

Х.С. Сарсембаев^{1,2}, Ю.А. Синявский^{2*}, Казис Милашюс³

¹Алматинский технологический университет, Казахстан;

²ТОО «ОО Казахская академия питания», Алматы, Казахстан;

³Университет им. Витаутаса Великого, Каунас, Литва

*Автор для корреспонденции: sinyavskiy@list.ru

Влияние низкомолекулярных пептидов, выделенных из кобыльего молока, на работоспособность крыс при физической нагрузке

В эксперименте на крысах на модели «Бег на тредбане» изучены показатели работоспособности, а также состояние системы антиоксидантной защиты, включая уровень недоокисленных продуктов в сыворотке крови, мембранах эритроцитов и митохондриальной фракции бедренной мышцы животных на фоне 28-дневного приема фракции низкомолекулярных пептидов, выделенных из кобыльего молока. В опытной группе, по сравнению с контрольными животными, время бега на тредбане на 28-е сутки увеличилось на 73,5 %, при этом положительная динамика времени бега была отмечена, начиная с 7-х суток тренировки, постепенно возрастая к 28-му тренировочному дню. Прием животными обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов на фоне физической нагрузки сопровождался снижением в мембранах эритроцитов уровня МДА на 25,3 %, а диеновых конъюгатов — на 33,8 %, кроме того, была отмечена активация супероксиддисмутазы и каталазы в мембранах эритроцитов. Аналогичные изменения были выявлены и в митохондриальной фракции бедренной мышцы животных. У крыс опытной группы отмечена более низкая концентрация молочной кислоты в сыворотке крови на 40,6 %, а в бедренной мышце — на 24,7 %. Содержание пировиноградной кислоты не отличалось от исходных значений. Полученные результаты обосновывают целесообразность использования низкомолекулярных пептидов при конструировании продуктов специализированного назначения и биологически активных добавок к пище для спортивного питания.

Ключевые слова: низкомолекулярные пептиды, физическая нагрузка, антиоксидантная система, молочная и пировиноградная кислоты.

Введение

Учитывая уникальный состав, а также высокую пищевую и биологическую ценность кобыльего молока, характеризующегося повышенным содержанием полиненасыщенных жирных кислот, включая омега-3, жирорастворимых витаминов, лизоцима и целого ряда нутриентов, усиливающих иммунитет, антиоксидантные и детоксицирующие возможности организма, особый интерес представляет белковая составляющая кобыльего молока, представленная альбуминами и глобулинами, а также низкомолекулярными пептидами и свободными аминокислотами, при низком содержании высокомолекулярных белков в кобыльем молоке [1–3].

Согласно имеющимся литературным данным, низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой до 15 кДа способны поддерживать гомеостаз организма, проявляя антибактериальную, противовирусную, антиоксидантную и регенеративную активность [4].

Пептиды с молекулярной массой менее 3 кДа обнаруживают повышенную биодоступность при наружном и внутреннем их применении [4, 5].

В результате многолетних исследований показано, что факторы пептидной природы, получаемые в процессе гидролиза белков молока, являются одними из наиболее физиологически активных, специфически воздействуя на пищеварительную, иммунную, сердечно-сосудистую и нервную системы [6, 7].

Учитывая изложенное выше, целью настоящих исследований явилась оценка эффективности низкомолекулярных пептидов, выделенных из кобыльего молока, на физическую активность лабораторных животных.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования были выполнены на 70-и белых крысах-самцах линии Wistar с исходной массой тела 207–226 г. Животные содержались при естественном световом режиме в стандартных условиях вивария Казахской академии питания по 5–6 особей в клетке размером 45×60 см и

высотой 25 см. В помещении вивария поддерживалась относительная влажность 50–65 %, а также температура воздуха — 20–25 °С. Эксперименты проводились в летний период времени (июль–август). Содержание животных и проведение экспериментов осуществлялись в соответствии с «Правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и научных целей», по поедаемости корма, поведению разницы между животными опытной и контрольной групп выявлено не было.

