

БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ СУХИХ МОЛОЧНИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ

Мінорова А. В., к.т.н., с.н.с.,
зав. відділом молочних продуктів та дитячого харчування,
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID:0000-0002-7557-1444

Рудакова Т. В., к.т.н.,
с.н.с. відділу молочних продуктів та дитячого харчування,
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID:0000-0002-7017-735X

Крушельницька Н. Л., н. с. відділу
молочних продуктів та дитячого харчування,
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID:0000-0002-3549-320X

Наріжний С. А., к.т.н.,
асистент кафедри харчових технологій і технологій продукції тваринництва
Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна
ORCID:0000-0001-5478-3221

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-13>

Сухі молочні продукти мають високий попит як у світі, так і на вітчизняному ринку України і зарекомендували себе як продукти повноцінного харчування, тривалого зберігання та зручного транспортування. Молочний білок, який відрізняється високим ступенем засвоювання, є важливим компонентом у харчуванні людини. Особливо це стосується сироваткових білків, які за своїм амінокислотним складом належать до найбільш цінних білків тваринного походження. Предметом досліджень були молочні багатокомпонентні суміші, отримані способом розпилювального сушіння, з додаванням сухого концентрату сироваткових білків з масовою часткою білка 80% у кількості від 1,0% до 6,0 %. Метою роботи було визначити амінокислотний склад і біологічну цінність сухих молочних сумішей за показниками амінокислотного скору та збалансованості складу незамінних амінокислот у білку, використовуючи коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу та показник «порівнювальної надлишковості». Матеріали та методи. Амінокислотний склад дослідних зразків визначали за допомогою кислотного гідролізу на амінокислотному аналізаторі LC-2000 (Biotronik, Німеччина). Якісний склад білків сухих молочних сумішей визначали розрахунковим методом. Результати. Визначено, що біологічна цінність дослідних зразків з внесенням концентрату сироваткових білків у кількості 1%, 2%, 4% та 6% становила 78,1 %, 78,4%, 79,8% та 82,1% відповідно, у порівнянні з контролем, де вона складала 68,2 %. На підставі розрахованих значень коефіцієнта утилітарності та показника «порівнювальної надлишковості», встановлено, що дослідні зразки з концентратом сироваткових білків у кількості 4% та 6% мали найкращу збалансованість амінокислотного складу за незамінними амінокислотами. За сумою показників, які характеризують якість сухих багатокомпонентних сумішей, відібрано зразок з дозою внесення концентрату 4% та рекомендовано його рецептуру для використання в подальших наукових дослідженнях під час розроблення технології сухого кисломолочного продукту спеціального призначення для споживання в автономних умовах проживання людей (армія, флот, туризм тощо).

Ключові слова: сухі молочні багатокomпонентні суміші, амінокислотний склад, біологічна цінність, коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, показник «порівнювальної надлишковості», якість продукту

BIOLOGICAL VALUE OF DRY MILK MULTICOMPONENT MIXTURES

Minorova Antonina, PhD,

Senior Researcher Head of laboratory of Dairy Products and Baby Food Products
Institute of Food Resources of NAAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-7017-735X

Rudakova Tatiana, PhD, Senior Researcher,

Department of Dairy Products and Baby Food Products
Institute of Food Resources of NAAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-7017-735X

Krushelnytska Nataliia, Researcher

Department of Dairy Products and Baby Food Products
Institute of Food Resources of NAAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-3549-320X

Narizhnyi Serhii, PhD,

Assistant, Department of Food Technology and Technology of Livestock Products
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine
ORCID 0000-0001-5478-3221

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-13>

Dry dairy products are in high demand both in the world and in the domestic market of Ukraine and have proven themselves as products of complete nutrition, long-term storage and convenient transportation. Milk protein, which is highly absorbed, is an important component in human nutrition. This is especially true of whey proteins, which by their amino acid composition are among the most valuable proteins of animal origin. The subject of the study was milk multicomponent mixtures obtained by the method of spray drying, with the addition of dry whey protein concentrate with a mass fraction of protein 80% in an amount of from 1.0% to 6.0%. The aim of this work was to determine the amino acid composition and biological value of dry milk mixtures by the amino acid rate and the balance of the composition of essential amino acids in the protein, using the utilization coefficient of amino acid composition and the indicator of "comparative excess". Materials and methods. The amino acid composition of the test samples was determined by acid hydrolysis on the amino acid analyzer LC-2000 (Biotronik, Germany). The qualitative composition of proteins of dry milk mixtures was determined by the calculation method. Results. It was determined that the biological value of the test samples with the introduction of whey protein concentrate in the amount of 1%, 2%, 4% and 6% was 78.1%, 78.4%, 79.8% and 82.1%, respectively, compared with control, where it was 68.2%. Based on the calculated values of utilization coefficient and comparative excess, it was found that serum samples with serum protein concentrates of 4% and 6% had the best balance of amino acid composition for essential amino acids. The sum of the indicators characterizing the quality of the dry multicomponent mixtures selected a sample with a dose of concentrate 4% and recommended its formulation for use in further scientific research in the development of technology of dry sour milk product for special use for consumption in autonomous living conditions (army, navy, tourism, etc.).

