

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ  
УКРАЇНИ

КАФЕДРА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня магістра  
за спеціальністю 091 Біологія  
освітньою програмою Спортивна дієтологія

на тему: «Оцінка ефективності напоїв для спортивного харчування,  
збагачених функціональними інгредієнтами»

здобувача вищої освіти

другого (магістерського) рівня

Григор'єва Андрія Андрійовича

Науковий керівник:

к.мед.н., старший викладач кафедри

медико-біологічних дисциплін

Сачок Віолета Вікторівна

Рецензент: к.н.фіз.вих., доцент кафедри

спортивної медицини

Маслова Олена Володимирівна

Рекомендовано до захисту на засіданні  
кафедри (протокол № 3 від 18.11.2021)

Завідувач кафедри: Пастухова Вікторія

Анатоліївна \_\_\_\_\_

## ЗМІСТ

<b>СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>3</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>4</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Спортивні напої. Функціональні інгредієнти у спортивних напоях.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Амінокислоти як функціональний харчовий інгредієнт у продукції для харчування спортсменів.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Біологічно активні речовини рослин. Перспективи використання у складі спеціалізованої харчової продукції для харчування спортсменів....</b>	<b>17</b>
<b>Висновок до розділу 1.....</b>	<b>37</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>39</b>
<b>2.1 Організація дослідження.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2 Методи дослідження.....</b>	<b>40</b>
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1. Клінічні випробування напою для харчування спортсменів, отриманого шляхом збагачення мінеральної води сухим білковим напоєм.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 Клінічні випробування напою для харчування спортсменів, отриманого шляхом збагачення мінеральної води БАД «Ерамін».....</b>	<b>51</b>
<b>Висновок до розділу 3.....</b>	<b>59</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>60</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>62</b>

## **СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

АРБЛ - амінокислоти з розгалуженими бічними ланцюгами

АРВЛ - амінокислоти з розгалуженим вуглецевим ланцюгом

ПОЛ - продукти окиснення ліпідів

СН - спортивні напої

БАД - біологічно активні добавки

БАР - біологічно активні речовини

ЦНС – центральна нервова система

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Досягнення високого спортивного результату, збереження фізичної працездатності, забезпечення ефективності процесів відновлення, адаптації до фізичних навантажень не можливі без раціонального питного режиму та використання спеціалізованих напоїв, збагачених біологічно активними речовинами. Фізичні навантаження призводять до зниження води в організмі, втрати мінеральних речовин та згущення крові, що послаблює швидкісно-силові якості та фізичну працездатність спортсменів, тому важливо відновити втрати рідини та мікроелементів між фізичними навантаженнями. З метою зниження фізичної втоми використовують біологічно активні речовини антиоксидантної дії, оскільки механізм виникнення стомлення при тренувальному процесі обумовлений розвитком окисного стресу внаслідок посилення утворення активних форм кисню та накопичення продуктів окиснення ліпідів (ПОЛ), що ушкоджують органоїди клітин. Антиоксиданти, що надійшли в організм, знешкоджують активні форми кисню і азоту, переривають утворення вільних радикалів і нейтралізують ПОЛ. Недолік антиоксидантів може призвести до пошкодження м'язів. Екстракти рослин – природні джерела антиоксидантів – є ефективними засобами для забезпечення антиоксидантного захисту під час тренувального процесу та змагань.

Внаслідок окислювальних процесів, що відбуваються в організмі людини, потреба у незамінних амінокислотах становить 70–80 мг/кг маси тіла на добу та значно зростає при фізичних навантаженнях. Рівновагу азоту при підвищеному метаболізмі у спортсменів можливо підтримувати шляхом вживання ними напоїв із вмістом азоту не менше 10–15 г у літрі, при цьому кількість незамінних амінокислот у них має бути не менше 19 %, оскільки наявність лише замінних амінокислот у раціонах харчування спортсменів може призвести до азотистого дисбалансу, який є однією із причин зниження результативності спортсменів. Високою ефективністю підвищення адаптації до фізичних навантажень характеризуються комплексні продукти спеціалізованого

призначення, які включають макро- і мікроелементи, амінокислоти і антиоксиданти.

У зв'язку з цим дослідження, створені задля вивчення впливу на організм спортсменів спортивних напоїв з амінокислотами, мінеральними речовинами та антиоксидантами природного походження, є актуальними.

**Мета роботи** – вивчити ефективність вживання спортивних напоїв, збагачених амінокислотами, мінеральними речовинами та біологічно активною добавкою «Ерамін».

Відповідно до мети поставлені такі **завдання**:

– вивчити науково-технічну літературу та патентну інформацію, присвячені принципам спортивного харчування, збагачення харчових продуктів, впливу біологічно активних речовин на метаболізм спортсменів;

– дати оцінку напою білкового сухого для харчування спортсменів та БАД, визначити показники якості та обґрунтувати можливість їх використання як функціонального інгредієнту для спортивного харчування;

– оцінити та порівняти ефективності напоїв для харчування спортсменів на мінеральній воді, збагачених білковим напоєм сухим для харчування спортсменів і БАД «Ерамін» у клінічних дослідженнях.

**Наукова новизна.**

У роботі доведено ефективність застосування напоїв для спортивного харчування за рахунок синергізму біологічно активних речовин. Встановлено ефективність напою, збагаченого БАД «Ерамін» шляхом підвищення абсолютної фізичної працездатності спортсменів, адаптації серцево-судинної системи до роботи, при зниженні частоти серцевих скорочень та збільшенні анаеробного порога, про що свідчить достовірна зміна біохімічних показників крові (збільшення рівня, антиоксидантної активності, каталази та церулоплазмину).

**Теоретична та практична значущість роботи.**

Кваліфікаційна робота має прикладний характер і містить нові знання про застосування сухих білкових напоїв, збагачених амінокислотами з розгалуженим вуглецевим ланцюгом та концентратом сироваткового протеїну; хімічному складі, антиоксидантної активності БАД «Ерамін» та її можливості використання для виробництва спортивних напоїв. Практична значимість полягає у можливості впровадження наступних напоїв для харчування спортсменів. Результати роботи можуть бути використані у навчальному процесі на кафедрі медико-біологічних дисциплін НУФВСУ для магістрів за напрямом підготовки «спортивна дієтологія».

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку літератури. Основний зміст викладено на 67 сторінках машинописного тексту, включає 10 таблиць та 54 джерела літератури, з них 29 іноземною мовою.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Спортивні напої. Функціональні інгредієнти у спортивних напоях

У період фізичних тренувань відзначається загальне зниження вмісту води в організмі зі згущенням крові, і цей процес має назву «дегідратація», що може мати несприятливі наслідки, зокрема зниження ефективності тренувань, результативності фізичних показників та підвищення стомлюваності. При зневодненні відзначається значне погіршення показників швидкісно-силових якостей та фізичної сили як при аеробних, так і анаеробних енергетичних процесах [32]. Фізичні навантаження призводять до зниження маси тіла, і для відновлення балансу рідини рекомендується на 1 кг втраченої маси вживати 1,5 літра рідини [47]. Втрати рідини в період фізичних тренувань є особливо високими, якщо час відновлення між фізичними навантаженнями менше 12 годин. У цьому необхідно враховувати, що надлишок рідини, як і недолік, негативно впливає на фізичну працездатність [44]. Надмірне споживання рідини може викликати дискомфорт у травній системі і, відповідно, послабити фізичну працездатність, але є позитивний момент вживання надмірної кількості рідини спортсменами, зокрема, великі обсяги рідини в шлунку посилюють процеси регідратації [35].

Харчова продукція для харчування спортсменів - це спеціалізована харчова продукція заданого хімічного складу, підвищеної харчової цінності та (або) спрямованої ефективності, що складається з комплексу продуктів або представлена їх окремими видами, яка має специфічний вплив на підвищення адаптивних можливостей людини до фізичних та нервово-емоційних навантажень.

Виходячи з рекомендацій Комітету з харчування Європейської комісії, виділяють 4 групи (категорії) продуктів для спортсменів: А, В, С та D. Рідини, напої відносяться до вуглеводно-електролітних розчинів.

Розроблені для спортсменів спортивні напої (СН) мають низку переваг у

порівнянні з твердою їжею. Вони швидше і легше засвоюються організмом. Вироблені на основі сухих сумішей спортивні напої більш компактні, мають тривалі терміни зберігання, поділяються на три групи: гіпотонічні (осмотичний тиск менше, ніж у плазми крові), ізотонічні (тиск дорівнює плазмі), гіпертонічні (що перевищує значення тиску в плазмі). Усі напої мають на меті захистити організм спортсмена від зневоднення та забезпечити можливість досягнення більш високих результатів у спортивній діяльності. Базовими компонентами у рецептурі напоїв для спортсменів є хлориди натрію (0,5–0,7 г/л).

У сучасних умовах набирають популярності ізотонічні напої, до складу яких, крім магнію, мікроелементів, солей калію, натрію, входять вуглеводи, які забезпечують організму відновлення при тривалих фізичних вправах енергетичного потенціалу. Переважною властивістю цих напоїв є можливість їх використання під час тренувань. Вміст вуглеводів для тих, хто займається фітнесом та спортом, не перевищує 6 %, що аналогічно до ізотонічної концентрації низькомолекулярних цукрів. Підвищена концентрація вуглеводів може призвести до регідратації та ризику підвищеного викиду інсуліну. При концентрації вуглеводів понад 10 % інтенсивні фізичні вправи призведуть до розладу шлунково-кишкового тракту.

Деякі виробники, які виготовляють напої для спортсменів, заміщають цукор фруктозою, що має нижчий глікемічний індекс і сприяє меншому викиду інсуліну. Негативною властивістю фруктози є біохімічна напруга, що виникає, пов'язана з її попередньою ізомеризацією в процесі засвоєння організмом. Із цим пов'язують відсутність помітного зростання показників у спортивній діяльності.

Встановлено, що спортсмену, який тренується щодня протягом 90 хвилин, необхідно після тренування приймати вуглеводи в кількості 1,5 г/кг маси тіла, повторюючи цей прийом через 2 години. Більш корисна у цій ситуації заміна вуглеводної їжі напоєм. Рекомендується приймати напої, що містять розчинні продукти часткового гідролізу крохмалю з різним ступенем полімеризації (мальтодекстрини), що забезпечують повільне, але тривале



надходження глюкози в кров, що не викликає сплеску інсуліну, що створює враження тривалого насичення, не створює тяги до їжі. Таким продуктом став ізомер цукрози (ізомальтулоза), який, крім інших переваг, не руйнує зуби спортсмена.

У нашій роботі розглянута можливість отримання спортивних напоїв шляхом збагачення мінеральної води функціональними інгредієнтами, тому доцільно дати визначення функціональному харчовому інгредієнту – це живі мікроорганізми, речовина або комплекс речовин тваринного, рослинного, мікробіологічного, мінерального походження або ідентичні до натурального продукту у кількості не менше 15 % від добової фізіологічної потреби, у розрахунку на одну порцію продукту, що мають здатність надавати науково обґрунтований і підтверджений ефект на одну або кілька фізіологічних функцій, процеси обміну речовин в організмі людини при систематичному вживанні функціонального харчового продукту, що містить їх.

Слід зазначити, що функціональні харчові інгредієнти входять до складу функціональних харчових продуктів, призначених для систематичного вживання у складі харчових раціонів усіма віковими групами здорового населення, які мають науково обґрунтовані та підтвержені властивості, що знижують ризик розвитку захворювань, пов'язаних з харчуванням, що запобігають дефіциту або поповнюванню. в організмі людини дефіцит харчових речовин, що зберігають і покращують здоров'я.

Роблять спроби включити до складу напоїв для спортсменів функціональний харчовий інгредієнт – висококонцентрований білок. На думку розробників, ця продукція призведе до швидшої регенерації м'язових волокон спортсмена.

Біологічно активні добавки (БАД) часто розглядаються як аналоги функціональних харчових продуктів. Для посилення функціональної готовності спортсменів використовують БАД з високим вмістом функціональних інгредієнтів – білка та пептидів [39].

Серед безлічі БАД, які застосовуються для відстрочення виникнення фізичної втоми та підвищення працездатності, особливе місце займають добавки з антиоксидантною спрямованістю [8].

Нами при розробці напою для харчування спортсменів як функціональний харчовий інгредієнт використано БАД «Ерамін».

З метою підвищення функціональних можливостей організму та зміцнення здоров'я рецептуру напоїв намагаються збагатити функціональними інгредієнтами – біологічно активними речовинами, зокрема адаптогенами (компоненти, що містяться у деяких рослинах). Адаптогени не впливають на нормальні функції організму, але значно підвищують фізичну та розумову працездатність, збільшують переносимість навантажень, підвищують стійкість до несприятливих зовнішніх факторів (спека, холод) та психологічних стресів. Як адаптогени застосовують женьшень, звіробій, імбир.

Для скорочення обсягу жирових відкладень та підвищення витривалості серцевого м'яза у спортивні напої додається L-карнітин, який чинить нейропротекторну, антигіпоксичну, антиоксидантну та антитиреоїдну дії, запобігає остеопорозу, стимулює регенерацію тканин. Для забезпечення зростання швидкісно-силових можливостей додається креатин, а для підвищення стійкості клітинних структур спортсмена до негативної дії вільних радикалів при тривалих фізичних навантаженнях до спортивних напоїв додається зелений чай або коензим Q10. Для швидкого набору м'язової маси додають напої комплексні набори з включенням незамінних амінокислот або АРВЛ (амінокислоти з розгалуженим вуглецевим ланцюгом).

До всіх спортивних напоїв висувають певні вимоги. Зокрема, незастосування їх у газований формі, підтримання температури у момент прийому напою не вище 15–22 °С.

Опитування показали, що спортсмени та люди, які займаються фітнесом, вважають за краще пити не воду, а спеціалізовані спортивні напої.

Однак випуск нових, все більш різноманітних напоїв потребує серйозного дослідження їхнього впливу на організм людини та на результати спортивної діяльності.

Серед спортивних напоїв виділяють: вуглеводно-мінеральні, які представлені або безпосередньо напоями, або сухими сумішами, що містять у рецептурі вуглеводи, макро- та мікроелементи, тобто електроліти – солі кислот (хлорид та фосфат калію, хлорид та фосфат кальцію, цитрат натрію, хлорид калію та фосфат магнію). Органічні та неорганічні солі кислот сприяють відновленню водно-сольового балансу.

Вирізняють ізотонічні напої для спортсменів з осмоляльністю 270-330 мОсм/кг. Такі напої містять мінерали, розчинені у воді (електроліти). У рецептуру напоїв вводять солі, вуглеводи та біологічно активні компоненти, що забезпечують баланс рідини та мінеральних речовин [10].

Для заповнення втрат рідини в період тренувань та змагань використовують спеціалізовані спортивні напої в основному на основі вуглеводно-хлоридно-натрієвої композиції. Але водночас необхідно, щоб спортивні напої не лише відновлювали втрати рідини, а й мали функціональну спрямованість, що досягається збагаченням рецептури біологічно активними речовинами. Особливе місце займають речовини, що мають адаптогенну дію, зокрема, екстракти рослин, наприклад, ехінацеї, женьшеню, імбиру та звіробою [3].

Що стосується вуглеводних напоїв, то спортсменам у період тривалого фізичного навантаження необхідно вживати 8% водний розчин вуглеводів (1 склянка) кожні 20 хвилин або 25-30 г вуглеводів на годину. Зазначений режим (1 г на хвилину) споживання спортивного напою знижує розвиток втоми в період тренування. Під час змагань кількість вуглеводів у спортивних напоях має бути від 5 до 10%. Концентрація нижче 5% є менш ефективною, а більш висока призводить до спазм, нудоти та діареї [19].

