

Том 3, №7(16)2018

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ медицини, біології та спорту

ISSN 2415-3060
ISSN 2522-4972

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ

медицини, біології та спорту



ISSN 2415-3060
9 772415 306008 >

Том 3
№ 7(16)
2018

ISSN 2415-3060 (Print)
ISSN 2522-4972 (Online)

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ медицини, біології та спорту

Український
науково-практичний журнал
заснований у липні 2016 р.

Засновники:

Чорноморський національний
університет ім. Петра Могили
(м. Миколаїв)

Харківська медична академія
посліпдипломної освіти
Херсонський державний університет
Львівський державний університет
фізичної культури

Том 3, № 7 (16)

Журнал виходить 1 раз у квартал

Медичні, біологічні науки,
фізичне виховання і спорт

Рекомендовано до друку
Вченою радою Чорноморського
національного університету
ім. Петра Могили

Протокол № 2
від 11.10.2018 р.

Журнал включений до Переліку наукових фахових
видань України (біологічні науки; медичні науки –
Додаток 9 до наказу Міністерства освіти і науки
України від 22.12.2016 № 1604; Додаток 6 до наказу
Міністерства освіти і науки України від 11.07.2017
№ 996; фізичне виховання та спорт – Додаток 9 до
наказу Міністерства освіти і науки України від
04.04.2018 № 326).

Журнал включений до Міжнародних наукометричних
баз даних: CrossRef, UlrichsWeb, ResearchBib, Google
Scholar, WorldCat, Scientific Indexing Services (SIS),
International Innovative Journal Impact Factor (IIJIF),
Cosmos, CiteFactor.

Адреса редакції:

кафедра медико-біологічних основ
спорту і фізичної реабілітації
Чорноморського національного університету
ім. Петра Могили,
вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв,
54003, Україна
med.biol.sport@gmail.com

© Чорноморський національний університет
ім. Петра Могили (м. Миколаїв)
Підписано до друку 17.10.2018 р.
Замовлення № 1505-1.
Тираж – 150 прим.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор: Чернозуб А. А. (Миколаїв)
Заступники головного редактора:

Хвисюк О. М. (Харків)

Приступа Є. Н. (Львів)

Науковий редактор: Клименко М. О. (Миколаїв)

Голова редакційної ради: Кочина М. Л. (Миколаїв)

Відповідальний секретар:

Данильченко С. І. (Миколаїв)

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Медичні науки: Більченко О. В. (Харків),
Біляєв С. Г. (Харків), Борисенко В. Б. (Харків),
Лихман В. М. (Харків), Недзвецька О. В. (Харків),
Росіхін В. В. (Харків)

Біологічні науки: Вовканич Л. С. (Львів),
Гуліна Л. М. (Суми), Козій М. С. (Миколаїв),
Павлов С. Б. (Харків), Редька І. В. (Харків),
Федота О. М. (Харків)

Фізичне виховання і спорт: Бріскін Ю. А. (Львів),
Задорожна О. Р. (Львів), Передерій А. В. (Львів),
Пітин М. П. (Львів), Семеряк З. С. (Львів),
Хіменес Х. Р. (Львів)

РЕДАКЦІЙНА РАДА:

Astvatsatryan Armen V. (Yerevan, Armenia)

Bejga Przemysław (Poznań Poland)

Керимов Фикрат Азизович (Ташкент, Узбекистан)

Curby David G. (Chicago, USA)

Мілашюс Казис (Вільнюс, Литва)

Oliinyk Serhii A. (Seoul, South Korea)

Poskus Tomas (Vilnius, Lithuania)

Potop Vladimir (Bucharest, Romania)

Походенько-Чудакова Ирина Олеговна

(Мінск, Беларусь)

Shalimova Anna (Gdansk, Poland)

Zaviyalov Vladimir P. (Turku, Finland)

Авраменко А. О. (Миколаїв)

Антоненко М. Ю. (Київ)

Багмут І. Ю. (Харків)

Велігоцький О. М. (Харків)

Вовканич А. С. (Львів)

Гасюк О. М. (Херсон)

Єршоменко Р. Ф. (Харків)

Завгородній І. В. (Харків)

Заморський І. І. (Чернівці)

Коваленко С. О. (Черкаси)

Коритко З. І. (Львів)

Латішев С. В. (Миколаїв)

Литвинова О. М. (Харків)

Мельник В. О. (Львів)

Михайлов Б. В. (Харків)

Мішина М. М. (Харків)

Морозенко Д. В. (Харків)

Одинець Т. Є. (Львів)

Ольховий О. М. (Харків)

Пилипенко С. В. (Полтава)

Плетенецька А. О. (Київ)

П'ятикоп В. О. (Харків)

Регеда М. С. (Львів)

Ріга О. О. (Харків)

Романчук С. В. (Львів)

Смоляр Н. І. (Львів)

Сорокіна І. В. (Харків)

Степаненко О. Ю. (Харків)

Суласва О. М. (Київ)

Тіткова А. В. (Харків)

Фалалеева Т. М. (Київ)

Хмара Т. В. (Чернівці)

Цодікова О. А. (Харків)

Шаторна В. Ф. (Дніпро)

Шиян О. І. (Львів)

Шкляр С. П. (Харків)

Янішен І. В. (Харків)

Український журнал медицини, біології та спорту

Свідоцтво про Державну реєстрацію:
КВ № 22699-12599 ПР від 26.04.2017 р.

Порядковий номер випуску
та дата його виходу в світ

Том 3, № 7 (16) від 29.10.2018 р.

Мова видання: українська, російська, англійська

Відповідальний за випуск: Чернозуб А. А.

Технічний редактор: Данильченко С. І.

Коректор з української, російської,

англійської мов: Шерстюк Л. В.

Секретар інформаційної служби: Данильченко С. І.
(+38)095 691 50 32, (+38)098 305 25 77

DOI: 10.26693/jmbs03.07.267

УДК 796.0-664: 582.661.21-547.9

Гунина Л. М.¹, Дмитриев А. В.², Шустов Е. Б.³,
Холодков А. В.⁴, Головащенко Р. В.⁵

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА АМАРАНТА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА ЕГО ОСНОВЕ В ПРАКТИКЕ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ

¹Национальный антидопинговый центр, Киев, Украина

²Ассоциация парентерального и энтерального питания, Клиника Российской академии наук,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

³Санкт-Петербургский химико-фармацевтический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴Сумский государственный педагогический университет имени А. С. Макаренко, Украина

⁵Учебно-научный институт специальной физической, боевой подготовки
и реабилитации Национального университета государственной налоговой службы Украины,
Ирпень, Украина

gunina.sport@gmail.com

Амарант является давно известным, но неза-
служенно забытым растением, биологическая цен-
ность которого как источника полноценного белка
и различных физиологически активных субстан-
ций, необходимых для обеспечения жизнедеятель-
ности организма человека, очень высока. Для
спорта высших достижений амарант является
чрезвычайно полезным растением, поскольку раз-
ные его части (стебли, листья, плоды) содержат
активные субстанции протекторного характера –
незаменимые аминокислоты, углеводы, природ-
ные антиоксиданты – токоферолы, сквален и гли-
козиды флавоноидного типа, а также незаменимые
полиненасыщенные жирные кислоты, ряд витами-
нов и минералов и др. За счет этого амарант про-
являет достаточно высокую гепатопротекторную,
противовоспалительную, мембранопротекторную
активность, а также способен защищать геном от
различных по генезу повреждающих воздействий,
что представляет особую важность для лиц, нахо-
дящихся под длительным влиянием окислительно-
го стресса, сформированного в результате дли-
тельных и интенсивных физических нагрузок.

