

хоча б однієї НАК менше 100%, то, як відомо, білок у виробі (раціоні харчування) вважається неідеальним, і ця величина скору є показником, що характеризує ступінь його наближення до стандарту.

Відомо, що в різних сферах людської діяльності у випадках, коли деяка змінна величина приймає різні значення (випадково чи не випадково), то за одну з найважливіших характеристик цієї величини приймають середнє арифметичне значення (середня швидкість, середній рівень зарплатні, середній бал успішності, математичне сподівання та ін.), оскільки саме воно визначає середній очікуваний результат.

Ураховуючи сказане, має сенс середнє арифметичне значення скорів незамінних амінокислот, не вищих за 100%, розглядати як міру наближення біологічної цінності білка в цілому у виробі (раціоні харчування). Сукупність скорів, вищих за 100%, будемо називати скорегованою. Вона отримується зі звичайної сукупності заміною лише скорів (C_j), більших за 100%, якщо такі є, величинами $C_j=100\%$.

Зауважимо, що скор однієї НАК показує, наскільки близько до ідеального значення знаходиться один із одиничних показників біологічної цінності білка у виробі (раціоні харчування).

Середнє арифметичне значення скорів, не вищих за 100%, характеризує величину наближення біологічної цінності білка в цілому до ідеального значення, тобто до 100%, оскільки узагальнена біологічна цінність визначається сукупністю скорів усіх НАК.

Запишемо формулу для узагальненого (усередненого) показника біологічної цінності білка у виробі (раціоні харчування) або, що те ж саме, показника наближення білка в цілому до ідеального

$$H_{\sigma} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m \tilde{C}_j, \quad (1)$$

$$\text{де } \tilde{C}_j = \begin{cases} 100 & \text{при } C_j \geq 100 \\ C_j & \text{при } C_j < 100; \end{cases} \quad (2)$$

m – кількість незамінних амінокислот, з використанням яких визначається біологічна цінність білка в цілому;

\tilde{C}_j , $j=1, m$ – скореговане значення скору j -ої незамінної амінокислоти виробу або, відповідно, раціону харчування.

Варто зауважити: якщо біологічну цінність ідеального білка визначити за формулами (1) і (2), то буде одержано очікувані 100%:

$$H_{\sigma}^{i\sigma} = \frac{100+100+ \dots +100}{m} = 100\%.$$

Із цього випливає, що формули (1)–(2) дійсні і для граничного випадку. Отже, ця величина, визначена відповідно до сформульованого підходу, збігається з прийнятою.

На попередніх етапах дослідження нами створено сукупність нетрадиційних борошняних виробів, спрямованих на подолання дефіциту нутрієнтів різних рівнів, зокрема селену, фтору, бору, йоду, марганцю, цинку та ін., для подальшого використання їх у системах харчування лікувально-профілактичного призначення [1]. У цій статті проаналізуємо біологічну цінність шістьох зі створених борошняних виробів: пиріжків із соєю, збагачених бором, кошика з сиром та печінкою, збагаченого цинком, хліба зернового пшеничного, збагаченого кремнієм, розтягая зі скумбрією, збагаченого фтором, рулетика з шинкою, збагаченого білком і кремнієм, печива здобного ячмінного, збагаченого марганцем.

Рецептури всіх виробів створювались з урахуванням принципів проектування нетрадиційних борошняних виробів [6], зокрема з використанням математичного моделювання рецептурного складу інгредієнтів, проектування виробів як елементів систем харчування, а також застосування математичних методів і сучасних комп'ютерних програм під час створення нових рецептур. Усі вироби спроектовано лише з натуральної сировини (рецептурний склад виробів наведено в табл. 1).

