



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Food Technologies

ISSN 2519-268X print

ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f9912

<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 637.12'639.055

Biological value of zaanen goats' pasteurized milk proteins

O. Hrebelnyk[✉], L. Zahorui, H. Kalinina, A. Kachan, V. Nadtochii, N. Fedoruk

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Article info

Received 13.02.2023

Received in revised form

14.03.2023

Accepted 15.03.2023

*Bila Tserkva National Agrarian
University, pl. Soborna 8/1,
Bila Tserkva, 09117, Ukraine.
Tel: +38-067-900-877-33
E-mail: grebelnikop@ukr.net*

Hrebelnyk, O., Zahorui, L., Kalinina, H., Kachan, A., Nadtochii, V., & Fedoruk, N. (2023). Biological value of zaanen goats' pasteurized milk proteins. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 25(99), 69–74. doi: 10.32718/nvlvet-f9912

Goat's milk is positioned as biologically complete, suitable for the creation of functional products and baby food products. This is explained by the qualitative and quantitative composition of its main nutrients: proteins, lipids, carbohydrates, biologically active substances, micro- and macro-elements. The biological value of food raw materials is assessed by its ability to satisfy protein needs. Strict thermal treatment regimens are used for goat milk. This is caused by the quantitative ratio of casein and albumin fractions in goat milk and its specific organoleptic properties. Pasteurization of milk causes partial destruction of proteins, enzymes, hormones and evaporation of gaseous. This contributes to the improvement of sensory properties of dairy goat raw materials. The effect of high temperatures on goat milk proteins and its biological value has been little studied. The effect of pasteurization regimes on proteins was studied and indicators of the biological value of the samples were determined: without heat treatment; heat treatment 63 ± 2 °C, duration 30 minutes; heat treatment 87 ± 2 °C duration 5-6 minutes. The amino acid composition of the test samples was determined by acid hydrolysis on an LC2000 amino acid analyzer (Biotronik, Germany). Indicators of the biological value of proteins of pasteurized goat milk were calculated – coefficient of difference of amino acid composition, biological value, coefficient of utilitarian amino acid composition, coefficient of rationality of amino acid composition, coefficient of comparative redundancy. The general analysis of the obtained data revealed a positive effect of heat treatment on the indicators of the biological value of goat milk. The amino acid score of the limiting amino acid increased by 14.82–14.92 %; biological value – 11.4–13.02 %; the PDCAAS indicator – by 14.18–14.29 %; changes in the values of formalized indicators had the same tendency. The biological value of proteins for the application of thermal regimes is at the same level. It has been proven that pasteurization has a positive effect on the biological value of goat milk proteins. This makes the product safe and useful for all segments of the population and can be recommended for feeding children from 0 to 6 months. Prospects for further research are the development of milk drinks of a combined composition of raw materials with an improved recipe in order to enrich the product with limiting amino acids.

Key words: goat's milk, essential amino acids, amino acid score, biological value, utilitarian coefficient, rationality coefficient of amino acid composition, comparative redundancy coefficient, PDCAAS.

Біологічна цінність білків пастеризованого молока кіз зааненської породи

О. П. Гребельник[✉], Л. П. Загоруй, Г. П. Калініна, А. Д. Качан, В. М. Надточій, Н. М. Федорук

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

Козине молоко позиціонується як біологічно повноцінне, придатне для створення продуктів функціонального призначення та продуктів дитячого харчування, що обумовлено якісним і кількісним складом основних його нутрієнтів: протеїнів, ліпідів, вуглеводів, біологічно активних речовин, мікро- та макроелементів. Біологічну цінність харчової сировини оцінюють саме за її здатністю задовольняти білкові потреби. Для козиного молока застосовуються більш жорсткі режими термічного оброблення, що обумовлено співвідношенням фракцій казеїну і альбумінів та специфічними органолептичними особливостями сировини. За пастеризації молока відбувається часткове руйнування білків, ферментів, гормонів і випаровування газів. Пастеризація сировини сприяє удосконаленню її сенсорних властивостей. Мало досліджений вплив дії високих температур на білки козиного молока та їхню біологі-

