

Н. В. Двінських, Н. В. Хохленкова, О. С. Калюжная, О. В. Філіпцова

Національний фармацевтичний університет Міністерства охорони здоров'я України

Амінокислоти з розгалуженим ланцюгом: аналіз ринку, використання та перспектив створення вітчизняних дієтичних добавок

Амінокислоти з розгалуженим ланцюгом (branched-chain amino acids, BCAA) є ключовими для м'язового метаболізму, відновлення та енергозабезпечення, що робить їх затребуваними у спортивному харчуванні та медицині. Інкапсуляція BCAA підвищує їхню стабільність і біодоступність. Актуальність створення вітчизняних конкурентоспроможних дієтичних добавок з BCAA зумовлена зростаючим попитом і перспективністю використання для медичної та спортивної практики.

Метою роботи було дослідити сучасний стан використання амінокислот з розгалуженим ланцюгом у світі та Україні, проаналізувати ринкові тенденції, сегментацію ринку за типом та формою продуктів на основі BCAA і технології інкапсуляції з метою обґрунтування перспектив створення вітчизняних конкурентоспроможних дієтичних добавок для спортивної, медичної практики та підтримки здоров'я.

Матеріали та методи. У дослідженні використано бібліосемантичний метод аналізу інформації з наукових публікацій, який комбіновано з іншими методами дослідження, такими, як порівняльний, логічний, маркетинговий та контент-аналіз. Огляд ринку BCAA проводили за даними з аналітичних звітів та досліджень, доступних онлайн. Асортиментний аналіз продуктів на основі BCAA проводився за даними відкритих джерел, зокрема офіційних сайтів виробників та маркет-плейсів. Пошук інформації здійснювався за ключовими словами: амінокислоти з розгалуженим ланцюгом, BCAA, вплив на здоров'я, дієтична добавка, добавки до раціону спортсменів, біодоступність, інкапсуляція тощо у пошуковій системі Google.

Результати та їхнє обговорення. Аналіз даних наукової літератури виявив, що BCAA є важливими біологічно активними речовинами, які широко використовуються у спортивній практиці, медицині і фармації. Лейцин, ізолейцин та валін впливають на метаболізм глюкози, імунітет, ліполіз, кардіометаболічне здоров'я та онкопроцеси. Ефективні у спортивному харчуванні, відновленні м'язів, профілактиці діабету, серцево-судинних захворювань, підтримці імунітету. Проаналізовані фізіологічні та метаболічні властивості BCAA, які доводять їхню перспективність для застосування як дієтичних добавок. З'ясовано, що ринок BCAA у світі має стабільний ріст з прогнозованим загальним річним темпом збільшення не менш ніж на 3,5 %. Наведено дані про структуру ринку продуктів за видом та співвідношенням амінокислот, за часткою продуктів для спортивної практики. Виявлено основні тенденції ринку продуктів з BCAA в Україні та у світі. Проаналізовано форми випуску продуктів з BCAA для спортивної практики. Виявлено, що найбільшою часткою є лікарські форми у вигляді порошків. Розглянуто аспекти технології інкапсуляції та обґрунтовано її перспективність для створення дієтичної добавки з BCAA.

Висновки. Наведені дослідження відкривають перспективи для розширення асортименту продуктів, що містять BCAA, зокрема за рахунок створення дієтичних добавок, призначених для використання у спортивній практиці та для підтримки здоров'я широкого кола споживачів.

Ключові слова: амінокислоти з розгалуженим ланцюгом; BCAA; дієтична добавка; добавки до раціону спортсменів; біодоступність; інкапсуляція.

N. V. Dvinskykh, N. V. Khokhlenkova, O. S. Kaliuzhnaia, O. V. Filiptsova

National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine

Branched-chain amino acids: market analysis, use and prospects for creating domestic dietary supplements

Branched-chain amino acids (BCAA) are key to the muscle metabolism, recovery, and energy supply, making them in demand in sports nutrition and medicine. The BCAA encapsulation increases their stability and bioavailability. The relevance of creating domestic competitive dietary supplements with BCAA is due to the growing demand and promising use for medical and sports practice.

Aim. To study the current state of the use of branched-chain amino acids in the world and Ukraine, analyze market trends, market segmentation by type and form of BCAA-based products and the encapsulation technology in order to substantiate the prospects for creating domestic competitive dietary supplements for sports, medical practice and health maintenance.

Materials and methods. The study used the bibliosemantic method of analyzing information from scientific publications, which is combined with other research methods, such as the comparative, logical, marketing and content analysis. The BCAA market review was conducted using data from analytical reports and research available online. The assortment analysis of BCAA-based products was conducted using data from open sources, in particular, official websites of manufacturers and market places. The information was searched using the following keywords: branched-chain amino acids, BCAA, health effects, dietary supplement, supplements to the diet of athletes, bioavailability, encapsulation, etc. in the Google search engine.

Results. The analysis of scientific literature data has shown that BCAAs are important biologically active substances that are widely used in sports practice, medicine and pharmacy. Leucine, isoleucine and valine affect glucose metabolism, immunity, lipolysis, cardiometabolic health and cancer processes. They are effective in sports nutrition, muscle recovery, prevention of diabetes, cardiovascular diseases, and immune support. The physiological and metabolic properties of BCAAs have been analyzed, which prove their prospects for use as dietary supplements. It has been found that the BCAA market in the world has stable growth with a projected total annual growth rate of at least 3.5 %. Data on the structure of the product market by type and ratio of amino acids, by the share of products for sports practice are presented. The main trends of the BCAA product market in Ukraine and the world have been identified. The release forms of BCAA products for sports practice have been analyzed. It has been found that the largest share is represented by dosage forms in the form of powders. Aspects of the encapsulation technology have been considered, and its prospects for creating a dietary supplement with BCAAs have been substantiated.

Conclusions. These studies open up prospects for expanding the range of products containing BCAAs, in particular by creating dietary supplements intended for use in sports practice and maintaining the health of a wide range of consumers.

Keywords: *branched-chain amino acids; BCAAs; dietary supplement; supplements to athletes' diets; bioavailability; encapsulation.*

Вступ. Амінокислоти з розгалуженим ланцюгом (branched-chain amino acids, BCAA) – лейцин (Leu), ізолейцин (Ile) і валін (Val) – є важливими поживними речовинами, які широко використовуються в харчовій, фармацевтичній, косметичній галузях та виробництві кормів для тварин [1-3].

BCAA є незамінними компонентами білкового обміну в організмі людини. Вони становлять близько 35 % білка м'язової тканини і виконують низку життєво важливих функцій, включаючи підтримку анаболізму, антикатаболічну дію та енергозабезпечення. BCAA активно метаболізуються саме в м'язах, а не в печінці, що робить їх особливо цінними для спортсменів, людей з підвищеними фізичними навантаженнями, а також у медичній практиці для прискорення відновлення після травм і хірургічних втручань.

Сучасні дослідження звертають увагу не лише на роль BCAAs у синтезі білка, але й на їхній вплив на регуляцію метаболізму, зокрема глюкози, а також потенційний вплив на імунну систему і стан центральної нервової системи. Останнім часом вивчається їхня роль у профілактиці та лікуванні різних метаболічних і хронічних захворювань, включаючи ожиріння, цукровий діабет та серцево-судинні хвороби.

Комплексна роль BCAAs в біологічних системах обумовлює стабільний попит на продукти з BCAAs, що, зі свого боку, сприяє росту та розвитку ринку BCAAs у світі [2-8]. За обсягами продажів лідерами є продукти для спортивного харчування та фітнесу, а також функціональні продукти харчування та напої [1-3].