В статье, носящей обзорно-эксперименталь-
ный характер, приведены данные современных
исследований, полученных с использованием но-
вейших методологических подходов (Вестерн-блот-
анализ, MALDI-TOF-анализ, жидкостная хромато-
графия в сочетании с применением фотодиодной
матрицы и флуоресцентных детекторов и др.), о
биологической ценности амаранта, эффектах его
влияния на модуляцию негативного влияния по-

следствий регулярного высокоинтенсивного трени-
ровочного процесса в организме спортсменов.

Особо важным для спорта высших достижений
является способность амаранта служить донато-
ром оксида азота, сравнимым по мощности с та-
ким эталонным веществом как аминокислота L-
аргинин, применяемым в виде многочисленных
зарубежных пищевых добавок на его основе и оте-
чественного препарата тивортин аспаратат. Обна-
ружение в составе семян амаранта фермента аль-
калазы, способной высвобождать при гидролизе
белков антигипертензивные пептиды, влияющие
на активность ангиотензин-конвертирующего фер-
мента, может иметь позитивное влияние на преду-
преждение формирования патологии миокарда
путем экономизации его работы у спортсменов.

В работе также впервые показано, что в рандо-
мизированном двойном слепом плацебо-
контролируемом исследовании эффективности
масла амаранта при курсовом приеме (4 нед.) у
легкоатлетов, специализирующихся в беге на
средние дистанции 1500 м и 3000 м, отмечается
снижение выраженности психофизиологического
стресса от $44,8 \pm 2,5$ балла до $31,7 \pm 1,4$ балла
($p < 0,001$), а также уменьшение частоты возникно-
вения острых респираторных вирусных инфекций
на 18,8% по сравнению с данными в группе плаце-
бо-контроля (нерафинированное растительное мас-
ло). Кроме того, установлено достоверное улучше-
ние прооксидантно-антиоксидантного баланса в
мембранах эритроцитов со снижением содержания
малонового диальдегида при параллельном

приросте содержания восстановленного глутатиона в сравнении с группой плацебо-контроля ($p < 0,05$). Установлена также в условиях проведения исследования у спортсменов в масштабе времени real-time к концу периода наблюдения выраженная гепатопротекторная активность, чего не отмечалось в группе плацебо-контроля. При этом у спортсменов основной группы после приема масла амаранта отмечалось достоверное увеличение скорости бега до $5,32 \pm 0,12 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ против данных в группе плацебо-контроля – $4,97 \pm 0,10 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ при снижении частоты сердечных сокращений – $171,90 \pm 3,42 \text{ уд.} \times \text{мин}^{-1}$ и $184,21 \pm 3,18 \text{ уд.} \times \text{мин}^{-1}$ соответственно ($p < 0,05$).

Полученные данные указывает на улучшение аэробной производительности без увеличения нагрузки на миокард спортсменов, что позволяет рекомендовать применение отечественного экстракта из семян амаранта (производитель ООО «Алеф-Козн», Харьков) в процессе подготовки квалифицированных представителей циклических видов спорта.

Ключевые слова: амарант, спорт высших достижений, бег на средние дистанции, экономизация работы сердца, гепатопротекторная активность, сквален.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в рамках НИР «Адаптационные реакции организма на действие эндогенных и экзогенных факторов среды», № гос. регистрации 0116U008030.

Введение. Амарант (лат. *Amaranthus*, в переводе с др.-греч. означает «неувядающий, или вечный, цветок»), или щирица – широко распространённый род преимущественно однолетних травянистых растений; относится к семейству Амарантовых (Amarantaceae) (рис. 1). Родиной амаранта считают Центральную Америку. Продукты из него в течение многих веков и тысячелетий входили в рацион питания ацтеков и инков. Последний император ацтеков Монтесума ежегодно принимал в виде дани от 20 провинций своей империи 70 тысяч гектолитров семян амаранта. Причем инки и ацтеки почитали амарант не только как хлебную, но и как лечебную и священную культуру, из-за чего он и был запрещен конкистадорами – завоевателями; в Европу амарант был завезен в XVI веке.

Амарант широко распространен в дикой природе – в настоящее время известно 105 видов амаранта, произрастающих в субтропическом и тропическом климате Африки, Америки и Азии; четыре вида встречаются как дикорастущие в средней полосе России. Вместе с подвидами и сортами



Amaranthus retroflexus

Рис. 1. Амарант – внешний вид растения

амаранты насчитывают около 900 ботанических единиц, и лишь 17 из них удастся вырастить в Украине.

Достаточно долгое время источником получения полноценного растительного белка, применяемого спортсменами, являлись протеины сои, гороха, немного позднее – риса. При этом было показано, что, например, пищевые добавки, полученные на основе изолята протеинов гороха в сравнении с концентратом молочных whey-протеинов ничем последним не уступают, а порой и превосходят [16]. При этом амарант, столь широко распространенное по земному шару растение, как источник полноценного белка долгое время оставался в тени [13], хотя еще в 30-е годы минувшего века академик Н. И. Вавилов настоятельно рекомендовал внедрение амаранта в народное хозяйство России [1], отмечая высокую урожайность, засухоустойчивость и одновременно – высокую питательную ценность зерна и зеленой массы [3]. Но лишь в последние годы амарант активно стал входить в культуру, в том числе, в Украине и Российской Федерации [3, 4]. Было установлено, что семена амаранта – не менее ценная часть этого растения, а

масло из его семян содержит значительное количество необходимых организму, находящемуся под влиянием длительных интенсивных физических нагрузок, биологически активных субстанций протекторного характера – белков и незаменимых аминокислот, углеводов, мощнейших природных антиоксидантов токоферолов и сквалена, незаменимых полиненасыщенных жирных кислот и др. [13, 30].

Цель данной статьи – проанализировать и обобщить имеющиеся в литературе данные относительно пищевой ценности, а также возможности и эффективности применения пищевых добавок на основе амаранта в динамике подготовке спортсменов; оценить в пилотном рандомизированном исследовании выраженность влияния масла амаранта на некоторые параметры гомеостаза и работоспособность спортсменов.

Методология: анализ и синтетическое обобщение современной научно-методической литературы и данных сети Internet по изучаемому вопросу; биохимические, психологические и педагогические методы исследования.

Результаты исследования. По данным USDA Nutrient Database [43], в 100 г амаранта в среднем содержится: воды – 11,2 г, белков – 13,56 г, жиров – 7,02 г, углеводов – 68,55 г, пищевых волокон (клетчатки) – 6,7 г, золы (минеральных веществ – макро- и микроэлементов) в количестве 2,88 г, а также практически весь спектр витаминов. Энергетическая ценность амаранта (без разделения на листовую часть и плоды) составляет 371 ккал $\times$ 100 г⁻¹ продукта. Высокой нутриционной ценностью обладает зеленая масса и, особенно, семена (зерно) амаранта, из которых можно получить муку, крахмал, отруби и масло [5, 9]. Семена, в зависимости от биологического вида растения, содержат от 15% до 20% легкоусвояемого полноценного белка, 60% крахмала, витамины А, С, Е, группы В, а также каротиноиды, пектин, минералы (железо и кальций), 6–8% растительного масла с высокой концентрацией полиненасыщенных жирных кислот и биологически активных компонентов. Кроме того, белок амаранта, по сравнению с другими растительными природными протеинами, содержит вдвое больше серосодержащих аминокислот, отлично растворяется и экстрагируется [9].