чну цінність. Досліджували вплив режимів пастеризації на біологічну цінність білків козиного молока: без термічного оброблення; термічне оброблення 63 ± 2 °C, тривалість 30 хвилин; термічне оброблення 87 ± 2 °C тривалістю 5–6 хвилин. Амінокислотний склад дослідних зразків визначали за допомогою кислотного гідролізу на амінокислотному аналізаторі LC2000 (Biotronik, Німеччина). Розраховані показники біологічної цінності білків пастеризованого козиного молока – коефіцієнт різниці амінокислотного складу, біологічну цінність, коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, коефіцієнт порівняльної надлишковості. Загальний аналіз отриманих даних виявив позитивний вплив термічного оброблення на показники біологічної цінності козиного молока: скор лімітуючої амінокислоти зріс на 14,82–14,92 %; біологічна цінність – 11,4–13,02 %; показник PDCAAS – на 14,18–14,29 %; зміни значень формалізованих показників мали таку ж тенденцію. Біологічна цінність білків за застосування термічних режимів перебуває на одному рівні. Доведено, що пастеризація має позитивний вплив на біологічну цінність білків козиного молока, що робить продукт безпечним і корисним для усіх верств населення та може бути рекомендованим для харчування дітей від 0 до 6 міс. Перспективи подальших досліджень є розроблення молочних напоїв комбінованого складу сировини з удосконаленою рецептурою з метою збагачення продукту лімітуючими амінокислотами.

Ключові слова: молоко козине, незамінні амінокислоти, амінокислотний скор, біологічна цінність, коефіцієнт утилітарності, коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, коефіцієнт порівняльної надлишковості, PDCAAS.

Вступ

Принципами сталого розвитку є гармонізація екологічних, економічних та соціальних потреб людства, в тому числі забезпечення повноцінного харчування всіх верств населення, надання продуктам лікувально-профілактичного і функціонального характеру, що пояснює постійний пошук і застосування нових видів сировини для всіх технологій харчової промисловості (Moughan, 2005). Дбайливе ставлення до свого здоров'я та тенденції правильного харчування передбачають споживання гіпоалергенних видів тваринного і рослинного молока; серед тваринного таким є козине молоко (Greppi et al., 2007; Fructuoso et al., 2021; Vallath et al., 2022).

Козине молоко позиціонується як біологічно цінне, придатне для створення продуктів функціонального призначення та продуктів дитячого харчування (Greppi et al., 2007), що обумовлено якісним і кількісним складом основних його нутрієнтів: протеїнів, ліпідів, вуглеводів, біологічно активних речовин, мікро- та макроелементів.

Білки забезпечують ріст і розвиток організму; виконують важливі фізіологічні функції: пластичну, енергетичну, гормональну, каталітичну, транспортну, захисну, механічну, опорну, рецепторну (Moughan, 2005; Sá et al., 2020).

Цінність харчової сировини оцінюють саме за її здатністю задовольняти білкові потреби людей (Minorova, 2015; Marinangeli & House, 2017; Makhynko et al., 2017).

Біологічна цінність харчового білка – поняття комплексне, яке об'єднує якісний склад білка, наявність і збалансованість всіх есенціальних амінокислот, ступінь перетравлюваності та доступність організму людини (Kalinina, 2007).

Є різні методики проведення такої оцінки: якісні, кількісні та комплексні (Nosworthy & House, 2017; Moughan, 2005; Marinangeli & House, 2017; Hayes, 2020).

Поширеними є методи визначення: кількісного вмісту незамінних амінокислот; їх амінокислотного скору та співвідношення незамінних і замінних амінокислот (Moughan, 2005; Minorova, 2015; Pasichnyi et al., 2018; Hayes, 2020).

Більш точною оцінкою є застосування формалізованих показників оцінки якості: коефіцієнта різниці амінокислотного скору (КРАС); біологічної цінності

(БЦ); коефіцієнта утилітарності амінокислотного складу, U ; коефіцієнта раціональності амінокислотного складу, R ; коефіцієнта зіставної надлишковості, σ . Ці методики у своїй сукупності дають досить об'єктивну оцінку якості білкової фракції досліджуваного об'єкта. Вони мають широке застосування при аналізі харчової сировини та продукції (Minorova, 2015; Pasichnyi et al., 2018; Kakimov et al., 2018).

Альтернативним способом оцінки є застосування методики PDCAAS, яка передбачає врахування ступеня засвоюваності білка. Її використовують для оцінки якості білків як рослинного, так і тваринного походження (Moughan, 2005; Nosworthy & House, 2017; Marinangeli & House, 2017; Makhynko et al., 2017; Sá et al., 2020; Pehlivanoğlu et al., 2021; De Bhowmick & Hayes, 2022).