Результати розрахунку показника наближення білка у спроектованих виробах до стандартного наведено в табл. 2. З аналізу наведених даних випливає, що всі спроектовані вироби характеризуються досить високою біологічною цінністю, причому біологічна цінність виробу «Кошик із сиром» наближається до ідеального білка. Такі результати зумовлені цілеспрямованим моделюванням рецептурного складу виробів із використанням математичних моделей і методів, зокрема у вигляді застосування в моделях агрегованих обмежень на функціонали збалансування амінокислот та використання відповідних цільових функцій задач лінійного програмування (оптимізації рецептур). Слід зазначити, що окрім високої біологічної цінності проаналізовані вироби (100 г) характеризуються таким:

1) пиріжки з соєю забезпечують (100 г виробу) понад 16% добової потреби у борі, збагачені на селен, марганець і вітамін В₆;

2) кошик із сиром забезпечує понад 19% добової потреби в цинку, а також збагачений на мідь і вітамін В₂ (у середньому на 58%);

3) хліб зерновий забезпечує понад 67% добової потреби в кремнії, збагачений на селен, цинк і вітамін В₆;

4) рулетик із шинкою забезпечує понад 16% добової потреби в білку та селені, понад 23% – у кремнії, а також характеризується збалансованим вмістом жиру та кальцію, фосфору та кальцію.

Одержані результати зумовлені обґрунтованим цілеспрямованим вибором інгредієнтів для рецептури виробу, а також альтернативним підходом до її проектування, який полягає у розробці науково обґрунтованої математичної моделі, зокрема використанні обмежень на функціонал збалансування незамінних амінокислот (табл. 3), належних цільових функцій тощо.

Таблиця 1

Рецептурний склад спроектованих борошняних виробів

Виріб	Інгредієнти
Пиріжки із соєю, збагачені бором	Борошно пшеничне вищого ґатунку, борошно соєве, кефір, цукор, дріжджі хлібопекарські пресовані, сіль кухонна, яйця курячі, масло вершкове, соя, морква, цибуля ріпчаста, зелень кропу, вода
Кошик із сиром та печінкою, збагачений цинком	Борошно пшеничне першого ґатунку, яйця курячі, сметана, масло вершкове, печінка яловича, сир «Родійський», цибуля ріпчаста
Хліб зерновий пшеничний, збагачений кремнієм	Борошно пшеничне першого ґатунку, пшениця м'яка, вода питна, кунжут, льон, соняшник, дріжджі хлібопекарські пресовані, сіль кухонна, олія соняшникова
Розтягай зі скумбрією, збагачений фтором	Борошно пшеничне вищого ґатунку, борошно соєве, кефір, цукор білий, дріжджі пресовані, сіль кухонна, яйця курячі, масло вершкове, скумбрія атлантична, кріп, цибуля ріпчаста
Рулетик із шинкою, збагачений білком і кремнієм	Борошно пшеничне вищого ґатунку, борошно соєве, кефір, цукор білий, дріжджі пресовані, сіль кухонна, яйця курячі, масло вершкове, шинка, сир «Голландський»
Печиво здобне ячмінне, збагачене марганцем	Борошно пшеничне першого ґатунку, борошно ячмінне, какао-порошок, масло вершкове, цукор, яйця курячі, олія соняшникова, ядро фундука

Таблиця 2

Визначення показників наближення білка до стандартного в нетрадиційних борошняних виробих

