



УДК 664.38

**COMPUTER SIMULATION OF THE COMBINED VEGETABLE PROTEIN  
RECIPE FOR ATHLETES NUTRITION****КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРИ КОМБІНОВАНОГО  
РОСЛИННОГО ПРОТЕЇНУ ДЛЯ ХАРЧУВАННЯ СПОРТСМЕНІВ****Stetsenko N.O. / Стеценко Н.О.***s.c.s., as.prof. / к.х.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6710-024X

**Goyko I. Yu. / Гойко І.Ю.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0000-1680-5087

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska str. 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ, вул. Володимирська 68, 01601*

**Анотація.** В роботі розглянуто актуальність створення протеїнів комбінованого складу на основі рослинної сировини. Проведено оцінювання амінокислотного скору та показників біологічної цінності білків сої, пшениці та гороху. Показано, що для підвищення вмісту лімітованих незамінних амінокислот доцільно комбінувати білки зернових і бобових культур. Шляхом комп'ютерного моделювання рецептури рослинного протеїну визначені оптимальні співвідношення масових часток сировини у складі комбінованого продукту: білок пшениці – 50%; білок гороху – 40%; білок сої – 10%. Встановлено, що при такій рецептурі скор першої лімітованої незамінної амінокислоти, якою є метіонін+цистин, максимально наближений до 100% і дорівнює 94,1%, рівень засвоюваності білку становить 83,2%, а коефіцієнт надлишковості є мінімальним і дорівнює 7,2%. Також при цьому спостерігається оптимальне співвідношення між такими незамінними амінокислотами, як триптофан та метіонін+цистин – 1:3,07. Таким чином, комбінування рослинних білків дозволяє покращити показники біологічної цінності рослинного протеїнового порошку, який може бути ефективно використаний у харчуванні спортсменів.

**Ключові слова:** рослинний білок, біологічна цінність білку, комбінування, комп'ютерне моделювання, горох, соя, пшениця, спортсмени.

**Вступ.**

Сучасна біохімія, нутриціологія та фізіологія мають незаперечні докази, що всі життєві процеси організму людини пов'язані з перетвореннями протоплазматичних і ядерних білків на рівні клітин та тканин. Недостатнє надходження білку або окремих амінокислот з їжею призводить до білкової недостатності, викликаючи серйозні порушення в організмі у результаті дисбалансу між синтезом та розпадом білку [1]. Прогресуючий світовий досвід розвитку білкової інженерії, знання у галузі фундаментальних досліджень властивостей і структури, а також зростаюча потреба у білках для забезпечення активного способу життя, зменшення захворювань, харчування спортсменів, створення функціональних та спеціальних продуктів створюють передумови для розроблення нових технологій харчових білків [2].

Білки тваринного походження є найдорожчими, але світове виробництво бобових та злакових культур вже в найближчі десятиліття може задовольнити потребу людини у білковому харчуванні. Однак часто амінокислотний склад рослинних білків не збалансований і потребує коригування. Перевага надається соєвим білкам при одночасному розширенні досліджень з глибокої переробки



інших видів рослинної сировини (зернобобові, олійні культури, відходи переробки фруктів, ягід тощо) з виділенням повноцінних білків [3]. При цьому факторами для вибору сировини є кількість, біологічна цінність, функціональні властивості та безпека білків. Сучасні напрямки розвитку переробної промисловості включають розробку технологій білкових продуктів з альтернативних видів сільськогосподарської сировини (гороху, нуту, амаранту) та вторинних продуктів їх переробки.

Метою роботи є розроблення рецептури комбінованого рослинного протеїну з підвищеною біологічною цінністю та комплексним амінокислотним складом.

### Основний текст.

В роботі використано хімічний метод оцінювання біологічної цінності білку шляхом розрахунку амінокислотного скору, тобто порівняння амінокислотного складу білку досліджуваної сировини за даними авторів [4] з відповідними показниками еталонного білку, склад якого максимально відповідає потребам організму людини [5].

У роботі розраховували амінокислотний скор  $AC_k$  (%), кожної незамінної амінокислоти (НАК) за формулою (1):

$$AC_k = \frac{\text{г НАК}_k \text{ в } 100 \text{ г оцінюваного білка}}{\text{г НАК}_{ek} \text{ в } 100 \text{ г еталонного білка}} \cdot 100 \quad (1)$$

Визначали рівень засвоюваності білку продукту, тобто коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу  $U$ , % за формулою (2):

$$U = AC_{\text{мін}} \frac{\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_{ek}}{\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_k} \quad (2)$$

де  $AC_{\text{мін}}$  – скор першої лімітованої НАК;  $\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_k$  – сумарний вміст НАК в білку продукту, г/100 г білку,  $\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_{ek}$  – сумарний вміст НАК в еталонному білку, г/100 г білку.