Животные контрольной и опытной групп содержались на полусинтетическом рационе со свободным доступом к пище и воде. Базовый полусинтетический казеиновый рацион включал из расчета на 100 г диеты: казеин — 20,0 г; крахмал — 63,0 г; масло подсолнечное — 5,0 г; ляд — 5,0 г; солевую смесь — 4,0 г; смесь водорастворимых витаминов — 0,9 г; смесь жирорастворимых витаминов (масляный раствор витаминов А, Е, Д, рыбий жир) — 0,1 мл и целлюлоза — 2,0 г; и содержал 17,1 г белка; 10,3 г жира; 54,5 г углеводов; калорийность рациона равнялась 379 ккал.

Животные в целях адаптации к полусинтетическому рациону содержались на диете в течение 30 дней. По истечении данного срока крысы были разделены на две группы (опытную и контрольную), по 15 крыс в каждой, и взяты в эксперимент с массой тела $240,0 \pm 20,0$ г. Кроме того, для исследований была отобрана группа из крыс (15 животных), не испытывающих физической нагрузки (фоновая группа) и также находящихся на полусинтетическом рационе питания.

В течение всего эксперимента велось наблюдение за поедаемостью корма и общим состоянием животных, каждые семь дней проводили взвешивание крыс. Общее состояние крыс было удовлетворительным по внешнему виду и качеству шерстного покрова.

Низкомолекулярные пептиды из кобыльего молока получали согласно методу [8]. Для их получения использовали обезжиренное кобылье молоко, предварительно сброженное, с использованием кумысной закваски в течение 20 ч. После чего в кисломолочный продукт добавили 0,5 г панкреатина, смесь ферментировали в течение 4 ч, затем добавили 300 г сефадекса G-25, все тщательно перемешивали в течение 10–15 мин. После чего смесь центрифугировали при скорости 3000 об/мин в течение 20 мин. Надосадочный раствор удаляли, набухший гель элюировали дистиллированной водой, затем смесь вновь центрифугировали при 3000 об/мин в течение 20 мин. Полученные жидкие фракции фильтровали через мелкопористые фильтры с диаметром пор 0,2 мкм. Из одного литра ферментированного кобыльего молока получали около 100 мл фракции, содержащей низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой от 3000 до 15000 кДа. Использование предлагаемого способа выделения низкомолекулярных пептидов из ферментируемого кобыльего молока позволяет получить преимущественно пептиды с молекулярной массой от 3000 до 14000 кДа с преобладанием пептидов, имеющих молекулярную массу от 3000 до 8000 кДа.

Далее фракцию низкомолекулярных пептидов смешивали с витаминами А, Е и С в следующей концентрации из расчета на 100 мл фракции: ретинолацетат 30 мкг; токоферола ацетат 50 мкг и аскорбиновая кислота 10 мг. Обогащенную витаминами-антиоксидантами фракцию низкомолекулярных пептидов использовали для кормления крыс в эксперименте. Животные опытной группы ежедневно на фоне полусинтетического рациона получали по 1,0 мл из расчета на 100 г массы тела обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов из кобыльего молока, препарат вводили перорально в течение 28 дней.

Контрольная группа животных ежедневно в течение 28 дней на фоне полусинтетического рациона получала перорально по 1,0 мл из расчета на 100 г массы тела водного раствора витаминов-антиоксидантов в концентрации, соответствующей потреблению опытными животными.

Животные контрольной и опытной групп подвергались физической нагрузке — бегу на тредбане. В эксперименте использовали тредбан, сконструированный в лаборатории. Перед началом исследования крыс обучали бегу на тредбане, ежедневно в течение пяти дней проводили тренировки бега со скоростью 10 м/мин в течение 10 мин [9].

В эксперименте были использованы животные одного возраста, одного пола, и опыты проводили в одно и то же время суток, нагрузку увеличивали постепенно. Предельной нагрузкой считается «бег до отказа», показателем которого служит неспособность животного продолжать бег против движущейся ленты, несмотря на электростимуляцию. Физическую работоспособность крыс оценивали один раз в семь дней в одно и то же утреннее время (снимали исходные данные, а также показатели на 7-е, 14-, 21- и 28-е сутки). Каждую неделю крысы подвергались физической нагрузке ежедневно в течение четырех дней по 25 мин со скоростью бега 10 м/мин.