У дослідженнях застосовують поняття ідеального білка з оптимальним співвідношенням есенціальних речовин у його складі. Кількісні значення цього еталону упродовж часу змінювалися. На сьогодні Комітетом ФАО/ВООЗ рекомендовано для різних вікових категорій споживачів відповідно оптимальну формулу білка (табл. 1).

Таблиця 1

Еталонний амінокислотний склад білків добового раціону дітей та дорослих (Consultation, 2011)

Амінокислота	Норма за еталонним складом, (г/100 г білка)	
	діти 0–6 місяців	дорослі
валін	5,5	4,0
ізолейцин	5,5	3,0
лейцин	9,6	6,1
лізін	6,9	4,8
метіонін + цистин	3,3	2,3
треонін	4,4	2,5
триптофан	1,7	0,66
фенілаланін + тирозин	9,4	4,1
гістидин	2,1	1,6

Очевидним є те, що травна система організму дітей раннього віку розвивається і потребує легкозасвоюваних форм харчових елементів, порівняно з потребами дорослої людини – в значно більших кількостях.

Під час виготовлення харчових продуктів сировина зазнає значного механічного та термічного впливу.

Останній – обов’язковий за створення продукції для дитячого харчування.

Пастеризація – технологічна операція, основне завдання якої – отримання мікробіологічної чистоти сировини. Необхідний ефект досягається термічним обробленням, спрямованим на руйнування білкових оболонок тіла мікроорганізмів. Відтак дія високих температур спричинює зміни білкової структури сировини. Білки свіжого нормального молока характеризуються високою термостійкістю. Режими пастеризації молока коров’ячого і козиного дещо відрізняються, що обумовлено різним фракційним складом їхніх білків (Popova et al., 2005; Kalinina, 2007).

Для козиного молока застосовуються більш жорсткі режими термічного оброблення, що обумовлено насамперед співвідношенням фракцій казеїну і альбумінів, а також специфічними органолептичними особливостями сировини. За пастеризації молока відбувається часткове руйнування білків, ферментів, гормонів і випаровування газів. Як наслідок – пастеризація сприяє удосконаленню сенсорних властивостей, водночас відбувається перегрупування ароматичних залишків і утворення сульфгідрильних груп, які надають продукту “горіхового” запаху пастеризації (Kalinina, 2007; Hrebelyuk & Hayes, 2014).

Донині мало досліджений вплив дії високих температур на білки козиного молока та їхня біологічна цінність.

Мета дослідження

Дослідження впливу режимів пастеризації на біологічну цінність білків козиного молока.

Матеріал і методи досліджень

Матеріал дослідження – зразки молока кіз зааненської породи екоферми “Бабині кози” Тетіївської ТГ (с. Галайки Білоцерківського району). Зразки піддавали тепловому обробленню:

Зразок 1 – без термічного оброблення;

Зразок 2 – термічне оброблення 63 ± 2 °C, тривалість 30 хвилин;

Зразок 3 – термічне оброблення 87 ± 2 °C тривалістю 5–6 хвилин.

Амінокислотний склад дослідних зразків визначали за допомогою кислотного гідролізу на амінокислотному аналізаторі LC2000 (Biotronik, Німеччина).

Визначення біологічної цінності здійснювали за знаходженням коефіцієнту різниці амінокислотного скору (КРАС). Для оцінки збалансованості розраховували формалізовані показники: коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, U ; коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, R ; коефіцієнт порівняльної надлишковості, σ .

Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу кількісно характеризує збалансованість незамінних амінокислот щодо фізіологічно необхідної норми (еталону) (Minorova, 2015):

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n (a_j \cdot A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j},$$

де A_j – вміст j -ої незамінної амінокислоти у продукті, г/100 білка;

U – коефіцієнт утилітарності, од.; за повної збалансованості амінокислотного складу $U = 1$;

a_j – коефіцієнт утилітарності j -ої незамінної амінокислоти у продукті, од.; характеризує потенціальну ефективність використання незамінної амінокислоти та визначається за формулою:

$$a_j = \frac{c_{\min}}{c_j},$$

де c_{\min} – мінімальний (лімітуючий) скор незамінної амінокислоти, од.;

c_j – скор j -ої незамінної амінокислоти, од.

Коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, R , визначають за такими залежностями (Minorova, 2015):

$R = U$, якщо $c_{\min} \leq 1$ од.;

$$R = \frac{U}{c_{\min}}, \text{ якщо } c_{\min} > 1 \text{ од.}$$

Коефіцієнт порівнювальної надлишковості, σ , характеризує сумарну масу неутілізованих незамінних амінокислот в такій кількості продукту, яка еквівалентна за потенційно утилізованим вмістом 100 г білка еталона. Показник знаходять за формулою (Minorova, 2015):

$$\sigma = \frac{\sum_{j=1}^n (A_j - c_{\min} A_{e_j})}{c_{\min}},$$

де A_{e_j} – вміст j -ої незамінної амінокислоти в еталоні, г/100 білка.

Чим менше значення σ (в ідеалі $\sigma = 0$), тим раціональніше можуть бути використані амінокислоти.

Оцінка біологічної цінності сировини за методикою PDCAAS передбачає врахування поправки на засвоюваність білка (Makhynko et al., 2017):

$$PDCAAS = \frac{C_{\min} \cdot 3}{100}$$

де 3 – засвоюваність білка, %.

Вищенаведені розрахунки містять у своєму складі значення амінокислот в еталонному білку. Було удосконалено методики та використано значення за 2011 рік, що рекомендовані для дітей віком від 0 до 6 місяців.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за загально визначеними методами варіаційної статистики з використанням програми Statistic 10. Різницю між порівнюваними величинами вважали вірогідною за $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

За результатами проведених досліджень отримали такі дані амінокислотного складу білків досліджуваних зразків козиного молока (табл. 2).

Термічне оброблення призвело до збільшення вмісту амінокислот порівняно з сирим необробленим молоком. Це відбувається за рахунок сумарного зменшення (втрат) білка за тривалого впливу температури. Зменшення вмісту амінокислот метіонін + цистин пояснюється їх нижчою термостійкістю до дії експозиції температурного впливу.

Розрахунки біологічної цінності та формалізованих показників збалансованості амінокислотного складу наведено у таблицях 3–5.

За показником амінокислотного скору в даному зразку лімітуючою амінокислотою є лейцин – 67,58 %. На цьому рівні відбувається ефективне використання білка, а надлишок – на енергетичні потреби організму. Згідно з розрахунками – неефективним є використання 53,72 % есенціальних речовин. Біологічна цінність сировини складає 46,28 %. Розраховані значення формалізованих показників мають таку ж

тенденцію. Значення показника PDCAAS становить 64,2 %.

Аналіз отриманих даних (табл. 4) виявив зростання біологічної цінності сировини після термічного оброблення. Лімітуючою амінокислотою так само є лейцин. Відтак значення її амінокислотного скору зросло до 82,4 %. Водночас змінилося кількісне співвідношення між амінокислотами. Це забезпечило зменшення КРАС і, як наслідок – зростання біологічної цінності до 57,65 %. Одночасно спостерігається збільшення показників *U* та *R* до 0,70 і зменшення коефіцієнта порівнювальної надлишковості до 0,19. Зросло значення PDCAAS до 78,27 %.

Результати досліджень зразка 3 виявили підвищення біологічної цінності білків молока порівняно з сирим молоком (зразок 1). Стосовно попереднього режиму термічного оброблення (зразок 2) різниця незначна: скор лімітуючої амінокислоти зріс на 0,1 %; біологічна цінність – на 1,62 %; показник PDCAAS – на 0,11 %, а значення формалізованих показників змінилось на 0,01 од.

Загалом біологічна цінність білків за застосування термічних режимів перебуває на одному рівні.

Таблиця 2

Вміст незамінних амінокислот білків досліджуваних зразків

Найменування амінокислоти	Вміст г/100 г білка		
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Валін	6,70	7,13	6,77
Ізолейцин	5,40	5,95	5,66
Лейцин	6,49	7,91	7,92
Лізин	6,22	7,25	7,11
Метіонін + цистин	8,23	4,61	6,09
Треонін	4,35	5,17	5,23
Триптофан	1,51	1,51	1,51
Фенілаланін + тирозин	13,33	13,03	13,19
Гістидин	4,83	4,47	4,47

Таблиця 3

Показники біологічної цінності білків зразка 1 (без термічного оброблення)

