

ПОРІВНЯННЯ СПОСОБІВ РОЗРАХУНКУ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ БІЛКА ОРГАНІЧНОГО ТА НЕОРГАНІЧНОГО МОЛОКА

П.І. Петров, аспірант, провідний фахівець,
Я.Ф. Жукова, к.б.н., завідувача відділу,
Ф.К. Листопад, фахівець
Інститут продовольчих ресурсів НААН

У зв'язку зі стрімким розвитком органічного виробництва молока та молочних продуктів в Україні та світі, постає питання впливу органічного типу господарювання на біологічну цінність білка молока.

Метою даної роботи було порівняння впливу раціонів годівлю худоби та сезону року на досліджуваних органічній та неорганічній фермах на амінокислотний склад молока та біологічну цінність білка. При дослідженні було застосовано два підходи до оцінки біологічної цінності білка – PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score, 1991) та DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score, 2013), схвалених спільною експертною комісією Організації з продовольства та сільського господарства та Всесвітньої організації охорони здоров'я.

Розрахунок за методикою PDCAAS показав близькі значення - 0,72 та 0,71 - у стійловий період для органічного та неорганічного молока та 0,53 і 0,49 у пасовищний період відповідно. Розрахунок за методикою DIAAS показав значення нижчі, порівняно з PDCAAS, що становили 0,68 та 0,67 в стійловий період для органічного та неорганічного молока відповідно та 0,50 і 0,43 у пасовищний період.

Таким чином, новий підхід до обчислення біологічної цінності білка, DIAAS, завдяки використанню коефіцієнту ідеальної засвоюваності, дозволяє більш точно оцінити біологічну цінність білка у порівнянні з попереднім способом розрахунку.

Ключові слова: амінокислотний склад, органічне молоко, оцінка біологічної цінності білка, DIAAS, PDCAAS.

COMPARISON OF BIOLOGICAL VALUE CALCULATION METHODS OF ORGANIC AND CONVENTIONAL MILK PROTEIN

P.I. Petrov, PhD-student, senior specialist,
Ya.F. Zhukova, PhD, a head of department,
F.K. Lystopad, specialist
Institute of Food Resources of NAAS

Due to the rapid development of organic milk and dairy products' production in Ukraine and in the world, the impact of the organic management type on the biological value of milk protein is becoming urgent.

The aim of this work was to compare the effects of cattle feeding rations and season on studied organic and conventional farms on the amino acid composition of milk and biological value of milk protein. In the study two approaches to assess the protein's biological value – PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score, 1991) and DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score, 2013), both approved by the joint Expert Commission of The Food and Agriculture Organization and The World Health Organization were used.

The calculation methodology by PDCAAS showed similar values – 0.72 and 0.71 - in the indoor period for organic and conventional milk and 0.53 and 0.49 respectively during the outdoor period. The calculation methodology by DIAAS indicated that the values were lower

compared to those of PDCAAS, and were 0.68 and 0.67 in the indoor period for organic and conventional milk, respectively, and 0.50 and 0.43 during the outdoor period.

Thus, a novel approach for calculating protein biological value, DIAAS, , could assess the biological value of a protein more accurately comparing to previous type of calculation, due to using of ileal digestibility coefficient.

Keywords: amino acid composition, organic milk, evaluation of biological value of a protein, DIAAS, PDCAAS.

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ РАСЧЕТА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ БЕЛКА ОРГАНИЧЕСКОГО И НЕОРГАНИЧЕСКОГО МОЛОКА

Ф.И. Петров, аспирант, ведущий специалист,
Я.Ф. Жукова, к.б.н., заведующая отделом,
Ф.К. Листонад, специалист
Институт продовольственных ресурсов НААН

В связи со стремительным развитием органического производства молока и молочных продуктов в Украине и мире, возникает вопрос влияния органического типа хозяйствования на биологическую ценность белка молока.

Целью данной работы было сравнение влияния рационов кормления скота и сезона года на исследуемых органической и неорганической фермах на аминокислотный состав молока и биологическую ценность белка. При исследовании были применены два подхода к оценке биологической ценности белка – PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score, 1991) и DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score 2013), одобренных совместной экспертной комиссией Организации по продовольствию и сельскому хозяйству и Всемирной организации здравоохранения.

Расчет по методике PDCAAS показал близкие значения – 0,72 и 0,71 - в стойловый период для органического и неорганического молока и 0,53 и 0,49 в пастбищный период соответственно. Расчет по методике DIAAS показал значения более низкие, в сравнении с PDCAAS, и составил 0,68 и 0,67 в стойловый период для органического и неорганического молока соответственно и 0,50 и 0,43 в пастбищный период.