Еще в 2005 г. с помощью современных аналитических методов было оценено содержание аминокислот, в первую очередь, незаменимых, до и после термообработки в зерне (семенах) шести отобранных сортов амаранта четырех видов – *A. cruentus* L., *A. hypochondriacus* L., *A. caudatus* L. и *A. hybridus* L., культивируемых в Чешской Республике. Высокое содержание незаменимых аминокислот лизина и аргинина (Lys и Arg) было обна-

ружено как в термически обработанных, так и необработанных зернах, удовлетворительное содержание характерно для цистеина (Cys), а более низкие уровни зарегистрированы по отношению к метионину, валину, изолейцину и лейцину (Met, Val, Ile и Leu). Были также определены химические количества незаменимых аминокислот и незаменимый аминокислотный индекс (EAAI), значение которого на уровне 90,4% свидетельствует о высоких пищевых качествах белка амаранта, что почти сопоставимо с яичным белком. Термическая обработка при температуре от 170 °C до 190 °C в течение 30 с приводит к снижению EAAI до 85,4%; из изучаемых незаменимых аминокислот значительно уменьшилось ($p < 0,05$) содержание валина и лейцина. Содержание лизина в семенах одного из исследованных видов – *A. hypochondriacus* – составило 5,95 г на 16 г азота, что существенно выше по сравнению с аналогичными данными в пшеничной муке – 2,90 г на 16 г азота, а в *A. caudatus* и *A. cruentus* этот показатель колеблется от 5,55 г до 6,44 г на 16 г белка соответственно. Важнейшим преимуществом зерен амаранта по сравнению с другими злаками является относительно высокое содержание белков и более сбалансированный состав незаменимых аминокислот. Именно это, по мнению авторов, предопределяет его использование в качестве нутритивной замены животным белкам [30].

Более половины всего белка амаранта приходится на альбумины и глобулины. В последние годы в пионерском исследовании мексиканских ученых [35], в котором сообщается о присутствии луназиноподобного пептида и других потенциально биоактивных пептидов в белковых фракциях амаранта, в четырех генотипах зрелых семян этого растения с помощью методологии ELISA был обнаружен луназин в количестве 11,1 мкгЭкв. $\times$ г⁻¹ общего экстрагированного белка амаранта. Вестерн-блот-анализ показал полосу 18,5 кДа, а анализ MALDI-TOF подтвердил, что этот пептид в более чем 60% соответствует пептидной последовательности соевого луназина и обладает антиоксидантной и антиканцерогенной активностью. Экстракты также обнаруженного в белковой фракции семян амаранта пептида глютелина, расщепленные трипсином, показали индукцию апоптоза против клеток HeLa (экспериментальной опухоли легких). Прогноз биологических свойств других биоактивных пептидов в амарантовых глобулинах и глютелинах касался, в основном, гипотензивных свойств биологически активных субстанций. В семенах амаранта также был обнаружен специфический белок амарантин, имеющий молекулярную массу 59 кДа.

Большое количество пектина (около 6%); каротиноидов (9 мг %); полифенолов (16%, из которых 4% составляют флавоноиды кверцетин, треолин и рутин); макро- и микроэлементов (K, Ca, P, Fe, B, Si, Mg, Mn, Ti, Zn), аскорбиновой кислоты (120 мг %) также обнаружено в листьях *Amaranthus L.* В частности, витамина C в листьях 10 видов растения содержится в количестве от 69 до 100 мг $\times$ 100 г⁻¹ сырья. Надземная часть амаранта содержит гликозиды флавоноидного типа на основе агликонов кемпферола, кверцетина и изорамнетина. Кроме того, в его состав входит 3,7,4'-тригидрооксифлавоноид афромозина и даидзеина [9].

За счет этих особенностей своего состава амарант проявляет достаточно высокую гепатопротекторную, противовоспалительную, мембранопротекторную активность, а также способен защищать геном от различных по генезу повреждающих воздействий [14]. Использование питательных свойств листьев этого растения в качестве нетрадиционных источников питания даст возможность создать широкий ассортимент видов этих продуктов, которые имеют стойкий пребиотико-пробиотический эффект.

Что касается пептидов амаранта, то поскольку клейковина пшеницы, ржи, ячменя и других злаков запускает иммуноопосредованную целиакию у генетически восприимчивых людей, и поэтому такие лица нуждаются в безглютеновой диете, то легко усваиваемые альбумины и глобулины компонентов высококалорийных белков семян амаранта, не содержащие глютен, могут быть признаны одним из ключевых компонентов безглютеновой диеты для таких лиц [40]. Важным нутриентом будущего цитируемые исследователи признают также гидролизаты протеинов, полученные из листьев амаранта. Сравнительные данные относительно содержания протеинов в зерне и зеленой массе амаранта по отношению к другим растениям свидетельствуют о высокой пищевой ценности растения [32]. В частности, по данным этих авторов, в зернах амаранта по сравнению с другими злаками содержится 14,5% протеина, 0,85% лизина, в то время как в зернах кукурузы только 9% протеина и 0,25% лизина, в семенах гречихи эти показатели составляют соответственно 12% и 0,55% на 100 г продукта. Что же касается зеленой массы амаранта, то содержание протеина в ней составляет 3,5 г, в листьях шпината — 3,2 г, а в листьях базилика — всего лишь 1,8 г на 100 г продукта [6].

В состав жировой фракции зерен амаранта входят олеиновая, линолевая, линоленовая жирные кислоты; в липидной фракции содержится до 10% сквалена — основного предшественника тритерпенов и стероидов [7, 8]. Сквален — углеводород три-

терпенового ряда, принадлежит к группе каротиноидов и является важнейшим регулятором липидного и стероидного обмена в организме, а также обладает выраженными антиоксидантными свойствами [21]. Кроме этого, сквален принимает участие в поддержании уровня триглицеридов, глюкозы и регуляции чувствительности тканей к инсулину [33]. Высокое содержание сквалена в составе масла амаранта делает это растение чрезвычайно ценным в качестве нутрицевтика для перспективного применения в спортивной медицине и в составе специальных продуктов для спортсменов.

В 2014 г. польские исследователи провели анализ содержания биологически активных веществ в семенах еще одного вида амаранта — *A. cruentus* [28]. Жирнокислотный и стероидный профиль продукта анализировали с помощью газовой хроматографии, анализ содержания токоферолов и сквалена проводили с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с применением фотодиодной матрицы и флуоресцентных детекторов (ВЭЖХ-ДАД-ФЛД). Результаты исследований показали, что семена амаранта содержат полиненасыщенные жирные кислоты: линолевую, пальмитиновую, стеариновую, олеиновую, линоленовую, арахидоновую. Их содержание в липидах амаранта до 77%, причем половину общего содержания составляет линолевая кислота, из которой синтезируются в организме линолевая и арахидоновая жирные кислоты, и которая сама не синтезируется в организме и должна поступать с пищей. Было показано, что при обработке семян содержание протеина, жира и крахмала не изменялось. Содержание токоферолов равнялось 10,6 мг $\times$ 100 г⁻¹ сырья, а количество сквалена варьировало, начиная от 469,96 мг $\times$ 100 г⁻¹, что дает основания считать семена амаранта ценным продуктом для производства нутриентов на основе протеинов и природных антиоксидантов, в частности, сквалена и каротиноидов. Сквален является центральным соединением при синтезе стероидов и тритерпенов, в том числе гормонов и витамина D. Сквален — ближайшее по своему составу к человеческой клетке вещество, захватывающее кислород и насыщающее им ткани и органы организма через простое химическое взаимодействие с водой. Это и другие свойства сквалена придают ему высокую физиологическую активность, которая, без сомнения, полезна для поддержания гомеостаза организма при интенсивных физических нагрузках.