Keywords: milk powder, multicomponent mixtures, amino acid composition, biological value, utilization coefficient of amino acid composition, indicator of "comparative excess", product quality

Постановка проблеми. Раціональне харчування сприяє збереженню здоров'я, високій фізичній і розумовій діяльності, активному довголіттю [1]. Білок і його структурні одиниці – зокрема незамінні амінокислоти – є обов'язковими компонентами раціонального харчування [2]. Відомо, що внаслідок дефіциту даного нутрієнта в організмі людини розвивається білкова недостатність, що супроводжується порушеннями синтезу ферментів, функцій підшлункової залози та кишечника, від'ємним азотним балансом, атонією м'язів, зниженням опірності організму до збудників захворювань [3]. Тому необхідність забезпечення населення біологічно цінними харчовими продуктами сприяє інтенсивному пошуку та вивченню джерел повноцінного білка, що є першочерговим завданням науковців і фахівців харчової промисловості [4]. Особливе місце при цьому посідає молочний білок, який відрізняється високим ступенем засвоювання і є важливим компонентом у харчуванні людини [5].

Білки молока оцінюють як високоякісні білки за амінокислотним складом, перетравлюваністю та біодоступністю [6]. Вони є гетерогенною системою, до складу якої входить майже 20 фракцій, основна частина яких представлена казеїнами (близько 80 %) та сироватковими білками [7]. Відмінності фізіологічної активності сироваткових білків та казеїнів пов'язують саме з відмінностями їх амінокислотного складу. Казеїн містить в основному замінні амінокислоти (глутамінова кислота, пролін, серин, тирозин), із незамінних амінокислот в ньому представлені гістидин, метіонін та фенілаланін [8]. Сироваткові білки, за своїм амінокислотним складом можна віднести до найбільш цінних білків тваринного походження, які є джерелом незамінних амінокислот: лізину, триптофану, метіоніну, фенілаланіну, лейцину, ізолейцину, треоніну, валіну [7].

Сучасний рівень розвитку технологій та обладнання здатний забезпечити повне використання усіх складових молока для виробництва високоякісних продуктів або подальшу переробку побічних продуктів з метою виділення їх цінних складових [9,10]. Оскільки сироваткові білки володіють цінними біологічними якостями, їх виділення та очищення є надзвичайно актуальною задачею. Для її досягнення використовують метод ультрафільтрації, який дає можливість отримати білкові продукти з високим ступенем очищення [11]. За допомогою ультрафільтрації отримують сухі концентрати сироваткових білків (КСБ-УФ) з широким інтервалом білка (від 35% до 80 % у сухій речовині), а також необхідним співвідношенням білок/лактоза [12]. Сироваткові білки містять оптимальний набір життєво необхідних амінокислот і з огляду на фізіологію харчування за складом незамінних амінокислот наближаються до «ідеального» білку», в якому співвідношення амінокислот відповідає потребам організму. Тобто використання концентратів сироваткових білків у разі збагачення молочних продуктів є фізіологічно обґрунтованим і пріоритетним напрямком [13].

У відділі молочних продуктів і продуктів дитячого харчування Інституту продовольчих ресурсів НААН вже проводились дослідження концентратів сироваткових білків (КСБ) з масовою часткою білку в продукті від 35% до 80% різних вітчизняних та закордонних виробників, за хімічним складом, фізико-механічними та функціонально-технологічними властивостями [14-16]. Посилаючись на отримані наукові дані, доцільно було б використати сухий концентрат сироваткових білків з масовою часткою білку 80% як додаткове джерело повноцінного білка в у складі сухих молочних багатокомпонентних сумішей. Сухі суміші в подальшому планується застосовувати в технології сухих молочних продуктів спеціального призначення, а саме сухого кисломолочного продукту, призначеного для споживання в автономних умовах проживання (армія, флот, туризм).

Дослідженнями хімічного складу та властивостей сухих продуктів на молочній основі, в тому числі і спеціального призначення, займалися вчені: М. Fazaeli, Z. Emam-Djomeh, С. Vega, Е. Kim, Х.Д. Chen, Н.Д. Goff, R. Partanen, І.А. Івкова, А.С. Пиляева, Г.П. Шаманова. Серед українських вчених значний вклад у вітчизняну науку з даного питання внесли Т.А. Скорченко, Н.В. Притульська, Т.І. Юдіна та ін. [17-28]. Проте висвітлені питання не розкривають в повній мірі підходи до вирішення поставленої проблеми. Водночас

подальшого дослідження вимагають питання вивчення білкового складу та властивостей сухих сумішей спеціального призначення підвищеної біологічної цінності.

Метою роботи було визначити амінокислотний склад та біологічну цінність сухих молочних багатокомпонентних сумішей за показниками амінокислотного скору та збалансованості складу незамінних амінокислот у білку, використовуючи коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу та показник «порівнювальної надлишковості».

Матеріали та методи. Предметом досліджень були молочні багатокомпонентні суміші, отримані способом розпилювального сушіння, з додаванням сухого концентрату сироваткових білків (КСБ) у кількості 1,0 %, 2,0 %, 4,0% та 6,0%. Контролем слугувала суха молочна багатокомпонентна суміш з вмістом вуглеводного компоненту (ячмінно-солодового екстракту) без концентрату сироваткових білків [29].

Амінокислотний склад зразків визначали хімічним методом за допомогою кислотного гідролізу [30] на амінокислотному аналізаторі LC-2000 (Biotronik, Німеччина). Якісний склад білків сухих молочних сумішей визначали розрахунковим методом. В якості стандарту для розрахунку *амінокислотного скору* використано амінокислотну шкалу ФАО/ВООЗ [31].