После завершения последнего теста физической нагрузки на тредбане (28-е сутки), через 12 ч все животные выводились из эксперимента одномоментной декапитацией под легким эфирным наркозом. У декапитированных животных проводили забор крови, извлекали внутренние органы, после чего в сыворотке крови и гомогенатах бедренной мышцы определяли уровень молочной и пировиноградной кислот спектрофотометрически [10].

В крови крыс выявляли содержание гемоглобина, эритроцитов и гематокрита в соответствии с общепринятыми лабораторными методами исследования. Мембраны эритроцитов получали по методу А.М. Казенова с соавт. [11]. Митохондриальную фракцию бедренных мышц выделяли путем центрифугирования гомогената при 1 000 г с последующим центрифугированием супернатанта при 10 000 г в течение 20 мин. Осадок дважды промывали в среде гомогенизации, центрифугировали при 10 000 г в течение 20 мин и использовали в качестве митохондриальной фракции.

Об интенсивности процессов ПОЛ в митохондриях бедренных мышц и мембранах эритроцитов судили по содержанию ТБК-активных продуктов. Концентрацию малонового диальдегида (МДА) определяли по интенсивности развивающейся окраски в результате взаимодействия с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [12]. Содержание диеновых конъюгатов (ДК) оценивали по методу В.Б. Гаврилова и М.И. Мишкорудной [13]. Активность антиоксидантных ферментов (каталаза и супероксиддисмута) определяли с использованием коммерческих наборов («Sigma», США); содержание белка в мембранах эритроцитов, митохондриальной фракции — по методу О. Lowry.

Полученные результаты статистически обрабатывали с использованием программы Microsoft Excel, рассчитывая среднюю арифметическую параметра, среднее квадратическое отклонение, ошибку средней арифметической. Различия считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Оценка работоспособности крыс, получавших обогащенную фракцию низкомолекулярных пептидов, на модели физической нагрузки

Как было сказано выше, животные контрольной и опытной групп содержались на полусинтетическом рационе со свободным доступом к пище и воде, ежедневная поедаемость рациона крысами контрольной и опытной групп составляла в среднем 27–30 г. Животные контрольной и опытной групп ежедневно потребляли в среднем 30–35 мл воды. Начиная с седьмого дня эксперимента, на фоне физической нагрузки, отмечалось повышение потребления воды как в контрольной, так и в опытной группе в среднем на 20 %.

У животных как контрольной, так и опытной группы в течение 28 дней не отмечено достоверных изменений массы тела, что свидетельствовало о том, что выбранный режим тренировок и нагрузок не влиял на прирост массы тела крыс. На момент завершения эксперимента масса тела крыс в среднем равнялась $315,0 \pm 20,0$ г.

Результаты изменения относительной массы органов крысу контрольных и опытных животных, по сравнению с крысами, не испытывающими физической нагрузки (фоновая группа), через 28 дней приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Относительная масса органов крыс в контрольной и опытной группах, % ($M \pm m$)

Орган животного	Фоновая группа	Контрольная группа	Опытная группа
Сердце	$0,45 \pm 0,04$	$0,53 \pm 0,04$	$*0,75 \pm 0,05^{**}$
Легкое	$0,51 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,05^*$	$*0,94 \pm 0,04^{**}$
Бедренная мышца /	$0,90 \pm 0,05$	$1,26 \pm 0,08^*$	$*1,65 \pm 0,10^{**}$

Примечание. * — статистически значимое отличие ($p < 0,05$), по сравнению с показателями фоновой группы животных; ** — статистически значимое отличие ($p < 0,05$), по сравнению с контрольными животными.

Как видно из данных, представленных в таблице 1, у крыс опытной группы отмечалось достоверное увеличение относительной массы сердца, легкого и бедренной мышцы соответственно на 41,5, 34,4 и 30,9 %, по сравнению с относительной массой органов у крыс контрольной группы. В контрольной группе по отношению к показателям массы органов в фоновой группе также отмечалась достоверное увеличение относительной массы легкого и бедренной мышцы.

Таким образом, адаптация животных к повышенным физическим нагрузкам происходила за счет гипертрофии легкого, сердца и икроножной мышцы, о чем свидетельствовали данные по увеличению их относительной массы на момент забоя.

Оценка показателей работоспособности крыс в контрольной и опытной группах при проведении бега на тредбане приведены ниже на рисунке.