Таким образом, новый подход к вычислению биологической ценности белка, DIAAS, благодаря использованию коэффициента илеальной усвояемости, позволяет более точно оценить биологическую ценность белка по сравнению с предыдущим способом расчета.

Ключевые слова: аминокислотный состав, органическое молоко, оценка биологической ценности белка, DIAAS, PDCAAS.

Вступ. Питання оцінювання харчової цінності продуктів харчування та задоволення потреб людського організму в незамінних амінокислотах є одним з пріоритетних як для Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) так і для Організації з продовольства та сільського господарства (ОПСГ). ОПСГ і ВООЗ активно вивчають питання правильного оцінювання харчової цінності білка протягом останніх 45 років, виділяючи ключовим аспектом відповідність вмісту незамінних амінокислот у продуктах харчування вимогами людського організму. Особливе місце при цьому посідає молочний білок, який відрізняється високим ступенем засвоюваності і є важливим компонентом у харчуванні людини [1].

У зв'язку з тим, що органічний сектор сільського господарства, в тому числі органічне молочне тваринництво, стрімко розвивається в останні роки, постає питання оцінювання якості та харчової цінності органічних продуктів харчування, особливо, враховуючи більш високу вартість останніх. Відповідно до органічного підходу, виробники органічного молока повинні враховувати прийнятність обраної породи тварини для регіону, підбирати раціон худоби так, щоб максимально відповідати її потребам,

використовувати корми тільки органічного походження (що передбачає заборону на використання синтетичних добрив, пестицидів тощо), більшість якого має бути вирощено в тому ж регіоні, забезпечувати тваринам якомога більше доступу до відкритої землі і пасовища [2-3].

Виконаний огляд досліджень показав, що органічне молоко характеризується більш високим вмістом ω -3 жирних кислот, зокрема, α -ліноленової кислоти, α -токоферолу і Fe [4]. Як показали дослідження, органічне коров'яче молоко може мати статистично значущі відмінності від неорганічного молока щодо вмісту аміаку, співвідношення аміаку до загальної кількості білкового та небілкового азоту молока, що, ймовірно, пов'язано з різним вмістом білка в раціоні годівлі великої рогатої худоби [5].

Амінокислотний склад молока залежить від впливу багатьох чинників, зокрема, порода тварини [6,7], етап лактації [6,8], раціон харчування [9-11], регіон та сезон року [12]. Однак, досліджень впливу типу господарювання (органічного або неорганічного) на амінокислотний склад молока не проводилося.

Відмінності у підборі раціонів годівлі корів на органічних та неорганічних фермах може значною мірою визначати і амінокислотний склад молока [13]. Так, збалансованість раціону корів відіграє ключову роль в ефективності засвоюваності харчового азоту для жуйних тварин [13,14]. Близько 60-75,% сирого протеїну і небілкових сполук корму розщеплюються в рубці корів під дією бактерій і найпростіших до аміаку. 90 % з *розщеплюваного протеїну* (РП) перетворюється мікрофлорою в *мікробіальний білок*, а 10 % в процесі гепато-румinalної циркуляції надходять в печінку і розносяться з кров'ю до різних органів і тканин, в клітинах яких синтезуються тканинні білки. Частка РП в раціоні важлива для нормування азоту, доступного для синтезу мікробіального білка. Решта 25-40 % сирого протеїну корму є *нерозщеплюваним в рубці протеїном* (НРП). Ця частка білка корму розщеплюється до амінокислот вже в тонкому кишечнику. Пропорція РП/НРП важлива для розрахунку кількості амінокислот, що надходять з кормом і засвоюється в тонкому кишечнику. У підсумку, в тонкий кишечник надходить суміш з мікробіального білка, нерозщеплюваного білка та *ендогенного білка* (білки тіла тварини - білки слини, травних ферментів, відмерлі епітеліальні клітини). Ця суміш формує собою *обмінний білок* (ОБ). Правильний баланс кормів з різною розщеплюваністю дозволяє оптимізувати синтез мікробіального азоту в рубці і засвоюваність амінокислот в тонкому кишечнику [14].

Засвоєні амінокислоти є будівельними блоками для синтезу білка, який витрачається на підтримку життєдіяльності тварини, зростання, репродукції та лактації. Для процесу синтезу білка в організмі тварини ключову роль відіграє наявність лімітуючих амінокислот (для корів це лізин і метіонін). Оптимальними значеннями вмісту першої та другої лімітуючих амінокислот вважається 7,24 % від обмінного білка для лізину і 2,38 % для метіоніну. Дефіцит даних амінокислот призводить до зменшення молочної продуктивності і надлишку не залучених у метаболізм замінних амінокислот, які, після дезамінування у печінці, збільшують концентрацію сечовини в крові тварин, що негативно позначається на їхньому здоров'ї [14]. Таким чином, багато чинників, а особливо, раціон годування худоби, впливають на амінокислотний склад молока та, відповідно, на харчову цінність молочного білка.