Розраховували коефіцієнт надлишковості НАК,  $\sigma_{\text{над}}$ , як масову частку НАК в 100 г білку, яка використовується організмом не раціонально, формула (3).

$$\sigma_{\text{над}} = \frac{\sum_{k=1}^8 (\text{НАК}_k - AC_{\text{мін}} \text{НАК}_{ek})}{AC_{\text{мін}}} = \frac{\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_k - AC_{\text{мін}} \cdot \sum_{k=1}^8 \text{НАК}_{ek}}{AC_{\text{мін}}} \quad (3)$$

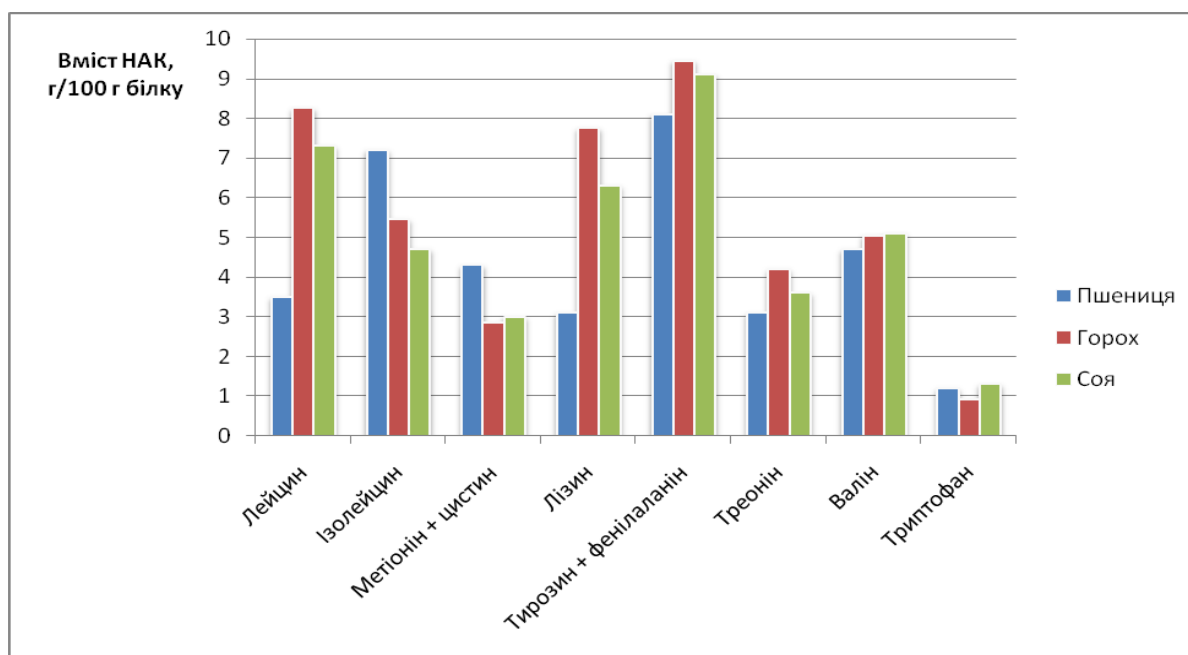
де  $\sum \text{НАК}_k$  та  $\sum \text{НАК}_{ek}$  – вміст НАК в досліджуваному та еталонному білку.

Було проведено порівняння амінокислотного профілю (рисунок 1) та розрахунок амінокислотного скору (таблиця 1) трьох рослинних білків: пшениці, гороху та сої. Встановлено, що білки всіх культур належать до повноцінних, оскільки містять всі незамінні амінокислоти.

Найвищий вміст білку спостерігається в сої, а найбільша кількість незамінних амінокислот – у горосі. Першою лімітованою незамінною



амінокислотою білку пшениці є лейцин, другою – лізин. Для бобових культур амінокислотний скор (АС) лейцину та лізину перевищує 100%, а першою лімітованою НАК є метіонін+цистин, причому для білку пшениці АС цієї НАК більший за 100%. Отже, за принципом комплементарності амінокислотного складу шляхом комбінування рослинних білків можна компенсувати дефіцит окремих НАК та поліпшити біологічну цінність білку комбінованого продукту. Показники біологічної цінності досліджених рослинних білків наведені у таблиці 2.