Вуглеводно-електролітні напої заповнюють як кількість рідини і електролітів, а й відновлюють енергетичний баланс. У спортивні напої

доцільно вводити БАД як джерело вітамінів групи В, антиоксидантів, мінеральних солей, поліненасичених жирних кислот та інших БАВ.

Авторами [18] розроблено спортивний вуглеводно-білковий напій на основі знежиреного молока, мальтодекстрину, соєвої олії, збагачений вітамінним преміксом та пробіотичними бактеріями вітамінного преміксу, з фруктово-ягідними наповнювачами (або без їх додавання).

Відома рецептура спортивного напою "Спортивний" для школярів на основі білково-вуглеводної суміші. Рецептура спортивного напою включає білкові препарати, молочний білок, мальтодекстрин, фруктовий сироп, олію, макро- та мікроелементи, комплекс вітамі тощо. Розроблено склад спортивного напою на основі сироваткового білка з вмістом яєчного білка, вершків рослинного походження, кави, кофеїну, камеді, лецитину та ароматизаторів [17].

Авторами в результаті досліджень розроблена суміш для контролю маси тіла спортсменів, що складається з олії сафлорової, лецитину, кофеїну, екстрактів рослин та піколінату хрому. Дослідниками [18] доведено ефективність спортивного напою, що має у складі такі біологічно активні речовини: гідролізат колагену, L-карнітин, аскорбінова кислота, вітамін Е та інші фармакологічно активні речовини. Вживання напою в рекомендованих кількостях забезпечує високий антиоксидантний захист, покращує рухливість суглобів.

Дослідники [17] отримали патент на спосіб виробництва питних киселів, збагачених колагеном, призначених для спеціалізованого харчування. Склад розробленого киселю включає ягоди жимолості та актинідії, горобини червоної та аронії, гідролізат колагену, крохмаль, цукор та камедь.

Особлива увага приділяється контролю якості спеціалізованих продуктів харчування. Авторами розроблено комп'ютерну методику, що дозволяє проводити полікритеріальну оцінку продуктів спеціалізованого призначення із заданими функціональними властивостями, наприклад, оцінка якості білків здійснюється за допомогою розрахунку амінокислотного скоря, якість жиру на

основі дослідження ліпідних комплексів так званої «формули ідеального жиру» [14].

## **1.2 Амінокислоти як функціональний харчовий інгредієнт у продукції для харчування спортсменів**

В даний час у продуктах спеціалізованого призначення, наприклад, у продукції для харчування спортсменів як функціональні інгредієнти використовують амінокислоти [15]. В основному технології виробництва амінокислот розроблені в Японії, але виробництво харчових продуктів та напоїв з їх використанням знаходиться в країнах Європи та США. У харчуванні спортсменів деякі амінокислоти використовуються для корекції метаболізму. Зокрема, харчові продукти та напої, збагачені амінокислотами, мають адаптогенну дію, регулюють активність ферментів антиоксидантного захисту клітини (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатіонпероксидаза та ін.). При надходженні амінокислот до організму, що перевищує рекомендовану норму, посилюються окисно-відновні реакції, відповідно зростає енергетичний обмін, знешкоджуються токсини. В основному це відноситься до продуктів харчування та напоїв, що мають у своєму складі наступні амінокислоти: лейцин, метіонін, гліцин або амінокислоти в комплексі з мікроелементами і вітамінами, наприклад, глутамевіт та аспаркам. Такі комплексні з'єднання можуть бути використані в харчуванні спортсменів для підтримки серцево-судинної системи за високих фізичних навантажень. Особливе місце у харчуванні спортсменів відводиться амінокислотам з розгалуженим вуглецевим ланцюгом (АРВЛ), зокрема, лейцину. Зазначена амінокислота стимулює синтез білка в м'язовій тканині та посилює імунну систему, що важливо в період піку навантажень у спортсменів у передзмагальний або змагальний період. Слід зазначити, що регуляторну дію продуктів харчування та напоїв, що містять лейцин, на організм спортсменів вивчено недостатньо. При цьому слід розглядати регуляторні функції лейцину при впливі на життєво важливі функції при

концентрації амінокислоти, близької до екзогенної.

Такий напрямок розробки напоїв для спортсменів дозволить підвищити ефективність дії амінокислот як ендогенних регуляторів для корекції метаболізму спортсменів. Особливістю АРУЦ є те, що вони фізіологічно унікальні для організму спортсмена порівняно з іншими амінокислотами. АРВЛ є незамінним компонентом у раціоні людини, але водночас вони мають здатність метаболізуватися в печінці та дисимують у поперечно-смугастій м'язовій тканині, а у спортсменів скелетна мускулатура становить понад 50 % від маси тіла [25]. Більше того, ефективність введення АРВЛ у раціон спортсменів обумовлюється їх використанням як джерело енергії та активатора синтезу білка в печінці, у тому числі альбуміну.

АРВЛ входять до числа 20 амінокислот, які необхідні організму для біосинтезу білків і нейротрансмітерів, при цьому АРВЛ не синтезуються в організмі людини самостійно.

Анаболічна роль АРВЛ обумовлена їх важливою роллю як промотори процесу трансляції (активації біосинтезу білка на рівні транскрипції) та інгібування протеолізу. Лейцин грає важливу роль у сигнальних механізмах. Додавання до раціону АРВЛ перешкоджає зниженню маси тіла, покращує відновний процес організму після фізичних навантажень, хронічних інфекційних або запальних захворюваннях, що перешкоджає виснаженню м'язової тканини у людей похилого віку, надає позитивний вплив на ураження печінки та нирок. Спортсмени також використовують біологічно активні добавки, що містять АРВЛ.

Що стосується лейцину, то він активізує синтез білка та послаблює активність ферментів *in vivo* та *in vitro* [49].

Тривале та високе фізичне навантаження призводить до транзиторної імуносупресії, що пов'язано з порушенням метаболізму в імунних клітинах та гормонального обміну, відбувається інгібування Т-лімфоцитами цитокінів, порушується експресія білків теплового шоку та зниження в плазмі крові.

Враховуючи, що АРВЛ бере активну участь у синтезі глутаміну як

донорів азоту, введення додаткової кількості АРВЛ у раціон спортсменів дозволить посилити захисні та адаптаційні можливості їх організму. Доведено, що застосування АРВЛ щодня протягом 4 тижнів у дозі 6 г/день або 3 г за 30 хв. спортсменами-легкоатлетами до початку тренування (крос) стабілізує вміст глутаміну та стримує ослаблення імунітету. У спортсменів внаслідок підвищеного фізичного навантаження відбувається падіння проліферації лімфоцитів, знижується концентрація продуктів цитокінів, у тому числі ФНП- $\alpha$ , ІНФ- $\gamma$ , ІЛ-1 та ІЛ4. При введенні до раціону спортсменів АРВЛ вищезазначені показники підвищилися [28].

Інша амінокислота, аргінін, може виконувати корисні функції при фізичному навантаженні. Її споживання сприяє секреції гормонів, необхідних для адекватної метаболічної відповіді [41], а також полегшує видалення аміаку в циклі сечовини, що зменшує периферичну втому, пов'язану з фізичним навантаженням. З іншого боку, фізичну витривалість підвищують також похідне аргініну, оксид азоту, сильний ендогенний вазодилататор [28].

За відсутності їжі протягом кількох діб як основне джерело енергії для клітин мозку використовується глюкоза. Глікоген печінки є джерелом глюкози крові у перші 10-18 год, а потім активується глюконеогенез. Протеоліз дозволяє отримувати вільні амінокислоти, які використовуються в печінці для глюконеогенезу (найбільш значущі серед яких – аланін та глутамін). Таким чином, короткочасне голодування (1-3 дні) призводить до стимуляції протеолізу та окислення лейцину. Рівні АРВЛ в плазмі підвищуються при голодуванні паралельно зі збільшенням швидкості розпаду білка. Проте вже за кілька тижнів після початку голодування швидкість протеолізу м'язових білків різко знижується, оскільки зменшується значення глюкози як джерела енергії для мозку. Як основне джерело енергії мозок починає споживати кетоніві тіла. В результаті рівень АРВЛ також падає. Показано, що введення  $\beta$ -18 гідроксибутирату сприяє активації біосинтезу білка в м'язах, хоча як саме кетоніві тіла стимулюють біосинтез білка, залишається незрозумілим. Для повноцінного катаболізму АРВЛ необхідні вітамін В6, тіамін, рибофлавін,

ліпоєва кислота, недостатність яких при тривалому голодуванні також може гальмувати окисний метаболізм АРВЛ [25].

У спокої кровотік у скелетних м'язах досить повільний (3–4 мл/хв/100 г) порівняно з такими тканинами, як печінка, нирки, мозок та серце, які мають базальний кровотік у 20–40 разів вищий. Однак скелетні м'язи мають здатність швидко підвищувати кровотік (при інтенсивному фізичному навантаженні до 20 разів) [26]. Доведено, що в цьому процесі можуть також брати участь інсулін, IGF-I та гормон росту, що в свою чергу робить певний внесок у загальну активацію метаболічних процесів, зокрема, у стимуляцію біосинтезу білка. Інсулін та IGF-I, ймовірно, безпосередньо діють на ендотеліальні клітини, які мають гібридні рецептори до інсуліну та IGF-I [54]. Гібридні рецептори мають одну  $\beta$ -субодиницю від інсулінового рецептора, пов'язану з субодиницею рецептора до IGF-I. У свою чергу, кожен з цих гормонів може підвищувати швидкість продукції вазодилатора оксиду азоту. Механізм дії обох гормонів полягає у підвищенні фосфорилування синтази оксиду азоту (NOS) протеїнкіназою В (Akt) [50]. Ця кіназа може безпосередньо фосфорилувати специфічні серинові залишки (Ser1179) NOS, підвищуючи кальцій-незалежно її активність. Використовуючи підходи метаболоміки, показано, що найбільше корелює з чутливістю до інсуліну вміст АРВЛ, кількість ароматичних амінокислот (фенілаланін, тирозин), коротколанцюгових ацилкарнітинів, сумарний рівень глутаміну та глутамату, а також вміст аланіну. Наступні дослідження також показали зв'язок порушення метаболізму АРВЛ із метаболічним синдромом та серцево-судинними захворюваннями. Доведено, що рівень АРВЛ у плазмі є предиктором розвитку та прогресування ожиріння та діабету 2-го типу [48].

При помірному короткочасному стресі концентрації внутрішньоклітинного білка та глутаміну падають, тоді як концентрації АРВЛ у скелетному м'язі ростуть, вказуючи на підвищений протеоліз, який забезпечує постачання азоту для синтезу глутаміну. Глутамін є джерелом азоту та енергетичним субстратом, насамперед для клітин імунної системи. При



тривалому стресі помітно збільшується утилізація глутаміну, що може призводити до істотного зниження його продукції в скелетних м'язах. Якщо гіперкатаболічний стан персистує, зрештою може настати руйнація міофібрил скелетних м'язів.

У свою чергу надходження з їжею АРВЛ надає сприятливі ефекти у експериментальних тварин і людини, сприяє біогенезу мітохондрій у серцевому та скелетному м'язах, попереджає окисне ушкодження та підвищує фізичну витривалість у мишей, призводячи до подовження тривалості їх життя.

### **1.3 Біологічно активні речовини рослин. Перспективи використання у складі спеціалізованої харчової продукції для харчування спортсменів**

У нашій роботі як функціональний інгредієнт при дослідженні можливості розробки напоїв для харчування спортсменів використана БАД "Ерамін" - екстракт люцерни посівний, збагачений мікроелементами. Тому доцільно розглянути біологічно активні речовини рослин, що потенційно можливі для включення до рецептури спеціалізованої харчової продукції.

Результати досліджень, спрямованих на вивчення властивостей вже відкритих, а також раніше невідомих біологічно активних речовин, в даний час є матеріальною основою для створення певної функціональної бази знань про цю категорію сполук, що в свою чергу сприяє проведенню нових досліджень і становленню наукових відкриттів у галузі фармацевтичної, косметичної та особливо харчової промисловості [2].

До групи біологічно активних речовин (БАР) відносять значну кількість хімічних сполук як органічної, так і неорганічної природи. Основним критерієм до віднесення тієї чи іншої речовини до біологічно активних є здатність надавати прямий або опосередкований вплив на живі організми, перебуваючи при цьому в досить малих концентраціях [7].

Як відомо, багато представників царства рослин у ході своєї життєдіяльності, зокрема у процесі обміну речовин та енергії, здатні

синтезувати біологічно активні сполуки різної природи та хімічного складу. З точки зору фізіології вищих рослин, зокрема, біохімічних перетворень, що протікають на рівні рослинної клітини, утворення БАВ відноситься як до процесів первинного, так і вторинного метаболізму, а речовини, що утворюються, носять найменування первинних і вторинних метаболітів відповідно [24].

До первинних метаболітів рослин відносять, перш за все, амінокислоти, органічні кислоти, білки, ліпіди (рослинні олії), вуглеводи, вітаміни та ензими. Ці речовини мають шляхи синтезу і грають найважливішу роль життєдіяльності рослинного організму. Однак не менший інтерес являють собою речовини, що синтезуються на відгалуженнях основних метаболічних шляхів – речовини вторинного походження. Вторинні метаболіти не мають власних специфічних шляхів синтезу в клітині і утворюються в результаті дисиміляції первинних [3].

Речовини вторинного метаболізму поділяють на групи відповідно до особливостей їх будови та виконуваних функцій. У літературних джерелах зустрічаються різні класифікації. Так, багато авторів серед вторинних метаболітів виділяють: органічні кислоти аліфатичного ряду, фенольні сполуки, терпени та терпеноїди (ізопреноїди), глікозиди та алкалоїди. Найчисленнішими серед усіх груп вторинних метаболітів є алкалоїди, фенольні сполуки та ізопреноїди [3]. Як правило, продукти вторинного метаболізму знаходяться у клітинах рослин у зв'язаному вигляді та є компонентами хімічних сумішей. Серед таких сумішей виділяють ефірні олії, смоли, камеді та слизу [24].

Однак, незважаючи на присутність у науковій літературі різних класифікацій, на практиці диференціювати речовини досить важко здійснити, оскільки не можна однозначно віднести ту чи іншу сполуку до конкретної групи без попереднього комплексного вивчення її функціональної значущості, яка представляється для життя рослини [24]. Внаслідок цього, абстрагуючись від поділу БАВ на продукти первинного та вторинного метаболізму, доцільно

розглянути серед обох груп найбільш значущі для харчової промисловості. Серед них важливо розглянути такі речовини та їх суміші, як алкалоїди, флавоноїди, сапоніни, дубильні речовини, мікроелементи, вітаміни та ефірні олії. Однією з найбільших груп БАР, які становлять колосальний інтерес для різних галузей як науки, так і виробництва, є з'єднання, названі алкалоїдами [6]. Алкалоїди були відомі і активно застосовувалися в повсякденному житті багатьма народами ще з давніх-давен, проте науковому світу про цю групу з'єднань стало відомо лише в ХІХ столітті завдяки відкриттю, скоєному в 1805 році Фрідріхом Сертюрнером, основним результатом якого стало виділення морфії (сучасна назва – морфін) з опіуму. Це відкриття стало точкою відліку у сфері вивчення настільки важливих біологічно активних сполук, як алкалоїди [44].

З погляду хімічної будови алкалоїди є групою складних азотовмісних гетероциклічних сполук [3, 24]. Так визначає алкалоїди вітчизняна наукова література з фармакології та хімії біологічно активних сполук рослин, проте серед зарубіжних авторів досить часто виникає дилема – чи всі речовини, що задовольняють вище зазначеному визначенню, можна віднести до групи алкалоїдних сполук це поняття не може бути укладене в таку обмежену характеристику? Питання ідентифікації є досить складним і є предметом суперечок багатьох учених унаслідок присутності досить широкого діапазону загальних морфологічних та анатомічних ознак у всіх продуктів вторинного синтезу. Тому зарубіжні автори, які представляють різні галузі науки і виробництва, досі не можуть дати суворого і лаконічного визначення даного роду з'єднань, оскільки будь-яке з них є або досить вузьким і таким, що не розкриває якихось ключових особливостей, або занадто широким.