Низка докладних досліджень потреби людського організму в незамінних амінокислотах та підходів до оцінки харчової цінності продуктів харчування, розпочатих в 1970-х роках, завершилася публікацією звіту спільної експертної комісії ОПСГ та ВООЗ щодо затвердження стандартизованого підходу до оцінки харчової цінності білка, який був названий Амінокислотним скором, скоректованим на засвоюваність білка (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score – PDCAAS). В основі даного підходу лежить співставлення наявної кількості міліграм незамінних амінокислот у грамі білка досліджуваного продукту до значення контролю, що відповідають потребі організму в цих кислотах. Скор виражається найменшим значенням незамінної амінокислоти. Окрім

цього, даний скор передбачає використання коефіцієнта фекальної засвоюваності білка. Даний коефіцієнт розраховується на основі експериментальних досліджень на щурах, та заснований на порівнянні амінокислотного складу корму та калу і, відповідно, вирахованні ступеню засвоюваності. Особливістю даного скору є те, що значення відношення незамінних амінокислот до значення потреб організму обмежуються діапазоном від 0 до 1, тобто значення, більші за 1 не враховуються [15,16].

У 2013 році спільна експертна комісія ОПСГ та ВООЗ затвердила використання нової формули розрахунку поживної цінності білка – Скору засвоєних незамінних амінокислот (Digestible Indispensable Amino Acid Score – DIAAS) [1]. Відмінною рисою даного підходу є використання в розрахунку більшої кількості окремих незамінних амінокислот, доопрацьованих значень потреби організму в незамінних амінокислотах та коефіцієнта ілеальної засвоюваності (відповідно до латинської назви клубової кишки «*ileum*», яка знаходиться перед товстим кишечником) окремих незамінних амінокислот. Даний коефіцієнт дозволяє більш точно оцінити засвоюваність окремих амінокислот, тому що передбачає порівняння амінокислотного складу їжі та екстракту з клубової кишки, що виключає вплив амінокислот ендogenous походження у товстому кишківнику, як у випадку з коефіцієнтом фекальної засвоюваності. Також, використання даного коефіцієнту передбачає використання даних щодо конкретного продукту харчування, експериментально отриманих на людях, або на свинях та щурах [1].

Метою даної роботи було:

- 1) оцінювання впливу раціону органічного та неорганічного типів господарювання, сезону року на амінокислотний склад молока;
- 2) порівняння двох підходів до оцінки харчової цінності білка – PDCAAS та DIAAS на прикладі білка органічного та неорганічного молока.

Матеріали та методи. Дані про раціон годівлі корів, щоденне споживання сухої речовини корма (СРК), характеристики стада корів отримували від фермерів. Параметри якості кормів були отримані на основі довідкових даних [14, 17-21]. Аналіз раціонів корів на предмет вмісту сирого протеїну, відсотку РП, НРП, частки лімітуючих амінокислот проводили за допомогою програмного забезпечення «Nutrient Requirements of Dairy Cattle» відповідно до [14].

Зразки сирого органічного молока (n=24) відбиралися на сертифікованій органічній фермі в Житомирській області, а сирого неорганічного (n=24) – на неорганічній фермі в Київській області в період з квітня 2015 року по квітень 2016 року. На обох фермах використовувалася симентальська порода корів. Залежно від раціону харчування досліджуваний період був розбитий на стійловий період (листопад-квітень) і пасовищний період (травень-жовтень).

Масову частку загального білка та небілкового азоту визначали за методом К'ельдаля (ISO 8968: 2005-2, ISO 8968: 2005-4, дигестор і дістіллятор Fisher Bioblock Scientific, Франція). Значення «істинного» білка (казеїну та сироваткових білків) обчислювали шляхом віднімання значень масової частки небілкового азоту від загального азоту молока і множення на коефіцієнт 6,38 [22].

Амінокислотний аналіз проводили на амінокислотному аналізаторі «Biotronik LC-2000» (Німеччина) з фотоколориметричним детектором. Детекцію проводили на довжині хвилі 570 нм.

Гідроліз білка проводили обробкою 0,1 мл молока 6н розчином HCl, відгонкою повітря в струмі аргону, витримкою при температурі 120°C протягом 24 год, випарювали за допомогою ротаційного випарювача «RVO 400» («Ingos, sro», Чеська Республіка), розчиняли в буфері з рН 2,2. Аналіз триптофану проводили додаванням до 1 мл молока 10 мл 2М NaOH, гідролізом протягом 12 год за температури 110 °C [23].