Назва НАК	Пиріжки із соєю		Кошик із сиром		Хліб зерновий		Розтягай		Рулетики із шинкою		Печиво ячмінне	
	Величини скорів, C_j	Величини скорогованих скорів, \tilde{C}_j	Величини скорів, C_j	Величини скорогованих скорів, \tilde{C}_j	Величини скорів, C_j	Величини скорогованих скорів, \tilde{C}_j	Величини скорів, C_j	Величини скорогованих скорів, \tilde{C}_j	Величини скорів, C_j	Величини скорогованих скорів, \tilde{C}_j	Величини скорів, C_j	Величини скорогованих скорів, \tilde{C}_j
Валін	139,7	100	120,2	100	95,9	95,9	103,1	100	87,9	87,9	106	100
Ізолейцин	157,6	100	123,5	100	111,3	100	120,4	100	104	100	110,3	100
Лейцин	145,7	100	124,0	100	107,5	100	122,5	100	103,8	100	105,3	100
Лізин	127	100	115,9	100	58,2	58,2	135,5	100	102,8	100	69,8	69,8
Метіонін+цистеїн	127,2	100	103,1	100	104,9	100	106,4	100	98,7	98,7	96,5	96,5
Треонін	122,1	100	102,6	100	88,3	88,3	130	100	89,2	89,2	92,9	92,9
Триптофан	163,3	100	158,2	100	134	100	168,8	100	137,9	100	126	100
Фенілаланін+тирозин	175,8	100	128,2	100	121,3	100	57,27	57,27	134,8	100	137	100
$\sum_{j=1}^8 \tilde{C}_j$		800		800	742,40		757,27		775,8		759,2	
$\frac{1}{8} \cdot \sum_{j=1}^8 \tilde{C}_j$		100		100	92,80		94,66		96,98		94,9	

Таблиця 3

Забезпечення обмеження на функціонал збалансування

$$\text{незамінних амінокислот} \quad \frac{\Phi_{\text{НАК}}^{\text{вир}}}{\Phi_{\text{НАК}}^{\text{д.п.}}} \cdot 10^2 \geq \gamma, \%$$

Виріб	Величина γ в математичній моделі, %	Фактичне значення величини $\frac{\Phi_{\text{НАК}}^{\text{вир}}}{\Phi_{\text{НАК}}^{\text{д.п.}}} \cdot 10^2$ в оптимальній рецептурі
Пиріжки із соєю, збагачені бором	14	17,8
Кошик із сиром та печінкою, збагачений цинком	10	17,7
Хліб зерновий пшеничний, збагачений кремнієм	9,9	11,3
Розтягай зі скумбрією, збагачений фтором	10	16,2
Рулетик із шинкою, збагачений білком і кремнієм	12	17,04
Печиво здобне ячмінне, збагачене марганцем	9	9,6

Висновки. Використовуючи запропонований раніше показник наближення білка до стандартного, здійснено кількісний аналіз біологічної цінності сукупності спроектованих виробів.

Установлено, що спроектовані вироби характеризуються, як правило, досить високою біологічною цінністю, що наближається до цінності ідеального білка. Це досягається завдяки використанню у математичних моделях рецептурного складу виробів відповідних агрегованих обмежень на функціонали збалансування амінокислот, а також у цілому створеною методологією проектування рецептур борошняних виробів для систем харчування.

Запропонований показник може бути використаний для порівняння біологічної та харчової цінності білків у різних борошняних виробах (стравах або раціонах харчування різного призначення) та визначення найкращого, найбільш перспективного з них.

Список джерел інформації / References

1. Проектування систем харчування лікувально-профілактичної дії : монографія у 3-х ч. Ч. 1. Математичні аспекти створення систем харчування / О. І. Черевко, Ж. А. Крутовий, В. М. Михайлов, Л. О. Касілова, Г. В. Запаренко, Н. В. Манжос.– Х., 2013. – 186 с.

Cherevko, O.I., Krutovyi, G.A., Mykhailov, V.M., Kasilova, L.O., Zaparenko, G.V., Manzhos, N.V. (2013), *The Projecting of the Food Systems with Medical and Preventive Action* monograph. Part 1. Mathematical Aspects of Food Systems Creation [*Proektuvannia system kharchuvannia likuvalno-profilaktychnoi dii*]. Kharkiv, 186 p.

2. Основи фізіології харчування : підручник / Н. В. Дуденко, Л. Ф. Павлоцька, В. С. Артеменко, М. В. Кривоносов, І. С. Кратенко. – Х. : Торнадо, 2003. – 407 с.