Завдяки присутності атомів азоту або в структурі гетероциклу (істинні алкалоїди), або в бічному ланцюгу (протоалкалоїди), алкалоїдні сполуки мають спорідненість з лугами [24]. Дані сполуки досить хімічно активні, і навіть у малих дозах багато хто є сильнодіючими отрутами. У клітинах рослин зустрічаються у вигляді солей органічних (яблучної, лимонної, винної,

бурштинової, щавельної, оцтової, малонової та інших) та неорганічних (фосфорної) кислот, розчинених у клітинному соку, або входять до складу цукрів або складних ефірів. Внаслідок цього синтез та накопичення алкалоїдів безпосередньо залежать від наявності в цитоплазмі клітини добре сформованих вакуолей [3]. Накопичення їх відбувається в тканинах з клітинами, що активно діляться, досить-таки поширене те, що місця утворення і накопичення алкалоїдних сполук різні, локалізація відбувається в різних рослинних тканинах. Також алкалоїди, що накопичуються та виділяються різними вегетативними та генеративними органами рослин та у різні життєві фази, неоднакові, а навпаки – помітні кількісним вмістом у клітинах, особливостями будови та ступенем приналежності до отрут. Так, наприклад, з результатів досліджень щодо вивчення вмісту вторинних метаболітів (у тому числі колхіцинових алкалоїдів) у видів *C. speciosum* Stev. і *C. autumnale* L. роду *Colchicum* L. відомо, що їхній біосинтез активізується у фазі формування генеративних органів, підтвердженням чого служить максимальний вміст колхіцину в надземних органах досліджуваних видів у період бутонізації [21].

Класифікація алкалоїдів на сьогоднішній день може бути виконана залежно від:

- біологічної та екологічної активності;
- хімічної організації молекул;
- шляхів біосинтезу;
- змісту у клітинах живих організмів [26].

У біохімії рослин найбільш поширена класифікація, запроваджена Р. Хегнауером у своїй роботі «Хемотаксономія рослин», в основі якої лежить поділ сполук залежно від наявності загального молекулярного попередника, що грає основну роль у подальшому конструюванні молекули. Крім того, в основу даної класифікації покладено спільність походження та ознак. Так, виділяють справжні алкалоїди, протоалкалоїди та псевдоалкалоїди. Справжні алкалоїди є похідними амінокислот, загальною ознакою для даного типу є

безпосереднє розташування атома азоту в структурі гетероциклічного кільця. Їх відрізняє висока реакційна здатність, біологічна активність та гіркий смак. Візуально вони є білими кристалічними речовинами, за винятком нікотину, що є рідиною бурого кольору.

У рослинах справжні алкалоїди зустрічаються у вільному стані, у вигляді водорозчинних солей та у вигляді N-оксидів (оксидів амінів). Утворення даної групи алкалоїдів йде за рахунок реакції декарбоксілювання протеїногенних і непротеїногенних амінокислот з подальшою конденсацією з неазотмістними структурними фрагментами. Основні попередники істинних алкалоїдів: L-орнітин, L-лізин, L-фенілаланін, L-тирозин, L-триптофан, L-гістидин [33]. Протоалкалоїди, подібно до попередньої групи сполук, є похідними амінокислот, проте атом азоту у них розташовується за межами гетероциклу – у боковому ланцюзі. До попередників цієї групи сполук відносять амінокислоти L-тирозин та L-триптофан. Псевдоалкалоїди – група сполук, що від двох наведених вище тим, що у молекулах біогенетичним джерелом азоту є амінокислоти. N-атом, як правило, вводиться в структуру молекули на досить пізніх етапах синтезу, у разі терпеноїдної та стероїдної будови скелета. За наявності відповідних карбонільних угруповань (кетонних та альдегідних груп) введення азотовмісних структур у молекулу йде за рахунок двох основних реакцій – амінування та трансамінування [33].

Найбільш важливими для харчової промисловості серед усіх відомих на сьогоднішній день є алкалоїди дводольних рослин сімейства Маренові роду Кавове дерево. Три найбільш значущі їх – кофеїн, теобромін, теофілін. З точки зору хімічної організації в основі будови молекул даних сполук лежать два основні пуринові азотисті підстави – аденін (аденін похідні алкалоїди) та гуанін (гуанін похідні алкалоїди). Обидва азотисті основи є похідними пурину, який безпосередньо входить до складу їх молекул, з'єднуючись з п'ятиуглецевим цукром (D-рибозою або 2 дезокси-D-рибозою). Внаслідок цього дані алкалоїди відносять до групи пуринових [88]. Пуринові алкалоїди

мають високу біологічну активність, крім того, є досить ефективним профілактичним засобом у боротьбі з багатьма захворюваннями, зокрема деякими повільно прогресуючими неврологічними синдромами, такими як хвороба Паркінсона. Доведено позитивний вплив кофеїну на зниження ризику виникнення паркінсонізму [48]. Вживання багатьох алкалоїдів у низьких концентраціях здатне благотворно впливати на організм людини та скорочувати ризики виникнення багатьох серйозних захворювань. У тому числі було виявлено, що вживання кави та зеленого чаю зменшує ризик розвитку цукрового діабету II типу серед дорослого населення [53].

Також кофеїн є одним з найпоширеніших сполук рослин, за допомогою переробки якого отримують більшість напоїв та продуктів харчування на сьогоднішній день. Безумовно, найвідомішим і вживаним на території практично всіх країн світу кофеїновмісним напоєм є кава. У ході його виробництва приділяється колосальна увага методам обробки кавових зерен, що обумовлено можливістю виробництва високоякісного продукту лише за умови використання насіння, що добре дозріло. Метод обробки кави залежить насамперед від клімату, в якому проводиться вирощування та збирання плодів. Так, у Бразилії та тропічній Африці використовують сухий метод обробки (висушування під прямим сонячним промінням), а в країнах з більш вологим кліматом вдаються до методів вологої обробки (подрібнення з подальшим відділенням м'якоті від оболонки зерна). Якість готового продукту безпосередньо залежить не лише від смако-ароматичних характеристик, а й від відсоткового вмісту алкалоїдів (у разі кави – кофеїну) у первинній сировині. Підвищений вміст кофеїну спричиняє негативні наслідки для здоров'я людини внаслідок безпосереднього впливу даного алкалоїду на практично всі функціональні системи організму, переважно на центральну нервову та серцево-судинну системи [20]. Цей факт породжує необхідність часткової мінімізації вмісту кофеїну у готовій продукції. Способи декофеїнізації сировини на сьогоднішній день різноманітні. Досить

ефективними та застосовуваними на практиці є як адсорбційні, так і мембранні технології [25]. Проблема вмісту кофеїну понад допустиму норму є дуже актуальною, проте непорівнянна з явищем виникнення фальсифікацій кави. На сучасному ринку продуктів харчування часто зустрічаються кавові сурогати, прикладом чого є використання як заміників кавових зерен бобів люпину, які містять близько 200 мкг хінолізидинових алкалоїдів на 1 г бобів. Вживання таких «замінників» кави може спричинити сильні інтоксикації, що призводять до смерті. Відсотковий вміст алкалоїдів (кофеїну, теофіліну та теобромину) спільно з групою вторинних флавоноїдних метаболітів – катехінів – також є критерієм якості іншого не менш відомого напою – чаю. У процесі ферментації клітинні структури чайного листа руйнуються, поліфенольні сполуки та ензими вступають у взаємодію, далі запускається процес бродіння при температурі, що постійно підтримується (нижче 25 °C). Внаслідок ферментативного окиснення відбувається зміна забарвлення чайного листа, що є індикатором трансформації катехінів у теафлавіни, теарубігіни та теабровіни. Продукти розпаду катехінів утворюють комплекс із білками та кофеїном [26].

Раніше основним джерелом кофеїну була перш за все рослинна сировина у вигляді чайного листа та кавових зерен. В даний час значно поширені синтетичні методи його виробництва, що уможлиблює застосування цього алкалоїду як харчової добавки до широкого діапазону продуктів харчування та напоїв.

Вміст ще одного пуринового алкалоїду, теоброміну, зафіксовано у хімічному складі як чайного та кавового дерев, так і у складі какао-рослин. Ізоляція цього алкалоїду є найважливішим завданням процесу обробки первинної рослинної сировини. Технологічний процес виробництва какао-продуктів (зокрема шоколаду та какао-напоїв) передбачає ферментацію протягом 7 днів, під час якої відбувається ізолювання значної кількості алкалоїдів, що супроводжується втратою терпкості та придбанням

характерного для какао смаку та аромату [26].

Також у корені хінного дерева містяться досить значущі для харчової промисловості L-триптофан похідні алкалоїди – хінін, хінідин, цинхонін та цинхонідин [40]. Хінін використовується як харчова добавка з метою надання смако-ароматичних характеристик (гіркуватий смак) безалкогольним та слабоалкогольним напоям [23].

Крім харчових добавок алкалоїди використовуються у їжу у вигляді спецій та пряних трав. Так, наприклад, багато сортів перцю (чорний, білий, зелений, довгий, болгарський, чилі та ін.) містять піперин. Цей алкалоїд перцевих є малотоксичним, але водночас досить фізіологічно активним. Цей факт підтверджується здатністю піперину вступати у взаємодію з білком ссавців –  $\beta$ -лактоглобуліном – основним сироватковим білком молока. Більше того, останнім часом було доведено, що піперин може бути виявлений у сироватці слізної рідини людини у зв'язаному стані з  $\beta$ -складчастими білковими конформаціями ретинол-зв'язуючого білка та нейтрофільного асоційованого з желатиназой ліпокаліну (u-NGAL) [54]. Деякі продукти, що включають у свій хімічний склад ефедринові алкалоїди, використовувалися раніше на території різних країн як біологічно активні добавки (БАД) до їжі. Нині їх застосування заборонено внаслідок їх віднесення до прекурсорам наркотичних речовин [19]. Ефедрин має симпатоміметичну дію (впливає на рецепторні утворення, чутливі до норадреналіну та адреналіну), що дає можливість зіставляти ефекти, що надаються розглянутим алкалоїдом на організм людини, з ефектами гормонів, що природно синтезуються, – адреналіну та норадреналіну. Джерелом цього психоактивного алкалоїду є різні види ефедри, також його одержують шляхом хімічного синтезу [37].

Другою досить великою групою біологічно активних сполук рослин є флавоноїди. Інтерес до даного класу обумовлений насамперед тим, що всередині тварин клітин не здійснюється синтез та накопичуються поліфенольні утворення. З точки зору біохімії утворення флавоноїдів є гілкою великого фенілпропаноїдного біосинтетичного шляху вищих рослин, у ході



якого утворюється широкий діапазон вторинних метаболітів, таких як фенолокислоти, лігніни, лігнани та стилбени. Як основні родоначальники флавоноїдів, не впроваджуючись у детальний розгляд всіх проміжних стадій, варто позначити два ключові сполуки:

– ароматичну амінокислоту L-фенілаланін, одержувану через два альтернативні метаболічні шляхи: шикіматний або полікетидний (ацетатно-малонатний);

- малоніл-КоА, що бере початок з цитрату в циклі трикарбонових кислот (цикл Кребса).

На сьогоднішній день загальноприйнята думка з приводу того, що флавоноїди синтезуються в цитоплазматичному матриксі, під дією різноманітних ферментних комплексів, що містяться в ньому. Після утворення кінцеві продукти синтезу транспортуються і локалізуються як у субклітинних структурах, так і позаклітинних, причому флавоноїди, що грають роль пігментів, переважно переміщуються у вакуолі і пластиди [48]. У рослинах вони, як правило, містяться у вигляді глікозидів (піранозидів або фуранозидів), розчинених у клітинному соку. Активізація процесів синтезу та накопичення флавоноїдів, подібно до алкалоїдів, відбувається в період бутонізації та цвітіння [33].

Класифікують флавоноїди відповідно до відмінностей у хімічній структурі, а якщо говорити найбільш конкретно, то поділяють їх відповідно до особливостей будови атомів вуглецю, що сполучають два ароматичні кільця (C<sub>6</sub>–C<sub>3</sub>– C<sub>6</sub>). Таким чином, виділяють: флавани, флавони, флавоноли, флаванони, флаваноноли (дигідрофлавоноли), ізофлавоноли (ізофлавоноїди), халкони, антоціани (антоціаніни), аурони, неофлавоноїди [24].

Група флаванів одна з найпоширеніших, вона включає ще 4 підгрупи: справжні флавани, флаван-3-оли (катехіни), флаван-4-оли, флаван-3,4-діоли. Найбільш вивченою є підгрупа катехінів. Їх максимальний вміст зафіксований у листі чаю (переважно зеленого) та какао-бобах, унаслідок чого всі продукти переробки цих біологічних джерел мають у хімічному

складі флаван-3-оли. Вміст катехинів у зеленому чаї становить 51–84 мг на 1 г сухої речовини, що значно перевищує його вміст у чорному чаї [42].

Багато біологічно активних сполук рослин відіграють роль перехоплювачів нестійких частинок з одним або декількома неспареними електронами, які утворюються в процесі життєдіяльності клітини. Інгібуючи процеси вільно-радикального окиснення, вони уповільнюють механізми клітинного старіння [40]. Катехіни, як і всі флавоноїди, також мають здатність пов'язувати вільні радикали, що свідчить про їхню антиоксидантну активність [31]. Вступаючи в контакт із вільно радикальною частинкою, вони нейтралізують її, а самі переходять у стан стабілізованого довгоживучого радикала, що не продовжує подальшого утворення ланцюга. Здатність виконувати функцію антиокислювачів у клітинах живого говорить про високий потенціал катехинів як біологічно активних сполук, що містяться в багатьох овочах та плодово-ягідних культурах, тому вони становлять невичерпний інтерес для багатьох дослідників, що працюють як у галузі створення лікарських препаратів, так і у сфері розробки функціональних продуктів [45].

Крім самих катехинів, також досить цікаві з точки зору фізіологічної активності, що виявляється, олігомерні фенольні сполуки, що утворюються деякими видами флавоноїдів (у тому числі катехінами). У науковій літературі вони позначені як поліціанідини. Внаслідок димеризації катехинів, що містяться в листі багатьох сортів чаю, утворюється такий різновид поліціанідинів, як теафлавіни, які відіграють роль пігментів (золотисто-жовті кольори) і надають терпкого, трохи в'язучого смаку чайним напоям. Процес вивільнення з рослинної тканини чайного листа теафлавінів, а також схожих з ними теарубігінів (більших полімерів) запускається за допомогою механічного впливу та подальших ферментативних перетворень катехинів у процесі обробки чорного чаю [24]. Що стосується виконуваних фізіологічних функцій, то вони мають спорідненість безпосередньо до катехинів, але все ж таки переважаючою властивістю даних сполук є їх висока загоювальна

здатність по відношенню до виразкових утворень. Маючи протизапальний ефект і здатність до регуляції процесів апоптозу дофамін ергічних нейронів, теафлавіни також можуть бути використані при профілактиці та терапії хвороби Паркінсона. Крім того, теафлавіни, гідролізуючись, утворюють важливий для повноцінного функціонування організму людини вітамін Р, який має тонізуючу дію на стінки кровоносних судин, зміцнює їх і запобігає деформації, що скорочує ризик крововиливів [15].

Також до складніше влаштованих олігомерів катехінів відносять таніни, що мають переважно властивості, характерні для всіх поліціанідинів. Таніни – це домінуючі речовини у біохімічній структурі чаю [15].