Оцінку амінокислотного скору, скорегованого на засвоюваність білка (PDCASS), проводили за методикою ОПСГ [24]. Значення потреби організму в незамінних амінокислотах відповідали віковій групі дітей від 0 до 5 років. Коефіцієнт фекальної

засвоюваності білка для молока був рівний 0,95. Розрахунок проводили за формулами (1) та (2):

$$\text{Амінокислотний скор} = \frac{\text{Кількість АК в молоці, мг/1 г білка}}{\text{Кількість АК за потребами організму, мг/1 г білка}} \quad (1)$$

$$\text{PDCASS} = \text{амінокислотний скор} \times \text{коефіцієнт фекальної засвоюваності} \quad (2)$$

Для розрахунку PDCASS використовується найнижче значення амінокислотного скору. Значення, більші за 1, не використовуються, відповідно до розробленої методики.

Оцінку скору засвоєних незамінних амінокислот (DIAAS) молока також проводили за методикою ОПСГ [1]. Значення потреби організму в незамінних амінокислотах відповідали віковій групі дітей від 6 місяців до 3 років. Істинний коефіцієнт ілеальної засвоюваності окремих амінокислот отримували згідно з Gilani et al., 2012 [24], як для молочного білкового концентрату.

Розрахунок проводили за формулами (3), (4) та (5):

$$\text{Істинна ілеально засвоєна АК} = "A" \times \text{коефіцієнт ілеальної засвоюваності} \quad (3)$$

де «А» - кількість незамінної АК в молоці, мг/1 г білка.

$$"B" = \frac{\text{Істинна ілеальна засвоєна АК}}{\text{Кількість АК в потребах організму}} \quad (4)$$

де «Б» - відношення засвоєної незамінної АК до потреби організму.

$$\text{DIAAS} = \text{найнижче значення "Б"} \times 100 \quad (5)$$

Вміст незамінних амінокислот розраховували на 1 г «істинного» білка для обох методик.

Оскільки запропоновані підходи до обчислення біологічної цінності білка враховують в якості контрольних значень щодо потреби дітей віком до 3-5 років, як найбільш чутливих до дефіциту незамінних амінокислот групи, то при обчисленні загального складу незамінних амінокислот були враховані гістидин та аргінін.

Результати дослідження. Аналіз раціонів годівлі корів показав, що в період стійлового утримання на органічній фермі щоденне споживання СРК на 71,26 % складалось з сіна, сінажу та соломи, на 9,09 % з кукурудзяного силосу і на 19,65 % з концентрованих кормів (зерна пшениці, вівса, ячменю та кукурудзи). Корми, які використовувалися на органічній фермі були органічного походження. У пасовищний період корів випасали на пасовищі, частка свіжої трави в СРК раціону була близько 5,2 %, решту складала такі ж корми, як і в стійловий період: 67,55 % фуражу, 8,62 % силосу і 18,63 % концентрованих кормів.

Раціон стійлового періоду на неорганічній фермі відрізнявся більш низьким відсотком фуражу (сінаж люцерни, сіно тимофіївки і вівсяна солома) – 46,14 %, більш високим відсотком кукурудзяного силосу (17,10 %) і концентрованого корму (макуха, висівки) – 31,96 %. Вологі корми (буряк і морква) становили 4,80 % СРК раціону. У пасовищний період стада годувалися свіжою травою і свіжою люцерною, що становили 40,2 % і 59,8 % СРК відповідно.

Проведений аналіз раціонів за допомогою програмного забезпечення Nutrient Requirements of Dairy Cattle (National Research Council, USA) показав відмінності в ключових характеристиках кормів, які використовувалися на органічній та неорганічній фермах. Найбільша різниця спостерігалася в складі кормів в пасовищний період (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика раціону годування на органічній та неорганічній фермах

Параметр	Стійловий період		Пасовищний період	
	Неорганічна ферма	Органічна ферма	Неорганічна ферма	Органічна ферма
Споживання сухої речовини корму (СРК), кг/день/корова	28,6	38,6	5,0	21,5
Сирий протеїн, % СРК	14,3	15,4	26,5	16,4
Розщеплюваний в рубці протеїн, % СРК	10,8	11,2	22,5	12,4
Нерозщеплюваний в рубці протеїн, % СРК	3,4	4,1	4,0	4,0
Рівень засвоєних лімітуючих незамінних амінокислот, г/день				
Лізін	157	207	33	118
Метіонін	44	60	9	34
Частка лімітуючих незамінних амінокислот в обмінному білку, %				
Лізін	6,93	6,42	7,56	6,59
Метіонін	1,97	1,87	2,08	1,91

Аналіз амінокислотного складу молока показав, що абсолютні значення НЗАК і ЗАК були вище в стійловий період в обох типах молока. У стійловий період концентрація НЗАК була вище в органічному молоці на 9,56 %, а в пасовищний - на 8,77 %. Концентрація ЗАК була вище також вище в органічному молоці – на 12,68 % і 7,96 % в стійловий і пасовищний періоди відповідно (табл.2).