Сучасний ринок спортивного харчування активно розвивається, попит на продукти з BCAAs зростає, що вимагає вдосконалення технологій виробництва та поліпшення якості кінцевих продуктів. Одним із перспективних напрямів є інкапсуляція BCAAs, що дозволяє підвищити їхню стабільність, біодоступність та забезпечити контрольоване вивільнення, а також покращує споживчі властивості продуктів.

Зважаючи на широкий спектр біологічних ефектів, зростаючий ринок та розвиток сучасних технологій щодо систем доставки біологічно активних речовин, створення конкурентоспроможних дієтичних

добавок на основі BCAAs є надзвичайно актуальним завданням як для науки, так і для практики.

Метою роботи було дослідити сучасний стан використання амінокислот з розгалуженим ланцюгом у світі та Україні, проаналізувати ринкові тенденції, сегментацію ринку за типом та формою продуктів на основі BCAAs і технології інкапсуляції з метою обґрунтування перспектив створення вітчизняних конкурентоспроможних дієтичних добавок для спортивно-медичної практики та підтримки здоров'я.

Матеріали та методи. У дослідженні використано бібліосемантичний метод аналізу інформації з наукових публікацій, який комбіновано з іншими методами дослідження, такими, як порівняльний, логічний, маркетинговий та контент-аналіз. Огляд ринку BCAAs проводили за даними з аналітичних звітів та досліджень, доступних онлайн [2, 9-15]. Асортиментний аналіз продуктів на основі BCAAs проводився за даними відкритих джерел, зокрема офіційних сайтів виробників та маркет-плейсів [16-20]. Пошук інформації здійснювався за ключовими словами: амінокислоти з розгалуженим ланцюгом, BCAAs, вплив на здоров'я, дієтична добавка, добавки до раціону спортсменів, біодоступність, інкапсуляція тощо у пошуковій системі Google.

Результати та їхнє обговорення. Незамінні амінокислоти з розгалуженим ланцюгом Leu, Ile і Val (всі в L-формі) складають близько 35 % всіх амінокислот м'язової тканини, беруть участь в анаболізмі та відновленні, мають антикатаболічну дію, забезпечують пластичним матеріалом і служать енергетичним субстратом, метаболізуючись у м'язах [4, 21, 22].

Складові комплексу BCAAs мають схожу будову молекул та подібні фізіологічні властивості, але вони мають і певні індивідуальні особливості.

Leu сприяє підтримці азотистої рівноваги в організмі, за низькокалорійної дієти забезпечує до 10 % енергії, що утворюється у разі інтенсивних фізичних навантажень, прискорює відновлення сполучних тканин та шкіри у разі спортивних травм, знижує масу жирових відкладень, підвищує витривалість організму, сприяє зміцненню центральної нервової системи, посилює секрецію інсуліну, який стимулює додатковий синтез білків і гальмує їхнє

побічне розщеплення. Leu причетний до утворення білка колагену, що забезпечує пружність шкіри, еластичність судин і зв'язок [4, 5, 7].

Ile бере участь у синтезі міофібрил м'язів, забезпечує біохімічні процеси утворення гемоглобіну та глікогену, сприяє розщепленню холестерину та полегшує почуття втоми м'язів у разі перенавантажень. Стан дефіциту Ile схожий на гіпоглікемію [4, 5, 7].

Val також є учасником процесів росту м'язових тканин, але, окрім цього, покращує координацію м'язів та знижує чутливість до болю, холоду та спеки. Він може бути джерелом енергії в м'язових клітинах і впливати на психічний стан людини. Це обумовлено тим, що Val перешкоджає зниженню рівня серотоніну в головному мозку [4, 5, 7].

Тобто, окрім участі у синтезі білків, кислоти ВСАА виконують й інші важливі функції, які відображені у табл. 1 [4-8, 16].

Останнім часом зростає кількість наукових досліджень, присвячених фізіологічним і метаболічним функціям ВСАА, та впливу на ці функції не лише їхньої кількості в організмі, а й співвідношення між Leu, Ile і Val.

Установлено, що як дефіцит, так і надлишок ВСАА в дієті впливають на ліполіз та ліпогенез. ВСАА, особливо Ile, є важливим для покращання метаболізму глюкози через стимуляцію її транспорту в кишечнику і м'язах. ВСАА збільшують секрецію інсуліну, але надмірні рівні амінокислот можуть спричинити інсулінорезистентність через порушення роботи мітохондрій або дисфункцію інсулінових рецепторів.

ВСАА сприяють амінокислотному транспорту в кишечнику, підтримують вироблення муцину і регулюють імунні реакції. Надмірний рівень ВСАА у крові може слугувати біомаркером для ранньої діагностики ожиріння, діабету та інших метаболічних захворювань [4, 5, 16, 21, 22].

ВСАА відіграють суперечливу роль за онкозахворювань: вони можуть як пригнічувати, так і стимулювати ріст пухлин залежно від умов і дозування.

Катаболізм ВСАА впливає на ріст пухлини, тому керований вплив на ферменти цього катаболізму для підтримки дієт, багатих на Leu, Ile і Val розглядають як потенційний терапевтичний підхід, який потребує додаткових досліджень [6].

Імунна система активно використовує ферменти катаболізму ВСАА для проліферації лімфоцитів і активації Т-клітин. Дефіцит ВСАА знижує імунітет, а їхнє додавання до раціону покращує функції нейтрофілів і клітин-кіллерів, підвищуючи опірність до інфекцій. ВСАА також забезпечують імунні клітини енергією і підтримують утворення прозапальних цитокінів [6, 7].

ВСАА можуть слугувати маркером кардіометаболічного ризику незалежно від ваги і статури. Підвищений рівень ВСАА, особливо Leu і Val, пов'язаний із ризиком серцево-судинних захворювань (ССЗ) і цукрового діабету 2 типу. Водночас раціон, збагачений ВСАА, має позитивний вплив на метаболізм. Вивчення впливу ВСАА на організм допомагає краще розуміти механізми атеросклерозу і може сприяти прогнозуванню та профілактиці ССЗ. Це відкриває нові можливості для підтримки здоров'я серця [8].

Отже, катаболізм і баланс ВСАА тісно пов'язані як зі здоров'ям, так і захворюваннями, що відображено на рис. 1.

Було встановлено, що ВСАА мають комплексний вплив на метаболізм, імунітет та розвиток низки захворювань, що робить їх перспективними для подальших досліджень і застосувань у медицині та спортивній практиці [4-7].

Стан ринку та галузі застосування ВСАА. У світі існує потужна індустрія виробництва продуктів з ВСАА, спрямованих на задоволення потреб спортсменів та інших стейкхолдерів. Це пояснюється тим, що люди в усьому світі, зокрема і в Україні, все більше прагнуть здорового способу життя, збільшується кількість оздоровчих клубів та фітнес-центрів, що призводить до появи нових споживачів та збільшення обсягів ринку [21-24].