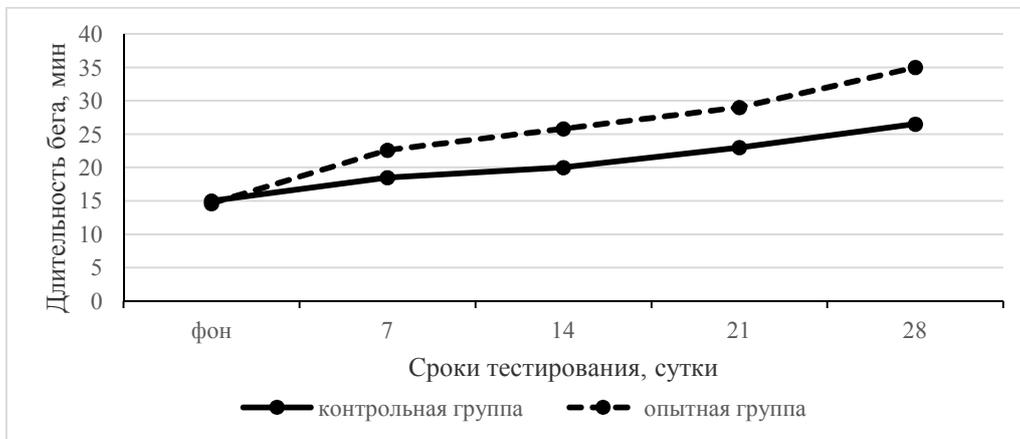


Рисунок. Изменение длительности бега крыс, подвергшихся физической нагрузке «Бег на тредбане» в течение 28 суток

Как видно из данных, исходные результаты оценки работоспособности у опытных и контрольных крыс были одинаковыми, и длительность бега равнялась 15 мин. Кормление животных опытной группы обогащенной фракцией низкомолекулярных пептидов в течение 28 дней привело к статистически значимому повышению выносливости крыс, на что указывало увеличение времени бега на тредбане. Так, в опытной группе, по сравнению с контрольной, время бега на тредбане на 28-е сутки увеличилось на 73,5 %, при этом положительная динамика возрастания времени бега была отмечена, начиная с 7-х суток тренировок, постепенно возрастая к 28-му тренировочному дню.

Повышение работоспособности в результате тренировок, отмеченное увеличением длительности бега до отказа, свидетельствует о положительных результатах адаптации животных к физическим нагрузкам.

Таким образом, потребление обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов в течение 28 дней положительно сказалось на физической выносливости крыс.

Изменение антиоксидантного статуса в мембранах эритроцитов и митохондриях бедренных мышц крыс на фоне приема обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов из кобыльего молока.

Как показали результаты проведенных экспериментальных исследований, потребление крысами в течение 28 дней обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов из кобыльего молока сопровождалось положительной динамикой в изменении показателей системы антиоксидантной защиты.

Так, по отношению к исходным данным в мембранах эритроцитов контрольной группы крыс отмечено статистически значимое увеличение уровня МДА и ДК на 74,0 и 88,9 %, а также снижение активности СОД и каталазы на 48,0 и 19,8 % соответственно (табл. 2). Прием животными обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов из кобыльего молока, по сравнению с данными в контрольной группе на фоне физической нагрузки, сопровождался снижением в мембранах эритроцитов уровня МДА на 25,3 %, а диеновых конъюгатов — на 33,8 %. Активность супероксиддисмутазы и каталазы в мембранах эритроцитов у крыс опытной группы статистически значимо не отличалась от исходных показателей.

Изменения показателей антиоксидантного статуса в митохондриальной фракции бедренной мышцы были подобны сдвигам в мембранах эритроцитов (табл. 3). Так, уровень МДА и диеновых конъюгатов увеличился в контрольной группе, по сравнению с исходными данными, в 1,8 раза. В опытной группе на фоне приема обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов и физической нагрузки, по сравнению с контрольной группой, отмечено снижение уровня МДА и диеновых конъюгатов на 25,9 и 25,0 %, соответственно.