Таблиця 2

Амінокислотний склад органічного та неорганічного молока

	Стійловий період		Пасовищний період	
	Органічна ферма	Неорганічна ферма	Органічна ферма	Неорганічна ферма
Вміст «істинного» білка, %	2,91	2,90	3,10	2,80
Незамінні амінокислоти, мг/100 г молока				
Аргінін	86,53±35,69	99,66±56,89	95,75±29,29	82,01±35,22
Гістидин	114,59±17,00	112,57±38,93	89,05±26,82	82,10±21,11
Ізолейцин	180,26±48,37	153,49±59,19	134,27±18,30	123,60±10,29
Лейцин	315,27±72,40	291,28±105,50	235,59±45,94	219,09±22,13
Лізин	272,40±64,46	231,77±71,58	214,90±40,66	197,20±14,70
Метіонін	46,92±35,18	38,79±12,01	36,09±26,09	26,53±5,72
Цистеїн	12,45±5,35	9,99±5,50	8,25±4,21	8,34±3,04
Фенілаланін	162,16±44,69	147,52±49,85	157,65±33,09	143,26±27,75
Триптофан	41,77±13,23	35,30±12,44	29,78±6,64	26,23±8,55
Валін	217,26±59,77	181,72±55,03	169,24±29,63	161,26±16,76
Треонін	146,74±54,33	141,59±45,02	117,05±27,20	105,14±7,44
Сума незамінних АК (НЗАК)	1596,35	1443,69	1287,63	1174,76

Таблиця 2 (продовження)

Амінокислотний склад органічного та неорганічного молока

	Стійловий період		Пасовищний період	
	Органічна ферма	Неорганічна ферма	Органічна ферма	Неорганічна ферма
Замінні амінокислоти, мг/100 г молока				
Аланін	119,60±36,06	102,95±33,80	91,53±17,27	82,90±9,77
Аспарагінова к-та	370,73±268,51	321,32±225,58	198,76±41,76	184,61±21,50
Гліцин	64,88±18,62	58,85±20,86	54,86±9,64	51,66±8,52
Глутамінова к-та	622,42±138,45	530,67±186,06	453,63±150,75	428,34±109,29
Пролін	284,05±84,03	259,19±99,89	277,15±48,36	248,68±45,27
Серин	168,91±37,21	153,08±46,11	131,64±38,41	126,51±13,45
Тирозин	167,27±28,24	143,87±43,72	130,59±34,35	108,93±24,14
Сума замінних АК (ЗАК)	1797,85	1569,93	1338,17	1231,62
Σ НЗАК/ Σ ЗАК	0,89	0,92	0,96	0,95
Σ НЗАК /Σ АК	0,47	0,48	0,49	0,49
САК	59,37	48,78	44,34	34,86
ААК	371,20	326,69	318,03	278,42
АК з подвійним зв'язком	712,79	626,49	539,10	503,95
Лізін, % НЗАК	17,06	16,05	16,70	16,79
Метіонін, % НЗАК	2,94	2,69	2,80	2,26

САК – сірковмісні амінокислоти, ААК – ароматичні амінокислоти

Однак, відношення Σ НЗАК/ Σ АК, як якісна характеристика загальної структури амінокислот, було на 2,08 % вище в неорганічному молоці в стійловий період і однаковим в обох типах молока в пасовищний період.

Сірковмісні амінокислоти (метіонін та цистеїн) є важливим елементом в харчуванні людини, виконують функцію детоксикації, стабілізують структуру білків, є донорами метильних груп для біосинтезу адреналіну, холіну та інших сполук. Їх концентрація була вищою в органічному молоці на 17,84 % в стійловий період і на 21,38 % в пасовищний.

Ароматичні амінокислоти (фенілаланін, тирозин, триптофан) є попередниками в біосинтезі нейромедіаторів, які відіграють важливу роль у функціонуванні нервової системи людини. Їх концентрація в органічному молоці була вищою на 11,99 % в стійловий період і на 12,45 % в пасовищний.

Концентрація амінокислот з подвійним зв'язком (ізолейцин, лейцин, валін) була вище в органічному молоці на 12,11 % в стійловий період і на 6,52 % у пасовищний.

Також, концентрація першої і другої лімітуючих амінокислот (лізину і метіоніну) була вищою в органічному молоці (на 14,92 % і на 17,33 % в стійловий період і на 8,24 % і на 26,45 % в пасовищний період відповідно).

Проведений розрахунок амінокислотного скору, скорегованого на засвоюваність білка (PDCAAS), показав, що в стійловий період значення цього скору були практично однакові, а в пасовищний – вище в органічному молоці (табл. 3, 4).