Аргентинскими учеными в 2009 г. было показано, что белок глобулиновой фракции, называемый 11S, содержит в своем составе пептиды (трипептиды IKP и LEP и тетрапептиды ALEP и VIKP) с

антигіпертензивним действием [29, 40], что экспериментально подтверждено с помощью анализа ингибирования АПФ *in vitro*, который показал значения IC₅₀ 6,32 мМ и 175 мкМ соответственно. Данное исследование было первым, где представлены экспериментальные доказательства антигипертензивной ценности амаранта. В частности, было показано, что для гидролиза протеинов амаранта необходимым ферментом является алькалаза [31]. Этот фермент был использован для дальнейшего высвобождения при гидролизе белков глобулиновой фракции антигипертензивных пептидов, которые затем влияют на активность ангиотензин-конвертирующего фермента (ACE-I) [29, 40]. По мнению T.H. Gamel и J. P. Linssen, регуляция артериального давления с помощью гидролизатов белка амаранта может иметь позитивное влияние на предупреждение формирования патологии сердца [18]. Можно, вероятно, экстраполировать, что и у спортсменов при использовании биологически активных продуктов белкового происхождения на основе амаранта будут наблюдаться подобные позитивные изменения миокарда путем экономизации его работы.

В результате частичного белкового гидролиза семян амаранта можно получить ингредиенты, представляющие существенный интерес для разработки специальных продуктов питания [38]. Амарантовое зерно, которое известно своим питательным свойствами, позволяет получить две основные фракции с использованием дифференциального расщепления: во-первых, гиперпротеиновую муку с содержанием примерно 40% белков с полным аминокислотным профилем, включая незаменимые аминокислоты (ЕАА), а, во-вторых, высокоэнергетическую манную крупу с содержанием 90% крахмала. Смесь обоих продуктов создает сырье, подходящее для разработки специальных продуктов. Процедура ферментативного пептидного гидролиза смеси, содержащей в равных частях амарантовую гиперпротеиновую муку и манную крупу амаранта, проводили с использованием коммерческих протеиназ Alcalase™ и Flavourzyme™. Глубина гидролиза составляла от 30% до 58%. Молекулярные массы полученных пептидов и полипептидов колебались от 0,5 до 240 кДа при сохранении полного аминокислотного состава исходного сырья.

Из готовых продуктов, которые могут быть использованы как функциональные продукты питания спортсменов, следует упомянуть низкокалорийную, но содержащую повышенное количество сбалансированных протеинов, амарантовую муку. На рынке представлены безглютеновые мучные амарантовые, амарантово-рисовые смеси, предна-

значенные для выпечки кондитерских и хлебобулочных изделий оздоровительного спектра применения. Амарантовая мука одновременно является ценным источником незаменимых жирных кислот, антиоксидантов и способна ускорять процессы восстановления. Однако для достижения полноценного белкового состава такую муку необходимо обогащать за счет других протеинов.

Детальный обзор состава различных частей (листья, семена) амаранта, его пищевой ценности и методологий извлечения биологически активных веществ из исходного сырья проведен в работе Venskutonis P. R. и Kraujalis P. [40]. Показано, что липиды семян содержат триацилглицеролы (TAG), фосфолипиды, сквален и жирорастворимые витамины, такие как токоферолы. В частности, TAG в липидных фракциях *A. caudatus* и *A. cruentus*, выделенные с помощью экстракции петролейным эфиром, составляли 80,3% и 82,3% от всей липидной фракции соответственно. Также в масле амаранта содержатся фитостеролы, воски и терпеновые спирты, причем содержание всех этих компонентов в семенах в основном зависят именно от видов растений [13, 41]. Способы обработки семян амаранта, состав воздуха и режимы термической обработки также влияют на содержание липидов и их состав. Фосфолипидная фракция в сырье указанных видов амаранта составляла 10,2% и 9,1% соответственно, диацилглицеролы – 6,5% и 5,1%, моноацилглицеролы – 3,0% и 3,5%, а содержание сквалена составляло 4,8% и 4,9% масла соответственно. Липофильная фракция может быть экстрагирована из семян амаранта неполярными органическими растворителями, такими, как гексан и петролейный эфир, с использованием стандартных процедур или с помощью газов под критическим давлением, главным образом - диоксида углерода (СО₂-экстракция). Масло также может быть выделено из семян амаранта путем прессования; но этот способ, по мнению авторов работы [41], однако, не совпадающему с общепринятой точкой зрения относительно максимальной биологической ценности масла, полученного путем холодного отжима (прессования), не способствует получению продукта высокого качества и высокой нутритивной ценности. Основными жирными кислотами в масле, полученном из семян 11 генотипов четырех видов амаранта являлись пальмитиновая (от 19,1% до 23,4%), олеиновая (от 18,7% до 38,9%) и линоленовая (от 36,7% до 55,9%) со степенью ненасыщенности (отношение S/U) в диапазоне от 0,26 до 0,32.

В проведенном в 2015 г. группой сотрудников кафедры нутритивных наук и питания человека Университета штата Иллинойс (США) исследова-

нии были оценены белки амаранта, представленные в базе данных UniProt, на предмет потенциального биоактивного пептида из базы данных BIOPEP [26]. Показано, что в протеине семян амаранта содержится 15 основных белков, в том числе, таких как глобулин 11S, 7S глобулин, ингибитор α -амилазы, ингибитор трипсина, противомикробные белки, неспецифический липид-трансфер-белок 1, цинк-цинк белковый белок (zinc finger), просистемин, амарантовый альбумин 1, а также ряд ферментов, в частности, глюкозо-1-фосфатаденилтрансфераза, глюкозилтрансфераза, полиаминоксидаза, гранулометрическая крахмальная синтаза 1 и ацетолактат-синтаза. Для многих белков была характерна высокая вероятность проявления свойств пептидных ингибиторов АПФ ($A=0,161-0,362$), связанных с регуляцией артериального давления, а также ингибитора дипептидилпептидазы IV ($A=0,003-0,087$). Другие белки показали наличие антиоксидантной ($A=0,012-0,063$) и стимулирующей глюкозу активности ($A=0,023-0,042$), а также антитромботические ($A=0,002-0,031$) и противораковые свойства ($A=0,001-0,042$). Результаты этого исследования подтверждают концепцию о том, что зерно амаранта может быть частью «здоровой» диеты и тем самым предотвращать развитие хронических заболеваний человека [26].

Один из лучших систематических обзоров относительно состава и биологических свойств семян амаранта в свое время (2013) был сделан ведущей лабораторией фитохимии Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН профессором Г. И. Высочиной. В частности, в этой статье идет речь о биологической ценности масла амаранта, обладающего выраженным антиоксидантным, мембраностабилизирующим, противовоспалительным и анальгезирующим действием [3]. Кроме того, в семенах этого растения содержатся также лютеин и зеаксантин, а преобладающими токоферолами в семенах амаранта являются α - и δ -токоферол [17]. Было показано, что антиоксидантные свойства амаранта опосредуются не только наличием сквалена, но и фенолами и β -атининами, установлено, что гидрофильные характеристики масла связаны с наличием в нем 71,58–72,44% насыщенных жирных кислот (UFA), токоферолов и каротиноидов [37]. В последние годы эти и другие свойства семян амаранта подтверждены с использованием современных методологий [36, 38, 39]. В статье Г. И. Высочиной обсуждается также, каким образом имеющиеся в масле амаранта биологически активные вещества способствуют формированию потенциального здоровья, особенно в снижении риска развития патоло-

гий, связанных с окислительным стрессом, (рак, сердечно-сосудистые заболевания, диабет и ожирение) [3].