Багато катехінів, таких як, наприклад, галлатепігаллокатехін (EGCG), мають високу антиканцерогенну активність, що реалізується завдяки їх здатності індукувати клітинну загибель, тобто регулювати процеси апоптозу клітини, що відіграє ключову роль у регуляції поділу атипічних. Незабаром очікуються випробування нових методів лікування онкологічних захворювань, заснованих на синергічній дії базових протипухлинних препаратів та катехінів, отриманих шляхом їхньої ізоляції із зеленого чаю [52]. Крім того, доведено ефективність катехінів у зниженні ризику виникнення атеросклерозу, що реалізується за допомогою зниження вмісту в крові ліпопротеїнів з низькою щільністю, які транспортують холестерин (поганий холестерин). Необхідність підтримки ліпопротеїнів на певному рівні можна пояснити тим, що надмірне їх вміст може спричинити виникнення жирових відкладень на стінках артерій, що веде до різних тяжких захворювань (атеросклероз, інсульт, інфаркт міокарда та ін.) [37]. Переходячи до наступних різновидів флавоноїдів, хотілося б акцентувати увагу на відмінні властивості окремих їхніх представників, опускаючи розгляд загальних понять та показників.

Кверцетин – це досить поширений у природі флавонол, виділений переважно з плодово-ягідних та овочевих культур. Рекордсменами за вмістом кверцетину, а також його глікозиду рутину є, насамперед, гречана крупа (80

000 мг/кг), зелені та чорні сорти чаю (2000–2500 мг/кг), цибуля червоних сортів (1810 мг/кг), каперси (1800 мг/кг) та любисток (1700 мг/кг). У значно менших концентраціях він міститься в ягодах полуниці та лохини (158 мг/кг), цитрусових (158 мг/кг), брокколі (158 мг/кг), томатах (158 мг/кг) та зелених яблуках (44 мг/кг) [24]. В останні роки дослідники різних країн виявляють значний інтерес виключно до цього флавоноїду, оскільки спектр його на живі організми дуже широкий. J. Ahn, H. Lee, S. Kim та ін. описують здатність кверцетину регулювати процеси метаболізму за допомогою ініціації апоптозу клітин-передників жирової тканини (преадипоцитів). Налагоджений механізм молекулярного регулювання, вироблений молекулами кверцетину, протистоїть відкладенню жиру в тканинах і, переходячи на організмовий рівень організації, скорочує ризик виникнення ожиріння. Крім того, проводилися багаторазові дослідження в галузі впливу кверцетину на виникнення та розвиток захворювань різної етіології. Так, наприклад, R. Kleemann, L. Verschuren та ін. виявили противірусну активність одного з основних глікозидів кверцетину (кверцетин-3-О-бета-D-глюкуроніду) по відношенню до вірусів грипу типу А [28]. Також було проведено досить велику кількість досліджень на тваринах, що доводять його протизапальну та протиалергічну дію (у разі астми) [27]. Важливо відзначити, що кверцетин за умови високої концентрації має також протипухлинну активність. Було доведено, що він бере участь у включенні гена ВАХ, який стимулює апоптоз онкоклітин при раку легень у людини.

Мірицетин – головний флавонол червоного вина, що надає стабілізуючу дію на нервову та кровоносну систему людини. Спільно з кверцетином оберігаючи нейрони центральної нервової системи, здатний скорочувати ризик виникнення гіпоксії та гіпоглікемії на фоні ішемії головного мозку [47]. Також було виявлено протипухлинну активність мирицетину, причому на відміну від багатьох інших флавоноїдів, він не тільки ініціював апоптоз онкоклітин при раку підшлункової залози, але й у випадку з експериментальними тваринами викликав зменшення ракової пухлини,

інгібуючи процеси метастазування. При першій стадії раку печінки (гепатом) викликав зупинку внутрішньоклітинного поділу на стадії G2/M [53].

Кемпферол – флавонол, що входить до складу переважної більшості продуктів харчування. Дане поєднання було зафіксовано серед представників під родини цибулинні (ріпчаста цибуля, цибуля-шалот, часник, цибуля-порей), сімейства хрестоцвіті (білокачанна, брюссельська капуста, броколі, гірчиця, брюква, редька, ріпа), сімейства гарбузові (огірок, кабачок). Досить часто воно фігурує в хімічному складі ягід (полуниця, суниця, журавлина, ожина, брусниця, малина, агрус та ін.). З точки зору функціонального впливу на організм людини кемпферол так само, як і багато інших флавонолів, ініціює апоптоз клітин при онкологічних захворюваннях, зокрема було досліджено його дію на пухлинні клітини при раку яєчників. Також він виявляє активність проти деяких летальних інфекцій вірусної етіології, таких як, наприклад, японський енцефаліт типу [46]. Y. Zhang, D. Liu відзначають захисну дію кемферолу стосовно  $\beta$ -клітин острівців Лангерганса підшлункової залози, які безпосередньо виробляють один з найважливіших гормонів, що скорочують концентрацію глюкози в крові – інсулін. Даний факт свідчить про можливість розгляду цього флавонолу надалі як сировину для виготовлення антидіабетичних препаратів [47].

Ще одне важливе з'єднання із серії флавонолів – фісетин, що входить до складу суниць, полуниць, плодів манго та інших представників рослинного світу. У ході дослідження вищезгаданої речовини стало відомо про його здатність запускати механізми, спрямовані на покращення довготривалої пам'яті. Також у фісетину були виявлені ознаки, характерні для з'єднань-антидепресантів, внаслідок його впливу зростає вміст серотоніну та норадреналіну в головній структурі лімбічної системи головного мозку – гіпокампі [31]. Крім власної високої антиоксидантної активності, фісетин сприяє максимізації вмісту найважливішого внутрішньоклітинного антиоксиданту глутатіону в мозкових структурах [31]. Ізорамнетин також відноситься до групи флавонолів, що є метаболітом кверцетину. Основне

біологічне джерело – ягоди обліпихи, деякі сорти цибулі, а також усі сорти винограду [50]. Фармакологічна дія цього флавонолу аналогічна переважно кверцетину і кемпферолу. Відмінна властивість ізорамнетину полягає у здатності оберігати кардіоміоцити від впливу перекисних сполук, уповільнюючи активацію мітохондріальних механізмів апоптозу [41].

Необхідно згадати також про кілька важливих сполук, що належать до ізофлавоноїдів – гліцитеїну, геністеїну та даїдзеїну. Основний джерело ізофлавоноїдів на сьогоднішній день – це боби сої. До відмінності цієї групи сполук відносять їх спорідненість з гормонами, які виробляються в тілі людини, внаслідок цього ізофлавоноїди також визначають як фітоестрогени. Представники флавононів знаходять застосування в терапії багатьох захворювань як засіб, альтернативний гормональним препаратам [33]. Як і інші групи флавоноїдів, ізофлавоноїди мають високу антиоксидантну та антиканцерогенну активність, благотворно впливають на серцево-судинну, гормональну та нервову системи, а також протистоять ризику виникнення цукрового діабету та ожиріння.

У природі існує група антоціанів, які є рослинними пігментами із високою біологічною активністю. Цей різновид флавоноїдів визначає забарвлення плодів і квіток покритонасінних. Шкірка багатьох ягід (особливо чорної та червоної смородини) є основним джерелом антоціанінів. Дія на організм людини вони аналогічні всім раніше розглянутим флавоноїдам. Варто приділити увагу розгляду деяких найпоширеніших представників цієї групи. Ціанідин – червоний пігмент багатьох ягід (джерело – вишня, ожина, малина, журавлина, ягоди винограду та ін.). Він же відповідає за колір червоних сортів цибулі та капусти. Забарвлення даного пігменту досить чутлива до рН середовища, в якому він локалізується. У кислому та слабо-кислому (рН < 7) зберігається червоний колір, а при переході в лужне (рН > 7) або нейтральне (рН = 7) середовище відбувається зміна кольору на фіолетовий. Антоціани, подібно до всіх флавоноїдів, утворюють глікозиди. Так, яскравий колір чорної смородини обумовлений присутністю у складі її шкірки антиринину – глікозиду ціанідину, а також присутністю ще одного глікозиду ціанідину –

хризантеміну, ним обумовлене забарвлення, наприклад, плодів сливи домашньої та еверпи овочевої. Дельфінідин – синій пігмент. Відповідає за червоно-фіолетове забарвлення деяких сортів винограду, а також гранату [47]. Міртілін – глікозид дельфінідину, входить до хімічного складу чорної смородини, чорниці та журавлини. Пеларгонідин – це помаранчевий пігмент багатьох ягід (малини, ожини, суниці, чорниці, журавлини та ін.). Також цей антоціан був зафіксований у плодах сливи та граната звичайного [37].

Наступна група вторинних метаболітів рослин - сапоніни - має не настільки широке поширення, але також, як і раніше розглянуті алкалоїди та флавоноїди, має високу біологічну та фізіологічну активність. За хімічною структурою практично всі сапоніни є глікозидами, тобто речовинами, що складаються з двох основних компонентів - вуглеводного залишку (гексоз або залишків уронових кислот) і неуглеводної частини (аглікону). Аглікон буває як тритерпенової, так і стероїдної природи. У тритерпенових сапонінів аглікон може мати пентациклічну та тетрациклічну будову, причому до складу обох входить 30 атомів вуглецю. Стероїдні сапоніни містять 27 вуглецевих атомів [38]. Наявність стероїдних сапонінів характерна переважно однодольним рослинам сімейств Лілейні, Агавові та Діоскорейні. Тритерпенові ж найчастіше зустрічаються серед дводольних рослин сімейств Аралієві, Гвоздичні, Бобові [52]. До відмінних рис сапонінів можна віднести їх поверхнево-активні властивості, при збовтуванні розчини спінуються. Екстракція сапонінів у чистому вигляді досить часто ускладнена тим, що у клітині вони представлені у вигляді колоїдних розчинів. Внаслідок цього їх вилучення здебільшого відбувається разом із вуглеводами, дубильними і барвниками.

Незважаючи на те, що за останній час присутність сапонінів була зафіксована більш ніж у 100 сімействах вищих рослин, людина регулярно вживає в їжу лише 28 з них [52]. Причому основними джерелами серед кормових культур є: соя, горох, арахіс, шпинат, люцерна, овес, кінський каштан, цукрові буряки, кіноа, пажитник та деякі інші.

У хімічному складі сапоніновмісних рослин присутні складні суміші різних за хімічною будовою і властивостями сапонінів. Так, наприклад, соєві

боби містять 3 види соясапонінів - А, В, Е, кожен з яких класифікується відповідно до особливостей структури аглікону. Соя є одним із найвідоміших світових сільськогосподарських культур і вважається джерелом тритерпенових сапонінів. Аналогічно сої як мінімум 29 сапонінів, що базуються загалом не менше ніж на 12 агліконах, було виділено з люцерни. Виходячи з аналізу літературних джерел, на сьогоднішній день рослини роду Люцерна становлять найбільший інтерес серед усіх існуючих кормових культур. Найбільш поширений вид Люцерна посівна, до його складу входять переважно сапоніни тритерпенового ряду [54]. Сапоніни відносно часто зустрічаються серед представників вищих рослин, а також є невід'ємним компонентом деяких продуктів харчування, харчових добавок та фармацевтичних препаратів на основі рослинної сировини. Крім того, внаслідок добре виражених поверхнево-активних властивостей вони застосовуються як натуральні миючі засоби. Також сапоніни стероїдної природи, такі як діосцин (біологічне джерело – сімейство Діоскорейні) та хекогенін (біологічне джерело – сімейство Агавові), використовуються як сировина для стероїдних гормонів.

Для харчової промисловості значний інтерес становлять деякі пентациклічні тритерпенові сапоніни, як, наприклад, гліциризинова кислота, що міститься в коренях і кореневищах солодки голої (лакриці). Глікозид лакриці знаходить широке застосування в кондитерській промисловості, де використовується як смако-ароматична добавка, завдяки властивому йому нудотно-солодкому аромату. Крім того, глікозид гліциризинової кислоти застосовують як підсолоджувач у продуктах діабетичного профілю. На території РФ його застосовують як піноутворюючий агент при виробництві халви [19]. Відомо також, що сапоніни внаслідок високої біологічної активності мають колосальний потенціал у лікуванні та профілактиці багатьох захворювань. Їм властиво надавати гіпохолестеринемічну, антиканцерогенну, гіпоглікемічну, імуномодулюючу, нейропротекторну,



протизапальну, антиоксидантну, гепатозахисну та антикоагулянтну дію, крім того, вони здатні інгібувати процеси карієутворення та агрегації тромбоцитів. Крім надання благотворного впливу на організм людини сапоніни здатні надавати і різноманітні токсикологічні ефекти. Як правило, пероральна біодоступність сапонінів дуже низька, проте при внутрішньовенному введенні багато з них виявляються високотоксичними сполуками і спричиняють розрив мембран еритроцитів (гемоліз) [38].

Наступна група біологічно активних сполук представлена низькомолекулярними сполуками органічної природи – вітамінами. Як відомо, саме рослини є одним із головних джерел одержання цих сполук. Внаслідок цього переважна більшість наукових праць присвячена вивченню шляхів їхнього біосинтезу, а також виявленню механізмів впливу цих природних антиоксидантів на живі системи, включаючи людину. Обґрунтування причин утворення вітамінів у клітинах рослин зводиться до того, що останні або виконують функцію проміжних продуктів у складних біохімічних реакціях, або виступають у ролі каталізаторів на різноманітних біосинтетичних шляхах. Причому вітаміни, на відміну багатьох інших розглянутих у цьому розділі сполук, відносяться до продуктів первинного синтезу. Говорячи про каталітичні властивості, важливо зазначити, що більшість із них виступають у ролі небілкової компоненти (коензиму) багатьох ферментів або є їх біогенетичними попередниками.

На відміну від інших органічних сполук (білків, жирів, вуглеводів та ін), вітаміни не несуть особливої харчової та енергетичної цінності, внаслідок чого не мають калорійності і не беруть участь у побудові тканин та органів. Однак їхня роль у метаболічних процесах живих організмів, як було зазначено вище, досить велика і визначається знаходженням цих сполук щодо малих концентрацій. Отже, вітаміни відносять до класу мікронутрієнтів [1].

Вітаміни поділяють на дві основні групи: водорозчинні та жиророзчинні. Найбільш відомими представниками серед вивчених

водорозчинних вітамінів є: аскорбінова кислота (вітамін С), тіамін (вітамін В1), рибофлавін (вітамін В2), піридоксин (вітамін В6), нікотинова кислота (вітамін РР), вітамін В3, кобаламін (вітамін В12), фолієва кислота (вітамін В9), пантотенова кислота (вітамін В5) та біотин (вітамін Н). Серед жиророзчинних найбільш вивчені: вітамін А (ретинол, аксерофтол), вітамін Е (токоферол), вітамін D та вітамін К [39].

Поряд з вітамінами рослинна сировина є також багатим джерелом різних мікроелементів, що мають ключове значення для організму людини. Мікроелементами називають мінеральні речовини, що зустрічаються у живих організмах у гранично малих концентраціях – у мікрограмах на грам маси тіла або менше. Досить велика кількість елементів періодичної системи, що містяться в їжі рослинного походження, можна віднести до цього класу, однак лише деякі з них можна вважати життєво важливими.

Залізо – один із найважливіших мікроелементів, який як у двовалентній, так і тривалентній формі присутній у тканинах рослин у вигляді комплексних сполук. Депонування відбувається переважно у провідній тканині (ксилемі та флоемі) у вигляді фітоферитину [4]. Фітоферитин є металопротеїдом, який складається безпосередньо з  $Fe^{3+}$  та білкової мембрани. Як відомо, залізо буває гемовим та негемовим, причому рослини є джерелом негемового заліза. В організмі людини цей мікроелемент є найважливішим компонентом гемоглобіну та кисеньзв'язуючого білка скелетної мускулатури міоглобіну. До харчових джерел негемового заліза відносять горіхи, бобові, багато овочевих та зернових культур (шпинат, томати, картопля, броколі, білий і бурий рис) [37].