Таблиця 3

**Розрахунок амінокислотного скору, скорегованого на засвоюваність білка (PDCAAS)
в стійловий період**

НЗАК	Потреби організму в НЗАК, г/1 г білка	Вміст НЗАК в органічному молоці, г/1 г «істинного» білка	Відношення НЗАК в органічному молоці до потреб організму, %	Вміст НЗАК в неорганічному молоці, г/1 г «істинного» білка	Відношення НЗАК в неорганічному молоці до потреб організму, %
Лізін	57	91,63	1,00	94,11	1,00
САК*	28	21,34	0,76	21,12	0,75
Треонін	31	49,35	1,00	55,50	1,00
Триптофан	8,5	14,34	1,00	13,33	1,00
PDCAAS**			0,72 (САК)		0,71 (САК)

*САК – сірковмісні амінокислоти.

**3 поправкою на коефіцієнт фекальної засвоюваності (значення для молока = 0,95)

Відповідно до методики, розраховані значення, більші за 1, не використовувалися. Обидва типи молока відповідали потребам людського організму у незамінних амінокислотах, окрім сірковмісних.

Таблиця 4

**Розрахунок амінокислотного скору, скорегованого на засвоюваність білка (PDCAAS)
в пасовищний період**

НЗАК	Потреби організму в НЗАК, г/1 г білка	Вміст НЗАК в органічному молоці, г/1 г «істинного» білка	Відношення НЗАК в органічному молоці до потреб організму, %	Вміст НЗАК в неорганічному молоці, г/1 г «істинного» білка	Відношення НЗАК в неорганічному молоці до потреб організму, %
Лізін	57	77,24	1,00	85,85	1,00
САК*	28	15,63	0,56	13,61	0,49
Треонін	31	42,07	1,00	45,77	1,00
Триптофан	8,5	10,70	1,00	11,42	1,00
PDCAAS**			0,53 (САК)		0,49 (САК)

*САК – сірковмісні амінокислоти.

**3 поправкою на коефіцієнт фекальної засвоюваності (значення для молока = 0,95)

Проведений аналіз відношення вмісту НЗАК в 1 грамі молочного білка до вимог людського організму, з урахуванням поправки на коефіцієнт ілеальної засвоюваності також показав, що і органічне, і неорганічне молоко перевищували значення, що відповідають вимогам організму за всіма НЗАК, окрім сірковмісних АК (табл.5,6).

Розрахунок DIAAS, який враховує тільки найменший результат та виражається у відсотках, показав вищі значення в органічному молоці в пасовищний період і практично рівні в стійловий (табл. 5).

Таблиця 5

Розрахунок скору засвоєних незамінних амінокислот (DIAAS) в стійловий період

НЗАК	Коефіцієнт ідеальної засвоюваності*	Потреби організму в НЗАК, г/1 г білка	Вміст НЗАК в органічному молоці, г/1 г «істинного» білка	Відношення НЗАК в органічному молоці до потреб організму, %**	Вміст НЗАК в неорганічному молоці, г/1 г «істинного» білка	Відношення НЗАК в неорганічному молоці до потреб організму, %**
Гістидін	0,94	20	38,03	1,79	44,16	2,08
Ізолейцин	0,9	32	61,00	1,72	62,89	1,77
Лейцин	0,92	66	106,17	1,48	117,08	1,63
Лізин	0,93	57	91,63	1,60	94,11	1,54
САК	0,86	27	21,34	0,68	21,12	0,67
ААК	0,89	52	109,62	1,88	114,36	1,96
Треонін	0,84	31	49,35	1,34	55,50	1,50
Триптофан	0,89	8,5	14,34	1,50	13,33	1,40
Валін	0,89	43	72,93	1,51	74,06	1,53
DIAAS,%				68 (САК)		67 (САК)

* За Gilani et al., 2012 [24]

** З поправкою на коефіцієнт ідеальної засвоюваності

Методика розрахунку скору засвоєних незамінних амінокислот (DIAAS) передбачає використання більшої кількості окремих НЗАК у порівнянні з амінокислотним скором, скоректованим на засвоюваність білка (PDCAAS). Це дозволяє глибше оцінити окремий продукт харчування на відповідність потребам організму у НЗАК. Окрім цього, особливістю даного типу розрахунку є урахування повного значення відношення НЗАК в об'єкті дослідження до потреб організму. Це дозволяє об'єктивно оцінити харчову цінність білка даного продукту та врахувати, наскільки він може задовільнити потреби організму в окремих НЗАК, що важливо в урахуванні окремого продукту, як елементу всього раціону людини.

Таблиця 6

Розрахунок скору засвоєних незамінних амінокислот (DIAAS) в пасовищний період

НЗАК	Коефіцієнт ідеальної засвоюваності*	Потреби організму в НЗАК, г/1 г білка	Вміст НЗАК, г/1 г «істинного» білка орг. молока	Відношення НЗАК в органічному молоці до потреб організму, %**	Вміст НЗАК, г/1 г «істинного» білка неорг. молока	Відношення НЗАК в неорганічному молоці до потреб організму, %**
Гістидін	0,94	20	32,01	1,50	35,74	1,68
Ізолейцин	0,9	32	48,26	1,36	53,81	1,51
Лейцин	0,92	66	84,68	1,18	95,38	1,33
Лізин	0,93	57	77,24	1,26	85,85	1,40
САК	0,86	27	15,63	0,50	13,61	0,43
ААК	0,89	52	103,61	1,77	109,79	1,88
Треонін	0,84	31	42,07	1,14	45,77	1,24
Триптофан	0,89	8,5	10,70	1,12	11,42	1,20
Валін	0,89	43	60,83	1,26	70,20	1,45
DIAAS,%				50 (САК)		43 (САК)

* За Gilani et al., 2012 [24]

** З поправкою на коефіцієнт ідеальної засвоюваності

Також, значення потреби організму однієї вікової групи у сірковмісних амінокислотах є вищими для розрахунку PDCAAS (28%), ніж у розрахунку DIAAS (27%). Даний факт та використання різних коефіцієнтів пояснює різницю у отриманих результатах харчової цінності білка за обома типами розрахунку.

Порівняння результатів PDCAAS та DIAAS показало, що за першим типом розрахунку значення харчової цінності білка вище в обох типах молока. Ця тенденція зберігалась і для досліджуваних сезонів.

Висновки

Проведений аналіз раціону годування худоби на органічній та неорганічній фермах показав відмінності у таких параметрах, як вміст сирого протеїну корму, пропорція РП/НРП, частка лімітуючих амінокислот в обмінному білку.

Порівняння рівня засвоюваності лімітуючих амінокислот свідчить, що на органічній фермі в стійловий період вміст засвоєних лізину та метіоніну був на 24,15 % та 26,67 % вище, ніж на неорганічній фермі; а у пасовищний період – на 72,03 % та 73,53 %, відповідно. Значні відмінності цих параметрів у пасовищний період пов'язані з використанням однотипного за своїми характеристиками кормів на неорганічній фермі. В той час, як у стійловий період на обох типах ферм раціон годування корів більш збалансований, як за пропорцією РП/НРП, так і за вмістом першої та другої лімітуючої амінокислот.

Використання більш збалансованої пропорції фуражу, силосу та концентрованих кормів на органічній фермі дозволяє підвищити рівень лізину та метіоніну в обмінному білку, що прямо впливає на амінокислотний склад молока: вміст незамінних амінокислот, сірковмісних, ароматичних і амінокислот з подвійним зв'язком.

Загальний вміст незамінних амінокислот у молоці не може відобразити повною мірою відмінності раціону харчування та молока на досліджуваних органічній та неорганічній фермах.

Застосування розрахунку методики амінокислотного скору PDCAAS показало значення 0,72 та 0,71 у стійловий період для органічного та неорганічного молока відповідно, та 0,53 і 0,49 у пасовищний період. Така ж тенденція спостерігалась і при розрахунку за методикою амінокислотного скору DIAAS, за яким отримані значення були практично однакові в стійловий (0,68 та 0,67) період і вищими в органічному молоці, ніж в неорганічному в пасовищний період (0,50 та 0,43). Тобто, і органічне, і неорганічне молоко мало більшу біологічну цінність у пасовищний період.

Показано, що різниця у підходах до оцінки харчової цінності білка впливає на її абсолютні значення, які суттєво нижче при розрахунку за методикою DIAAS, за якою використовується більше окремих незамінних амінокислот і коефіцієнт ілеальної засвоюваності, за яким мінімізується вплив амінокислот ендогенного походження у товстому кишечнику при розрахунку засвоюваності. Дані нововведення дозволяють більш об'єктивно оцінювати харчову цінність білка харчових продуктів.

Література

1. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2013. ISSN 0254-4725.
2. Council Regulation (EC) № 834/2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91 // Official Journal of the European Union, L 189, 20 July 2007.
3. Commission Regulation (EC) № 889/2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of

organic products with regard to organic production, labelling and control// Official Journal of the European Union, L 250, 18 September 2008.

4. Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleic acid, α -tocopherol and iron, but lower iodine and selenium concentrations in organic milk: a systematic literature review and meta- and redundancy analyses / Średnicka-Tober D., Barański M., Seal C., Sanderson R., Bembrook C. [et al.] // *British Journal of Nutrition*, Mar. – 2016. – Vol. 115(6), 1043-60. doi:10.1017/S0007114516000349

5. Petrov P.I. The effects of dairy management on quality characteristics of milk / P.I. Petrov, Ya.F. Zhukova, Yu.M. Demikhov // *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. – 4(9): 782-786, 2016.

6. Fatty acid, amino acid and mineral composition of milk from Nguni and local crossbred cows in South Africa / Mapekula M., Chimonyo M., Mapiye C., Dzama K. // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2011. – Vol. 24. – P.529–536. doi:10.1016/j.jfca.2011.01.014

7. Шаповалов С.В. Белковость и сыропригодность молока коров разных пород / С.В.Шаповалов, А.-Б. Камиль // *ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії*. – 2012. – №4. С.69-73.

8. Amino acid composition of the milk of some mammalian species. Changes with the stage of lactation / T.A.Davis, H.V.Nguyen, R.Garcia-Bravo, M.L. Fiorotto, E.M.Jackson, P.J. Reeds // *British Journal of Nutrition*. – 1994. – Vol.72. – P.845-853. DOI: 10.1079/BJN19940089

9. The Effect of Ruminant Bypass Lysine and Methionine on Milk Yield and Composition of Lactating Cows / Xu S., Harrison J.H., Chalupa W., Sniffen C., Julien W., Sato H., Fujieda T., Watanabe K., Ueda K., Suzuki H. // *Journal of Dairy Science*. – 1998. – Vol. 81, 1062–1077.

10. Influence of Dietary Protein Sources on the Amino Acid Profiles Available for Digestion and Metabolism in Lactating Cows // King K. J., Huber J.T., Sadik M., Bergen W.G., Grant A.L., King V.L. // *Journal of Dairy Science*. – 1990. – Vol.73. – P.3208-3216.

11. Influence of Source and Amount of Dietary Protein on Milk Yield by Cows in Early Lactation / Cunningham K.D., Cecava M.J., Johnson T.R., Ludden P.A. // *Journal of Dairy Science*. – 1990. – Vol.73. – P.3208-3216.

12. Composition of Swedish dairy milk / Lindmark-Mansson H., Fonden R., Pettersson H.-E. // *International Dairy Journal*. – 2003. – Vol.13. – P. 409–425. doi:10.1016/S0958-6946(03)00032-3

13. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation / S.Boisen, T.Hvelplund, M.R. Weisbjerg // *Livestock Production Science*. – 2000. – Vol.64. P.239-251.

14. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, National Research Council, U.S. — 7th rev.ed. – 2001. ISBN 0-309-06997-1

15. Protein And Amino Acid Requirements In Human Nutrition. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series 935. – Geneva, Switzerland. – 2002. –ISSN 0512-3054

16. Protein quality evaluation in human diets. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991 (FAO Food and Nutrition Paper No. 51).

17. Alfalfa (*Medicago sativa*) / Heuzé V., Tran G., Boval M., Noblet J., Renaudeau D., Lessire M., Lebas F. // Feedipedia. – 2016. Доступ за посыланням: <http://www.feedipedia.org/node/275>
18. Carrot (*Daucus carota*) / Tran G. // Feedipedia. – 2016. Доступ за посыланням: <http://www.feedipedia.org/node/539>
19. Faba bean (*Vicia faba*) / Heuzé V., Tran G., Delagarde R., Lessire M., Lebas F. // Feedipedia. – 2016. Доступ за посыланням: <http://www.feedipedia.org/node/4926>
20. Sunflower meal / Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Lessire M., Lebas F. // Feedipedia. – 2016. Доступ за посыланням: <http://www.feedipedia.org/node/732>
21. Straws / Heuzé V., Tran G., Nozière P., Bastianelli D. // Feedipedia. – 2016. Доступ за посыланням: <http://www.feedipedia.org/node/60>
22. Milk Quality / Harding F. – Springer. – 2013. ISBN 1461521955, 9781461521952
23. Лисицын А.Б. Методы практической биотехнологии. Анализ компонентов и микропримесей в мясных и других пищевых продуктах / А.Б.Лисицын, А.Н.Иванкин, А.Д.Неклюдов. – Москва. ВНИИМП. – 2002. ISBN 5–901768–06 –Х
24. The assessment of amino acid digestibility in foods for humans and including a collation of published ileal amino acid digestibility data for human foods. / Gilani S., Tomé D., Moughan P. and Burlingame B. // Report of a Sub-Committee of the 2011 FAO Consultation on “Protein Quality Evaluation in Human Nutrition”. – 2012. Доступ за посыланням: <http://www.fao.org/ag/humannutrition/36216-4a2f02ec02eafd4f457dd2c9851b4c45.pdf>