Показники	Амінокислотний скор, %	РАС, %	Коефіцієнт утилітарності <i>j</i> -ої незамінної амінокислоти
Валін	121,75	54,17	0,56
Ізолейцин	98,22	30,64	0,69
Лейцин	67,58	0	1
Лізин	90,22	22,64	0,75
Метіонін + цистин	249,31	181,73	0,27
Треонін	98,84	31,26	0,68
Триптофан	88,80	22,22	0,76
Фенілаланін + тирозин	141,82	74,24	0,48
Гістидин	230,03	162,46	0,29
КРАС, %		53,72	
Біологічна цінність, %		46,28	
Загальний коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, <i>U</i>			0,57
Коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, <i>R</i>			0,57
Коефіцієнт порівнювальної надлишковості, σ			0,34
Засвоєваність, %		95,0	
Показник PDCAAS, %		64,2	

Таблиця 4

Показники біологічної цінності білків зразка 2 (термічне оброблення 63 ± 2 °С, тривалість 30 хвилин)

Показники	Амінокислотний скор, %	РАС, %	Коефіцієнт утилітарності <i>j</i> -ої незамінної амінокислоти
Валін	129,63	47,24	0,63
Ізолейцин	108,18	25,79	0,76
Лейцин	82,40	0	1
Лізин	105,07	22,68	0,78
Метіонін + цистін	139,70	57,30	0,59
Треонін	117,50	35,10	0,70
Триптофан	88,80	6,40	0,93
Фенілаланін + тирозин	138,62	56,22	0,59
Гістидин	212,86	130,46	0,39
КРАС, %		42,35	
Біологічна цінність, %		57,65	
Загальний коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, <i>U</i>			0,70
Коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, <i>R</i>			0,70
Коефіцієнт порівнювальної надлишковості, σ			0,19
Засвоюваність, %		95,0	
Показник PDCAAS, %		78,27	

Таблиця 5

Показники біологічної цінності білків зразка 3 (термічне оброблення 87 ± 2 °С тривалістю 5–6 хвилин)

Показники	Амінокислотний скор, %	РАС, %	Коефіцієнт утилітарності <i>j</i> -ої незамінної амінокислоти
Валін	123,09	40,59	0,67
Ізолейцин	102,91	20,41	0,80
Лейцин	82,5	0	1
Лізин	103,04	20,54	0,80
Метіонін + цистін	184,55	102,05	0,44
Треонін	118,86	36,36	0,69
Триптофан	88,80	6,30	0,93
Фенілаланін + тирозин	140,32	57,82	0,59
Гістидин	212,86	130,36	0,39
КРАС, %		40,73	
Біологічна цінність, %		59,27	
Загальний коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, <i>U</i>			0,69
Коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, <i>R</i>			0,69
Коефіцієнт порівнювальної надлишковості, σ			0,20
Засвоюваність, %		95,0	
Показник PDCAAS, %		78,38	

Загальний аналіз отриманих даних виявив позитивний вплив термічного оброблення на показники біологічної цінності козиного молока: скор лімітуючої амінокислоти зріс на 14,82–14,92 %; біологічна цінність – на 11,4–13,02 %; показник PDCAAS – на 14,18–14,29 %; зміни значень формалізованих показників мали таку ж тенденцію.

Результати проведених досліджень дозволяють рекомендувати застосування пастеризованого козиного молока у харчування дітей раннього віку, оскільки після пастеризації підвищується біологічна цінність білків. Це пояснюється перерозподілом співвідношення амінокислотного складу сировини внаслідок часткового руйнування білків за тривалої дії високої температури.

Висновки

Розраховані показники біологічної цінності білків пастеризованого козиного молока – коефіцієнт різниці амінокислотного складу, біологічна цінність, кое-

фіцієнт утилітарності амінокислотного складу, коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, коефіцієнт порівнювальної надлишковості.

Загальний аналіз отриманих даних виявив позитивний вплив термічного оброблення на показники біологічної цінності козиного молока: скор лімітуючої амінокислоти зріс на 14,82–14,92 %; біологічна цінність – на 11,4–13,02 %; показник PDCAAS – на 14,18–14,29 %; зміни значень формалізованих показників мали таку ж тенденцію.

Це пояснюється зміною співвідношення амінокислотного складу під впливом термічного оброблення.

Біологічна цінність білків за застосування термічних режимів перебуває на одному рівні.

Таким чином доведено, що пастеризація має, окрім прямої нищівної дії на мікроорганізми, ще й позитивний вплив на біологічну цінність, що робить продукт безпечним і корисним для усіх верств населення і особливо для немовлят.