Масло плодов (семян) амаранта, как показывают результаты современных исследований, обладает выраженным антиоксидантным, антитоксическим, гепатопротекторным действием даже при наружном применении. Когда в ходе эксперимента кожу крыс обрабатывали амарантовым маслом, сравнительным веществом или контрольным веществом, а затем подвергали действию различных токсичных и окислительных веществ для изучения влияния масла амаранта, то было обнаружено, что оно обладает положительным и дозозависимым эффектом как *in vivo*, так и *in vitro*. Гепатопротекторная активность амарантового масла была подтверждена данными биологического и морфологического исследования. Это исследование показывает, что масло амаранта способствует предотвращению и уменьшения ухудшения функционального состояния тканей (и клеток) печени, что особенно характерно для доз $300 \text{ мг} \times \text{кг}^{-1}$, и подтверждается как нормализацией показателей активности печеночных маркерных ферментов, так и анализом данных отсутствия структурных изменений гепатоцитов [27].

На сегодня амарантовое масло запатентовано как иммуномодулирующее средство, которое может быть с успехом использовано для коррекции вторичных иммунодефицитных состояний, метаболических нарушений, дисфункции ЖКТ [10, 11], т.е. вполне обоснованно может найти свое место в качестве источника ценных нутриентов для оптимизации метаболизма при подготовке спортсменов.

Не только амарантовому маслу, но и зеленой массе растения, как установлено в работе [22], в полной мере присущи антимикробные свойства. Авторами были исследованы листья *A. viridis* и экстракты стебля растения, полученные с помощью разных растворителей, таких как хлороформ, этанол и метанол, и оценен их антибактериальный потенциал относительно грамположительных (*Staphylococcus aureus*) и грамотрицательных (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* и др.) бактерий. Сравнительный анализ ANOVA показал, что существует разница между антимикробной активностью экстрактов стебля и листьев растения независимо от использованных растворителей ($p < 0,05$), однако выраженность антимикробного действия от растворителя зависела. Установлено, что экстракт с использованием этанола демонстрирует больший антимикробный эффект, чем метаноловые и хлороформные экстракты. Полученные данные сви-

детельствуют, что растительные экстракты амаранта обладают выраженным потенциалом антимикробного действия [19, 20, 23, 24], на чем и основано использование отваров и масла этого растения для лечения заболеваний кожи и верхних дыхательных путей [25]. Показана также потенциальная возможность применения экстрактов *A. retroflexus* L. для лечения воспалительных урологических заболеваний с эффективностью, существенно большей, чем при использовании ципрофлоксацина [34], что имеет практическое значение для представителей гребных видов спорта [2].

Исследований, проведенных с использованием методов доказательной медицины, относительно эффективности применения различных частей амаранта (зеленая масса, масло) у спортсменов, в том числе, для стимуляции работоспособности, не найдено. Однако в популярной литературе и сети Internet можно найти многочисленные данные полезных свойств каши, муки и масла на основе амаранта при физических нагрузках разной энергетической направленности и интенсивности. Так, в частности, по данным сайта SportWiki спортсмены используют масло (домашнего отжима и фабричного производства), самостоятельно приготовленные мазь и проростки семян; употребляют семена амаранта в пищу в виде отваренных целых зерен, крупы и муки и даже самодельных батончиков, в составе которых 100 г зерен амаранта; 50 г сухих овсяных хлопьев; одна столовая ложка отрубей из амаранта; по одной чайной ложке семян льна, мака и кунжута; мелконарезанные сухофрукты, а также сливочное масло, мед и вода.

В последние годы на рынке пищевых добавок Украины появились такие интересные для спорта продукты, как капсулы с амарантовым маслом, полученным методом низкотемпературной экстракции, в частности, «Амарант Форте», включающий также комплекс на основе масла зародышей пшеницы, и пищевая добавка с выраженными гепато- и иммунопротекторными свойствами «Гепамар», содержащая, кроме амарантового масла, экстракты семян расторопши пятнистой и тыквы (ООО «Алеф-Коэн» [42]. Масло амаранта этого производителя содержит 19,6% пальмитиновой, 32,2% олеиновой и 41,26% – линолевой кислоты (что соответствует общепринятым стандартам), а также 0,5% арахидоновой кислоты и 8,9% – сквалена. По нашему мнению, такие пищевые добавки отечественного производства могут являться достойной заменой импортным продуктам («Organic Cold-pressed Amaranth Oil», «Inca Gold», «Swanson Amaranth» и др.), поскольку имеют сопоставимый по пищевой ценности состав и более конкурентоспособную цену, что немаловажно при формиро-

вании программ нутрициологической поддержки подготовки спортсменов. К сожалению, результатов исследований применения биологически активных субстанций амаранта с высоким уровнем доказательности (А, В) у спортсменов обнаружено не было. Имеются лишь единичные источники, данные которых, полученные в рандомизированных исследованиях у здоровых людей, подтверждают наличие у экстракта амаранта свойств прямого донатора оксида азота [36]. Авторы данной работы делают вывод, что одна пероральная доза экстракта амаранта способна увеличивать содержание NO₃- и NO₂- в организме в течение, по меньшей мере, 8 час, что способствует улучшению функционирования сердечно-сосудистой системы и может помочь улучшить общую производительность у здоровых людей, вовлеченных в интенсивную двигательную активность, или у спортсменов.

Последним этапом данной работы явились проведенные нами рандомизированные двойные-слепые плацебо-контролируемые исследования относительно эффективности масла амаранта («Organic Cold-pressed Amaranth Oil»), у легкоатлетов, специализирующиеся в беге на средние дистанции 1500 м и 3000 м. В исследованиях приняли участие две равноценные по количеству участников группы – основная и плацебо-контроль (рафинированное подсолнечное масло), в каждую из которых вошли по 17 спортсменов-мужчин, квалификации «I разряд» и «кандидат в мастера спорта Украины», в возрасте от 17 до 23 лет. Рандомизация (простая стратифицированная) участников исследования проводилась до подписания ими «Информированного согласия».

Полученные данные показали, что применение в основной группе масла амаранта *per os* в суточной дозе 20 мл, по сравнению с данными в плацебо-контроле (чистое растительное масло подсолнечника), приводит к снижению выраженности психофизиологического стресса от $44,8 \pm 2,5$ балла до $31,7 \pm 1,4$ балла ($p < 0,001$). Также прием масла амаранта в течение четырех недель на этапе непосредственной подготовки к соревнованиям сопровождается снижением частоты возникновения ОРВИ на 18,8% по сравнению с данными в группе плацебо. В тоже время, у обследованных спортсменов было обнаружено улучшение прооксидантно-антиоксидантного баланса в мембранах эритроцитов со снижением содержания малонового диальдегида на 15,3%, а также параллельный прирост содержания важного природного антиоксиданта – восстановленного глутатиона на 21,4% против данных в группе плацебо-контроля ($p < 0,05$) в обоих измерениях. В сыворотке крови спортсменов основной группы к концу периода

наблюдения было установлено снижение активности аланин- и аспаратаминотрансфераз на 12,7% и 16,1% соответственно ($p < 0,05$ в обоих случаях), чего не отмечалось в группе плацебо-контроля.