Dudenko, N.V., Pavlotska, L.F., Artemenko, V.S., Kryvonosov, M.V., Kratenko, I.S. (2003), *The bases of the nutrition physiology [Osnovy fiziologii kharchuvannia]*, Kharkiv, 407 p.

3. Павлоцька Л. Ф. Харчова, біологічна цінність і безпека сировини і продуктів переробки / Л. Ф. Павлоцька, Н. В. Дуденко, В. В. Євташ. – К. : Інкос, 2007. – 287 с.

Pavlotska, L.F., Dudenko, N.V., Yevlash, V.V. (2007), *Nutritive and biological value and safety of the raw materials and products [Kharchova ta biologichna tsinnist i bezpeka]*, Kyiv, 287 p.

4. Дослідження залежності скорів незамінних амінокислот суміші від аналогічних скорів її інгредієнтів / Ж. А. Крутовий, Л. М. Крайнюк, С. В. Любар, О. Б. Позднякова // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі : зб. наук. пр./ ХДАТОХ. – Харків, 2002. – С. 434–440.

Krutovui, G.A., Krainiuk, L.M., Liubar, S.V., Pozdniakova, O.B. (2002), “The investigation of the dependence of the essential amino acids scores on the similar scores of their ingredients” [“Doslidzhennia zalezhnosti skoriv nezaminnikh aminokyslot”], *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Trade*, KhDATOKh, Kharkiv, pp. 434–440.

5. Определение биологической ценности белков в рационах лечебно-профилактического назначения / Ж. А. Крутовой, Н. В. Мячикова, Л. А. Касилова, А. В. Запаренко // Пищевая промышленность. – 2013. – № 8. – С. 62–64.

Krutovyi, G.A., Miachikova, N.V., Kasilova, L.A., Zaparenko, A.V. (2013), “Determination of the biological value of the proteins in prevention diets” [“Opredeleniye biologicheskoy tsennosti belkov”], *Food Industry*, No. 8, pp. 62–64.

6. Три принципи проектування рецептур борошняних виробів для систем харчування / Ж. А. Крутовий, Г. В. Запаренко, В. О. Захаренко, Т. М. Бурлюбаєва // Прогресивні техніка та технології харчових виробництва, ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2014. – Вип. 2 (20). – С. 222–229.

Krutovyi, G.A., Zaparenko, G.V., Zakharenko, V.O., Burliubayeva, T.M. (2014), “Three principles of the baked goods creation” [“Try prynsypy stvorennia boroshnianskykh vyrobiv”] *Advanced Technics and Technologies of Food Production, Catering and Trade*, KhSUFT, Kharkiv, Vol. 2 (20), pp. 222–229.

Круговий Жорж Андрійович, канд. техн. наук, проф., кафедра вищої математики, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-63.

Круговой Жорж Андреевич, канд. техн. наук, проф., кафедра высшей математики, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-63.

Krutovyi George, Ph.D, Professor, Department of higher mathematics, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska Str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-63.

Запаренко Ганна Володимирівна, асп., кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-39.

Запаренко Анна Владимировна, асп., кафедра технологии хлеба, кондитерских, макаронных изделий и пищеконцентратов, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-39.

Zaparenko Ganna, Ph.D. student, Department of bread production technology, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska Str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-39.

Захаренко Віталій Олександрович, д-р техн. наук, проф., кафедра товарознавства в митній справі, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-60.

Захаренко Виталий Александрович, д-р техн. наук, проф., кафедра товароведения в таможенном деле, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-60.

Zakharenko Vitaliy, Doctor of Science, Professor, Department of examination of commodities and services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska Str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-60.

Борисова Аліна Олексіївна, доц., кафедра іноземних мов, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-69.

Борисова Алина Алексеевна, доц., кафедра иностранных языков, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-69.

Borysova Alina, Associate Professor, Department of foreign languages, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska Str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-69.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.*