На сьогодні також розроблено критерії біологічної оцінки збалансованості багатокомпонентних продуктів [32]. В наукових дослідженнях використовуються критерії, запропоновані академіками Ліпатовим (мол.) та Роговим [33]. Розроблені ними показники дають можливість оцінити амінокислотний склад та збалансованість незамінних амінокислот за співвідношенням до фізіологічно необхідної норми в модельованому продукті, використовуючи при цьому коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу та показник «порівнювальної надмірності».

Амінокислотний скор (%), розраховано за формулою 1:

$$AC = \frac{AKx}{AKc} \cdot 100 \quad (1)$$

де *AC* – амінокислотний скор;

AKx – амінокислота у досліджуваному білку;

AKc – та ж амінокислота в стандартному білку або за шкалою.

Коефіцієнт різниці амінокислотного скору *KPAC* (%), розраховано за формулою 2:

$$KPAC = \frac{\sum PAC}{n} \quad (2)$$

де, *PAC* – різниця *амінокислотного скору* кожної незамінної амінокислоти з однією найбільш лімітованою, яку приймаємо за 0;

n – число незамінних амінокислот, зазвичай 8, за виключенням триптофану, для якого застосовується лужний гідроліз.

Біологічну цінність *БЦ* (%), тобто ступінь продуктивного використання незамінних амінокислот [31] розраховано за формулою 3:

$$БЦ = 100 - KPAC \quad (3)$$

Коефіцієнт утилітарності кожної незамінної амінокислоти α_j , амінокислотного складу та показника «порівнювальної надлишковості» визначали [30] за формулою 4:

$$\alpha_j = \frac{C_{min}}{C_j} \quad (4)$$

де, C_{min} – мінімальний скор незамінних амінокислот оцінюваного білка по відношенню до фізіологічно необхідної норми (стандарту),% (частки од.);

C_j – скор *j*-ї незамінної амінокислоти по відношенню до фізіологічно необхідної норми (стандарту),% (частки од.).

Скор кожної незамінної амінокислоти C_j по відношенню до фізіологічно необхідної норми (стандарту),% (частки од.) визначали за формулою 5:

$$C_j = \frac{A_j}{A_{эj}}, \quad (5)$$

де, A_j - масова частка j -й незамінної амінокислоти в продукті, г / 100г білка;

$A_{эj}$ - масова частка j -й незамінної амінокислоти, відповідна фізіологічно необхідній нормі (стандарту), г / 100г білка.

Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу U визначали за формулою 6:

$$U = C_{\min} \frac{\sum_{j=1}^n A_{эj}}{\sum_{j=1}^n A_j}. \quad (6)$$

Показник «порівнювальної надлишковості» σ визначали за формулою 7:

$$\sigma = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j - C_{\min} A_{эj})}{C_{\min}}. \quad (7)$$

Результати та обговорення. В умовах експериментального цеху інституту вироблено ряд дослідних зразків сухих сумішей на розпилювальній сушарці Niro-Atomizer (Данія) з використанням у рецептурах продукту сухого концентрату сироваткових білків з масовою часткою білка 80%. Для збагачення сухих сумішей повноцінним білком, вносили різні дози (1,0 %, 2,0 %, 4,0% та 6,0 %) концентрату сироваткових білків (відповідно зразки №1, №2, №3, №4).

Біологічна цінність харчових продуктів визначається, насамперед, вмістом незамінних амінокислот, які не можуть синтезуватись в організмі людини та вказує на вірогідне використання незамінних амінокислот харчового білку на пластичні потреби організму у відсотках Тому на першому етапі досліджень було розраховано *амінокислотний скор* (1) на основі отриманих даних амінокислотного складу дослідних зразків сухих молочних сумішей, зокрема вмісту в них незамінних амінокислот (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст незамінних амінокислот в дослідних зразках

Незамінні амінокислоти	Вміст незамінної амінокислоти, г/100 г білка					
	Шкала ФАО/ВООЗ	контроль	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3	Зразок №4
Треонін	4,0	4,77	4,80	4,25	4,51	4,15
Валін	5,0	4,69	5,11	5,18	5,07	4,98
Метіонін	2,2	1,62	2,03	1,89	2,03	2,13
Ізолейцин	4,0	4,58	4,57	4,38	4,42	4,04
Лейцин	7,0	7,08	7,10	7,26	6,69	6,22
Фенілаланін	2,8	3,46	4,29	3,55	4,77	4,46
Лізін	5,5	6,16	6,36	6,41	5,87	5,41
Всього	30,5	32,36	34,26	32,92	33,36	31,39

Порівнюючи вміст незамінних амінокислот дослідних зразків з еталоном можна зазначити, що в контролі лімітуючими амінокислотами є метіонін та валін. Зразки з вмістом КСБ у кількості 1% та 2% мали одну лімітовану незамінну амінокислоту – метіонін, зразки з дозою несення КСБ 4% – метіонін та лейцин, а з дозою внесення КСБ 6% – метіонін, лейцин, валін та лізін (табл.1). Встановлено, що найвищі значення сумарного вмісту незамінних амінокислот мають дослідні зразки № 1 та № 3 з вмістом концентрату сироваткових білків 1% та 4 %.