Таблиця 1

Фізіологічна роль амінокислот ВСАА (Leu, Ile та Val)

Фізіологічна роль	Амінокислоти
Нормалізація обміну речовин	Leu, Ile, Val
Підвищення витривалості, працездатності	Leu, Ile, Val
Стимуляція процесів регенерації	Leu, Ile, Val
Участь у синтезі гемоглобіну	Leu, Ile
Участь в енергетичному обміні	Leu, Ile
Регуляція рівня цукру	Leu, Ile
Попередження утворення жирових відкладень і участь в їхньому розщепленні	Leu, Ile
Зміцнення імунітету	Leu, Ile
Регуляція рівня холестерину	Ile
Поліпшення секреції інсуліну	Leu
Стимуляція вироблення гормону росту (соматотропіну)	Val
Стабілізація психоемоційної сфери, профілактика депресій	Val
Зниження апетиту	Val

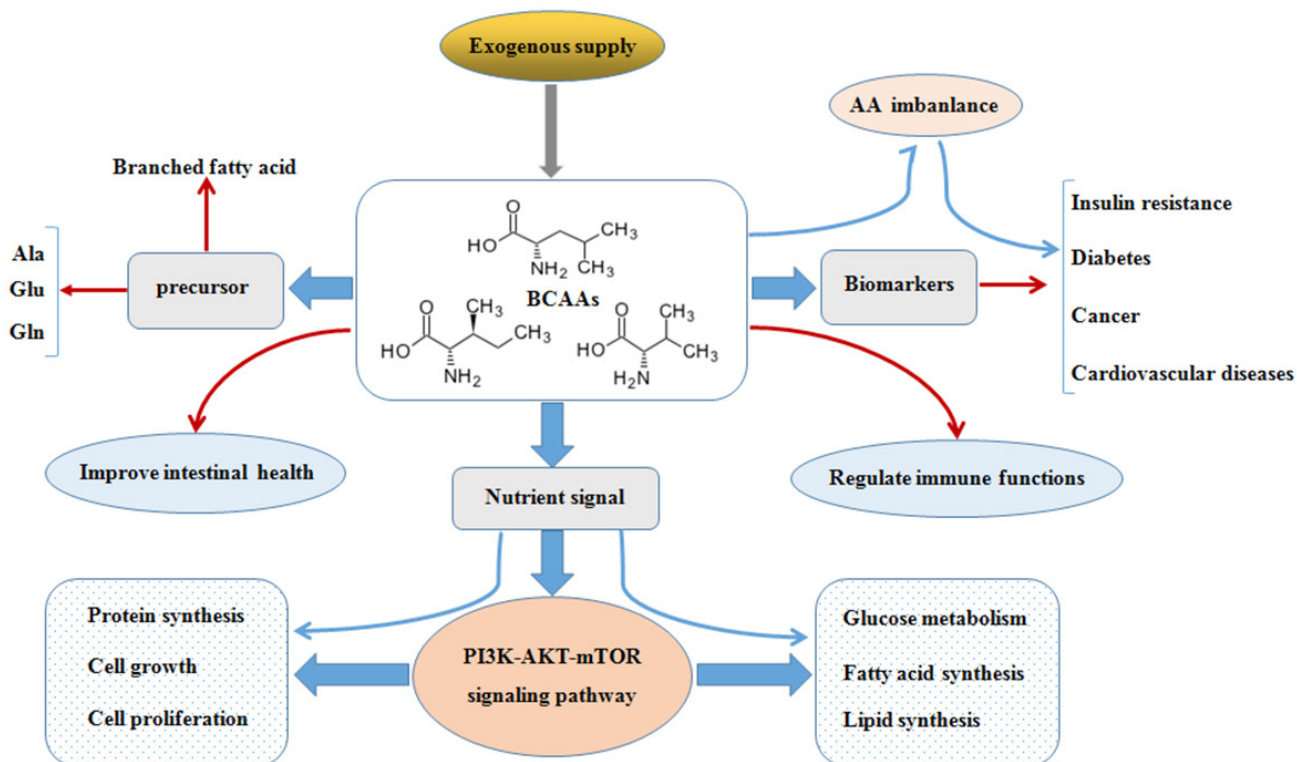


Рис. 1. Фізіологічна та метаболічна роль амінокислот BCAA [7]

Розмір світового ринку BCAA за аналітичними звітами на різних платформах стабільно зростає через збільшення обсягу продажів, кількості гравців галузі та користувачів, частки онлайн-торгівлі в загальному обсязі роздрібної торгівлі, еволюціонує під впливом трендів персоналізації добавок, інтеграції в косметичку та фармацію тощо. У табл. 2 наведено дані кількох аналітичних звітів щодо розмірів ринку BCAA та прогнозів його зростання за сукупним середньорічним темпом зростання (CAGR). Варіації в оцінках пов'язані з охопленням категорій товарів: спортивне харчування та фітнес, продукти харчування та напої, корми для тварин, фармацевтичні препарати та косметика, а також засоби особистої гігієни [2, 3, 9-15].

Наведені в табл. 2 фактичні та прогнозовані дані про розміри світового ринку BCAA, про сукупний середньорічний темп зростання (від 3,5 до 7,79 %) свідчать про стабільне розширення ринку, а отже, про його перспективність.

Навіть під час пандемії COVID-19 інтерес споживачів до дієтичних добавок з BCAA зростає через підвищення уваги до здоров'я та імунітету, незважаючи на такі проблеми для виробників, як нестабільність у постачаннях сировини і транспортуванні продуктів [2].

Однак загальна стійкість індустрії здоров'я та фітнесу й адаптивність до перешкод, які виникають, дозволили ринку їх витримати, тому що здоров'я є пріоритетом для споживачів у всьому світі.

Таблиця 2

Аналіз розмірів світового ринку BCAA та прогнозів його зростання

Джерело	Розмір за фактом, млрд USD (рік)	Прогноз на 2025 р., млрд USD	Довгостроковий прогноз, млрд USD (рік)	CAGR, %
Global Market Insights [2]	1,45 (2022)	1,79*	2,60 (2032)	5,8 (2023-2032)
Business Research Insights [9]	0,28* (2024)	0,292	0,415 (2034)	4,49 (2025-2034)
SkyQuest [10]	9,1 (2023)	10,48*	17,16 (2032)	7,3 (2025-2032)
Market Data Forecast [11]	1,61 (2024)	1,7	2,63 (2033)	5,6 (2025-2033)
DataIntel [12]	1,32 (2023)	1,49*	2,26 (2032)	6,1 (2024-2032)
Custom Market Insights [13]	1,79 (2024)	1,88	3,16 (2034)	5,94 (2025-2034)
Valuates Reports [14]	0,264 (2024)	0,273*	0,335 (2031)	3,5 (2025-2031)
Orion Market Research (openPR) [15]	1,8 (2023)	2,1*	3,49 (2030)	7,79 (2024-2032)

Примітка. * – лінійно екстрапольовані дані.

Стосовно ринкових часток Val, Leu та Ile, вони становлять 48, 34 та 18 % відповідно [1]. За іншими даними, сегмент Leu домінував у проаналізованому сегменті світового ринку з обсягом продаж 652,7 млн доларів США. Лейцин вважається найважливішим із ВСАА через його основну роль у стимулюванні процесів відновлення та росту м'язів [2].

Здебільшого для ініціації синтезу м'язового білка, збільшення енергії та зменшення втоми переважає споживання Leu, Ile і Val у співвідношенні 2:1:1 (87,1 % світового ринку) [1, 2, 14]. В аналітичних звітах ринок ВСАА сегментують за типом на 2:1:1 та інші – 4:1:1, 8:1:1 тощо [9, 14].

Сегмент ринку ВСАА за застосуванням здебільшого позначають як спортивне харчування, фармацевтичні препарати тощо. Інші, за різними джерелами, містять продукти харчування та напої, харчові добавки, корми для тварин, нутрицевтики, косметику та засоби особистої гігієни. Спортивне харчування є основним застосуванням ВСАА з часткою ринку від 65 до 93 % за обсягом споживання [9-15].

Структуру ринку ВСАА за типом та застосуванням зображено на рис. 2.

Основні тенденції ринку продуктів з додаванням ВСАА містять:

- зростання популярності дієтичних добавок з цими амінокислотами для веганів і вегетаріанців;
- збільшення частки збагачених Leu, Ile, Val дієтичних добавок у вигляді функціональних продуктів харчування та напоїв (наприклад, протеїнові батончики та спортивні напої);
- збільшення частки інноваційних дієтичних добавок на нетрадиційних видах сировини (рослинні ферментовані напої, продукти на основі висушеної молочної сироватки тощо);
- розширення смакової палітри відомих продуктів з ВСАА;
- розширення кола споживачів шляхом підвищення обізнаності про ВСАА для спортивного відновлення та збереження м'язової маси людей похилого віку;

- постійне розширення ринку у відповідь на зміну споживчих уподобань і ріст кількості прихильників здорового способу життя [1, 2, 4, 8, 21, 22].