При этом у спортсменов основной группы отмечалось увеличение скорости бега на изучаемом отрезке с $3,72 \pm 9,11$ до $5,32 \pm 0,12$ м $\times$ с⁻¹ ($p < 0,05$) при максимальном значении частоты сердечных сокращений $171,90 \pm 3,42$ уд. $\times$ мин⁻¹ при базовом уровне $121,11 \pm 3,18$ уд. $\times$ мин⁻¹. В группе плацебо-контроля прирост скорости бега (при одинаковой начальной скорости) изменился с $3,71 \pm 0,12$ м $\times$ с⁻¹ лишь до $4,97 \pm 0,10$ м $\times$ с⁻¹ ($p < 0,05$) при приросте частоты сердечных сокращений от базовых значений $120,43 \pm 2,74$ уд. $\times$ мин⁻¹ до $184,21 \pm 3,18$ уд. $\times$ мин⁻¹ ($p < 0,05$) (рис. 2).

Это указывает на улучшение аэробной производительности без увеличения нагрузки на миокард спортсменов при использовании масла семян амаранта, поскольку базовые уровни частоты сердечных сокращений в обеих группах были одинаковы ($p > 0,05$).

Таким образом, наши данные позволяют предвительно говорить об антиоксидантной, гепатопротекторной и иммуномодулирующей активности масла семян амаранта, а также отметить позитивное его влияние на уровень психофизиологического стресса спортсменов – одного из важнейших факторов, определяющих эффективность соревновательной деятельности, что в целом выражается в улучшении аэробной работоспособности спортсменов. Нужно отметить, что амарант в практике подготовки спортсменов используется как один из растительных источников прямых донаторов оксида азота, наряду с экстрактом красной свеклы, и используется для повышения выносливости спортсменов [6].

Заключение. Представленные в статье сведения дают основания говорить о серьезных перспективах использования различных частей растения амаранта – и листьев, и семян – в производстве пищевых добавок и специальных функциональных продуктов питания спортсменов.

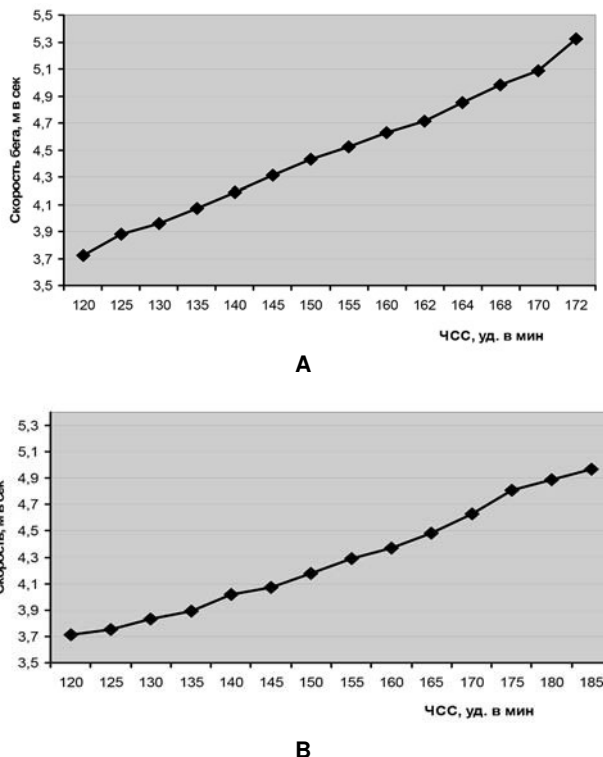


Рис. 2. Изменение скорости бега у спортсменов под влиянием курсового приема масла амаранта:

А – основная группа, В – плацебо-группа

Однако исследований относительно эффективности применения протеинов амаранта у спортсменов, в том числе для стимуляции работоспособности, проведенных с использованием методов и принципов доказательной медицины, пока практически не найдено. С учетом полноценности белков, полученных из семян, а также из зеленой массы амаранта, можно думать о перспективности применения таких протеинов при физических нагрузках для ускорения восстановления, а экстрактов семян амаранта – для гепатопротекции, защиты миокарда и поддержании иммунной функции организма, особенно на этапе непосредственной подготовки к соревнованиям.

References

1. Vavilov NI. Izbrannyye trudy; v 5-ti tomakh. Vol 5 «Problema novykh kultur». Moskva-Leningrad: AN SSSR; 1959. p. 537-63. [Russian]
2. Vrachebnyy kontrol v fizicheskom vospitanii i sporte: Metodicheskie rekomendatsii dlya studentov; sostaviteli: Sokolovskiy VS, Romanova NA, Vladova VS, Bondarev II. Odessa: ONMU; 2001. 93 s. [Russian]
3. Vysochina GI. Amarant (Amaranthus L.): khimicheskiy sostav i perspektivy ispolzovaniya (obzor). *Khimiya rastitel'nogo syrya*. 2013; 2: 5-14. doi: 10.14258/jcprm.1302005. [Russian] <https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005>
4. Gulshina VA, Romanova NP, Lapin AA, Zelenkov VN. Osnovnye rezultaty kompleksnogo issledovaniya amaranta v usloviyakh TsChZ Tambovskoy oblasti. *Netraditsionnye prirodnye resursy, innovatsionnye tekhnologii i produkty*. 2007; 14: 126-36. [Russian]
5. Dergausov VI. Amarant – kultura perspektivnaya. *Masla i zhiry*. 2006; 2: 7. [Russian]