Селен – ще один життєво важливий мікроелемент, який є невід'ємним компонентом глутатіонпероксидаз – класу ферментів, що каталізують окисно-відновлювальні реакції (реакції відновлення перекисів жирів до спиртів та пероксиду водню до води). Внаслідок цього селен є досить важливою сполукою, оскільки він захищає організм від оксидативних ушкоджень, вибудовуючи точні механізми захисту клітин від впливу вільних радикалів. Також селен бере участь у регуляції метаболізму (жировому, білковому,

вуглеводному обміні) та забезпечує міцність субклітинних мембран. На рівні організму недолік селену відбивається на імунній системі, спостерігається підвищена сприйнятливість до вірусних та бактеріальних інфекцій. Селен виявляє синергічну дію по відношенню до інших мікроелементів (йоду) та деяких вітамінів (токоферолу, аскорбінової кислоти) [22]. Він входить до складу білків м'язової тканини, а також сприяє синтезу гормону щитовидної залози – трийодтироніну. Основним джерелом селену є продукти тваринного походження, серед рослинних організмів найчастіше зустрічається у злакових. Причому рівень вмісту селену в злакових культурах безпосередньо залежить від його вмісту у ґрунті [24].

Молібден, так само, як і селен, досить часто виступає в ролі кофактора і входить до складу молібден-залежних ферментів (альдегідоксидази, ксантинок-сідази і сульфітоксидази), що відіграють важливу роль у вуглеводному обміні, утилізації заліза, синтезі гемоглобіну, детоксикації, утворенні сечової кислоти та інших найважливіших біохімічних процесах. Так, наприклад, він є кофактором металовмісної оксидоредуктази – ксантиноксидази, яка відіграє ключову роль у процесі синтезу та обміну пурину [46]. Основне джерело молібдену – продукти рослинного походження. До рослин з високим вмістом цього елемента відносять бобові, злаки, зелені листові овочі, насіння соняшника, цвітну капусту і моркву.

Мідь, як і інші мікроелементи, виступає в ролі коферменту оксидоредуктаз (поліфенолоксидази та аскорбіноксидази). Також вона бере безпосередню участь у процесах кровотворення, синтезу білків-переносників (гемоглобіну) та цитохромів – речовин ферментативної природи, що регулюють обмін жовчних та ненасичених жирних кислот, а також нейтралізує ксенобіотики (чужорідні токсини різної етіології). Важливо відзначити, що вона є антоністом по відношенню до цинку, заліза та молібдену, внаслідок чого надмірне споживання цих елементів тягне за собою дефіцит міді. Мідь потрапляє в організм людини у вигляді хелатних комплексів, які виявляють яскраво виражений радіопротекторний ефект. Найбільший вміст міді відзначають серед бобових (нута, соєвих бобів,

квасолі адзукіі, білої квасолі), насіння (льону, кунжуту, соняшнику, гарбуза, кавуна), листових овочів (шпинату, салату) [46].

Цинк є ще одним невід'ємним мікроелементом у житті всіх живих організмів, у тому числі й людини. Його присутність необхідна для функціонування більш ніж 250 ферментів, що беруть участь у найрізноманітніших реакційних процесах – зростання та поділ клітин, синтез нуклеїнових кислот, білкових молекул та клітинних мембран, метаболізм. Цинк стимулює вироблення та забезпечує підтримку на певному рівні у сироватці крові гормону росту (соматотропіну), чоловічих (тестостерону) та жіночих (прогестерону) статевих гормонів. Також бере участь у кровотворенні, запобігаючи ризику виникнення деяких видів анемії. Крім того, він сприяє опірності організму о інфекцій.

Крім окремих біологічно активних сполук рослин, особливий інтерес є їх суміші, зокрема ефірні олії. Ефірні олії є групою летючих ароматичних сполук органічної природи, що складаються з безлічі індивідуальних речовин з переважанням C10- і C15-терпенів і терпеноїдів [3]. Останні можуть перебувати у трьох рівномірних станах – у чистому вигляді, у вигляді складних ефірів органічних кислот та глікозидів [6].

Утворення та накопичення масел спостерігається як у вегетативних, так і в генеративних органах вищих рослин. Накопичення відбувається, як правило, у спеціалізованих ендегенних та екзогенних компартментах (містилищах ефірних олій) або ідіобластах, також вони можуть концентруватися у клітинному соку та протоплазматичному просторі [50]. Роль ефірних олій у межах рослини на сьогоднішній день досить добре вивчена, і внаслідок цього багато вчених сходяться на думці про те, що вони виконують насамперед захисну функцію. Відомо, що вони виступають як захисний механізм проти шкідників, вірусних та бактеріальних збудників, температурних перепадів, а також олії протистоять поїданню тваринами певних видів. Аромат ефіроолійних рослин приваблює комах-запилювачів [43]. Крім того, ефірні олії здатні змінювати поверхневе натягування, полегшуючи цим транспорт води та мінеральних речовин. Також їх характеризує здатність вступати у різні

метаболічні реакції рослин та виступати в ролі запасних речовин [54].

Що стосується області застосування, ефірні олії використовуються у парфумерній та миловарній, харчовій, лікєро-горілочаній, тютюновій, фармацевтичній, косметичній, лакофарбовій та інших галузях промисловості [19].

Харчова промисловість досить давно взяла на озброєння ефірні олії, включивши їх у вигляді харчових ароматизаторів (харчових есенцій) до рецептури хліба, безалкогольних напоїв, кондитерських виробів, м'ясних напівфабрикатів, соусів та інших затребуваних продуктів харчування. Так, м'ятна, рожева, жасминова, ванільна ефірні олії широко застосовуються у кондитерській справі при виробництві карамельних та пряничних виробів, йогуртів, шоколадних виробів, мармеладу, морозива; масло материнки звичайної та імбиру – при виробництві м'ясопродуктів; олія бергамоту, перцевої м'яти, липи, жасмину – для ароматизації чаїв; ефірна олія кропу, фенхелю, петрушки – для ароматизації кухонної солі; анісове масло - для консервації в хлібопеченні; олії перцевої та запашної м'яти, а також цитрусових застосовують з метою надання певного смаку та аромату жувальним гумкам [9].

У фармацевтичній промисловості ефірні олії затребувані внаслідок їх антисептичної, бактерицидної, антиоксидантної та спазмолітичної дії, а також завдяки здатності надавати стимулюючий вплив на секрецію шлунково-кишкового тракту та бронхів [42]. Ефірні олії є первинною сировиною для екстрактів, настоянок, відварів, чаїв та інших засобів, що використовуються для лікування та профілактики багатьох захворювань [9].

## **Висновок до розділу 1**

Забезпечення високої фізичної працездатності та готовності спортсменів з урахуванням інтенсивності тренувальних навантажень досягається шляхом повноцінного поповнення потреби у необхідних для ефективної тренувальної діяльності харчових речовин. В даний час спортивне харчування є сферою

науки і практики, що динамічно розвивається, оскільки працездатність спортсмена підвищується за рахунок добре підібраної стратегії харчування. Спортсменам рекомендується використовувати у харчуванні напої, збагачені функціональними інгредієнтами, зокрема білком, вуглеводами, вітамінами, макро- та мікроелементами та іншими біологічно активними речовинами. Аналіз літературних даних вітчизняних та зарубіжних джерел є доказовою базою ефективності використання амінокислот, зокрема АРВЛ у спортивній нутриціології для підтримки фізичної працездатності, імунної резистентності та адаптаційного потенціалу спортсменів. Біологічно активні речовини рослин є перспективними функціональними інгредієнтами для розробки спеціалізованих напоїв для харчування спортсменів різних видів спорту. На особливу увагу заслуговує включення речовин рослинного походження антиоксидантної спрямованості до продуктів спортивного харчування, оскільки стан антиоксидантної системи організму є важливим показником здоров'я та спортивної працездатності, а окислювальний стрес негативно впливає на процеси відновлення після фізичного навантаження. Аналіз літературних даних дозволяє визначити перспективність використання у спеціалізованій харчовій продукції для харчування спортсменів рослинних екстрактів в якості сировинних компонентів.

## РОЗДІЛ 2

### ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Організація дослідження

На першому етапі проаналізовано вітчизняну та зарубіжну науково-технічну літературу, присвячену складу, класифікації та рекомендаціям щодо застосування спортивних напоїв; використання АРВЛ у харчуванні спортсменів, наведено характеристики рослинних біологічно активних речовин та способи їх застосування.

Другий етап присвячений застосуванню спортсменами харчування, збагаченого білковою сухою речовиною та БАД «Ерамін».

Перед вживанням рекомендували 30–50 г напою білкового розчинити в ємності з мінеральною водою об'ємом 0,5 дм<sup>3</sup> і вживати до тренування або під час тренування в кількості 100–200 мл 2–3 рази, що забезпечить до 45 % добової потреби організму спортсменів у кремнії та від 24 до 48 % в АРБЛ.

В таблицях 2.1 та 2.2 представлені органолептичні показники та хімічний склад БАД «Ерамін».

*Таблиця 2.1*

Органолептичні показники БАД «Ерамін»

Показник	Норма по ТУ	Фактично
Зовнішній вигляд	Екстракт	Екстракт
Колір	Темно-коричневий	Темно-коричневий
Смак і запах	Специфічний, властивий для люцерни посівної	Специфічний, властивий для люцерни посівної

*Таблиця 2.2*

Хімічний склад БАД «Ерамін»

Показник	Склад	% від рекомендованої добової норми

Масова частка білка, %	12,3±0,6	–
Масова частка жиру, %	6,9±0,4	–
Масова частка вуглеводів, %	42,1±3,7	–
Масова частка клітковини, %	23,6±2,3	–
Масова частка золи, %	11,2±2,1	–
Масова частка вологи, %	27,5±2,6	–
Біофлавоноїди в перерахунку на лютеолін-7-глікозид, мг/г	165,0±2,3	30
Антиоксидантна активність, в лютеолін-7-глікозид, мг/г моль	18,2±1,3	28
Мікроелементи, мг/г		
Залізо	6,24±0,01	63
Мідь	0,045±0,001	40
Цинк	0,31±0,01	38
Марганець	0,11±0,02	65
Кобальт	0,37±0,02	10

З даних таблиці 2.2 видно, що БАД «Ерамін» містить у складі мікроелементи та біофлавоноїди, вміст яких забезпечує від 10 до 65% добової норми споживання за умови споживання 1 г БАД у зазначених біологічно активних речовинах.

**Третій етап** присвячений оцінці ефективності напоїв для харчування спортсменів, збагачених білком та БАД «Ерамін» у клінічних дослідженнях за показниками крові та фізичної працездатності .

В дослідженні приймали участь спортсмени-футболісти Національного університету фізичного виховання та спорту України у віці від 18 до 22 років. Тренування проводилися відповідно до тренувального плану. Харчування спортсменів усіх груп було 3-разове неорганізоване.



## 2.2 Методи досліджень

Для клінічних досліджень білкового напою на мінеральній воді, та мінеральній воді, збагаченій БАД «Ерамін», сформували по три групи спортсменів-футболістів університету по 10 у кожній у віці від 18 до 22 років. Перша група плацебо (мінеральна вода у кількості 1 літр протягом 21 дня), друга контрольна група (білковий розчин або БАД «Ерамін», розчинені в питній воді), футболісти третьої основної групи – досліджуваний напій (мінеральна вода, збагачена білковим розчином або БАД «Ерамін») у кількості 1 літр щодня протягом 21 дня. У спортсменів визначали клітинний склад крові, абсолютну та відносну фізичну працездатність, максимальне споживання кисню, максимальну потужність, ЧСС, анаеробний поріг, активність ферментів АСТ, АЛТ, КФК, антиоксидантну активність, активність каталази та вміст ЦП.

Гематологічні показники досліджували за допомогою автоматичного гематологічного аналізатора МЕК-6400 J, контроль серцевого ритму – пульсометра, анаеробний поріг, максимальне споживання кисню та фізичну працездатність з використанням велоергометричного комплексу. Дослідження психофізіологічного стану спортсменів шляхом тестування короточасної пам'яті.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Раціональне харчування та дотримання питного режиму є важливим фактором, що визначає ефективність занять спортом. Сьогодні підготовка спортсмена включає 1300–1500 годин на рік [7], на зборах проводяться по 2–3 тренування на день по 2–3 години кожне з високими навантаженнями. Так, у ігрових видах спорту кількість змагань становить 70-85 на рік, у плавців у середньому 100 разів, у велосипедистів – 150 [7].

Внаслідок високих фізичних навантажень посилюється обмін речовин, активізуються адаптаційні процеси, що сприяють підвищенню витривалості, сили, швидкісних якостей та, природно, зростанню спортивних результатів. З іншого боку, ці ж навантаження, стимулюючи інтенсивні витрати енергоресурсів, мінеральних речовин і вітамінів в організмі спортсмена, можуть призвести не тільки до зменшення працездатності, уповільнення відновлювальних та адаптаційних реакцій, але й серйозних порушень здоров'я.

Тому вдосконалення системи підготовки студентів-спортсменів останнім часом здійснюється за двома напрямками. Перше з них передбачає оптимізацію застосування тренувальних та змагальних навантажень, вибір оптимальних тренувальних засобів, раціональної побудови різних структурних компонентів процесу підготовки – тренувальних занять, мікроциклів, періодів, етапів, макроциклів.

Другий напрямок – створення умов, за яких великий обсяг роботи, яку виконує спортсмен, спричинив би такі адаптаційні перебудови організму, які б гарантували йому досягнення високих спортивних результатів. Ці умови забезпечуються різними шляхами: застосуванням широкого кола засобів педагогічного, медико-біологічного та психологічного характеру, які б стимулювали працездатність спортсменів та відновлювальні реакції; плануванням підготовки в різних кліматичних та географічних умовах

(насамперед в умовах середньогір'я та високогір'я), барокамерах та ін. Водночас, одним із факторів, який визначає підвищення ефективності системи підготовки в цьому напрямку, безумовно, є національне харчування та питний режим спортсменів [7]. У цьому випадку найбільшу популярність набувають спортивні напої, що містять спеціалізовані комплекси амінокислот, макро- та мікроелементів, вітамінів та вітаміноподібних речовин, поряд з іншими необхідними нутрієнтами. Крім цього, спортивні напої відновлюють рідину, втрачену організмом через фізичне навантаження.

За своїм призначенням спортивні напої поділяються на дві групи:

- уживані під час занять спортом (ізотонічні напої);
- вживані після закінчення фізичних вправ (гіпотонічні напої).

Ізотонічні напої виготовляють на цукрі (цукрозі) та інших вуглеводах (глюкозі, фруктозі, декстрозі). Вміст вуглеводів в ізотонічних напоях зазвичай становить 4–10 %, що забезпечує працездатність при високих фізичних навантаженнях, підвищує витривалість, запобігає виснаженню запасів глікогену.

Підтримка кисневого балансу в крові при тривалих навантаженнях (2-3 години) досягається за допомогою антиоксидантів, що додаються до напоїв або що включаються окремо до раціону спортсменів. Як антиоксиданти широко використовуються токофероли, каротиноїди, флавоноїди. Основна функція антиоксидантів полягає в інактивації вільних радикалів, кількість яких активно зростає при інтенсивних фізичних навантаженнях і призводить до руйнування клітинних мембран, загибелі та переродження самих клітин.

Спортивні напої другої групи відрізняються тим, що до їх складу, поряд з вітамінами, мінералами та вуглеводами, включають гідролізати різних рослин – сої, пшениці та ін. Ці напої мають забезпечити швидке відновлення фізичної форми спортсменів. Показано, що такий ефект досягається за рахунок підвищення рівня незамінних амінокислот в організмі, посиленого синтезу глікогену, ресинтезу глікогену в м'язах,

надходження інсуліну в кров та видалення надлишку молочної кислоти через органи виділення – нирки та потові залози.