Використання ВСАА у спортивній практиці.

Дослідженнями фахівців-фізіологів було виявлено, а тренерами на практиці підтверджено позитивний вплив на організм спортсменів додаткового споживання продуктів з ВСАА, які прискорювали відновлення у періоди інтенсивних тренувань та постанавтанжувальних травм за рахунок зниження руйнування м'язового білка [16, 21, 22].

У цілому найголовнішими для спортсменів є три функції Leu, Ile, Val: анаболічна, антикатаболічна, енергозабезпечувальна.

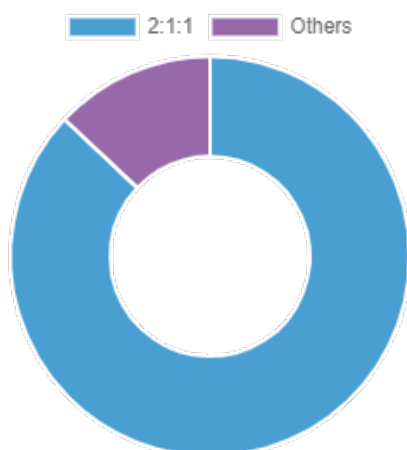
ВСАА потрібні організму для нормального функціонування тому, що з них на третину (до 35 %) складається білок м'язів. Leu бере участь у синтезі колагену, необхідного для здоров'я опорно-рухового апарату, Val відіграє роль у виробленні гормонів соматотропіну і тестостерону, які потрібні для нарощування м'язів.

Підвищені фізичні та емоційні навантаження, і не лише у професійному спорті, провокують утворення гормонів стресу: вдень виробляється у великих кількостях адреналін, концентрація кортизолу збільшується під час сну, а до ранку стає піковою. У такій ситуації м'язи починають руйнуватися, щоб забезпечити організм вуглеводами і амінокислотами, а саме ВСАА, за рахунок власних ресурсів. ВСАА допомагають швидко заповнити дефіцит найважливіших для м'язів речовин і попереджають м'язовий катаболізм.

ВСАА сприяють виробленню інсуліну, що сприяє швидкому засвоєнню амінокислот [16, 21, 22].

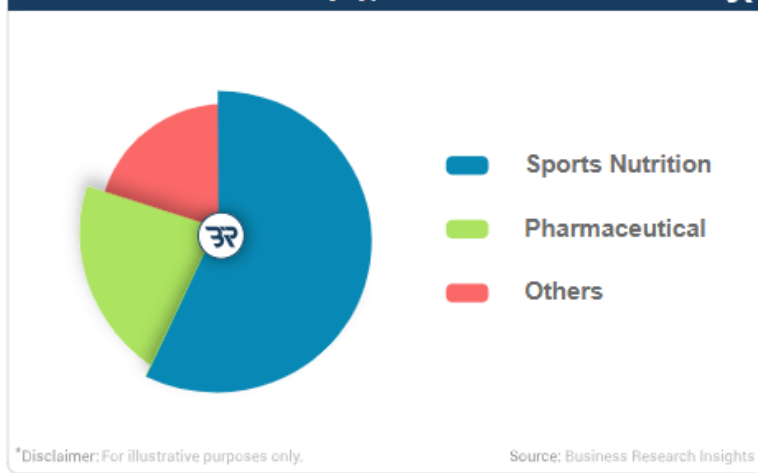
Є ще один істотний аспект: катаболізм більшості амінокислот та виділення при цьому енергії відбуваються в печінці, а Leu, Ile, Val розщеплюються здебільшого в м'язах. Це і є основою того, що саме вони забезпечують «цеглинками» для синтезу білка та енергією ті органи, які найбільше цього потребують у разі фізичних навантажень, недостатнього

BCAA Market share by segment type



А

Global BCAA Market Share, By Type, 2034



Б

Рис. 2. Структура ринку ВСАА за типом (А) [14] та за застосуванням (Б) [9]

харчування та стресів. Тому ВСАА і позиціонують як цільові амінокислоти для м'язів [16, 23, 24].

Вітчизняний ринок продуктів спортивного харчування представлений переважно продуктами закордонного виробництва. Згідно з дослідженням Euro-monitor International найбільшу частку займає продукція американської компанії «Optimum Nutrition», на другому місці – польська компанія «Olimp Labs Sport Nutrition» [25].

Лідерами з-поміж виробників на світовому ринку продуктів для спортивної практики та оздоровлення є Китай (34 % світового ринку) та Японія (25 %), за ними – США, Європа. А споживання ВСАА зосереджено здебільшого у США та Європі (разом 57 % ринку). Такі транснаціональні корпорації, як «Ajinomoto», «Kyowa Hakko», «Evonik», «Fufeng Group» та «Luzhou» займають близько 73 % світового ринку виробництва. А виробництво «Ajinomoto» займає близько 37 %, постачаючи сировину для добавок ВСАА десяткам компаній у США та Європі. З-поміж інших відомих компаній – «Glanbia Plc» (Ірландія), «MusclePharm Corp» (США), «The Hut Group Ltd» (Великобританія), «The Nature's Bounty Co» (США), «Clif Bar&Co» (США), «Hormel Foods Corp» (США), «General Nutrition Centers Inc» (США) та ін. [9-15, 25].

Розповсюдженість імпоротної продукції на світовому та вітчизняному ринках пояснюється тим, що вітчизняне виробництво цієї категорії продуктів майже не розвивається, незважаючи на досить значні обсяги сировини та технологічну базу.

Із вітчизняних виробників на ринку присутні компанії «Вітапак» (ТМ «Power Pro»), «ДелМас» (ТМ «Вансітон»), «EXTREMAL» та «Інтерхім» (ТМ «SMARTPIT») [16, 23, 25].

У табл. 3 наведено аналіз продуктів з ВСАА, що присутні на ринку України.

Аналіз показав присутність на ринку широкого асортименту продуктів з різним співвідношенням Leu, Ile, Val, розміром порції на 1 прийом, наявністю інших компонентів тощо. Як активні додають в основному вітаміни та інші амінокислоти та їхні похідні, доцільні для комбінування з ВСАА. Склад та кількість допоміжних компонентів обумовлені різноманіттям споживчих форм продукту, потребою у маскуванні неприємного смаку ВСАА, сприянні біодоступності активних речовин, покращанні споживчих властивостей, подовженні терміну придатності тощо.

З даних, наведених у табл. 3, видно, що з-поміж форм продуктів з ВСАА наявні такі: порошки, капсули, таблетки, рідкі форми, жувальні пастилки або цукерки. Переважно значну частину з-поміж форм, представлених на ринку, займають порошки. Це обумовлено тим, що порошок забезпечує більшу гнучкість у дозуванні, зазвичай швидше засвоюється організмом порівняно з капсулами або таблетками, що є особливою перевагою для тих, хто споживає амінокислоти до, під час або після тренувань для підтримки відновлення м'язів і продуктивності [2, 4].

Для визначення статусу цих продуктів нами розглянуто нові вимоги до дієтичних добавок, які оприлюднено в новому Законі України від 05.12.2024 р. № 4122-IX «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення регулювання виробництва та обігу дієтичних добавок, врегулювання інших питань у сфері охорони здоров'я» (набув чинності 27.09.2025 р.) [26]. У документі визначено чіткі механізми введення дієтичних добавок в обіг, встановлено спеціальні вимоги до них та посилено відповідальність за порушення законодавства щодо безпечності харчових продуктів.