Т а б л и ц а 2

Изменение показателей ПОЛ и антиоксидантной активности в мембранах эритроцитов у экспериментальных животных на фоне физической нагрузки (M ± m)

Показатели	Исходные данные	Контрольная группа	Опытная группа
Малоновый диальдегид, нмоль/мл	0,50 ± 0,08	0,87 ± 0,09*	0,65 ± 0,10
Диеновые конъюгаты, нмоль/мг белка	0,36 ± 0,02	0,68 ± 0,07*	0,45 ± 0,04**
Супероксиддисмутаза, нмоль/мг белка	39,31 ± 2,00	20,45 ± 1,40*	*29,50 ± 1,20**
Каталаза, нмоль/мг белка	15,22 ± 1,20	12,21 ± 1,30	14,90 ± 1,02

Примечание. * — статистически значимое отличие ($p < 0,05$) от исходных показателей; ** — статистически значимое отличие ($p < 0,05$) от показателей животных контрольной группы.

Т а б л и ц а 3

Изменение показателей ПОЛ и активности антиоксидантных ферментов в митохондриальной фракции бедренной мышцы крыс (M ± m)

Показатели	Исходные данные	Контрольная группа, данные по истечении 28 дней тренировки	Опытная группа, данные по истечении 28 дней тренировки
Малоновый диальдегид, нмоль/мг белка	0,15 ± 0,02	0,27 ± 0,03*	0,20 ± 0,02
Диеновые конъюгаты, нмоль/мг белка	0,22 ± 0,03	0,40 ± 0,05*	0,30 ± 0,05
Супероксиддисмутаза, нмоль/мг белка	16,30 ± 1,20	13,30 ± 1,24	15,40 ± 1,50
Каталаза, нмоль/мг белка	6,40 ± 0,56	4,80 ± 0,52	5,96 ± 0,71

Примечание. * — статистически значимое отличие ($p < 0,05$) от исходных показателей.

Активность супероксиддисмутазы и каталазы также снизилась на фоне физической нагрузки как в контрольной, так и в опытной группе. Однако следует отметить, что при приеме животными обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов на фоне физической нагрузки активность ключевых ферментов антиоксидантной системы возросла и приблизилась к исходным значениям, что свидетельствует о выраженном антиоксидантном эффекте низкомолекулярных пептидов из кобыльего молока.

У животных контрольной группы, по сравнению с исходными данными, в сыворотке крови отмечалось накопление молочной кислоты, превышающее ее исходные данные в 2,1 раза (табл. 4). В бедренных мышцах крыс также, по отношению к исходным результатам, выявлено повышение уровня молочной и пировиноградной кислот, соответственно, на 47,6 и 60,7 %.

Т а б л и ц а 4

Содержание пировиноградной и молочной кислот в тканях крыс после физической нагрузки

Показатели	Исходные данные	Данные на 28-е сутки	
		Контрольная группа	Опытная группа
Пировиноградная кислота в сыворотке крови, ммоль/л	0,20±0,03	0,35±0,04*	0,25±0,04
Пировиноградная кислота в бедренной мышце, мкмоль/г ткани	0,23±0,03	0,40±0,05*	0,30±0,02
Молочная кислота в сыворотке крови, ммоль/л	2,00±0,13	3,20±0,34*	2,50±0,33
Молочная кислота в бедренной мышце, мкмоль/г ткани	1,20±0,10	1,80±0,13*	1,45±0,10

Примечание. * — статистически значимое отличие ($p < 0,05$) от исходных показателей.

Употребление животными обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов благоприятно сказалось на содержании лактата и пирувата как в крови, так и в мышечной ткани. Так, по сравнению с контрольной группой, у крыс опытной группы отмечена более низкая концентрация молочной ки-

слоты в сыворотке крови на 40,6 % и бедренной мышце на 24,7 %. Содержание пировиноградной кислоты не отличалось от исходных значений.

Физическая нагрузка («бег на тредбане») приводит к напряжению метаболических процессов, сопровождающихся интенсификацией анаэробного гликолиза, что выражается в повышении в крови и мышечной ткани уровня молочной и пировиноградной кислот. Но, несмотря на повышение уровня данных метаболитов в крови и тканях животных, нарушение со стороны кислотно-щелочного состояния не отмечается, поскольку сохраняется активность и работоспособность крыс, что, вероятно, связано с активной реутилизацией лактата и пирувата печенью.