**Рисунок 1 – Порівняльний аналіз вмісту незамінних амінокислот у рослинних білках**

Авторська розробка

**Таблиця 1 – Амінокислотний скор білків пшениці, гороху та сої, %**

Назва	Пшениця	Горох	Соя
Лейцин	50,2	117,8	104,0
Ізолейцин	180,1	136,3	118,2
Метіонін+цистин	123,4	81,4	86,3
Лізин	55,9	141,2	114,9
Тирозин+фенілаланін	135,3	158,0	152,2
Треонін	78,4	105,0	90,4
Валін	93,9	101,4	101,7
Триптофан	120,1	91,9	129,7
Загальний вміст білку	10,3	23,1	34,9

Авторська розробка

Найбільш збалансованим виявився білок сої, який має найвище значення коефіцієнту утилітарності білку та найменше – коефіцієнту надлишковості амінокислотного складу. Найгірші показники були отримані для білку пшениці.



Дуже невисоким є скор першої лімітованої НАК лейцину, що свідчить про низький рівень засвоєння як окремих амінокислот, так і білку в цілому.

**Таблиця 2 – Показники біологічної цінності рослинних білків**

Сировина	Вміст білку, %	АС <sub>мін</sub> , %	U, %	σ <sub>над</sub> , %	тріада НАК		
					триптофан	лізин	метіонін
Пшениця	10,3	50,2	51,0	34,40	1	2,58	3,58
Горох	23	81,4	67,1	17,94	1	8,42	3,10
Соя	34,9	86,3	76,1	11,13	1	4,85	2,31

Авторська розробка

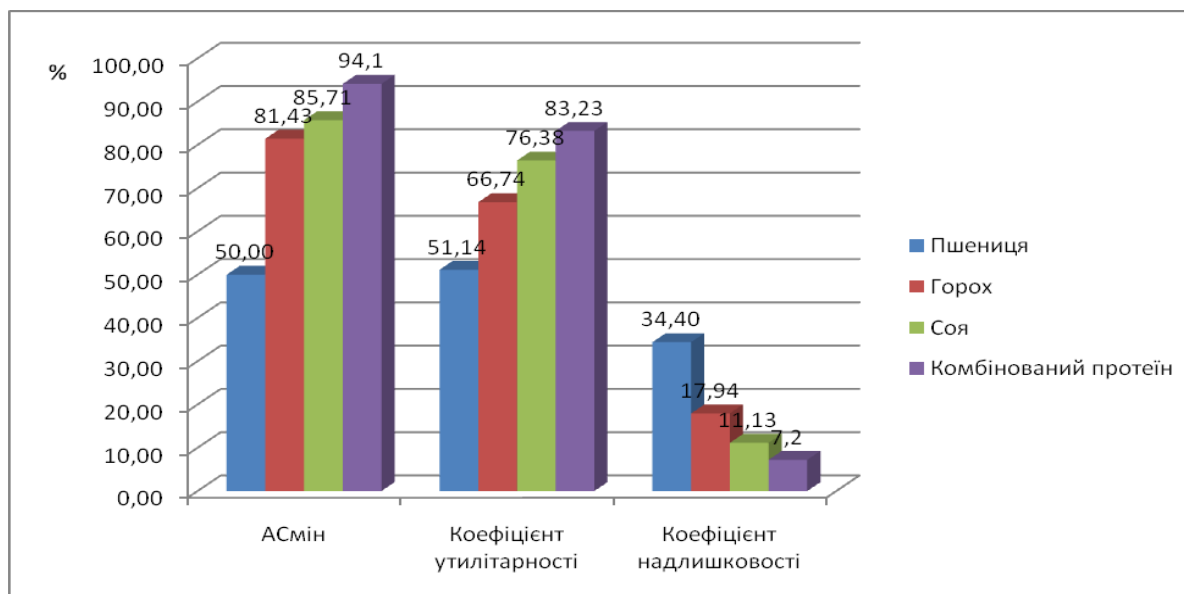
Для моделювання рецептури рослинного протеїнового порошку провели комп'ютерне моделювання, в якому змінювали масові частки білків різного походження, визначали амінокислотний склад, амінокислотний скор та показники біологічної цінності отриманого білку комбінованого продукту. Для порівняння використовували білок сої як такий, що мав найкращі показники біологічної цінності. Відомо, що цей білок має надлишкову кількість деяких амінокислот у порівнянні з еталонним білком, тому додавання пшеничного білка може позитивно вплинути на зниження надлишковості амінокислотного складу. В той же час, білки сої та гороху більш схожі за амінокислотним профілем, тому їх комплементарність є нижчою. В результаті проведених досліджень було встановлено, що поступове збільшення масової частки пшеничного білку у комбінованому протеїні позитивно впливало на зростання скору першої лімітованої НАК та коефіцієнту утилітарності білку.