Новим законом встановлено нове визначення дієтичної добавки, яке повністю відповідає визначенню в європейському законодавстві:

Дієтична добавка – харчовий продукт, що:

- призначений для споживання в невеликих визначених кількостях як доповнення до звичайного раціону, окремо або в комбінації з іншими харчовими продуктами;
- є концентрованим джерелом вітамінів, мінеральних речовин або інших речовин із поживним чи фізіологічним ефектом;
- реалізується дозовано як фасований харчовий продукт у формі капсул, пастилок, пігулок, саше, ампул з рідинами, пляшок для крапельного дозування чи в інших схожих формах рідин та/або порошків.

Державна фармакопея України [27] містить загальну монографію «Дієтичні добавки^N», в якій наведено визначення для цього харчового продукту, що не має суттєвих відмінностей від оприлюдненого в законі [26].

Згідно з Гігієнічними вимогами до дієтичних добавок, затвердженими Наказом МОЗ України 19.12.2013 р. № 1114, які не втратили чинність, та з монографією ДФУ дієтичні добавки можуть містити широкий спектр поживних речовин та інших інгредієнтів, зокрема вітаміни, мінерали, амінокислоти, клітковину, рослинну сировину, лікарську рослинну сировину, екстракти з рослинних і тваринних матеріалів, рослинні олії, живі мікроорганізми тощо [28].

Отже, зазначені продукти для спортивної практики та оздоровлення з вмістом ВСАА можна віднести до «дієтичних добавок».

Перспективи створення дієтичної добавки на основі ВСАА. Ціла низка спеціалізованих продуктів спортивного харчування із вмістом ВСАА можна повною мірою віднести до високотехнологічних об'єктів. Вони створюються з урахуванням багаторічних досліджень та досягнень фахівців різного профілю, здебільшого біотехнологів.

Сучасні виробники функціональних продуктів, дієтичних добавок, лікарських препаратів постійно запроваджують нові технології виробництва, основним завданням яких є забезпечення безпеки, підвищення ефективності та споживчих характеристик продуктів. Одним зі способів підвищення ефективності та біодоступності є застосування інноваційних способів доставляння.

Таблиця 3

Аналіз продуктів з BCAA на ринку України [16-19, 22, 25]

Назва	Склад	Leu:Ile:Val / форма випуску	Виробник
EXTRA PURE BCAA 2:1:1	Leu, Ile, Val	2:1:1 / порошки	OstroVit, Польща
Gold Standard BCAA Train Sustain	Leu, Ile, Val, соєвий лецитин, кислоти: лимонна, яблучна, винна; ароматизатор, дріжджі, бета-глюкан (Wellmune®), екстракт <i>Rhodiola Rosea</i> , агенти проти злежування (діоксид кремнію, силікат кальцію), хлориди натрію та калію, оксид магнію, підсолоджувач (сукралоза), аскорбінова кислота	2:1:1 / порошки	Optimum Nutrition, США
BCAA 4:1:1	Leu, Ile, Val, смакові добавки / без добавок	4:1:1 / порошки	GymBeam, Німеччина
BCAA Xtend	Leu, Ile, Val, глютамін, цитрулін малат, суміш електролітів, вітамін B ₆ , лимонна кислота, натуральні і штучні ароматизатори, ацесульфам калію, сукралоза	2:1:1 / порошки	Xtend, Нідерланди
Амінокислоти BCAA 1000 XXL	Leu, Ile, Val, мікрокристалічна целюлоза, кукурудзяний крохмаль, желатин, діоксид кремнію	2:1:1 / таблетки	ActivLab, Польща
BCAA Ethyl Ester	Stacker BCAA-EE3 Complex (Leu етиловий ефір HCl, Ile етиловий ефір HCl, Val етиловий ефір HCl), капсула Softgel (целюлоза, чорний оксид заліза)	2:1:1 / капсули	Stacker2, США
BCAA MEGA CAPS 1100	1 порція (3 капс.): Leu 1,650 г (43 %), Val 0,83 г (21,5 %), Ile 0,83 г (21,5 %), емульгатор соєвий лецитин, регулятор кислотності лимонна кислота; загусник ксантанова камедь; 0,02 % вітаміну B ₆ (піридоксин гідрохлорид), капсула (желатин, колір: E 171)	2:1:1 / капсули	Olimp Labs Sport Nutrition
BCAA Liquid	Leu, Ile, Val, вода, регулятор кислотності лимонна кислота, апельсинова емульсія (аромат, барвники E 104, E 110), консерванти сорбінова кислота і бензоат натрію, підсолоджувачі неогесперидин DC, цикламат натрію, ацесульфам K, сахароза, вітамін B ₆	1:1,4:3,3 / напій	Nutrend, Чехія
BCAA 8:1:1 ZERO	Leu 59 %, по 7,4 % Ile та Val, кислота лимонна, тартрат калію, підсолоджувач, сіль, барвник, піногасники	8:1:1 / порошки	Bio Tech, USA
BCAA 2-1-1	В 100 г: Leu 50 г, Ile 25 г, Val 24,95 г, сукралоза, барвник натурального походження, вітаміни, мг: PP – 5,4, C – 18, E – 3, B ₅ – 1,8, B ₁ – 0,42, B ₆ – 0,6; мкг: B ₇ – 45, B ₁₂ – 0,3, B ₉ – 0,6	2:1:1 / порошки	POWER PRO, Україна
Juiced Aminos Universal Nutrition Animal	В 1 цукерці: Leu, Ile, Val (500 мг), L-Глютамін – 22,75 мг, L-таурин – 250 мг, морська сіль – 25 мг, допоміжні: цукор, мальтодекстрин, лимонна кислота, стеаринова кислота, магнію стеарат, барвник натуральний, сукралоза, ацесульфам K	2:1:1 / жувальні цукерки	ANIMAL OT UNIVERSAL, США

Одним з найбільш перспективних способів доставляння біологічно активних речовин є інкапсуляція в оболонку. Технології інкапсуляції мають багату історію і широко застосовуються у фармацевтичній, хімічній, харчовій промисловості, сільському господарстві та інших галузях. Деякі з цих технологій можна використовувати для отримання твердих порошкоподібних форм лікарських засобів, дієтичних добавок та функціональних харчових продуктів [20, 29-32].

Інкапсуляція (від лат. *Capsula* – коробка) – це технологія, за якої активна речовина поміщається всередину захисної речовини. Активну речовину називають ядром або корисним навантаженням, а захисну – носієм, оболонкою, матрицею, інкапсулянтотом тощо [31].

Інкапсуляція активних речовин проводиться з метою:

- захисту нестабільних сполук (вітамінів, антибіотиків, ферментів, вакцин, сироваток тощо) від впливу шкідливих факторів навколишнього середовища;
- поєднання речовин, несумісних між собою, в одному засобі;
- маскування смаку гірких речовин;
- підвищення біодоступності нерозчинних речовин через збільшення дисперсності часток, забезпечення більшої площі поверхні, що сприяє їхньому розчиненню у середовищах організму;
- переведення рідин і газів у псевдотвердий стан, тобто у сипку масу, що складається з мікрокапсул, наповнених рідкими або газоподібними лікарськими речовинами;