Интенсивные физические нагрузки приводят к образованию в тканях и лактата и пирувата и соответственно к их закислению, что сопровождается активацией катаболических процессов и усилением перекисного окисления липидов в основных органах крыс. Интенсивность этих процессов снижается при поступлении в организм низкомолекулярных иммунорегуляторных пептидов, обогащенных антиоксидантами, препятствующими окислению липидов и образованию в крови и тканях малонового диальдегида и диеновых конъюгатов посредством повышения антиоксидантного статуса и активации ферментов антиоксидантной защиты.

Потребление животными обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов благоприятно сказалось на энергетическом статусе и положительно повлияло на состояние процессов антиоксидантной защиты.

Следует отметить, что на фоне приема обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов у крыс опытной группы, по сравнению с контрольными животными, отмечалось повышение в крови содержания гемоглобина, эритроцитов и гематокрита на 15,0, 6,3 и 5,2 %, соответственно. Несмотря на то, что изменения не носили достоверного характера, тем не менее, был выявлен факт положительного влияния фракции низкомолекулярных пептидов на процессы гемопоэза, что следует рассматривать как благоприятный фактор при повышении адаптационных возможностей организма в период выполнения физических нагрузок.

Заключение

Таким образом, результаты проведенных исследований наглядно демонстрируют положительный эффект от приема животными обогащенной фракции низкомолекулярных пептидов на их работоспособность, а также состояние системы антиоксидантной защиты.

Обогащение фракции низкомолекулярных пептидов витаминами А, Е, С, безусловно, усилило ее антиоксидантные свойства и привело к снижению накопления в крови и тканях продуктов перекисного окисления липидов, а также недоокисленных продуктов энергетического обмена, что благоприятно сказалось на работоспособности крыс при повышенных физических нагрузках.

Полученные результаты обосновывают целесообразность использования низкомолекулярных пептидов при конструировании продуктов специализированного назначения и биологически активных добавок для спортивного питания.

Список литературы

- 1 Jastrzębska E. Nutritional Value and Health-Promoting Properties of Mare's Milk — a review / E. Jastrzębska, E. Wadas, T. Daszkiewicz, R. Pietrzak-Fiećko // Czech J. Anim. Sci. — 2017. — No. 62 (12). — P. 511–518. <https://doi/10.17221/61/2016-CJAS>
- 2 Markiewicz –Kęszycka M. Concentration of selected fatty acids, fat-soluble vitamins and β -carotene in late lactation mares' milk / M. Markiewicz –Kęszycka, J. Wójtowski, G. Czyżak-Runowska, B. Kuczyńska, K. Puppel, J. Krzyżewski, N. Strzałkowska, A. Józwiak, E. Bagnicka // Int. Dairy J. — 2014. — No. 38. — P. 31–36. <https://doi/10.1016/j.idairyj.2014.04.00323>
- 3 Salimei E. Mare milk. Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals / E. Salimei, Y.W. Park. — Hoboken NJ: Wiley Blackwell, 2017. — P. 369–375.
- 4 Rowan A.M. Milk bioactives: discovery and proof of concept / A.M. Rowan, N.W. Haggarty, S. Ram // Australian Journal of Dairy Technology. — 2005. — Vol. 60. — P. 114–120.
- 5 Fotschki J. Immune-modulating properties of horse milk administered to mice sensitized to cow milk / J. Fotschki, A.M. Szyc, J.M. Laparra, L.H. Markiewicz, B. Wroblewska // American Dairy Science Association. — 2016. — P. 9395–9404. <https://doi/10.3168/jds.2016-11499>
- 6 Sinyavskiy Yu.A. Perspectives of hydrolysates from mare's milk use in sport nutrition / Yu.A. Sinyavskiy, A.V. Yakunin, Y.S. Ibraimov, S.M. Barmak // SPORTO MOKSLAS. — 2017. — No. 1 (87). — P. 38–44. <https://doi/10.15823/sm.2017.6>
- 7 Mazhitova A. Physiologically functional components of mare's milk / A. Mazhitova, A. Kulmyrzaev // Manas Journal of Engineering. — 2015. — Vol. 3. — P. 1–8.

8 Патент RU2 416 243. Способ выделения низкомолекулярных пептидов / Терновская Л.Н., Гапон М.Н., Васерин Ю.И., Бескровная Ю.Г. — 2010.