Розраховано біологічну цінність (3) багатокомпонентних молочних сумішей з урахуванням коефіцієнту різниці амінокислотного скору – КРАС (2). Отримані результати наведено в таблиці 2.

Встановлено, що біологічна цінність (БЦ) сумішей зі збільшенням дози внесення концентрату сироваткових білків мала тенденцію до зростання. Так, біологічна цінність дослідних зразків з додаванням КСБ у кількості 1 %, 2 %, 4% та 6% становила 78,1 %, 78,4 %, 79,8% та 82,1% відповідно, на відміну від контролю, де вона складала 68,2 %.

Таблиця 2

Оцінка якості білка сухих сумішей за амінокислотним скором та КРАС

Незамінні амінокислоти	Молочно-вуглеводна суміш (контроль)		Зразок №1		Зразок №2		Зразок №3		Зразок №4	
	Скор, %	РАС, %	Скор, %	РАС, %	Скор, %	РАС, %	Скор, %	РАС, %	Скор, %	РАС, %
Треонін	119,25	45,61	120,0	27,73	106,25	20,35	112,75	20,48	103,75	14,89
Валін	93,80	20,16	102,20	9,93	103,60	17,70	101,40	9,13	99,60	10,74
Метіонін	73,64	0	92,27	0	85,90	0	92,27	0	96,82	7,96
Ізолейцин	114,50	40,86	114,24	21,97	109,50	23,6	110,5	18,23	101,00	12,14
Лейцин	101,14	27,50	101,42	9,15	103,71	17,81	95,57	3,30	88,86	0
Фенілаланін	123,57	49,93	153,21	60,94	126,78	40,88	167,86	75,59	159,29	70,43
Лізин	112,0	38,36	115,64	23,37	116,55	30,65	106,73	14,46	98,36	9,5
Σ РАС	-	222,42	-	153,09	-	150,99	-	141,19	-	125,66
КРАС, %	-	31,77	-	21,87	-	21,57	-	20,17	-	17,95
БЦ, %	68,23		78,13		78,43		79,83		82,05	

Збалансованість незамінних амінокислот за співвідношенням до фізіологічно необхідної норми чисельно характеризується коефіцієнтом утилітарності, який в ідеальному випадку дорівнює 1. Відомо, що чим ближче цей показник до одиниці, тим більшою є можливість утилізації білка. Коефіцієнт утилітарності досить повно відображає збалансованість незамінних амінокислот по відношенню до еталону, проте більш інформативним показником збалансованості складу незамінних амінокислот у білку є показник «порівнювальної надлишковості». Він визначає частку незамінних амінокислот, які не використовуються на анаболічні потреби організму, й оптимальне значення його наближене до нуля [34].

Розраховано коефіцієнт утилітарності (6) та показник «порівнювальної надлишковості» сухих молочних сумішей (7). Отримані дані представлено на рис. 1.

Як видно з Рис. 1, всі дослідні зразки мали кращі показники, у порівнянні з контролем. Найвищі значення коефіцієнта утилітарності (значення найбільш наближені до 1) та найнижчі значення показника «порівнювальної надлишковості» (значення найбільш наближені до 0) належали дослідним зразкам № 3 та № 4 з дозою внесення концентрату сироваткових білків 4% та 6% і становили 0,84 од. і 0,86 од. та 0,06 од. і 0,05 од. відповідно. Це свідчить про те, що вищезазначені дослідні зразки мали найкращу збалансованість амінокислотного складу незамінних амінокислот в продукті.

Було проведено дегустацію сухих молочних сумішей з метою оцінки органолептичних показників продукту (табл. 3).

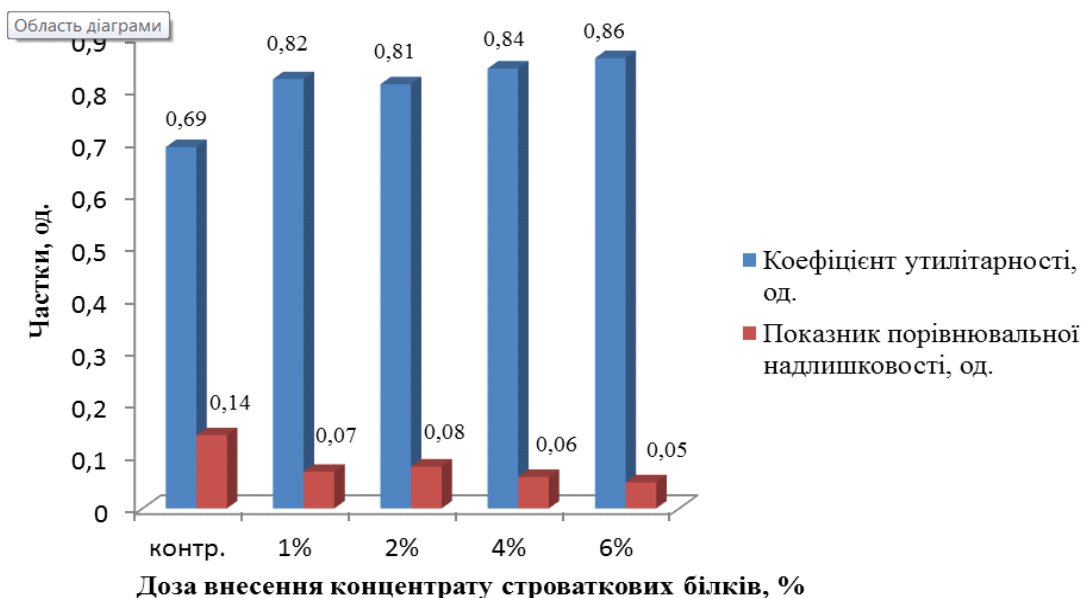


Рис. 1. Коефіцієнт утилітарності та показник «порівнювальної надлишковості» сухих молочних багатокомпонентних сумішей

Таблиця 3

Органолептичні характеристики дослідних зразків сухих сумішей

Назва показника	Контроль (молочно-вуглеводна основа)	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3	Зразок №4
		Доза внесення КСБ,%			
		1%	2%	4%	6%
Зовнішній вигляд і консистенція	Тонкодисперсний порошок з наявністю щільних грудочок	Тонкодисперсний однорідний порошок без наявності грудочок			
Смак і запах	Молочний з ледь солодкуватий, без сторонніх присмаків та запахів	Молочний з ледь солодкуватим присмаком, без сторонніх запахів та присмаків	Молочний з легким солодкуватим присмаком, без сторонніх запахів та присмаків	Молочний, солодкуватий, з ледь відчутним сироватковим присмаком, без сторонніх запахів та присмаків	Молочний солодкуватий з вираженим сироватковим та солонуватим присмаком
Колір	Кремовий	Світло-жовтий	Світло-жовтий	Світло-кремовий	Світло-кремовий

Встановлено, що зразки з додаванням КСБ у кількості 1% та 2% мали недостатньо солодкий присмак, а зразок з КСБ у кількості 6% – мав значно виражений сироватковий та солонуватий присмак, що погіршувало його органолептичні характеристики. Найбільше задовольняв вимоги щодо смакових якостей сухого продукту зразок №3 з дозою внесення КСБ 4% (табл.3).

Отже, за сумою показників, які характеризували якість сухих сумішей, а саме: сумарний вміст незамінних амінокислот (33,36 г/100 г білка), біологічна цінність продукту (79,83 %), коефіцієнт утилітарності (0,84 од.), показник «порівнювальної надлишковості»

(0,06 од.),) та органолептичні показники, було визначено зразок №3 з додаванням концентрату сироваткових білків у кількості 4 %.

Висновки. Визначено, що біологічна цінність дослідних зразків з додаванням концентрату сироваткових білків у кількості 1 %, 2 %, 4% та 6% мала тенденцію до зростання і становила 78,1 %, 78,4 %, 79,8% та 82,1% відповідно, на відміну від контролю, де вона складала 68,2 %. Найкращі значення коефіцієнта утилітарності та показника «порівнювальної надлишковості» належали дослідним зразкам з додаванням концентрату сироваткових білків у кількості 4% і 6 %: 0,84 од. і 0,86 од. та 0,06 од. і 0,05 од. відповідно. За сумою показників, які характеризували якість сухих сумішей, відібрано зразок з додаванням концентрату сироваткових білків у кількості 4% та рекомендовано його рецептуру для використання в подальших наукових дослідженнях.

Бібліографія

1. Корзун В. Н., Воронова Т. О., Антонюк І. Ю. Екологія і захворювання щитоподібної залози. Київ: Міжрегіональний видавничий центр «Медінформ», 2018. 743с.
2. Васильев Ф. В., Глотова И. А., Антипова Л. В. К вопросу оптимизации аминокислотного состава поликомпонентных продуктов с использованием методов вычислительной математики. Хранение и переработка сельхозсырья. 2002. 2. С. 58-61.
3. Циприян В. І., Матасар І. Т., Слободкін В. І. Гігієна харчування з основами нутриціології. Київ: Медицина, 2007. 544 с.
4. Рогов И. А., Антипова Л. В., Дунченко Н. И. Химия пищи. Москва. Колос, 2007. 853с.
5. 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.
6. Boye J, Wijesinha-Bettoni R, Bingame B. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. Br J Nutr. 2012. №108. P.183-211. <http://10.1017/S0007114512002309>
7. Горбатова К. К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов. СПб.: ГИОРД, 2003. 352с.
8. Pennings B, Boirie Y, Senden J. M, Gijsen A. P, Kuipers H, Van Loon L. J. Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. Am J Clin Nutr. 2011. 93(5). P.997-1005. <http://10.3945/ajcn.110.008102>
9. Золотарева М. С. Тенденции переработки молочной сыворотки. Переработка молока. 2015. 8. С. 23-24.
10. Храмов А. Г. Логистика формирования нового технологического уклада молочной отрасли пищевой индустрии АПК в условиях ограниченных ресурсов традиционного сырья. Индустрия питания. FoodIndustry. 2018. Т.3. 4. С. 8-24. <http://10.29141/2500-1922-2018-3-4-1>.
11. Бакулин А.В., Гавриленко Н.В., Червяковский Е.М., Курченко В.П. Эффективность связывания молочной сыворотки с хитозаном. Труды Белорусского государственного университета. 2009. 4 (2). С. 283-289.
12. Гордиенко Л. А., Евдокимов И. А., Золотарева М. С. Перспективы использования концентратов сывороточных белков в технологиях пищевых продуктов. Вестник Северо-Кавказского технического университета. 2008. 2(15). С. 66-70.
13. Евдокимов И. А., Володин Д. Н., Михнева В. А. Творог и творожные изделия с молочной сывороткой и ее компонентами. Молочная промышленность. 2011. 11. С.62–63.
14. Мінорова А. В., Романчук І. О., Крушельницька Н. Л. Фізико-хімічний склад сухих концентратів сироваткових білків. Молочная индустрия. 2013. 2. С.32-33.
15. Мінорова А. В., Романчук І. О., Крушельницька Н. Л., Мацько Л. М. Дослідження мікроструктури та поверхнево-активних властивостей сухих концентратів сироваткових білків, отриманих методом ультрафільтрації. Збірник наукових праць Вінницького

національного аграрного університету». Серія: технічні науки. Вінниця. 2015. 1 (89) Т. 2. С. 89-93.

16. Minorova A., Romanchuk I., Zhukova Ya., Krushelnitska N., Vezhlyvtseva S. Protein composition and technological properties of milk whey concentrates. *Agricultural science and practice*. 2017. Vol. 4, № 2. P. 52-58.

17. Fazaeli M, Emam-Djomeh Z, Yarmand M. S. Optimization of Spray Drying Conditions for Production of Ice Cream Mix Powder Flavored With Black Mulberry Juice. *J. Agr. Sci. Tech.* 2016; 18: 1557-70.

18. Vega C., Kim E. H. J., Chen X. D., Roos Y. H. 2005. Solid-state Characterization of Spray-dried Ice Cream Mixes. *Colloid Surface B.* 2005. 45. P. 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2005.07.009>.

19. Kim E. H. J., Chen X. D., Pearce D. Surface Characterization of Four Industrial Spray-Dried Dairy Powders in Relation to Chemical Composition, Structure and Wetting Property. *Colloid Surface B.* 2002. №26. P.197–212. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(01\)00334-4](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(01)00334-4).

20. Vega C., Goff H., Roos Y. Spray Drying of High-sucrose Dairy Emulsions: Feasibility and Physicochemical Properties. *J. Food Sci.* 2005. 70. P. 244–51. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07142>.

21. Partanen R., Raula J., Seppanen R., Buchert J., Kauppinen E., Forsell. Effect of Relative Humidity on Oxidation of Flaxseed Oil in Spray Dried Whey Protein Emulsions. *J. Agr. Food Chem.* 2008. 56. P.5717–22.

22. Івкова І. А., Піляєва А. С. Использование растительных жиров «Эколакт» в сухих молокосодержащих консервах специального назначения. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2011. 4, С. 55-85.

23. Івкова І. А., Піляєва А. С. Сухие молокосодержащие продукты здорового питания *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2017. 2(79). С.148-52. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-148-152>.

24. Шаманова Г. П. Научное обоснование и разработка технологии сухих молочных продуктов для детского и диетического питания, обогащенных защитными факторами: автореф. дис. кандидата техн. наук :05.18.04. Москва, 1993. 55 с.

25. Патент 38738 А Україна, МПК7 А23G9/02. Суха суміш для морозива. Ромоданова В. О., Дорохович А. М., Скорченко Т. А., Бублик О. П. (Україна). №2000095271; Заявл. 13.09.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4.

26. Патент 47272 А Україна, МПК7 А23L1/187. Суха суміш для молочних пудингів. Ромоданова В. О., Скорченко Т. А., Ремесло Н. В., Бублик О. П., Хондожко О. М. (Україна). № 2001106774; Заявл. 04.10.2001; Опубл. 17.06.2002, Бюл. №6.

27. Притульська Н. В., Антюшко Д. П., Мотузка Ю. М. Сучасні тенденції ринку спортивного харчування. *Харчова наука і технологія*. 2012. 1. С.49-52.

28. Притульська Н. В., Карпенко П. О., Гніцевич В. А., Юдіна Т. І. Науково-практичні аспекти розроблення харчових продуктів для військовослужбовців. *Наукові праці НУХТ*. 2017. 23. №5(2). С.169-185.

29. Мінорова А. В, Романчук І. О., Крушельницька Н. Л. Характеристики сухих молочно-вуглеводних сумішей розпилювального сушіння. *Продовольчі ресурси: зб. наук. пр./ НААН України*. 2018. 10. С.206-212.

30. Соколова Т.Н., Прохоров В.М., Карташов В.Р. Определение показателей биологической ценности продуктов питания расчетным методом. Н. Новгород, 2015. 7 с.

31. Алексеева Н. Ю., Аристова В. П., Патратий А. П. Состав и свойства молока как сырья для молочной промышленности: под. ред. Я.И. Костина. Москва, Агропромиздат, 1986. 477 с.

32. Лисин П. А., Гаврилова Н. Б., Молибога Е. А. и др. Интегральная оценка сбалансированности продуктов питания. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2015. 8. С. 5-10.

33. Липатов Н. Н., Сажинов Г. Ю., Башкиров О. И. Формализованный анализ аминокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью. Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. 8. С. 11-14.

34. Пасичный В. Н. Проблема белка или проблема качества пищи. Мясной бизнес. 2004. 2(1). С. 12-18.

References

1. Korzun V., Voronova T., Antoniuk I. 2018. Ekolohiia i zakhvoriuvannia shchytopydibnoi zalozy. [Ecology and diseases of the thyroid gland]. Kyiv: Mizhrehionalnyi vydavnychiy tsentr «Medinform». [Kyiv: Medinform Interregional Publishing Center]. 743s [in Ukraine].

2. Vasilev F., Glotova I., Antipova L. 2002. K voprosu optimizatsii aminokislотного состава polikomponentnyih produktov s ispolzovaniem metodov vyichislitelnoy matematiki. [On the issue of optimizing the amino acid composition of multicomponent products using methods of computational mathematics]. Hranenie i pererabotka selhozsyrya. [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2. S. 58-61. [in Russian].

3. Tsypryan V., Matasar I., Slobodkin V. 2007. Hihiiena kharchuvannia z osnovamy nutrytsiolohii. [Food hygiene with the basics of nutrition]. Kyiv: Medytsyna. [Kyiv: Medicine]. 544 p. [in Ukraine].

4. Rohov Y., Antypova L., Dunchenko N. 2007. Khymia pyshchy. [Chemistry of food]. Moskva: Kolos. [Moscow. Ear]. 853 s [in Russian].

5. 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.

6. Boye J, Wijesinha-Bettoni R, Bingame B. 2012. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. Br J Nutr. 108. P.183-211. <http://10.1017/S0007114512002309>.

7. Horbatova K. 2003. Fyzyko-khymycheskye y byokhymycheskye osnovy proyzvodstva molochnykh produktov. [Physico-chemical and biochemical principles of dairy production]. SPb.: HYORD. [SPb.: GIORD]. 352s [in Russian].

8. Pennings B., Boirie Y., Senden J. Gijzen A., Kuipers H., Van Loon L. 2011. Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. Am J Clin Nutr. 93(5). P.997-1005. <http://10.3945/ajcn.110.008102>.

9. Zolotareva M. S. 2015. Tendentsyy pererabotky molochnoi syvorotky. [Whey processing trends]. Pererabotka moloka. [Milk processing]. 8. S.23-24 [in Russian].

10. Khrantsov A. 2018. Lohystyka formirovaniya novoho tekhnolohycheskoho uklada molochnoi otrasly pyshchevoi yndustryi APK v uslovyakh ohranychennykh resursov tradytsyonnoho syria. [Logistics of the formation of a new technological structure of the dairy industry of the agro-industrial complex in the conditions of limited resources of traditional raw materials]. Yndustryia pytaniya. [Food Industry]. T.3-4. S. 8-24. [in Russian]. <http://10.29141/2500-1922-2018-3-4-1>.

11. Bakulin A., Gavrilenko N., Chervyakovskiy E., Kurchenko V. 2009. Effektivnost svyazyvaniya molochnoy syvorotki s hitozanom. [The effectiveness of the binding of whey with chitosan]. Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. [Proceedings of the Belarusian State University]. 4 (2). S. 283-289. [in Russian].

12. Hordyenko L., Evdokymov Y., Zolotareva M. 2008. Perspektivy yspolzovaniya kontsentratoov syvorotochnykh belkov v tekhnolohiyakh pyshchevykh produktov. [Prospects for the use of whey protein concentrates in food technology]. Vesnyk Severo-Kavkazskoho tekhnicheskoho unyversyteta. [Vesnik of the North Caucasus Technical University]. 2 (15). S. 66-70 [in Russian].

13. Yevdokymov Y., Volodyn D., Mykhneva V. 2011. Tvoroh y tvorozhnye yzdelyia s molochnoi syvorotkoi y komponentamy. [Cottage cheese and curd products with whey and its components]. Molochnaia promyshlennost. [Dairy industry]. 11. S.62-63 [in Russian].

14. Minorova A., Romanchuk I., Krushelnytska N. 2013. Fyzyko-khimichni sklad sukhykh kontsentrativ syrovatkovykh bilkiv. [Physico-chemical composition of dry whey protein concentrates]. Molochnaia yndustryia. [Dairy industry]. 2. S.32-33 [in Ukraine].

15. Minorova A., Romanchuk I., Krushelnytska N., Matsko L. M. 2015. Doslidzhennia mikrostruktury ta poverkhnevo-aktyvnykh vlastyvostei sukhykh kontsentrativ syrovatkovykh bilkiv, otrymanykh metodom ultrafiltratsii. [Investigation of the microstructure and surface-active properties of dry whey protein concentrates obtained by ultrafiltration]. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnogo ahrarnoho universytetu». Serii: tekhnichni nauky. Vinnytsia. [Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University. Series: technical sciences. Vinnytsia]. 1 (89) T. 2. S. 89-93 [in Ukraine].

16. Minorova A., Romanchuk I., Zhukova Ya., Krushelnytska N., Vezhlyvtseva S. 2017. Protein composition and technological properties of milk whey concentrates. Agricultural science and practice. Vol. 4, 2. P. 52-58.

17. Fazaeli M., Emam-Djomeh Z., Yarmand M. 2016. Optimization of Spray Drying Conditions for Production of Ice Cream Mix Powder Flavored With Black Mulberry Juice. J. Agr. Sci. Tech. 18: 1557-70. <https://doi.org/J. Agr. Sci. Tech>.

18. Vega C, Kim E., Chen X., Roos Y. 2005. Solid-state Characterization of Spray-dried Ice Cream Mixes. Colloid Surface B. 45. P. 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2005.07.009>.

19. Kim E. HJ, Chen X., Pearce D. 2002. Surface Characterization of Four Industrial Spray-Dried Dairy Powders in Relation to Chemical Composition, Structure and Wetting Property. Colloid Surface B. 26. P.197-212. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(01\)00334-4](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(01)00334-4).