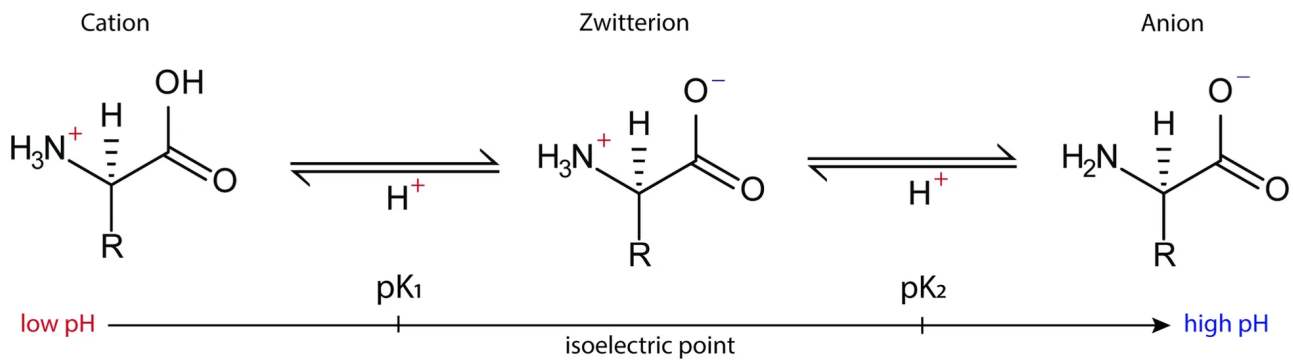


Рис. 3. Іонні форми амінокислот та їхні перетворення залежно від pH [4]

- забезпечення вивільнення активної речовини на певній ділянці шлунково-кишкового тракту (кишкові мікрокапсули);

- забезпечення тривалої дії препарату, а саме підтримання певного рівня активного компонента в організмі та його ефективний профілактичний, функціональний або терапевтичний ефект протягом тривалого часу завдяки повільному вивільненню малих доз активного компонента;

- полегшення ковтання тощо [20, 29-32].

У фармацевтичній промисловості відомі процеси інкапсуляції у великі желатинові капсули та процеси нано/мікрокапсуляції, які дозволяють отримати капсули, розміри яких вимірюють у нано- та мікрометрах. Нанокapsули переважають завдяки більшій площі поверхні, що сприяє кращій біодоступності та розчинності біоактивних компонентів.

Матриця повинна мати певні характеристики залежно від мети інкапсулювання, технології завантаження активної речовини та її фізико-хімічних властивостей. Загальні характеристики компонентів матриці зазвичай полягають у тому, що вони не реагують з активною речовиною, розчиняються в певному відділі ШКТ, стійкі до впливу pH середовища, підвищеної температури, до інших речовин середовища, в яке вони потрапляють під час приготування та споживання форми лікарського засобу або дієтичної добавки [20, 29-32].

Як складові компоненти матриці використовують вуглеводні полімери, білки, ліпіди та інші органічні та неорганічні матеріали. Переважно це декстрини, камеді, крохмаль, похідні целюлози, полісахариди з такими вільними карбоксильними групами, як альгінова кислота. Перспективним є використання сироваткових білків та казеїну в комбінації з ліпідними та вуглеводними біополімерами. Деякі дослідники як компоненти матриці позиціонують тверді ліпідні наночастинки та наноструктуровані ліпідні носії [29, 31, 32].

На користь використання технології інкапсулювання для отримання дієтичних добавок з ВСАА може слугувати те, що амінокислоти Ile та Leu мають помірну розчинність у воді. Як і в інших амінокислотах, їхня розчинність залежить від pH і є мінімальною у воді поблизу їхньої ізоелектричної точки, коли молекула є електронейтральною або цвіттер-іоном

і максимальною за кислих або лужних значень pH через утворення катіонної або аніонної форми амінокислоти (рис. 3) [4].

Розуміння такої залежності розчинності амінокислот від pH є важливим для розробки технологічного процесу отримання дієтичної добавки з ВСАА та визначення форми готового продукту, оскільки помірна розчинність двох амінокислот комплексу ускладнює отримання таких продуктів у рідких формах. Тому більшу частину продуктів з ВСАА випускають у порошкоподібних формах, капсулах та таблетках.

Але біодоступність амінокислот у нерозчинному стані менша, ніж в розчинному, тому багато досліджень спрямовані на розроблення наносуспензій, комплексів з біополімерами для покращання сольобілізації ВСАА, синтез водорозчинних похідних Ile, Leu і Val для підвищення біодоступності [4, 5, 17-19].

Біотехнологічною компанією «Xi'an Healthful Biotechnology Co., Ltd» (Китай) запатентовано інноваційну технологію мікроінкапсулювання, за якою виробляють низку інкапсульованих біологічно активних речовин, зокрема комплекс ВСАА з повільним вивільненням. Дослідження фармакокінетики продукту виявили, що 40 % ВСАА виділяється в шлунковий сік за 4 години, а 40 % виділяється в кишковий сік ще через 4 години, загалом за 8 годин вивільнюється до 80,2 % інкапсульованих амінокислот [20].

Отже, на підставі проведено аналізу даних наукової літератури нами запропоновано використання технології інкапсулювання для отримання дієтичної добавки з ВСАА, що забезпечить їхнє повільне вивільнення, однорідність розміру частинок, задовільну плинність, маскування гіркого смаку ВСАА.

Висновки та перспективи подальших досліджень. З'ясовано, що ВСАА є важливими біологічно активними речовинами, які широко використовуються у спортивній практиці, медицині та фармації. Проаналізовані фізіологічні та метаболічні функції ВСАА доводять їхню перспективність для подальших досліджень. Проведений аналіз стану ринку ВСАА виявив стабільне зростання його розміру у світі та невикористаний потенціал на вітчизняному ринку. Сформульовано тенденції розвитку для продуктів з додаванням ВСАА. Проаналізовано форми випуску добавок дієтичних з ВСАА для спортивної практики, обґрунтовано перспективність технології

інкапсуляції для створення вітчизняної дієтичної добавки з ВСАА.

Наведені дослідження відкривають перспективи для розширення асортименту продуктів, що містять

ВСАА, на ринку України за рахунок створення вітчизняних конкурентоспроможних дієтичних добавок, доступних для широкого кола зацікавлених споживачів.