9 Иванов Д.Г. Адаптационные изменения у крыс при ежедневном выполнении физической нагрузки в методике «Бег на тредбане» / Д.Г. Иванов, Н.В. Александровская, У.А. Афонькина, П.В. Ерошкин, А.Н. Семенов, Д.В. Бусыгин // Биомедицина. — 2017. — № 2. — С. 4–22.

10 Methods of biochemical research. — Leningrad, 1982. — 272 p.

11 Kazenov A.M. Study of Na/K-ATPase activity in mammalian erythrocytes / A.M. Kazenov, M.N. Maslova, A.D. Shalabodov // Biochemistry. — 1984. — Vol. 49, No. 7. — P. 1089–1095.

12 Stalnaya I.D. Method for the determination of malondialdehyde using TBA / I.D. Stalnaya, T.G. Garishvili // Modern methods in biochemistry. — 1977. — P. 66–68.

13 Gavrilov V.B. Spectrophotometric assay of the blood plasma lipid hydroperoxides / V.B. Gavrilov, M.I. Mishkorudnaya // Laboratornoye delo. — 1983. — No. 3. — P. 33–36.

Х.С. Сарсембаев, Ю.А. Синявский, Казис Милашюс

Егеуқұйрықтың физикалық жаттығудағы жұмыс қабілеттілігіне бие сүтінен бөлінген төмен молекулалы пептидтердің әсері

«Тредбанмен жүгіру» моделі бойынша егеуқұйрықтарға жүргізілген экспериментте жұмысқа қабілеттілік көрсеткіштері, оның ішінде қан сарысуындағы аз қышқылданған өнімдердің деңгейі, бие сүтінен бөлінген төмен молекулалы пептидтердің фракциясын 28 күн күндіз қабылдау кезінде жануарлардың сан бұлшық етінің митохондриялық фракциясындағы эритроциттер мембранасы, сонымен қатар антиоксидантты қорғаныс жүйесінің жағдайы зерттелген. Эксперименттік топта бақылаушы жануарлармен салыстырғанда жүгіру жолағындағы жүгіру уақыты 28-ші күні 73,5 %-ға өсті, ал жаттығудың жетінші күнінен бастап 28-ші жаттығу күніне қарай біртіндеп артып, жүгіру уақытының өсуінің он динамикасы байқалды. Жануарлардың дене жүктемесінің аясында төмен молекулалы пептидтердің байытылған фракциясымен қабылдауы эритроциттердің мембраналарында МДА деңгейінің 25,3 %-ға, ал диен конъюгаттарының 33,8 %-ға төмендеуімен қатар жүрді, сондай-ақ, эритроциттер мембраналарында супероксиддисмутаза мен каталазаның активтенуі байқалды. Осындай өзгерістер жануарлардың феморальды бұлшық етінің митохондриялық фракциясынан табылды. Эксперименттік топтың егеуқұйрықтарында сарысуында сүт қышқылы 40,6 %, ал сан бұлшық етінде 24,7 % төмен концентрациясын көрсетті. Пирожүзім қышқылының мөлшері бастапқы мәндерінен өзгеше болмады. Алынған нәтижелер спорттық тамақтануға арналған мамандандырылған өнімдер мен биологиялық белсенді тағам қоспаларын жобалау кезінде төменмолекулалық пептидтерді қолданудың орындылығын дәлелдейді.

Кілт сөздер: төмен молекулалық пептидтер, физикалық белсенділік, антиоксиданттар жүйесі, сүт және пирожүзім қышқылдары.

Kh.S. Sarsembaev, Yu.A. Sinyavsky, Kazis Millašius

Influence of low-molecular peptides isolated from mare's milk on the performance of rats in case of physical exercise