Було визначено оптимальне співвідношення масових часток рослинних білків, яке становить: пшениця – 50%; горох – 40%; соя – 10%. За таких умов скор першої лімітованої НАК, якою є метіонін+цистин, максимально наближений до 100% і дорівнює 94,1% (для білку сої був 85%); рівень засвоюваності білку зростає на 7% і дорівнює 83,2%, а масова частка НАК, які використовуються в організмі нераціонально (коефіцієнт надлишковості), є мінімальною і дорівнює 7,2%. Також при цьому спостерігається оптимальне співвідношення між такими незамінними амінокислотами, як триптофан та метіонін+цистин. При нормативному значенні 1:3 фактичний результат становить 1:3,07. Таким чином, комбінування рослинних білків дозволило покращити показники біологічної цінності рослинного протеїнового порошку (рисунок 2).

Рослинний протеїн з комбінованим складом може бути використаний у харчуванні спортсменів та при виробництві спеціальних харчових продуктів з підвищеним вмістом білку. Відомо, що певна кількість споживачів, які ведуть здоровий спосіб життя і займаються спортом, відмовляються від споживання продуктів тваринного походження. З урахуванням ризику їх забруднення антибіотиками та гормональними препаратами, розповсюдженості непереносимості молочних продуктів, а також хвилюючих споживачів проблем



етичного ставлення до тварин, можна прогнозувати, що рослинний протеїн, який має високі показники біологічної цінності і засвоюваності, буде мати попит на ринку продуктів для здорового і спортивного харчування.



**Рисунок 2 – Показники біологічної цінності білків рослин та комбінованого рослинного протеїну**

*Авторська розробка*

### **Заклучення та висновки.**

В роботі було розглянуто актуальність розроблення рецептур рослинних протеїнів зі збалансованим вмістом незамінних амінокислот. Було встановлено, що для цього можна використовувати вітчизняну сировину, а саме білки пшениці, гороху та сої поєднання яких у співвідношенні 50:40:10 дозволяє отримати білок з високими показниками біологічної цінності і засвоюваності. Такий продукт буде корисним для харчування спортсменів та людей, які ведуть здоровий спосіб життя і слідкують за кількісним вмістом та якістю білка у раціоні харчування.

### **Література:**

1. Сімахіна, Г. О. Переробка їстівних грибів для отримання білоквмісних напівфабрикатів / Г. О. Сімахіна, І. Ю. Гойко, Н. О. Стеценко // Товари і ринки. – 2014. – №2 (18). – С. 70-85.
2. Хрулёв, А. А. Тенденции развития и экономические аспекты производства горохового протеина / А. А. Хрулёв, Н. А. Бесчетникова, И. А. Федотов // Пищевая промышленность. – 2016. – №4. – С. 24-29.
3. Колпакова, В. В. Зерновые композиты с комплементарным аминокислотным составом для пищевых и кормовых целей / В. В. Колпакова, Р. В. Уланова, Д. С. Куликов, В. А. Гулакова, А. Т. Кадиева // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – №49(2). – С. 301-311.
4. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2 / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.



5. Стеценко, Н.О. Сучасні підходи до комп'ютерного проектування рецептур оздоровчих харчових продуктів та оцінювання їх нутрієнтного складу / Н.О. Стеценко // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 14-15 листопада 2018 р., м. Київ. – К.: НУХТ, 2018. – С. 10-11.

**Abstract.** *The paper considers the relevance of creating combined composition proteins based on vegetable raw materials. An assessment of the amino acid score and indicators of the biological value of soy, wheat and pea proteins was carried out. It has been shown that in order to increase the content of limited essential amino acids, it is advisable to combine the proteins of cereals and legumes. By computer simulation of the vegetable protein recipe, the optimal ratios of the mass parts of the raw materials of the combined product were determined: wheat protein - 50%; pea protein - 40%; soy protein - 10%. It has been established that with such a formulation, the score of the first limited essential amino acid, which is methionine+cystine, is as close as possible to 100% and is equal to 94.1%, the level of protein digestibility is 83.2%, and the redundancy coefficient is minimal and equal to 7.2% . Also, there is an optimal ratio between essential amino acids tryptophan and methionine+cystine - 1:3.07. Thus, the combination of plant proteins can improve the biological value of plant protein powder, which can be effectively used in the nutrition of athletes.*

**Key words:** *vegetable protein, biological value of protein, combination, computer simulation, peas, soybeans, wheat, athletes.*

Стаття відправлена: 20.02.2022 р.

© Стеценко Н.О., Гойко І.Ю.