Перспективи подальших досліджень є розроблення молочних напоїв комбінованого складу сировини з

удосконаленою рецептурою з метою збагачення продукту лімітуючими амінокислотами на основі білків тваринного та рослинного походження.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів

References

- Consultation, F. E. (2011). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. *FAO Food Nutr. Pap*, 92, 1–66.
- De Bhowmick, G., & Hayes, M. (2022). In vitro protein digestibility of selected seaweeds. *Foods*, 11(3), 289. DOI: 10.3390/foods11030289.
- Fructuoso, I., Romão, B., Han, H., Raposo, A., Ariza-Montes, A., Araya-Castillo, L., & Zandonadi, R. P. (2021). An overview on nutritional aspects of plant-based beverages used as substitutes for cow's milk. *Nutrients*, 13(8), 2650. DOI: 10.3390/nu13082650.
- Greppi, G. F., Roncada, P., & Fortin, R. (2007). Protein components of goat's milk. In *Dairy goats feeding and nutrition* (pp. 71-94). Wallingford UK: CAB International. DOI: 10.1079/9781845933487.0071.
- Hayes, M. (2020). Measuring protein content in food: An overview of methods. *Foods*, 9(10), 1340. DOI: 10.3390/foods9101340.
- Hrebelyk, O. P., & Pirova, L. V. (2014). Tekhnolohichni vlastyvoli moloka kiz zaanenskoï porody. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho univertsytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni Z.S. Hzhyskoho*. Lviv: LNUVMBT, 16(60), 38–44 (in Ukrainian).
- Kakimov, A., Suychinov, A., Tsoy, A., Mustambayev, N., Ibragimov, N., Kuderinova, N., ... & Yessimbekov, Z. (2018). Nutritive and biological value of liver and blood of various slaughtered animals. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 22(3), 1–5. DOI: 10.9734/JPRI/2018/41448.
- Kalinina, H. P. (2007). Udoskonalennia tekhnolohii molochnykh napoiv na osnovi vykorystannia tsykoriuu : dys. ... kandydata tekhn. nauk: 05.18.04. K., NUKhT (in Ukrainian).
- Makhynko, V. M., Sokolovska, I. O., & Chernysh, L. M. (2017). Rozrakhunok biolohichnoi tsinnosti kharchovykh produktiv ta ratsioniv za metodykoiu PDCAAS (in Ukrainian).
- Marinangeli, C. P., & House, J. D. (2017). Potential impact of the digestible indispensable amino acid score as a measure of protein quality on dietary regulations and health. *Nutrition reviews*, 75(8), 658–667. DOI: 10.1093/nutrit/nux025.
- Minorova, A. (2015). Biolohichna tsinnist sukhykh kontsentrativ syrovatkovykh bilkiv. *Prodovolcha industriia APK*, 5, 25–28 (in Ukrainian).
- Moughan, P. J. (2005). Dietary protein quality in humans - an overview. *Journal of AOAC International*, 88(3), 874–876. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16001865>.
- Nosworthy, M. G., & House, J. D. (2017). Factors influencing the quality of dietary proteins: Implications for pulses. *Cereal Chemistry*, 94(1), 49–57. DOI: 10.1094/CCHEM-04-16-0104-FI.
- Pasichnyi, V. M., Kochubei-Lytvynenko, O., Marynin, A. I., Harmash, D. V., & Sviatnenko, R. S. (2018). Biolohichna tsinnist krovianykh kovbas z vykorystanniam sukhoi molochnoi syrovatky. *Visnyk KhNTU*, 2(65), 137–142 (in Ukrainian).
- Pehlivanoglu, H., Bardakci, H. F., & Yaman, M. (2021). Protein quality assessment of commercial whey protein supplements commonly consumed in Turkey by in vitro protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS). *Food Science and Technology*, 42. DOI: 10.1590/fst.64720.
- Popova, I. V., Feshchenko, H. P., Polishchuk, H. Ye., & Lezenko, H. O. (2005). Doslidzhennia vzaiemodii bilkovykh rehovyn z vuhlevodamy u molochno-tsukornykh sumishakh. *Nauk. pr. Nats. un-tu kharch. tekhnolohii*, 16, 52–55. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000154088>.
- Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(20), 3367–3386. DOI: 10.1080/10408398.2019.1688249.
- Vallath, A., Shanmugam, A., & Rawson, A. (2022). Prospects of future pulse milk variants from other healthier pulses-As an alternative to soy milk. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 51–62. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.03.028.