In an experiment on rats on the «Treadmill running» model, the performance indicators were studied, as well as the state of the antioxidant defense system, including the level of under-oxidized products in the blood serum, erythrocyte membranes and the mitochondrial fraction of the femoral muscle of animals against the background of 28-day intake of the fraction of non-molecular peptides isolated from mare's milk. In the experimental group, in comparison with the control animals, the running time on the treadmill on the 28th day increased by 73.5 %, while a positive trend of increasing the run time has been noted since the seventh day of training, gradually increasing to the 28th day of the training. The intake by animals of the enriched fraction of low molecular weight peptides against the background of physical activity was accompanied by a decrease in the MDA level in the membranes of erythrocytes by 25.3 %, and diene conjugates by 33.8 %, as well as the activation of superoxide dismutase and catalase in the membranes of erythrocytes. A similar change was found in the mitochondrial fraction of the femoral muscle of animals. The experimental group of rats showed a lower concentration of lactic acid in the blood serum by 40.6 %; and in the femoral muscle by 24.7 %. Pyruvic acid content was not different from the initial values. These results substantiate the usefulness of low molecular weight peptides in the design of specialized products and dietary supplements for sports nutrition.

Keywords: low molecular weight peptides, physical activity, antioxidant system, lactic and pyruvic acids.

References

- 1 Jastrzębska, E., Wadas, E., Daszkiewicz, T., & Pietrzak-Fiećko, R. (2017). Nutritional Value and Health-Promoting Properties of Mare's Milk — a review. *Czech J. Anim. Sci.*, 62 (12), 511–518. <https://doi/10.17221/61/2016-CJAS>
- 2 Markiewicz-Kęszycka, M., Wójtowski, J., Czyżak-Runowska, G., Kuczyńska, B., Puppel, K., Krzyżewski, J., Strzałkowska, N., Jóźwik, A., & Bagnicka, E. (2014). Concentration of selected fatty acids, fat-soluble vitamins and β -carotene in late lactation mares' milk. *Int. Dairy J.*, 38, 31–36. <https://doi/10.1016/j.idairyj.2014.04.00323>
- 3 Salimei, E., & Park, Y.W. (2017). *Mare milk. Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Hoboken NJ: Wiley Blackwell.
- 4 Rowan, A.M., Haggarty, N.W., & Ram, S. (2005). Milk bioactives: discovery and proof of concept. *Australian Journal of Dairy Technology*, 60, 114–120.
- 5 Fotschki, J., Szyc, A.M., Laparra, J.M., Markiewicz, L.H. & Wroblewska, B. (2016). Immune-modulating properties of horse milk administered to mice sensitized to cow milk. American Dairy Science Association, 9395–9404. <https://doi/10.3168/jds.2016-11499>
- 6 Sinyavskiy, Yu.A., Yakunin, A.V., Ibraimov, Y.S., & Barmak S.M. (2017). Perspectives of hydrolysates from mare's milk use in sport nutrition. *SPORTO MOKSLAS*, 1 (87), 38–44. <https://doi:10.15823/sm.2017.6>
- 7 Mazhitova, A., & Kulmyrzaev, A. (2015). Physiologically functional components of mare's milk. *Manas Journal of Engineering*, 3, 1–8.
- 8 Ternovskaya, L.N., Gapon, M.N., Vaserin, Yu.I., & Beskrovnaya, Yu.G. (2010). Sposob vydeleniia nizkomolekuliarnykh peptidov [Method of isolation of low molecular weight peptides]. *Patent RU 2 416 243* [in Russian].
- 9 Ivanov, D.G., Aleksandrovskaia, N.V., Afonkina, U.A., Eroshkin, P.V., Semenov, A.N., & Busygin, D.V. (2017). Adaptatsionnye izmeneniia u krysa pri ezhednevnom vypolnenii fizicheskoi nahruzki v metodike «Beh na tredbane» [Adaptive changes in rats during daily exercise in the «Treadmill running» technique]. *Biomeditsina — Biomedicine*, 2, 4–22 [in Russian].
- 10 *Methods of biochemical research* (1982). Leningrad.
- 11 Kazenov, A.M., Maslova, M.N., & Shalabodov, A.D. (1984). Study of Na/K-ATPase activity in mammalian erythrocytes. *Biochemistry*, 49 (7), 1089–1095.
- 12 Stalnaya, I.D., & Garishvili, T.G. (1977). Method for the determination of malondialdehyde using TBA. *Modern methods in biochemistry*, 66–68.
- 13 Gavrilov, V.B., & Mishkorudnaya, M.I. (1983). Spectrophotometric assay of the blood plasma lipid hydroperoxides. *Laboratornoye delo*, 3, 33–36.