Конфлікт інтересів: відсутній.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Metabolic engineering of *Corynebacterium glutamicum* for producing branched chain amino acids / S. Yu et al. *Microbial. Cell. Factories*. 2021. Vol. 20(1). P. 230. DOI: 10.1186/s12934-021-01721-0.
2. Branched Chain Amino Acids Market Size, Forecasts Report 2032. *Global Market Insights Inc.* URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/branched-chain-amino-acids-market> (Date of access: 15.10.2025).
3. Microbial production of branched chain amino acids: Advances and perspectives / Y. Hao et al. *Bioresource Technology*. 2024. Vol. 397. P. 130502. DOI: 10.1016/j.biortech.2024.130502.
4. Reifenberg P., Zimmer A. Branched-chain amino acids: physico-chemical properties, industrial synthesis and role in signaling, metabolism and energy production. *Amino Acids*. 2024. Vol. 56(51). P. 1–27. DOI: 10.1007/s00726-024-03417-2.
5. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review / S. Zhang et al. *J. Animal Sci. Biotechnol.* 2017. Vol. 23(8). P. 10. DOI: 10.1186/s40104-016-0139-z.
6. Branched-chain amino acids catabolism and cancer progression: focus on therapeutic interventions / E. Xu et al. *Frontiers in Oncology*. 2023. Vol. 10(13). P. 1220638. DOI: 10.3389/fonc.2023.1220638.
7. Branched Chain Amino Acids: Beyond Nutrition Metabolism / C. Nie et al. *Int. J. Mol. Sci.* 2018. Vol. 19(4). P. 954. DOI: 10.3390/ijms19040954.
8. Microbial Production of Amino Acids and Their Applications in Health and Nutrition Sectors / A. Agrawal et al. *Microbial Products for Health and Nutrition*. Singapore : Springer, 2024. P. 305–313. DOI: 10.1007/978-981-97-4235-6_13.
9. BCAA market size, share, growth, and industry analysis, by type (2:1:1 and others), by application (sports nutrition, pharmaceutical, and others), regional insights and forecast from 2025 to 2034. *Business Research Insights*. 2025, October 13. URL: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/bcaa-market-100303> (Date of access: 15.10.2025).
10. Branch chain amino acid (BCAA) market size, share, and growth analysis. *SkyQuest*. 2024, December. URL: <https://www.skyquestt.com/report/branch-chain-amino-acid-market> (Date of access: 15.10.2025).
11. Global branched-chain amino acids market size, share, trends growth forecast report by type, application, and region (North America, Europe, Asia-Pacific, Latin America, Middle East and Africa), industry analysis from 2025 to 2033. *Market Data Forecast*. 2025, March. URL: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/branched-chain-amino-acids-market> (Date of access: 15.10.2025).
12. BCAA market: Segments – by product form (powder, capsule, tablet, liquid), application (sports nutrition, dietary supplements, pharmaceuticals, animal feed, and others), distribution channel (online stores, supermarkets/hypermarkets, specialty stores, and others), end-user (athletes, bodybuilders, general population, and others), and region (Asia Pacific, North America, Latin America, Europe, and Middle East & Africa) – global industry analysis, growth, share, size, trends, and forecast 2025–2033. *DataIntel*. 2024, September 23. URL: <https://dataintel.com/report/global-bcaa-market> (Date of access: 15.10.2025).
13. Branched Chain Amino Acid (BCAA) Market Overview. *Custom Market Insights*. October 29, 2025. URL: <https://www.custommarketinsights.com/report/branched-chain-amino-acid-bcaa-market/> (Date of access: 15.10.2025).
14. Global BCAA market size, manufacturers, supply chain, sales channel and clients, 2025-2031. *Valuates Reports*. 2025, May. URL: <https://reports.valuates.com/market-reports/QYRE-Auto-23P11858/global-bcaa> (Date of access: 15.10.2025).
15. BCAA supplements market 2025–2032 revolutionary insights into trends, dynamics, growth, future challenges, strategies. *Orion Market Research*. 2025, March 6. URL: <https://www.openpr.com/news/3901533/bcaa-supplements-market-2025-2032-revolutionary-insights-into> (Date of access: 15.10.2025).
16. ВСАА. Що це за амінокислоти, для чого ВСАА і як їх приймати. *Belok*. URL: <https://belok.ua/ua/blog/bcaa-cto-eto-za-aminokisloty-dlya-chego-bcaa-i-kak-ih-prinimat/> (дата звернення: 15.10.2025).
17. ВСАА. *ГутБіат для кожного виду спорту*. URL: <http://surl.li/ullule> (дата звернення: 15.10.2025).
18. Спортивне харчування. *Mordex. Все для Фітнесу та Бодібілдингу*. URL: <https://mordex.net/ua/sportivnoe-pitanie/> (дата звернення: 15.10.2025).
19. ВСАА. *Sport Havka*. URL: <http://surl.li/wrewvp> (дата звернення: 15.10.2025).
20. Slow Release BCAA. Natural Vitamin E, Micro-Encapsulated Powders, Phytosterol Ester, Fat Soluble Vitamins, Omega-3. Powder Factory, Supplier and Producer – Xi'an Healthful Biotechnology. URL: <https://www.hsfbiochem.com/solipro-micro-encapsulated-solid-powder/sustained-release-bcaa.html> (Date of access: 15.10.2025).
21. Основи спортивного харчування : навч.-метод. посіб. / уклад.: П. І. Горюк, А. В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2018. 74 с.
22. Чхайло М. Б. Перспективи використання дієтичних добавок у спортивній практиці. *Олімпійський та паралімпійський спорт*. 2023. № 1. С. 33–37.
23. Питульська Н. В., Кошельник А. В. Аналіз асортименту дієтичних добавок для відновлення спортсменів. *Мережевий бізнес: становлення, проблеми, інновації* : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Полтава, 27-28 квіт. 2017 р. Полтава : ПУЕТ, 2017. С. 48–51.
24. Пономарьов В. О., Царенко К. В., Булах С. М. Спортивно-педагогічне вдосконалення : метод. рек. до самостійної роботи для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спец. «Фізична культура і спорт» освітньо-професійної програми «Спорт». Запоріжжя : Запорізький нац. ун-т, 2024. 86 с.
25. Питульська Н. В., Кошельник А. В. Асортиментна політика виробників спортивного харчування в Україні та світі. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2018. № 20. С. 41–47.

26. Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення регулювання виробництва та обігу дієтичних добавок, врегулювання інших питань у сфері охорони здоров'я : Закон України від 05.12.2024 р. № 4122-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2025. № 19. Ст. 64. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4122-20#Text> (дата звернення: 15.10.2025).
27. Державна Фармакопея України. Доповнення 4 / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-ге вид. Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2020. 600 с.
28. Про затвердження Гігієнічних вимог до дієтичних добавок : Наказ МОЗ України від 19.12.2013 р. № 1114. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2231-13#Text> (дата звернення: 15.10.2025).
29. Сахно Т. В., Іргібаєва І. С., Барашков М. М. Дослідження біорозкладних полімерів для використання в молочній та харчовій промисловості. *Інноваційні аспекти систем безпеки праці, захисту інтелектуальної власності* : зб. матеріалів VII Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., м. Полтава, 24-25 берез. 2022 р. Полтава : ПДАУ, 2022. С. 98–101. URL: <https://repository.pdmu.edu.ua/handle/123456789/20166> (дата звернення: 15.10.2025).
30. Інкапсулятори. *Donau Lab Ukraine*. URL: <https://dlu.com.ua/Інкапсулятори> (дата звернення: 15.10.2025).
31. Gruskiene R., Bockuviene A., Sereikaite J. Microencapsulation of Bioactive Ingredients for Their Delivery into Fermented Milk Products: A Review. *Molecules*. 2021. Vol. 26(15). P. 4601. DOI: 10.3390/molecules26154601.
32. Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters / M. R. I. Shishir et al. *Trends in Food Science Technology*. 2018. Vol. 78. P. 34–60. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.05.018.