Важливе значення в механізмі вищезгаданих перетворень відіграє гормон кортизон (глюкокортикоїд), концентрація якого збільшується в крові при високих навантаженнях.

Важливе значення в механізмі вищезгаданих перетворень відіграє гормон кортизон (глюкокортикоїд), концентрація якого збільшується в крові при високих навантаженнях. Кортизон стимулює утворення глюкози в печінці шляхом дезамінування вільних, у т.ч. незамінних амінокислот, що призводить до їхнього дефіциту. З огляду на це, а також на тлі придушення ресинтезу білка при інтенсивній м'язовій роботі надходження незамінних амінокислот, зокрема амінокислот з розгалуженим вуглецевим ланцюгом (АРУЦ) в організм спортсменів має здійснюватися за рахунок харчування, у тому числі спеціалізованих напоїв. Нерідко спортсмени під час тренувального процесу розтягують м'язи та травмують зв'язки. Одним із факторів, що запобігають виникненню травм, є додаткове надходження в організм спортсмена мікроелементу кремнію, необхідного для зчеплення волокон колагену та еластину, що надає сполучній тканині міцності та пружності. Доказом ефективності кремнію у формуванні сполучної та кісткової тканин є його роль в адаптивній реакції після перелому кістки або розриву зв'язок, коли концентрація кремнію у травмованих тканинах зростає у 50–200 разів з одночасним зниженням у крові у 4 рази. Відзначається також зменшення маси хрящової тканини, втрата еластичності кісток, підвищена ламкість нігтів та волосся при дефіциті мікронутрієнта [7]. Більше того, зв'язаний кремній входить до складу білкових комплексів. Потреба організму людини у кремнії становить 30 мг на добу, у спортсменів цей показник збільшується.

Засвоюваність кремнію організмом людини залежить від форми, якою вона надходить в організм. Зокрема, кремнієві кислоти добре засвоюються, швидко всмоктуються, потрапляючи в кров, транспортуються до органів та

тканин, при цьому надлишок кремнію виводиться через сечостатеву систему, та його концентрація у біологічних рідинах залишається в межах фізіологічної норми.

Частка вітчизняних напоїв для спортсменів на споживчому ринку становить 10–15 % від загальної кількості, а асортимент напоїв налічує трохи більше 10 найменувань.

Амінокислоти з розгалуженими бічними ланцюгами (ВСАА) або АРБЛ – це компонент спеціалізованих продуктів харчування спортсменів, що складається з трьох незамінних амінокислот – валіну, лейцину, ізолейцину, що характеризуються розгалуженою будовою аліфатичних бічних ланцюгів.

Відомо, що потреба організму людини в АРБЛ становить до 35-40% загальної потреби в незамінних амінокислотах. Доцільно розглянути механізм дії вказаних амінокислот. Добова норма лейцину для людини становить 1,1–1,2 г. Лейцин добре всмоктується при пероральному введенні, проникає через гематоенцефалічний бар'єр і має особливо виражену здатність стимулювати біосинтез білка, клітинний метаболізм, ріст клітини, формуючи структуру білкової молекули (фолдинг). Слід зазначити, що однією з основних функцій АРБЛ є енергетична функція для скелетних м'язів. АРБЛ трансамінуються у м'язах у відповідні кетокислоти, які потім утилізуються у реакціях глюконеогенезу у печінці. При помірному фізичному навантаженні пул АРБЛ зберігається постійному рівні, попри активацію процесів розпаду білка. Однак при тяжкому та тривалому фізичному навантаженні окислення АРБЛ у скелетних м'язах часто перевищує їх вивільнення з м'язових білків. В результаті концентрація АРБЛ у крові падає, що сприяє транспорту триптофану в ЦНС та підвищенню утворення серотоніну в мозку [7]. Одним із наслідків цього ефекту може бути розвиток втоми центрального походження. Щодо цього цікаво, що вживання напоїв на основі АРБЛ спортсменами дозволяє відновити працездатність при високих фізичних навантаженнях.

Згідно з визначенням, до функціональних харчових інгредієнтів

відносяться живі організми, речовина або комплекс рослинних речовин, мікробіологічного, мінерального походження або ідентичні натуральним, що входять до складу функціонального харчового продукту в кількості не менше 15 % від добової фізіологічної потреби в розрахунку на одну порцію продукту, що має здатність надавати науково обґрунтований та підтверджений ефект на одну або кілька фізіологічних функцій, процеси обміну речовин в організмі людини при систематичному вживанні функціонального харчового продукту, що містить їх.

### **3.1 Клінічні випробування напою для харчування спортсменів, отриманого шляхом збагачення мінеральної води сухим білковим напоєм**

Доказова база ефективності напою ґрунтувалася на наступному:

– усі рецептурні інгредієнти напою білкового сухого (фруктоза, кислота лимонна, ароматизатор «Ківі FM006116», ароматизатор «Кокос FM010079», кислота яблучна, амінокислоти (лейцин, ізолейцин, валін), концентрат сироваткового, ) та мінеральна вода дозволені до використання у харчуванні та зареєстровані;

– включення біологічно активних компонентів (сироватковий білок та амінокислоти) науково обґрунтовано;

– на біологічно активні компоненти є дані щодо їх ефективності;

– фізико-хімічні показники рецептурного складу та мінеральної води регламентовані та достовірно можуть бути визначені за допомогою спеціальних методів досліджень;

– враховано можливі взаємодії біологічно активних інгредієнтів із мінеральними речовинами води;

– кількість біологічно активних речовин, що вводяться, фізіологічно ефективно і не погіршує споживчі властивості води.

Клінічні випробування напою для харчування спортсменів, отриманого шляхом збагачення мінеральної води сухим білковим напоєм, проводили на спортсменах-футболістах у змагальний літній період. Для експерименту

сформували три рандомізовані групи спортсменів-студентів Національного університету фізичного виховання і спорту України (1-а контрольна, 2-а контрольна та 3-а основна) у віці від 18 до 22 років по 10 осіб у кожній. Спортсмени першої контрольної групи приймали плацебо (мінеральну воду в кількості 1 літр протягом 21 дня), другої контрольної групи плацебо (напій сухий білковий, розчинений у питній воді), футболісти третьої основної групи – досліджуваний напій у кількості 1 літра щодня протягом 21 дня. Тренування проводилися відповідно до тренувального плану. Харчування спортсменів усіх груп було 3-разове неорганізоване. Дослідження проводилось у літній період року.

Досліджено загальний склад крові спортсменів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Показники клітинного складу крові спортсменів

Показник	Група					
	1 контрольна		2 основна		3 основна	
	До	Після	До	Після	До	Після
Еритроцити, $\times 10^{12}/л$	4,75 $\pm$ 0,17	4,51 $\pm$ 0,23	4,73 $\pm$ 0,15	4,92 $\pm$ 0,24	4,79 $\pm$ 0,18	5,16 $\pm$ 0,27
Концентрація гемоглобіна в еритроциті, %	33,2 $\pm$ 0,17	33,1 $\pm$ 0,12	33,1 $\pm$ 0,14	33,2 $\pm$ 0,12	33,0 $\pm$ 0,14	33,1 $\pm$ 0,15
Гематокрит, %	45,8 $\pm$ 2,6	47,3 $\pm$ 2,0	45,1 $\pm$ 2,3	46,5 $\pm$ 2,4	45,6 $\pm$ 2,2	44,1 $\pm$ 2,4
Лейкоцити, $\times 10^9/л$	5,61 $\pm$ 0,10	5,83 $\pm$ 0,14	5,62 $\pm$ 0,12	5,86 $\pm$ 0,15	5,57 $\pm$ 0,12	5,98 $\pm$ 0,16
Тромбоцити, $\times 10^9/л$	182,4 $\pm$ 5,6	201,8 $\pm$ 5,1	180,1 $\pm$ 4,7	197,8 $\pm$ 4,5	184,7 $\pm$ 5,2	192,5 $\pm$ 5,7
Лімфоцити, %	54,2 $\pm$ 3,3	52,7 $\pm$ 3,8	55,6 $\pm$ 3,8	53,1 $\pm$ 3,4	58,7 $\pm$ 5,2	47,8 $\pm$ 5,1
Гранулоцити, %	37,4 $\pm$ 3,8	49,5 $\pm$ 2,6	37,0 $\pm$ 2,5	48,4 $\pm$ 2,1	39,5 $\pm$ 2,5	48,3 $\pm$ 2,4
Палочкоядерні, %	1,83 $\pm$ 0,04	1,95 $\pm$ 0,08	1,86 $\pm$ 0,03	1,97 $\pm$ 0,05	2,04 $\pm$ 0,05	2,16 $\pm$ 0,03
Сегментоядерні, %	38,27 $\pm$ 1,7	39,72 $\pm$ 1,8	38,23 $\pm$ 1,24	41,24 $\pm$ 1,52	39,43 $\pm$ 2,1	44,69 $\pm$ 2,2
ШОЕ, мм/ч	3,61 $\pm$ 0,35	4,82 $\pm$ 0,37	3,61 $\pm$ 0,35	4,26 $\pm$ 0,29	4,12 $\pm$ 0,34	3,82 $\pm$ 0,26

З даних таблиці випливає, що на тлі вживання білкового напою відзначається збільшення кількості еритроцитів на 7,7 %, у другій контрольній групі відзначається тенденція до збільшення, тоді як у спортсменів першої контрольної групи відзначається тенденція до зниження при подібній концентрації гемоглобіну в еритроцитах. Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень [5] у період змагання.

Фізичне навантаження впливає на показники лейкоцитарного профілю спортсменів. В основній групі відзначається достовірне підвищення кількості лейкоцитів на 7,4 %, у першій контрольній – 3,9 %, у другій контрольній – 4,3 %. У спортсменів основної групи встановлено зниження вмісту лімфоцитів у крові на 18,6 % та збільшення сегментоядерних нейтрофілів на 13 %, при дослідженні вищевказаних показників крові спортсменів контрольних груп встановлено, що наголошується на тенденції до збільшення. Слід зазначити, що підвищення кількості лейкоцитів відбувається за рахунок збільшення кількості гранулоцитів на 22,3 % у дослідній групі на 32,4 % та 29,1 % у першій та другій контрольних групах. Кількість сегментоядерних нейтрофілів у крові спортсменів основної групи збільшилася на 13%, у другій контрольній групі на 7,9%, у співочій контрольній групі достовірних змін не зазначено. За період досліджень вміст лімфоцитів у крові спортсменів основної групи знизився на 18%, у другій контрольній групі – 4,5%, у першій контрольній – 2,8%. ШОЕ у футболістів першої контрольної знизилася на 33,5 %, у другій контрольній – 18,0 %, а в основній групі – на 7,3 %, кількість тромбоцитів у першій контрольній групі зросла до кінця експерименту на 10%, у другій контрольній – 9,8%, в основній групі – 4,2%. Наведені результати досліджень свідчать про взаємозв'язок формених елементів крові та їх функціональної активності.

З наведених результатів досліджень випливає, що на тлі вживання напою спортсменами відзначається активація еритропоезу, опосередкованого посилення клітинного імунітету, що призводить до зниження ШОЕ та кількості концентрації лімфоцитів.

Показники фізичної працездатності спортсменів представлені у таблиці



Таблиця 3.2

## Фізична працездатність спортсменів

Показник	Група					
	1 контрольна		2 контрольна		3 основна	
	До	Після	До	Після	До	Після
Абсолютна фізична працездатність, Вт/кг	185±15	201±12	186±11	207±14	189±16	236±17
Відносна фізична працездатність, Вт/кг	3,04±0,12	3,08±0,09	3,07±0,05	3,15±0,05	3,10±0,06	3,37±0,13
Максимальне споживання кисню, мл/хв на 1 кг	44,3±5,7	45,6±3,9	45,1±4,3	47,8±3,2	46,8±3,4	50,3±2,3
Максимальна потужність, Вт	308±23	297±28	306±18	309±25	305±29	337±15
Частота серцевих скорочень, уд. в хв.	203±15	215±18	201±15	208±13	198±12	179±15
Анаеробний поріг, Вт	254±18	248±26	250±12	257±22	251±31	274±24

У дослідженнях фізичної працездатності повністю встановлено, що абсолютна і відносна фізична працездатність на фоні вживання білкового напою зросла на 24,9 і 9 %, тоді як у першій контрольній групі спортсменів – 8,7 та 1,3 %, у другій контрольній – 11,3 та 2,6 %. Максимальне споживання кисню спортсменами третьої основної групи наприкінці експерименту склало 50,3 мл/хв на 1 кг і зросло на 7,5 %, у другій контрольній групі – 6,0 %, у першій контрольній групі достовірних змін не зазначено. Максимальна потужність у спортсменів основної групи після прийому досліджуваного напою збільшилася до 10,5% і становить 337 Вт. У спортсменів основної групи відзначається краща переносимість фізичного навантаження, що підтверджується нормотонічною реакцією серцево-судинної системи, у контрольній групі відзначається гіпертонічний тип реакції на навантаження. Так, ЧСС у контрольній групі спортсменів після максимального навантаження становить 215 ударів за хвилину, в основній – 179 уд. за хв. Анаеробний поріг у спортсменів основної групи наприкінці експерименту зріс до 274 Вт або на 9%.

Підвищення фізичної працездатності у спортсменів третьої основної групи пов'язане із вмістом у досліджуваному напої мінеральних речовин та амінокислот, зокрема, гліцину, серину та інших, які трансформуються у піруват, що окислюється до ацетил-коензиму А, що бере участь у циклі Кребса. Лізин і триптофан метаболізуються до кетoadилату і далі в мітохондріальному матриксі послідовно окислюються до глутарил-коензиму А і ацетил-коензиму А. Метіонін і треонін в цитозолі м'язових клітин метаболізуються до кетобутірату, переходять до сукциніл-коензиму А – прямий субстрат циклу Кребса. Що ж до АРВЛ, всі вони найшвидше вступають у реакції циклу Кребса [12].

Проведено дослідження психофізіологічного стану спортсменів до та після експериментів за допомогою тесту з визначення пам'яті (короткочасної). Для експерименту спортсмени повинні були згадати двозначні числа кожного ряду, що зачитуються ним, що складається з 12 чисел. Для експерименту зачитували 4 ряди чисел. Для визначення рівня короткочасної пам'яті нами було проаналізовано кількість відтворених чисел спортсменами та допущених помилок. У спортсменів третьої основної групи обсяг короткочасної пам'яті збільшився в середньому на 31 %, по першому ряду на 43 %, другому – 37 %, третьому – 18 % та четвертому – 26 %. Кількість помилок у середньому скоротилася на 37%, у першому ряді на 45%, у другому – 34%, у третьому – 31% та четвертому – 37%. У спортсменів другої контрольної групи обсяг короткочасної пам'яті збільшився в середньому на 21 %, по першому ряду на 32 %, другому – 26 %, третьому – 11 % та четвертому – 15 %. Кількість помилок у середньому скоротилася на 37%, у першому ряду на 26%, у другому – 25%, у третьому – 27% та четвертому – 25%. У спортсменів контрольної групи наголошується на тенденції до зменшення короткочасної пам'яті. Так, обсяг короткочасної пам'яті знизився на 4% та обсяг помилок зріс на 3%. Зміна показників короткочасної пам'яті у бік зниження у спортсменів контрольної групи свідчить про деяке виснаження регуляторних систем та напругу психоемоційного стану. Поліпшення показників

короткочасної пам'яті у спортсменів основної групи пов'язане з підвищенням адаптованості організму до фізичних навантажень, зниженням стомлюваності, збереженням психологічного тону та збільшенням когнітивних показників.

Таким чином, вживання спортсменами напою, отриманого шляхом збагачення мінеральної води напоєм сухим білковим, дозволяє активізувати процес еритропоезу, сприяє опосередкованому посиленню клітинного імунітету, підвищує фізичну працездатність за рахунок максимального споживання кисню спортсменами, зростання максимальної потужності серцево-судинної системи на фізичне навантаження.