6. Dmitriev AV, Gunina LM. *Osnovy sportivnoy nutritsiologii* (monografiya). SPb: Izd-vo OOO «RA Russkiy Yuvelir»; 2018; p. 176-80. [Russian]
7. Dzyuba VF, Safonova EF, Frolova IV. Biofarmatsevticheskie issledovaniya lekarstvennykh form s maslom amaranta. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2007; 2: 145-50. [Russian]
8. Eliseeva OP, Kaminskiy DV, Cherkas AP, Ambarova LI, [i soavt.] Osoblivosti vplivu oliyi nasinnya amaranta na stan antioksidantnoyi sistemi pechinki ta krovi mishey za rozvitku v nikh zloyakisnoyi limfomi. *Ukr biokhim zhurn*. 2006; 78 (1): 117-23. [Ukrainian]
9. Zheleznov AV. Amarant – khleb, zrelishche i lekarstvo. *Khimiya i zhizn*. 2005; 6: 56-61. [Russian]
10. *Patent № 2140432. (RF)*. Antioksidant; avtory Gins VK, Kononkov PF, Pivovarov VF, Gins MS, Kononkov FP. Opubl. 27.10.1999. [Russian]
11. *Patent № 2170096 (RF)*. Immunostimuliruyushchee sredstvo; avtory Chernenkovskaya NE, Chernenkovskiy DV, Chernykh SB, Dankov VS. Opubl. 10.07.2001. [Russian]
12. Platonov VN. *Dvigatelnye kachestva i fizicheskaya podgotovka sportsmenov*. Kiev: Olimpiyskaya literatura; 2017. p. 535-63. [Russian]
13. Tkhi Khue Kao, Tkhi Min Khang Nguen, T Khan Le Nguen, Spiridovich EV, Alekseeva EI, Khung Nguen Van. Izuchenie biokhimicheskogo sostava zerna amaranta (na osnove syrya Vyetnama). *Vestnik BGU*. 2015; 1(59): 12-8. [Russian]
14. Akubugwo IE, Obasi NA, Chinyere GC, Ugbogu AE. Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. *Afr J Biotechn*. 2007; 6(24): 2833-39. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2007.000-2452>
15. Andini Rita, Yoshida Shigeki, Ohsawa Ryo. Variation in Protein Content and Amino Acids in the Leaves of Grain, Vegetable and Weedy Types of Amaranths. *Agronomy*. 2013; 3: 391-403. doi:10.3390/agronomy3020391
16. Babault N, Paizis C, Deley G, Guérin-Deremaux L, Saniez M-H, Lefranc-Millot C, Allaert FA. Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo controlled clinical trial vs. Whey protein. *J Intern Soc Sports Nutr*. 2015; 12(1): 3. doi: 10.1186/s12970-014-0064-5
17. Cai Y, Sun M, Corke H. Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends in Food Science & Technology*. 2005; 16(9): 370-6. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.03.020>
18. Gamel TH, Linssen JP. Nutritional and medicinal aspects of amaranth. *Recent Progress in Medicinal Plants*. 2006; 15: 347-61.
19. Iqbal JM, Hai Sumaira, Mahmood Zahid, Jamil Amer. Antioxidant and antimicrobial activity of *Amaranthus viridis* Leaf and Seed extract. *J Med Plants Res*. 2012; 6: 4450-5.
20. Islam M Ali, Ejaz Jamshaid M, Khan Javid. Antimicrobial and irritant activity of the extracts of *Amaranthus viridis*. *Pak J Phrma*. 2010; 1: 20-3.
21. Kabuto H, Yamanushi TT, Janjua N, Takayama F, Mankura M. Effects of squalene/squalane on dopamine levels, antioxidant enzyme activity, and fatty acid composition in the striatum of Parkinson's disease mouse model. *J Oleo Sci*. 2013; 62(1): 21-8. PMID:23357814. <https://doi.org/10.5650/jos.62.21>
22. Kausar Malik, Farkhanda Nawaz, Numrah Nisar. Antibacterial Activity of *Amaranthus Viridis*. *Bull Env Pharmacol Life Sci*. 2016; 5(4): 76-80.
23. Mahesh B, Satish S. Antimicrobial activity of some important medicinal plants against plant and human pathogens. *World J Agric Sci*. 2008; 4: 839-43.
24. Maiyo ZC, Nagure RM, Matasyoh JC, Chepkorir. Phtochemical constituents and antimicrobial activity of leaf extracts of three *Amaranthus* plant species. *Afr J Biotech*. 2009; 9: 3178-82.
25. Mondal A, Maity TK. Antibacterial activity of a novel fatty acid (14E, 18E, 22E, 26E)-methyl nonacos-14, 18, 22, 26 tetraenoate isolated from *Amaranthus spinosus*. *Pharm Biol*. 2016; 54(10): 2364-67. doi: 10.3109/13880209.2016.1155628
26. Montoya-Rodríguez Alvaro, Gómez-Favela Mario A., Reyes-Moreno Cuauhtémoc, Milán-Carrillo Jorge, González de Mejía Elvira. Identification of Bioactive Peptide Sequences from Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed Proteins and Their Potential Role in the Prevention of Chronic Diseases. *Compr Rev in Food Science and Food Safety*. 2015; 14: 139-58. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12125>
27. Nikolaevsky VA, Martirosyan DM, Muzalevskaya EN, Miroshnichenko L, Zolodov VI. Hepatotropic, antioxidant and antitoxic action of amaranth oil. *Funct Foods Health Disease*. 2014; 4(5): 159-71. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v4i5.18>
28. Ogródowska Dorota, Zadernowski Ryszard, Czaplicki Sylwester, Derewiaka Dorota, Wronowska Beata. Amaranth Seeds and Products – The Source of Bioactive Compounds. *Pol J Food Nutr Sci*. 2014; 64(3): 165-70. doi: 10.2478/v10222-012-0095-z
29. Osuna-Castro JA, Rascón-Cruz Q, Napier J, Fido RJ, Shewry PR, Paredes-López O. Overexpression, purification, and in vitro refolding of the 11S globulin from amaranth seed in *Escherichia coli*. *J Agric Food Chem*. 2000; 48(11): 5249-55. PMID: 11087468. <https://doi.org/10.1021/jf000795t>
30. Písaříková B, Kráčmar S, Herzig I. Amino acid contents and biological value of protein in various amaranth species. *Czech J. Anim. Sci*. 2005; 50(4): 169-74.
31. Ramírez-Torres G, Ontiveros N, Lopez-Teros V, Ibarra-Diarte JA, Reyes-Moreno C, [et al.]. Amaranth Protein Hydrolysates Efficiently Reduce Systolic Blood Pressure in Spontaneously Hypertensive Rats. *Molecules*. 2017; 22(11). pii: E1905. doi: 10.3390/molecules22111905.

32. Rastogi A, Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Rev Food Sci Nutr.* 2013; 53(2): 109-25. PMID: 23072528. doi.org/10.1080/10408398.2010.517876
33. Ravi Kumar S, Narayan B, Sawada Y, Hosokawa M, Miyashita K. Combined effect of astaxanthin and squalene on oxidative stress in vivo. *Mol Cell Biochem.* 2016; 417(1-2): 57-65. PMID: 27188184. doi: 10.1007/s11010-016-2713-2
34. Saeidi S, Amini Boroujeni N, Ahmadi H, Hassanshahian M. Antibacterial Activity of Some Plant Extracts Against Extended-Spectrum Beta-Lactamase Producing Escherichia coli Isolates. *Jundishapur J Microbiol.* 2015; 8(2): e15434. eCollection 2015. PMID: 25793093. PMCID: PMC4353063. doi: 10.5812/jjm.15434
35. Silva-Sánchez C, de la Rosa AP, León-Galván MF, de Lumen BO, de León-Rodríguez A, de Mejía EG. Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed. *J Agric Food Chem.* 2008; 56(4): 1233-40. PMID: 18211015. doi: 10.1021/jf072911z
36. Subramanian D, Gupta S. Pharmacokinetic study of amaranth extract in healthy humans: A randomized trial. *Nutrition.* 2016; 32(7-8): 748-53. PMID: 27131407. doi: 10.1016/j.nut.2015.12.041
37. Tang Y, Li X, Chen PX, Zhang B, Liu R, Hernandez M, et al. Assessing the Fatty Acid, Carotenoid, and Tocopherol Compositions of Amaranth and Quinoa Seeds Grown in Ontario and Their Overall Contribution to Nutritional Quality. *J Agric Food Chem.* 2016; 64(5): 1103-10. PMID: 26760897. doi: 10.1021/acs.jafc.5b05414
38. Tang Y, Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Mol Nutr Food Res.* 2017; 61(7). PMID: 28239982. doi: 10.1002/mnfr.201600767
39. Tosi E, Re E, Martinet R. Enzymatic predigestion of amaranth proteins. *Am J Sci Technol.* 2014; 1(4): 213-20.
40. Vecchi B, Añón MC. ACE inhibitory tetrapeptides from *Amaranthus hypochondriacus* 11S globulin. *Phytochemistry.* 2009; 70(7): 864-70. PMID: 19443002. doi: 10.1016/j.phytochem.2009.04.006
41. Venskutonis Petras R., Kraujalis Paulius. Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2013; 12: 381-412. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021
42. Available from: <http://www.alef-coen.com/uk/>
43. Available from: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>

УДК 796.0-664: 582.661.21-547.9

БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ АМАРАНТУ І ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК НА ЙОГО ОСНОВІ В ПРАКТИЦІ ПІДГОТОВКИ СПОРТСМЕНІВ

Гуніна Л. М., Дмитрієв А. В., Шустов Е. Б., Холодков А. В., Головащенко Р. В.