20. Vega C., Goff H. Roos Y. 2005. Spray Drying of High-sucrose Dairy Emulsions: Feasibility and Physicochemical Properties. J. Food Sci. 70. P. 244-251. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07142.x>.

21. Partanen R., Raula J., Seppanen R., Buchert J., Kauppinen E., Forsell. 2008. Effect of Relative Humidity on Oxidation of Flaxseed Oil in Spray Dried Whey Protein Emulsions. J. Agr. Food Chem. 56. P.5717-5722. .

22. Ivkova I., Pilyaeva A. 2011. Ispolzovanie rastitelnykh zhirov «Ekolakt» v suhih molokosoderzhashih konservah spetsialnogo naznacheniya. [The use of “Ekolact” vegetable fats in dry milk-containing canned food for special purposes]. Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. [Bulletin of Omsk State Agrarian University]. 4 S.55-85 [in Russian].

23 Ivkova I., Pilyaeva A. 2017. Suhie molokosoderzhaschie produktyi zdorovogo pitaniya. [Dry milk-containing products of healthy nutrition]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. [Bulletin of the Voronezh State Agrarian University]. 2(79). S.148-152 [in Russian]. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-148-152>.

24. Shamanova G. 1993. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tehnologii suhih molochnykh produktov dlya detskogo i dieticheskogo pitaniya, obogaschennykh zaschitnyimi faktorami. [Scientific substantiation and development of the technology of dry dairy products for baby and diet food enriched with protective factors]. avtoref. dis. kandidata tehn. Nauk. Moskva.[Moscow]. 55 [in Russian].

25. Patent 38738 A Ukraina, 2001. MPK7 A23G9/02. Sukha sumish dlia morozyva. [Dry mix for ice cream]. Romodanova V., Dorokhovych A., Skorchenko T. Bublyk O. (Ukraina). 2000095271; Zaiavl. 13.09.2000; Opubl. 15.05.2001, Biul. 4.

26. Patent 47272 A Ukraina, 2001. MPK7 A23L1/187. Sukha sumish dlia molochnykh pudynhiv. [Dry mix for milk puddings]. Romodanova V., Skorchenko T., Remeslo N., Bublyk O., Khondozhko O. (Ukraina). № 2001106774; Zaiavl. 04.10.2001; Opubl. 17.06.2002, Biul. 6.

27. Prytulska N., Antiushko D., Motuzka Yu. 2012. Suchasni tendentsii rynku sportyvnoho kharchuvannia. [Current trends in the sports nutrition market]. Kharchova nauka i tekhnolohiia. [Food science and technology]. 1. S.49-52 [in Ukraine].

28. Prytul'ska N., Karpenko P., Hnitsevykh V., Yudina T. 2017. Naukovo-praktychni aspekty rozroblennia kharchovykh produktiv dlia viiskovosluzhbovtiv. [Scientific and practical aspects of food development for servicemen]. Naukovi pratsi NUKhT. [Scientific works of NUHT]. 23. 5(2). S.169-185 [in Ukraine].
29. Minorova A., Romanchuk I., Krushelnytska N. 2018. Kharakterystyky sukhykh molochno-vuhlevodnykh sumishei rozpyliuvalnoho sushinnia. [Characteristics of dry milk-carbohydrate mixtures of spray drying]. Prodovolchi resursy: zb. nauk. pr. NAAN Ukrainy. [Food resources: coll. Science. etc. NAAS of Ukraine]. 10. S.206-212 [in Ukraine]. doi.org/10.31073/foodresources2018-10-24.
30. Sokolova T., Prokhorov V., Kartashov V. 2015. Opredelenye pokazatelei byolohycheskoi tsennosti produktov pytanyia raschetnym metodom. [Determination of indicators of the biological value of food products by the calculation method]. N. Novhorod. [N. Novgorod]. 7 s [in Russian].
31. Alekseeva N., Arystova V., Patratyi A. 1986. Sostav y svoistva moloka kak syria dlia molochnoi promyshlennosti. [The composition and properties of milk as a raw material for the dairy industry]. pod. red. Ya.Y. Kostyna. Moskva: Ahropromyzdat. [Moscow: Agropromizdat]. 477 p. [in Russian].
32. Lysyn P., Havrylova N., Molyboha E. 2015. Yntehralnaia otsenka sbalansyrovannosti produktov pytanyia. [Integral assessment of food balance]. Khraneniye y pererabotka selkhozsyria. [Storage and processing of agricultural raw materials]. 8. P. 5-10 [in Russian].
33. Lypatov N., Sazhynov H., Bashkyrov O. 2001. Formalyzovannyi analiz amyno- y zhyrnokyslotnoi sbalansyrovannosti syria, perspektyvnoho dlia proektyrovanyia produktov detskoho pytanyia s zadavaemoi pyshchevoi adekvatnostiu. [A formalized analysis of the amino and fatty acid balance of raw materials, promising for the design of baby food with a given food adequacy]. Khraneniye y pererabotka selkhozsyria. [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2001. 8. P. 11-14 [in Russian].
34. Pasychni V. 2004. Problema belka yly problema kachestva pyshchy. [Protein problem or food quality problem]. Miasnoi byznes. [Meat business]. 2 (1). S. 12-18 [in Russian].