### **3.2 Клінічні випробування напою для харчування спортсменів, отриманого шляхом збагачення мінеральної води БАД «Ерамін»**

У період фізичних тренувань відзначається загальне зниження вмісту води в організмі зі згущенням крові, цей процес носить назву «дегідратація», що може мати несприятливі наслідки, зокрема, зниження ефективності тренувань, результативності фізичних показників та підвищення стомлюваності [14]. При зневодненні відзначається значне погіршення показників швидкісно-силових якостей та фізичної сили як при аеробних, так і анаеробних енергетичних процесах [34]. Фізичні навантаження призводять до зниження маси тіла, і для відновлення балансу рідини рекомендується на 1 кг втраченої маси вживати 1,5 літра рідини [47]. Слід зазначити, що втрати рідини високі в період фізичних тренувань, і якщо період відновлення між фізичними навантаженнями менше 12 годин, особливо важливо забезпечити достатнє надходження рідини в організм. У цьому необхідно враховувати, що надлишок рідини, як та її недолік, негативно впливає на фізичну працездатність [44]. Надмірне споживання рідини може спричинити дискомфорт у травній системі та, відповідно, послабити фізичну працездатність. Але є і позитивний момент вживання надмірної кількості рідини спортсменами, зокрема, великі обсяги

рідини в шлунку посилюють процеси регідратації [35]. З вищевикладеного слід, що визначення оптимальної кількості споживання рідини спортсменами має важливе значення для підтримки, відновлення фізичної працездатності та досягнення високих тренувальних та змагальних результатів [20].

Поряд із втратою рідини організмом спортсмена в період інтенсивних тренувань відзначаються втрати мінеральних речовин та посилюється потреба у біологічно активних речовинах. Багато біологічно активних препаратів, що сприяють відновленню працездатності, включено до списку заборонених для вживання спортсменами. У зв'язку з цим розробка та оцінка ефективності нових комплексних препаратів, у тому числі спортивних напоїв, що відновлюють водно-мінеральний баланс в організмі спортсмена, є актуальним завданням сучасної нутріціології. Особливої уваги як джерело біологічно активних речовин заслуговують рослинні екстракти, що мають м'яку дію на адаптаційні можливості спортсменів.

*Таблиця 3.3*

Споживання питної бутільованої води та напоїв спортсменами до тренування,

мл

Напої	Min	Max	Кількість	%
Питна бутільована вода	150±27	1500±46	20	100
Спортивні напої	50±12	200±29	8	40
Чай	100±18	500±31	14	70
Кофе	50±11	250±26	8	40
Соки, нектари	150±23	500±28	16	80
Кока-кола, Спрайт та т.п.	Не вживали			

Аналіз споживання рідини спортсменами перед тренуванням свідчить про те, що всі спортсмени (100 %) споживали бутільовану воду. Максимальне споживання бутільованої води становить 1500 мл, мінімальне – 150 мл. Друге місце за кількістю випитої рідини спортсменами до тренування займає чай. Так, максимальна кількість випитого чаю на рівні 500 мл відповідно при

середній кількості 324 мл. Тільки 40% спортсменів використовують спортивні напої до тренування. Слід зазначити, що газовані напої (кока-кола, спрайт та ін) спортсмени не вживали.

У таблиці 3.4 представлено споживання питної бутильованої води та напоїв спортсменами після тренування. Найбільшою перевагою після тренування у спортсменів (100 %) користувалася питна вода. Середнє споживання бутильованої води після тренування спортсменами становить 1247 мл, 80 % вживали спортивні напої за середнього значення для кожної групи спортсменів 547 мл. Отримані дані щодо споживання рідини спортсменами свідчать про те, що як основна рідина для регідратації частіше використовується вода питна бутильована, потім чай.

*Таблиця 3.4*

Споживання питної бутильованої води та напоїв спортсменами після тренування, мл

Напої	Min	Max	Кількість	%
Питна бутильована вода	300±23	2000±51	20	100
Спортивні напої	200±23	1000±18	16	80
Чай	150±19	500±24	16	80
Кофе	50±8	150±32	6	30
Соки, нектари	100±14	250±17	8	40
Кока-кола, Спрайт та т.п.	Не вживали			

З аналізу випливає, що футболісти найчастіше вживали воду, чай, спортивні напої, каву та соки в обсягах 500, 200, 300, 100 та 150 мл.

В таблиці 3.5 представлені показники клітинного складу крові спортсменів контрольних та основних груп, які вживали БАД.

В крові третьої основної групи спортсменів відзначається тенденція до збільшення вмісту еритроцитів зі збільшенням вмісту концентрації гемоглобіну на 5,5 %, збільшення лейкоцитів на 5,3 %. У крові третьої основної групи спортсменів відзначається тенденція до зниження лімфоцитів на 37%, ШОЕ в основній групі збільшилася на 45%. Всі досліджувані показники крові спортсменів контрольної та основної груп перебувають у

межах фізіологічної норми і дозволяють свідчити про незначне посилення еритропоезу.

Таблиця 3.5

Показники клітинного складу крові контрольних та основних груп спортсменів

Показник	Група					
	1 контрольна		2 контрольна		3 основна	
	До	Після	До	Після	До	Після
Еритроцити, $\times 10^{12}/л$	4,81 $\pm$ 0,14	4,73 $\pm$ 0,21	4,79 $\pm$ 0,21	4,82 $\pm$ 0,16	4,84 $\pm$ 0,15	4,92 $\pm$ 0,21
Концентрація гемоглобіну в еритроциті, %	34,5 $\pm$ 1,18	35,3 $\pm$ 1,15	33,7 $\pm$ 1,12	34,1 $\pm$ 1,18	32,8 $\pm$ 1,2	34,6 $\pm$ 0,8
Гематокрит, %	42,9 $\pm$ 3,1	43,5 $\pm$ 2,7	42,5 $\pm$ 2,6	43,1 $\pm$ 2,3	43,9 $\pm$ 2,5	44,0 $\pm$ 2,7
Лейкоцити, $\times 10^9/л$	5,93 $\pm$ 0,23	5,89 $\pm$ 0,27	5,94 $\pm$ 0,20	6,01 $\pm$ 0,27	5,82 $\pm$ 0,25	6,13 $\pm$ 0,24
Тромбоцити, $\times 10^9/л$	194,5 $\pm$ 7,1	198,7 $\pm$ 5,6	195,8 $\pm$ 5,2	199,8 $\pm$ 4,3	190,3 $\pm$ 6,9	198,7 $\pm$ 5,4
Лімфоцити, %	54,4 $\pm$ 2,9	53,0 $\pm$ 3,5	54,5 $\pm$ 2,4	53,1 $\pm$ 2,3	56,5 $\pm$ 6,1	54,4 $\pm$ 3,2
Гранулоцити, %	38,5 $\pm$ 3,8	40,1 $\pm$ 3,7	37,9 $\pm$ 2,4	38,5 $\pm$ 2,1	37,3 $\pm$ 4,2	38,4 $\pm$ 3,9
Палочкоядерні, %	1,93 $\pm$ 0,05	1,95 $\pm$ 0,06	1,86 $\pm$ 0,04	1,87 $\pm$ 0,02	1,89 $\pm$ 0,01	1,92 $\pm$ 0,02
Сегментоядерні, %	37,14 $\pm$ 2,45	38,52 $\pm$ 2,41	36,18 $\pm$ 1,82	37,83 $\pm$ 1,56	36,54 $\pm$ 2,16	37,15 $\pm$ 2,34
ШОЕ, мм/ч	3,83 $\pm$ 0,24	3,95 $\pm$ 0,19	3,81 $\pm$ 0,20	3,92 $\pm$ 0,16	3,75 $\pm$ 0,28	3,92 $\pm$ 0,25

В результаті досліджень встановлено підвищення абсолютної фізичної працездатності у третій основній групі на 6,3 %, посилюючи відносну фізичну працездатність на 5,8 %. Максимальне споживання кисню в крові у спортсменів третьої основної групи збільшилося на 14,0 %, максимальна потужність на 7,5 %, відзначається адаптація серцево-судинної системи до роботи до відмови, частота серцевих скорочень з 191 уд. за хв. до 182 уд. за хв., при цьому анаеробний поріг виріс з 250 Вт до 278 Вт. Отримані дані погоджуються з результатами досліджень щодо ефективності макро- та мікроелементів у підвищенні працездатності при виконанні фізичних навантажень та зниженні різних патологічних станів та травм [30].

Показники фізичної працездатності спортсменів представлені в таблиці

## 3.6.

Таблиця 3.6

## Фізична працездатність спортсменів

Показник	Група					
	1 контрольна		2 контрольна		3 основна	
	До	Після	До	Після	До	Після
Абсолютна фізична працездатність, Вт/кг	194±18	196±18	195±14	198±11	191±12	203±21
Відносна фізична працездатність, Вт/кг	3,12±0,05	3,09±0,02	3,10±0,03	3,12±0,04	3,13±0,01	3,31±0,02
Максимальне споживання кисню, мл/хв на 1 кг	46,4±3,8	45,3±2,7	45,7±2,3	48,3±1,6	44,7±3,6	51,0±2,5
Максимальна потужність, Вт	298±26	301±17	295±14	306±12	301±25	324±19
Частота серцевих скорочень, уд. в хв.	195±17	197±32	198±13	195±27	191±15	182±14
Анаеробний поріг, Вт	249±27	245±22	242±14	251±19	250±23	278±18

Таким чином, отримані дані свідчать про підвищення фізичної працездатності спортсменів на фоні споживання напою на основі мінеральної води, збагаченої БАД «Ерамін».

Як встановлено раніше, напій у своєму складі має метакремніву кислоту, яка сприяє відновленню зв'язок та суглобів після ушкоджень [13]. У спортсменів високих досягнень нерідко трапляються травми м'язової та сполучної тканини, «феномен довгострокової відставленої м'язової хворобливості» (DOMS), який виникає через 2–3 доби після тренувань. Кількість кремнію в організмі людини на рівні 2,5 г, у крові – 0,1–0,6 мг/л, у кістках та зубній емалі – 0,03–0,04 %, при цьому добова доза споживання (рекомендована) – 30 мг [31]. При пошкодженні тканини або суглоба кількість кремнію в області травми зростає в 150 разів, що, можливо, пов'язано з механізмом дії кремнію, який полягає в активізації ферменту пепсиділгідроксилази, що бере участь у перетворенні проліну на оксипролін, що входить до складу колагенових волокон, однією з функцій яких є надання пружності та міцності зв'язкам [5, 12]. Для спортсменів потреба в

кремнії значно зростає. Для попередження DOMS необхідно до раціону включати есенціальний елемент кремній, що підвищує еластичність зв'язок [30]. Механізм дії кремнію полягає в активізації ферменту пепсиділгідроксилази, що перетворює пролін на оксипролін. Слід зазначити, що оксипролін входить до складу колагенових волокон і забезпечує еластичність зв'язок, відповідно, запобігає їх розривам [13]. Доведено, що при травмах м'язової тканини, зв'язок кількість кремнію у місцях надривів та розривів збільшується більш ніж у 100 разів, а його концентрація у крові знижується у 5–7 разів. Слід зазначити, що кремній не має кумулятивного ефекту і швидко виводиться з організму [11].

Доведено, що при дефіциті кремнію в організмі кістки та нігті стають менш міцними [32].

Проведено експеримент із впливу розробленого напою на адаптацію до тренувань та відновлення працездатності. Вживання напою збільшує кількість тестостерону. Так, кількість тестостерону в крові спортсменів, які приймали мінеральну воду, збагачену БАД «Ерамін», на рівні 27,4 нмоль/л і вище, ніж у спортсменів першої контрольної групи, на 12,7 %, причому вміст плазматичного кортизолу становило 431 нмоль/л, що нижче, ніж у першій контрольній групі, на 11,5%. Високий вміст тестостерону в крові спортсменів третьої дослідної групи свідчить про швидке відновлення організму після тренувань, що узгоджується з величиною індексу втоми 6,4, тоді як у контрольній 7,8 при нормі від 5 до 8. У спортсменів другої дослідної групи відзначається тенденція до зміни досліджуваних показників як спортсменів третьої дослідної групи.

У таблиці 3.7 представлена активність ферментів аспаргатамінотрансферази (АСТ), аланінамінотрансферази (АЛТ) та креатинфосфокінази (КФК).

*Таблиця 3.7*

Активність ферментів, од.

	Група спортсменів
--	-------------------



Фермент	1	2	3
	контрольна	контрольна	основна
Аспартатамінотрансфераза	10,7±0,1	9,6±0,2	8,4±0,1
Аланінамінотрансфераза	8,0±0,2	7,5±0,1	6,3±0,1
Креатинфосфокіназа	142±5	102±5	87±4
Креатинфосфокіназа / Аспартатамінотрансфераза	13,2	10,6	10,3

Активність ферментів АСТ, АЛТ і КФК у третій дослідній групі становить 8,4, 6,3 та 87 од./л, що нижче за співу контрольну на 21,4, 21,3 та 61,2 % та другу контрольну на 12,5, 16,0 та 14,7 %. Коефіцієнт де Рітиса, що свідчить про можливе пошкодження м'язової тканини, знаходився у першій контрольній групі на рівні 1,34, у другій контрольній та третій основній – 1,33 при нормі 1,33. Відношення КФК/АСТ у першій контрольній групі – 13,2, у другій контрольній – 10,6, у третій основній – 10,3 (норма менше 10).

Таблиця 3.8

Антиоксидантна активність, концентрація ферментів каталази та церулоплазміну в крові спортсменів

Період	Група								
	1 контрольна			2 контрольна			3 основна		
	АОА, моль экв./дм <sup>3</sup>	К, нмоль Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> /мг білков	ЦП, мг %	АОА, моль экв./дм <sup>3</sup>	К, нмоль Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> /мг білков	ЦП, мг %	АОА, моль экв./дм <sup>3</sup>	К, нмоль Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> /мг білков	ЦП, мг %
До	0,56± 0,02	354,3± 9,5	265,2± 8,4	0,55± 0,03	351,5± 7,6	260,7± 6,1	0,57± 0,01	351,2± 8,3	255,5± 7,8
Після	0,54± 0,01	358,3± 10,5	268,9± 9,5	0,61± 0,02	387,8± 16,3	276,3± 11,2	0,69± 0,01*	412,8± 9,5*	294,3± 8,6*

Одним з ключових біохімічних механізмів, що призводять до розвитку втоми внаслідок інтенсивних фізичних навантажень, є розвиток окислювального стресу, спричинений надмірним утворенням активних форм кисню та підвищенням інтенсивності перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ), внаслідок чого відбувається пошкодження структурних компонентів.

Обмеження процесів ліпопероксидації можливе завдяки ефективному функціонуванню системи антиоксидантного захисту, зниження ефективності якої є фактором, що лімітує працездатність. Проте лише ендогенних ресурсів антиоксидантів для підтримки системи антиоксидантного захисту організму недостатньо [30]. Проведено дослідження антиоксидантної активності крові спортсменів.

З даних таблиці випливає, що на фоні прийому мінеральної води, збагаченої функціональним інгредієнтом БАД «Ерамін», зростає антиоксидантна активність крові з 0,57 до 0,69 моль екв./дм<sup>3</sup>, активність каталази з 351,2 до 412,8 нмоль/Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/мг, білків та вміст церуплазміну з 255,5 до 294,3 мг % або на 21,1, 17,5 та 15,2 %, відповідно. Аналогічні виражені зміни спостерігаються у крові спортсменів другої контрольної групи. Достовірних змін досліджуваних показників у крові спортсменів контрольної групи не відзначено. Отримані дані пов'язані з наявністю природних антиоксидантів у спортивному напою, що сприяє забезпеченню антиоксидантного захисту при фізичних навантаженнях та зниженню втоми, та узгоджуються з дослідженнями [30], внаслідок яких встановлено, що спортсмени, які вживають протягом місяця 500 мл екстракту цитрусових (джерело флавоноїдів), підвищували потужність на велоергометрі на 5%, при цьому достовірно знижувалося споживання кисню до потужності. Результати досліджень узгоджуються з даними [36], якими доведено, що вживання екстракту лимонної вербени (джерело флавоноїдів) щодня протягом 15 діб у кількості 400 мг щодня знижує втому та забезпечує швидке відновлення після фізичного навантаження.

У дослідженнях [8] на спортсменах встановлено, що вживання екстракту лимонника китайського в кількості 25 крапель 2 рази на день протягом 14 днів підвищує фізичну працездатність, гальмує процеси ПОЛ, збільшує вміст відновленого глутатіону в еритроцитах і знижує про- оксидант антиоксидантний коефіцієнт.

Опубліковані дослідження авторів [51] дозволяють говорити про ефективність природних антиоксидантів для збільшення фізичної

працездатності у професійних спортсменів.

Таким чином, вживання розробленого напою спортсменами в кількості 1000 мл щодня протягом 21 дня сприяє відновленню працездатності та зниженню втоми, про це свідчать досліджувані показники (збільшення рівня тестостерону, зниження плазмового кортизолу, збільшення АТА, активності каталази та церулоплазмїна в крові).

### **Висновок до розділу 3**

Проведено дослідження з оцінки фізіологічної ефективності напою для харчування спортсменів на основі мінеральної води «Ардві», збагаченої БАД «Ерамін» та білкового сухого напою.

Проведено клінічні дослідження напою, отриманого шляхом збагачення мінеральної води сухим білковим напоєм. Показано, що на тлі вживання розробленого напою у спортсменів відзначається активація еритропоезу, опосередкованого посилення клітинного імунітету, що призводить до зниження ШОЕ та кількості концентрації лімфоцитів. Вживання білкового сухого напою дозволяє підвищити фізичну працездатність за рахунок максимального споживання кисню спортсменами, зростання максимальної потужності та нормотонічної реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження.

Проведено клінічні випробування напою для харчування спортсменів, одержаного шляхом збагачення мінеральної води БАД «Ерамін». На підставі проведених досліджень доведено підвищення абсолютної фізичної працездатності при посиленні відносної фізичної працездатності, підвищення адаптації серцево-судинної системи спортсменів до роботи вщент. В експерименті з впливу напою на адаптацію до тренувань та відновлення працездатності встановлено, що вживання напою підвищує кількість тестостерону, знижує показник індексу стомлення, перешкоджає накопиченню ПОЛ у крові спортсменів при фізичних навантаженнях.

## ВИСНОВКИ

Забезпечення високої працездатності, прискорення відновлювальних процесів, зниження втоми, дегідратації, підвищення імунітету та посилення адаптації до фізичних навантажень спортсменів неможливі без включення до раціону спеціалізованих напоїв та продуктів, у тому числі БАД до їжі, що містять амінокислоти, макро- та мікроелементи, біологічно активні речовини з антиоксидантною спрямованістю.

1. Проведено аналіз науково-технічної літератури та патентної інформації, присвяченої принципам спортивного харчування, збагачення харчових продуктів, впливу біологічно активних речовин на метаболізм спортсменів.
2. Проведено оцінку білкового сухого напою для харчування спортсменів. Напій являє собою дрібний порошок без сторонніх включень з фруктовим запахом, смаком ківі і кокоса. Досліджені фізико-хімічні показники та вміст біологічно активних речовин (лейцину, ізoleyцину та валіну).
3. Проведено оцінку органолептичних показників та хімічного складу БАД для харчування спортсменів.
4. Проведено оцінку ефективності напоїв для харчування спортсменів на мінеральній воді: збагаченої напоєм білковим сухим для харчування спортсменів та БАД «Ерамін».
5. Встановлено, що вживання напою, отриманого шляхом збагачення мінеральної води напоєм сухим білковим напоєм для харчування спортсменів, збагаченим валіном, лейцином та ізoleyцином у кількості 1 літра щодня протягом 21 дня активізує процес еритропоезу, сприяє за рахунок максимального споживання кисню спортсменами, зростання максимальної потужності та нормотонічною реакцією серцево-судинної системи на фізичне навантаження.
6. Доведено, що вживання напою, збагаченого БАД «Ерамін» спортсменами у кількості 200 мл щодня протягом 21 дня сприяє підвищенню фізичної працездатності та зниженню втоми (збільшення рівня тестостерону на 12,7 %, зниження плазмового кортизолу на 1, , збільшення АОА крові на 21,1,

активності ферменту каталази на 17,5 %, вміст церуплазміну на 15,2 %, активність ферментів АСТ, АЛТ та КФК нижче на 21,4, 21,3 та 61,2 %, відповідно). Коефіцієнт де Рітиса, що свідчить про можливе пошкодження м'язової тканини в межах норми – 1,33, відношення КФК/АСТ – 10,3 за норми менше 10.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Аналитические методики для контроля пищевых продуктов и продовольственного сырья (показатели безопасности) / под ред. А. Б. Белова, С. Н. Быковского. М.: Перо, 2014. Ч. 3: Пищевая ценность. Определение фальсификации. 287 с.
2. Астафьева О. В. Исследование возможности применения биологически активных компонентов растительных экстрактов в производстве препаратов для нужд косметологии и фармакологии // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 557.
3. Биохимия растений / Л. А. Красильникова, О. А. Авксентьева, В. В. Жмурко, Ю. А. Садовниченко. Ростов н/Д : Феникс ; Харьков : Торсинг, 2004. 224 с.
4. Битюцкий Н. П. Микроэлементы высших растений. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2011. 368 с.
5. Бочаров М. В. Взаимосвязь регуляторных механизмов сердечной деятельности и системы крови у юных спортсменов-борцов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2016. 26 с.
6. Величко Н. А., Смольникова Я. В., Плынская Ж. А. Биологически активные вещества алкалоидоносных лекарственных растений // Вестник КрасГАУ. 2014. № 5. С. 234–237.
7. Герасименко Н. Ф., Позняковский В. М., Челнакова Н. Г. Методологические аспекты полноценного, безопасного питания: значение в сохранении здоровья и работоспособности // Человек. Спорт. Медицина. 2017. Т. 17. № 1. С. 79–86.
8. Гунина Л.М. Механизмы влияния антиоксидантов при физических нагрузках // Наука в Олимпийском спорте. 2016. № 1. С. 25–32.
9. Гуринович Л., Пучкова Т. Эфирные масла. Химия, технология, анализ и применение. М.: Школа косметических химиков, 2005. 192 с.
10. Использование специализированных продуктов для питания спортсменов в подготовительном периоде спортивного цикла / С. В. Лавриненко [и

др.]

// Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 4. С. 99–103.

11. К вопросу о поведении кремния в природе и его биологической роли / В. В. Вапиров, В. М. Феоктистов, А. А. Венскович, Н. В. Вапирова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. : Общественные и гуманитарные науки. 2017. № 2. С. 95–102.
12. Каркищенко Н. Н., Уйба В. В. Очерки спортивной фармакологии. Т. 4. Векторы энергообеспечения / под ред. Н. Н. Каркищенко, В. В. Уйба. М. ; СПб. : Айсинг, 2014. 296 с.
13. Климова Е. В. Анализ биодоступности кремния в продуктах питания (Бельгия) // Экологическая безопасность. 2011. № 2. С. 532.
14. Кокорина Д. С., Елисеева Л. Г., Портнов Н. М. Многокритериальная оценка разрабатываемых специализированных пищевых продуктов // Новые информационные технологии в образовании : сб. науч. тр. 20-й Международ. науч.- практ. конференции. 2020. С. 567–575.
15. Метаболическая коррекция алкогольной интоксикации / С. В. Лелевич [и др.]. Гродно : ГрГМУ. 2013. С. 176.
16. Морозкина Т. С., Мойсеенок А. Г. Витамины : монография. Минск : Асар, 2002. 112 с.
17. Пат. на изобр. RU 2658380 С1. Напиток для улучшения состояния кожи и суставов / С. В. Штерман, М. Ю. Сидоренко, В. С. Штерман, Ю. И. Сидоренко.  
№ 2017130204 ; заявл. 25.08.2017 ; опубл. 21.06.2018.
18. Петров Д. А. Разработка состава и технологии углеводно-белкового сквашенного напитка для спортивного питания : автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2009. 16 с.
19. Роль факторов питания при интенсивных физических нагрузках спортсменов / В. М. Воробьева [и др.] // Вопросы питания. 2011. № 1. С. 65–70.
20. Скальный А. В., Орджоникидзе З. Г., Катулин А. Н. Питание в спорте: макро- и микроэлементы. М. : Город, 2015. 144 с.

21. Ткачев А. В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск : Офсет, 2008. 969 с.
22. Третьяк Л. Н., Герасимов Е. М. Специфика влияния селена на организм человека и животных (применительно к проблеме создания селеносодержащих продуктов питания) // Вестник ОГУ. 2007. № 12. С. 136–145.
23. Удалов А. В. Определение хинина в напитках методом микроколоночной градиентной ВЭЖХ. М. : ТЕСТ-ЗЛ. Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2006. Т. 72. № 01. С. 19–21.
24. Физиология растений / Н. Д. Алехина [и др.] ; под ред. И. П. Ермакова. М. : Академия, 2005. 640 с.
25. Шейбак В. М., Горецкая М. В. Аминокислоты и иммунная система. М. : Пальмир, 2010. 356 с.
26. Aniszewski T. Alkaloids – Secrets of Life. Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications and Ecological Role. Elsevier, 2007. 335 p.
27. Anti-inflammatory effect of quercetin-loaded microemulsion in the airways allergic inflammatory model in mice / A. P. Rogerio [et al.] // Pharmacol. Res. 2010. № 61. P. 288–297.
28. Arginine reduces exercise-induced increase in plasma lactate and ammonia / A. Schaefer [et al.] // Int J Sports Med. 2002. Vol. 23. P. 403–407.
29. Baltaci A.K., Mogulkoc R., Akil M., Bicer M. Selenium: Its metabolism and relation to exercise // Pak. J. Pharm. Sci. 2016. Vol. 29, N 5. P. 1719-1725.
30. Betalain-rich concentrate supplementation improves exercise performance in competitive runners / J. S. Van Hoorebeke [et al.] // Sports (Basel). 2016. Vol. 4. № 3.P. 40. DOI: 10.3390/sports4030040.
31. Chemical modification of the multitarget neuroprotective compound fisetin / C. Chiruta, D. Schubert, R. Dargusch, P. Maher // J. Med. Chem. 2012. № 55.P. 378–389.
32. Comparing the rehydration potential of different milk-based drinks to a car-



- bohydrate-electrolyte beverage / B. Desbrow [et al.] // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2014. Vol. 39. № 12. P. 1366–1372. DOI: 10.1139/apnm20140174.
33. Disposition of Pharmacologically Active Dietary Isoflavones in Biological Systems / Taneja I. Wahajuddin, S. Arora, K. S. Raju, N. Siddiqui // *Curr. DrugMetab.* 2013. № 14. P. 369–380.
34. Effect of hypohydration on muscle endurance, strength, anaerobic power and capacity and vertical jumping ability: a metaanalysis / F. A. Savoie [et al.] // *Sports Med. (Auckland, NZ)*. 2015. Vol. 45. № 8. P. 1207–1227. DOI: 10.1007/s4027901503490.
35. Effect of meal volume and calorie load on postprandial gastric function and emptying: studies under physiological conditions by combined fiberoptic pressure measurement and MRI / M. A. Kwiatek [et al.] // *Am. J. Physiol. Gastrointest. LiverPhysiol.* 2009. Vol. 297. № 5. P. g894–g901.
36. Effects of lemon verbena extract (Recoverben®) supplementation on muscle strength and recovery after exhaustive exercise: a randomized, placebo-controlled trial  
/ S. Buchwald-Werner [et al.] // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2018. Vol. 15. № 1. P. 5. DOI: 10.1186/s12970-018-0208-0.
37. Green tea catechins decrease total and low-density lipoprotein cholesterol: a systematic review and meta-analysis / A. Kim [et al.] // *J. Am. Diet. Assoc.* 2011. № 111. P. 1720–1729.
38. Güçlü-Üstündag Ö, Mazza G. Saponins: Properties, applications and processing // *Cr. Rev. Food Sci. Nutr.* 2007. № 47. P. 231–258.
39. Hamarsland H., Nordengen A.L., Nyvik Aas S. et al. Native whey protein with high levels of leucine results in similar post-exercise muscular anabolic responses as regular whey protein: a randomized controlled trial // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2017. Vol. 14. P. 43. DOI: 10.1186/s12970-017-0202-y.
40. Huang D., Ou B., Prior R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays // *J. Agric. Food Chem.* 2005. Vol. 53. P. 1841–1856.

41. Isorhamnetin inhibits H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced activation of the intrinsic apoptotic pathway in H9c2 cardiomyocytes through scavenging reactive oxygen species and ERK inactivation / B. Sun [et al.] // *J. Cell Biochem.* 2012. № 113. P. 473–485.
42. Koroch A., Juliani H. R., Zygodlo J. A. Bioactivity of essential oils and their components // *Flavor and fragrances.* Berlin : Springer, 2007. P. 87–115.
43. Maffei M. E. Sites of synthesis, biochemistry and functional role of plant volatiles // *South African Journal of Botany.* 2010. Vol.76. № 4. P. 612–631.
44. Maughan R. J., Shirreffs S. M. Dehydration and rehydration in competitive sport // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2010. Vol. 20. № 11. Suppl. 3. P. 40–47. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01207.
45. Mechanism by which alcohol and wine polyphenols affect coronary heart disease risk / F. M. Booyse [et al.] // *Ann.Epidemiol.* 2007. № 17. P. S24–S31.
46. Mesias M., Seiquer I., Navarro M. P. Consumption of highly processed foods: Effects on bioavailability and status of zinc and copper in adolescents // *Food Res Int.* 2012. № 45. P. 184–190.
47. National Athletic Trainers' Association position statement: fluid replacement for the physically active / B. P. McDermott [et al.] // *J. Athl. Train.* 2017. Vol. 52. № 9. P. 877–895. DOI: 10.4085/1062-6050-52.9.02.
48. Newgard C. B. Interplay between lipids and branched-chain amino acids in development of insulin resistance // *Cell Metabolism.* 2012. Vol. 15. № 5. P. 606–614.
49. Protein kinase C phosphorylates ribosomal protein S6 kinase betaII and regulates its subcellular localization / T. Valovka [et al.] // *Mol Cell Biol.* 2003. Vol. 23. P. 852–863.
50. Roles for insulin receptor, P13-kinase, and Akt in insulin-signaling pathways related to production of nitric oxide in human vascular endothelial cells / G. Zeng [et al.]  
// *Circulation.* 2000. Vol. 101. P. 1539–1545.
51. Somerville V., Bringans C., Braakhuis A. Polyphenols and performance: a systematic review and meta-analysis // *Sports Med.* 2017. Vol. 47. № 8. P. 1589–

1599.DOI: 10.1007/s40279-017-0675-5.

52. Sparg S. G., Light M. E., van Staden J. Biological activities and distribution of plant saponins // *J. Ethopharmacol.* 2004. № 94. P. 219–243.

53. The relationship between green tea and total caffeine intake and risk for self-reported type 2 diabetes among Japanese adults / H. Iso [et al.] // *Annals of Medicine.* 2006. № 144. P. 8.

54. Zsila F., Hazai E., Sawyer L. Binding of the pepper alkaloid to bovine beta-lactoglobulin: Circular dichroism spectroscopy and molecular modeling study // *Journal of Agricultural Food Chemistry.* 2005. № 53 (26). P. 10179–10185.