REFERENCES

1. Yu, S., Zheng, B., Chen, Z., & Huo, Yi-Xin. (2021). Metabolic engineering of *Corynebacterium glutamicum* for producing branched chain amino acids. *Microbial Cell Factories*, 20(1), 230. <http://doi.org/10.1186/s12934-021-01721-0>
2. *Branched Chain Amino Acids Market Size, Forecasts Report 2032*. Global Market Insights Inc. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/branched-chain-amino-acids-market>
3. Hao, Y., Pan, X., You, J., Li, G., Xu, M., & Rao, Z. (2024). Microbial production of branched chain amino acids: Advances and perspectives. *Bioresource Technology*, 397, 130502. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130502>
4. Reifenberg, P., & Zimmer, A. (2024). Branched-chain amino acids: physico-chemical properties, industrial synthesis and role in signaling, metabolism and energy production. *Amino Acids*, 56(51), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s00726-024-03417-2>
5. Zhang, S., Zeng, X., Ren, M., Mao, X., & Qiao, S. (2017). Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review. *J. Animal Sci. Biotechnol.*, 23(8), 10. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0139-z>
6. Xu, E., Ji, B., Jin, K., & Chen, Y. (2023). Branched-chain amino acids catabolism and cancer progression: focus on therapeutic interventions. *Frontiers in Oncology*, 10(13), 1220638. <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1220638>
7. Nie, C., He, T., Zhang, W., Zhang, G., & Ma, X. (2018). Branched Chain Amino Acids: Beyond Nutrition Metabolism. *Int. J. Mol. Sci.*, 19(4), 954. <http://doi.org/10.3390/ijms19040954>
8. Agrawal, A., Maharana, J. K., Mohanty, A., & Patel, A. K. (2024). Microbial Production of Amino Acids and Their Applications in Health and Nutrition Sectors. In V. Kothari, S. Ray, & P. Kumar (Eds.), *Microbial Products for Health and Nutrition* (p. 305–313). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-4235-6_13
9. *BCAA market size, share, growth, and industry analysis, by type (2:1:1 and others), by application (sports nutrition, pharmaceutical, and others), regional insights and forecast from 2025 to 2034*. (2025, October 13). Business Research Insights. <https://www.business-researchinsights.com/market-reports/bcaa-market-100303>
10. *Branch chain amino acid (BCAA) market size, share, and growth analysis*. (2024, December). SkyQuest Technology <https://www.skyquestt.com/report/branch-chain-amino-acid-market>
11. *Global branched-chain amino acids market size, share, trends growth forecast report by type, application, and region (North America, Europe, Asia-Pacific, Latin America, Middle East and Africa), industry analysis from 2025 to 2033*. (2025, March). Market Data Forecast. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/branched-chain-amino-acids-market>
12. *BCAA market: Segments – by product form (powder, capsule, tablet, liquid), application (sports nutrition, dietary supplements, pharmaceuticals, animal feed, and others), distribution channel (online stores, supermarkets/hypermarkets, specialty stores, and others), end-user (athletes, bodybuilders, general population, and others), and region (Asia Pacific, North America, Latin America, Europe, and Middle East & Africa) – global industry analysis, growth, share, size, trends, and forecast 2025–2033*. (2024, September 23). DataIntel. <https://dataintel.com/report/global-bcaa-market>
13. *Branched chain amino acid (BCAA) market*. (2025, October 29). Custom Market Insights. <https://www.custommarketinsights.com/report/branched-chain-amino-acid-bcaa-market/>
14. *Global BCAA market size, manufacturers, supply chain, sales channel and clients, 2025–2031*. (2025, May). Valuates Reports. <https://reports.valuates.com/market-reports/QYRE-Auto-23P11858/global-bcaa>
15. *BCAA supplements market 2025–2032 revolutionary insights into trends, dynamics, growth, future challenges, strategies*. (2025, March 6). Orion Market Research. <https://www.openpr.com/news/3901533/bcaa-supplements-market-2025-2032-revolutionary-insights-into>
16. *BCAA. Shcho tse za aminokysloty, dlia choho BCAA i yak yikh pryimaty*. Belok. <https://belok.ua/ua/blog/bcaa-cto-eto-za-aminokisloty-dlya-chego-bcaa-i-kak-ih-prinimat/>
17. *BCAA. GymBeam dlia kozhnoho vydu sporta*. <http://surl.li/ullule>
18. *Sportyvne kharchuvannia*. Mordex. Vse dlia Fitnesu ta Bodybuildynhu. <https://mordex.net/ua/sportivnoe-pitanie/>
19. *BCAA. Sport Havka*. <http://surl.li/wrewvp>
20. *Slow Release BCAA. Natural Vitamin E, Micro-Encapsulated Powders, Phytosterol Ester, Fat Soluble Vitamins, Omega-3. Powder Factory, Supplier and Producer – Xi'an Healthful Biotechnology*. <https://www.hsfbiotech.com/solipro-micro-encaplated-solid-powder/sustained-release-bcaa.html>
21. Horiuk, P. I., & Hakman, A. V. (2018). *Osnovy sportyvnoho kharchuvannia: navch.-metod. posib*. Chernivetskyi natsionalnyi universytet.

22. Chkhailo, M. B. (2023). Perspektyvy vykorystannia diietychnykh dobavok u sportyvni praktytisi. *Olimpiyskiy ta paralimpiyskiy sport*, (1), 33–37.
23. Prytulska, N. V., & Koshelnik, A. V. (2017). Analiz asortymentu diietychnykh dobavok dlia vidnovlennia sportsmeniv. In *Merezhevyi biznes: stanovlennia, problemy, innovatsii* (p. 48–51). Poltavskiy universytet ekonomiky i torhivli.
24. Ponomarov, V. O., Tsarenko, K. V., & Bulakh, S. M. (2024). *Sportyvno-pedahohichne vdoskonalennia: metod. rek. do samostiinoi roboty dlia zdobuvachiv stupenia vyshchoi osvity bakalavra spets. «Fizychna kultura i sport» osvitho-profesiinoi prohramy «Sport»*. Zaporizkyi natsionalnyi universytet.
25. Prytulska, N. V., & Koshelnik, A. V. (2018). Asortymentna polityka vyrobnykiv sportyvnoho kharchuvannia v Ukraini ta sviti. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky*, (20), 41–47.
26. Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo udoskonalennia rehuliuвання vyrobnytstva ta obihu diietychnykh dobavok, vrehuliuвання inshykh pytan u sferi okhorony zdorovia» № 4122-IX (2024, Hruden 5). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, (19), 64. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4122-20#Text>
27. Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv». (2020). *Derzhavna Farmakopeia Ukrainy. Dopovnennia 4* (2-he vyd.). Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv».
28. Nakaz MOZ Ukrainy «Pro zatverdzhennia Hihienichnykh vymoh do diietychnykh dobavok» № 1114 (2013, Hruden 19). *Ofitsiinyi vebportal prlamentu Ukrainy*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2231-13#Text>
29. Sakhno, T. V., Irhibaieva, I. S., & Barashkov, M. M. (2022). Doslidzhennia biorozkladnykh polimeriv dlia vykorystannia v molochnii ta kharchovii promyslovosti. In *Innovatsiini aspekty system bezpeky pratsi, zakhystu intelektualnoi vlasnosti* (p. 98–101). Poltavskiy derzhavnyi ahraryi universytet. <https://repository.pdmu.edu.ua/handle/123456789/20166>
30. *Inkapsuliatory*. Donau Lab Ukraine. <https://dlu.com.ua/Інкапсулятори>
31. Gruskiene, R., Bockuviene, A., & Sereikaite, J. (2021). Microencapsulation of Bioactive Ingredients for Their Delivery into Fermented Milk Products: A Review. *Molecules*, 26(15), 4601. <https://doi.org/10.3390/molecules26154601>
32. Shishir, M. R. I., Xie, L., Sun, Ch., Zheng, X., & Chen, W. (2018). Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters. *Trends in Food Science Technology*, 78, 34–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.018>

Відомості про авторів:

Н. В. Двінських, кандидат фармацевтичних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри біотехнології, Національний фармацевтичний університет Міністерства охорони здоров'я України. E-mail: begunova1203@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3811-9317>

Н. В. Хохленкова, доктор фармацевтичних наук, професор, завідувачка кафедри біотехнології, Національний фармацевтичний університет Міністерства охорони здоров'я України. E-mail: hohnatal@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1676-7591>

О. С. Калюжная, кандидат фармацевтичних наук, доцент кафедри біотехнології, Національний фармацевтичний університет Міністерства охорони здоров'я України. E-mail: kalyuzhnayao.s@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8187-517X>

О. В. Філіпцова, доктор біологічних наук, професор кафедри біотехнології, Національний фармацевтичний університет Міністерства охорони здоров'я України. E-mail: philiptsova@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-1651>

Information about the authors:

N. V. Dvinskykh, Candidate of Pharmacy (Ph.D.), Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Biotechnology, National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine. E-mail: begunova1203@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3811-9317>

N. V. Khokhlenkova, Doctor of Pharmacy (Dr. habil.), Professor, Head of the Department of Biotechnology, National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine. E-mail: hohnatal@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1676-7591>

O. S. Kaliuzhnaia, Candidate of Pharmacy (Ph.D.), Associate Professor of the Department of Biotechnology, National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine. E-mail: kalyuzhnayao.s@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8187-517X>

O. V. Filiptsova, Doctor of Biology (Dr. habil.), Professor of the Department of Biotechnology, National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine. E-mail: philiptsova@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-1651>

Надійшла до редакції 03.10.2025 р.