Резюме. Амарант давно відома, але забута рослина, біологічна цінність якої як джерела повноцінного білка і різних фізіологічно активних субстанцій, необхідних для забезпечення життєдіяльності організму людини, дуже висока. Для спорту вищих досягнень амарант є надзвичайно корисною рослиною, оскільки різні його частини (стебла, листя, плоди) містять активні субстанції протекторного характеру – незамінні амінокислоти, вуглеводи, природні антиоксиданти – токоферолі, сквален і глікозиди флавоноїдного типу, а також незамінні поліненасичені жирні кислоти, ряд вітамінів і мінералів, та ін. За рахунок цього амарант виявляє досить високу гепатопротекторну, протизапальну, мембранопротекторну активність, а також здатний захищати геном від різних за генезом пошкоджуючих впливів, що особливо важливе для осіб, які перебувають під тривалим впливом окисного стресу, сформованого в результаті тривалих і інтенсивних фізичних навантажень. У статті, що носить оглядово-експериментальний характер, наведені дані сучасних досліджень, отриманих з використанням новітніх методологічних підходів (Вестерн-блотт-аналіз, MALDI-TOF-аналіз, рідинна хроматографія в поєднанні із застосуванням фотодіодної матриці і флуоресцентних детекторів, та ін.), про біологічні цінності амаранту, ефекти його впливу на модуляцію негативно-го впливу наслідків регулярного високоінтенсивного тренувального процесу в організмі спортсменів. Особливо важливим для спорту вищих досягнень є здатність амаранту служити донатором оксиду азоту, яке можна порівняти за потужністю з такою еталонною речовиною як амінокислота L-аргінін, застосовуваною у вигляді численних зарубіжних харчових добавок на її основі, і вітчизняного препарату Тівортін аспартат. Виявлений у складі насіння амаранту фермент алькалаза, здатний вивільняти при гідролізі білків антигіпертензивні пептиди, що впливають на активність ангіотензин-конвертуючого ферменту, може мати позитивний вплив на попередження формування патології міокарда шляхом економізації його роботи у спортсменів. У роботі також вперше показано, що в рандомізованому подвійному сліпому плацебо-контрольованому дослідженні ефективності масла амаранту при курсовому прийомі (4 тижні) у легкоатлетів, що спеціалізуються в бігу на середні дистанції 1500 м і 3000 м, відзначається зниження вираженості психофізіологічного стресу від 44,8 ± 2,5 бала до 31,7 ± 1,4 бала (p < 0,001), а також зменшення частоти виникнення гострих респіраторних вірусних інфекцій на 18,8% порівняно з даними у групі плацебо-контролю (нерафінована соняшникова олія). Крім того, встановлено достовірне поліпшення прооксидантно-антиоксидантного балансу в мембранах еритроцитів зі зниженням вмісту малонового діальдегіду при паралельному прирості вмісту відновленого глутатіону порівняно з даними у групі плацебо-контролю (p < 0,05). Встановлено також, що в умовах проведення дослідження у спортсменів в масштабі часу

real-time до кінця періоду спостереження існує виражена гепатопротекторна активність, чого не відзначалося в групі плацебо-контролю. При цьому в спортсменів основної групи після прийому масла амаранту відзначалося достовірне збільшення швидкості бігу до $5,32 \pm 0,12 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ проти даних в групі плацебо-контролю – $4,97 \pm 0,10 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ при зниженні частоти серцевих скорочень – $171,90 \pm 3,42 \text{ уд.} \times \text{хв}^{-1}$ і $184,21 \pm 3,18 \text{ уд.} \times \text{хв}^{-1}$ відповідно ($p < 0,05$). Отримані дані свідчать про поліпшення аеробної продуктивності без збільшення навантаження на міокард спортсменів, що дозволяє рекомендувати застосування вітчизняного екстракту з насіння амаранту (виробник ТОВ «Алеф-Коен», Харків) у процесі підготовки кваліфікованих представників циклічних видів спорту.

Ключові слова: амарант, спорт вищих досягнень, біг на середні дистанції, економізація роботи серця, гепатопротекторна активність, сквален.

UDC 796.0-664: 582.661.21-547.9

Prospects of Application of Diet Supplements Based on Amaranth in the Practice of Training Athletes

Gunina L. M., Dmitriev A. B., Shustov E. B., Kholodkov A. B., Golovashchenko R. B.

Abstract. Amaranth is a plant known for a long time but forgotten in vain. Its biological value as a source of high-grade protein and various physiologically active substances necessary for ensuring the vital activity of the human body is very high. For the sport of higher achievements, amaranth is an extremely useful plant, since its different parts (stems, leaves, fruit) contain active substances of a protective nature (essential amino acids, carbohydrates, natural antioxidants), tocopherols, squalene and glycosides of flavonoid type, and also essential polyunsaturated fatty acids, a number of vitamins and minerals, etc. Due to these features, amaranth exhibits a sufficiently high hepatoprotective, anti-inflammatory, membrane-protective activity. It is also able to protect genes of different genesis damaging effects, which is of particular importance for persons under the influence of long-term oxidative stress generated as a result of prolonged and intense exercise. The article is a review presenting data from modern studies obtained using the latest methodological approaches (Western blot analysis, MALDI-TOF analysis, liquid chromatography combined with the use of a photodiode array and fluorescent detectors, etc.), the biological value of amaranth, the effects of its influence on the modulation of the negative effects of regular high-intensity training process on the body of athletes.

Material and methods. The ability of amaranth to serve as a donor of nitric oxide, comparable in power to a reference substance such as the amino acid L-arginine, used in the form of numerous foreign food supplements based on it and the domestic drug tivortin aspartate, is of particular importance for higher achievements in sports. The discovery of the enzyme alcalase in the seeds of amaranth, which is capable of releasing antihypertensive peptides during protein hydrolysis, which affect the activity of the angiotensin-converting enzyme, can have a positive effect on preventing myocardial pathology forming by economizing its work in athletes training.

Results and discussion. The study also showed that in a randomized double-blind, placebo-controlled study of the effectiveness of amaranth oil during course taking (4 weeks) in athletes specializing in running at medium distances of 1500 m and 3000 m, a decrease in the severity of psychophysiological stress was observed from 44.8 ± 2.5 points to 31.7 ± 1.4 points ($p < 0.001$), as well as a decrease in the incidence of acute respiratory viral infections by 18.8% compared with those in the placebo control group (unrefined vegetable oil). In addition, we found a significant improvement in prooxidant-antioxidant balance in erythrocyte membranes with a decrease in the content of malondialdehyde with a parallel increase in the content of reduced glutathione in comparison with the placebo control group ($p < 0.05$). A pronounced hepatoprotective activity was also established in the conditions of the study in athletes on a real-time basis by the end of the observation period, which was not observed in the placebo control group. At the same time, in athletes of the main group, after taking amaranth oil, there was a significant increase in the running speed to $5.32 \pm 0.12 \text{ м} \times \text{сек}^{-1}$ against the data in the placebo-control group which was $4.97 \pm 0.10 \text{ м} \times \text{сек}^{-1}$ while decreasing heart rate to $171.90 \pm 3.42 \text{ beats} \times \text{min}^{-1}$ and $184.21 \pm 3.18 \text{ beats} \times \text{min}^{-1}$, respectively ($p < 0.05$).

Conclusions. The obtained data indicates an improvement in aerobic performance without an increase in the load on the myocardium of athletes, which makes it possible to recommend the use of domestic extract from amaranth seeds (produced by LLC Alef-Cohen, Kharkov) in the process of training of qualified representatives of cyclic sports.

Keywords: amaranth, sport of higher achievements, middle-distance running, economization of the heart activity, hepatoprotective activity, squalene.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 14.08.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування