

Таким образом, промышленно-ценные трутовые грибы *G. lucidum* БИМ F-323 Д и *G. lucidum* БИМ F-325 хорошо сохраняют жизнеспособность при хранении в замороженном состоянии при -70°C с обезжиренным молоком в качестве криопротектора. Содержание эндополисахаридов в мицелии при хранении остается, практически, на одном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ получения пищевой биомассы гриба: пат. 7614 Респ. Беларусь, С 12Р 21 / 00, С12N 1 / 14 / В. Г. Бабицкая, В. В. Щерба, Т. А. Пучкова, П. М. Ровбель, Т. В. Филимонова, О. В. Осадчая, З. А. Рожкова; заявитель ГНУ «Институт микробиологии НАНБ». — № а 20030773; заявл. 28.07.03; опубл. 30.06.04.
2. Штамм *Ganoderma lucidum* БИМ F-325 Д — продуцент полисахаридов, обладающих антиоксидантной активностью: пат. 8374 Респ. Беларусь МПК 7 С12 В 1/14, С12Р19/10 / В. Г. Бабицкая, В. В. Щерба, О. В. Осадчая, Т. А. Пучкова, Д. А. Смирнов; заявитель ГНУ «Институт микробиологии НАНБ». — № а 20040220; заявл. 18.03.04; опубл. 12.05.2006 // Афицыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2006. — № 4. — С. 83.
3. Tang, Y. J. Fed-batch fermentation of *Ganoderma lucidum* for hyperproduction of polysaccharide and ganoderic acid / Y. J. Tang, J. J. Zhong // *Enzyme and Microbial Technology*. — 2002. — Vol. 31. — P. 20–28.

УДК 663.81: 612.392.98

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОКА, ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

к. б. н. А. А. Мельникова, С. В. Балашова, А. А. Журня

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по прогнотическому», г. Минск, Республика Беларусь

к. б. н. И. А. Жукова, к. б. н. И. Н. Никифорова, И. В. Жебракова

ГУ «Научно-производственный центр «Институт фармакологии и биохимии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

к. м. н. В. Г. Цыганков

ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

По статистике ВОЗ в мире насчитывается более 2 млрд человек, страдающих железодефицитной анемией (ЖДА), большинство из них женщины и дети [1]. Очень актуальна эта проблема и для Республики Беларусь. По данным управления по охране материнства и детства Министерства здравоохранения Республики Беларусь каждый третий ребенок в нашей стране и почти каждая беременная и кормящая женщина страдают ЖДА разной степени тяжести. В связи с этим постоянно обсуждается возможность коррекции ЖДА с помощью ферропрепаратов, а также профилактики данной патологии с помощью продуктов, обогащенных железом [1, 2, 3]. При этом ведется поиск наиболее оптимальных форм и уточнение дозировок соединений железа, вводимых в пищевые продукты, разрабатываются рекомендации по их применению.

Влияние некоторых алиментарных факторов на усвояемость железа организмом многообразно и недостаточно изучено. Это связано с методическими проблемами и исключительно тесным переплетением взаимных эффектов отдельных нутриентов на всасывание железа, что затрудняет возможность оценки реального вклада в контроль усвояемости железа каждого из рассматриваемых факторов в условиях обычного смешанного питания. Однако имеются достаточно убедительные доказательства способности аскорбиновой кислоты повышать усвояемость негемового железа, обусловленного превращением под ее влиянием двухвалентного железа в трехвалентное, в виде которого и происходит всасывание железа в энтероцитах [4]. Помимо аскорбиновой кислоты усвояемость негемового железа в определенной степени повышают и некоторые другие органические кислоты, в частности яблочная и лимонная, присутствующие во фруктовых соках и шпоре [5].

С целью профилактики ЖДА у детей раннего возраста специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» разработан сок черничный с мякотью, обогащенный железом и витамином С. Дополнительное обогащение черничного сока железом двухвалентным сернокислым 7-водным позволило повысить содержание этого микронутриента до 1–3 мг на 100г продукта, что соответствует требованиям СанПиН для продуктов детского питания. Введение в состав продукта аскорбиновой кислоты до массовой доли 15–50 мг на 100 г продукта позволило не только восстановить потери витамина С при тепловой обработке до физиологически требуемых норм, но также повысить усвояемость негемового железа [6].

Согласно научным принципам эффективность продукта, обогащенного железом, должна подтверждаться путем изучения динамики изменения концентрации данного элемента в биологическом материале, а также тех биологических эффектов, которые реализуются в организме в процессе накопления вводимого в продукт нутриента. В связи с вышеизложенным, целью данной работы явилось изучение влияния сока черничного для детского питания, обогащенного железом и витамином С, на показатели крови лабораторных животных при экспериментальной ЖДА.

Медико-биологические исследования проводили на 40 крысах-самцах линии WAG с начальной массой тела 195–255 г. Лабораторные животные были разведены и получены из вивария отдела биологических моделей Института фармакологии и биохимии НАН Беларуси. Животные содержались в стандартных пластиковых клетках в соответствии с правилами группового содержания при температуре 18–25 °С и влажности воздуха 55–70% [7]. Доступ животных к воде и корму был свободным.

Эксперимент состоял из двух этапов. Первый этап заключался в анемизации животных посредством диеты, второй — в непосредственном введении продукта, обогащенного железом и витамином С.

Для создания алиментарной ЖДА животные были рандомизированы на 2 группы. Группа А (n = 14) — интактные животные, находящиеся на стандартном рационе вивария. Группа Б (n = 26) — животные, получавшие корм с минимальным содержанием железа [8].

Состав экспериментального рациона (на 1 крысу массой 100г, количество корма общее в сутки 27 г):

- манная крупа — 60,7%;
- кукурузный крахмал — 22,4%;
- подсолнечное масло — 10,0%;

- целлюлоза — 3%;
- витаминная смесь — 0,1%: витамин В₁, витамин В₆, витамин В₁₂, витамин С;
- глюкоза;
- солевая смесь — 3,8%: NaCl, КН₂РO₄, СаСО₃, MgSO₄, KI, NaF, СоСl₂;
- раствор крепкого черного чая — 50 мл

Весь рацион готовили на деионизированной воде.

Продолжительность эксперимента составила 7 недель (по ранее полученным данным, ЖДА у крыс при содержании их на диете развивается не ранее, чем через 4 недели после начала эксперимента).

Развитие и степень выраженности анемии контролировали по гематологическим и биохимическим показателям. Для чего определяли:

- уровень гемоглобина;
- среднее содержание гемоглобина в эритроците;
- среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците;
- количество эритроцитов;
- средний объем эритроцитов;
- ширину распределения эритроцитов по объему;
- гематокрит;
- концентрацию железа в сыворотке крови;
- общую железосвязывающую способность сыворотки;
- уровень ферритина.

Кровь для гематологических анализов брали из боковой хвостовой вены. Для определения морфологических показателей крови использовали автоматический гематологический анализатор «HUMACAUNT» (Германия).

Для биохимического анализа сыворотки крови крыс-самцов периферическую кровь брали у декапитированных животных. Для определения биохимических показателей использовали диагностические наборы «P. Z. CORMAY» (Польша). Исследование осуществлялось с использованием биохимического анализатора «НІТАСНІ 902».

После гематологической и биохимической констатации анемичного состояния из анемизированных животных второй группы были сформированы 2 группы для оценки влияния на показатели крови сока черничного, обогащенного железом и витамином С.

Первая группа (n = 14) подопытных животных ежедневно получала сок, обогащенный железом, который вводили им внутривидочно с помощью специального зонда. Количество вводимого сока рассчитывалось по общепринятой в экспериментальной фармакологии формуле внутривидового пересчета доз, исходя из среднего количества сока, рекомендуемого для ежедневного приема человеку, принятого равным примерно 200мл [9]. Полученная доза для крыс составила 1,7мл / 100г массы тела. Введение сока продолжали в течение 20 дней эксперимента при этом животные продолжали получать корм с минимальным содержанием железа.

Вторая группа (контроль) (n = 12) состояла из анемизированных животных, которые продолжали содержаться на диете с минимальным содержанием железа, но не получали сок, обогащенный железом и витамином С.

Третью группу (n = 14) — составили интактные животные, находящиеся на стационарном рационе вивария.

Для определения динамики массы тела в ходе эксперимента и связанной с этим коррекцией количества вводимого сока, животных регулярно взвешивали.

Результаты экспериментов по воссозданию экспериментальной алиментарной ЖДА показали, что у животных группы Б ($n = 26$), получавших корм с минимальным содержанием железа, отмечалось снижение массы тела, а также изменение гематологических и биохимических показателей по сравнению с животными группы А ($n = 14$), находившихся на стационарном рационе вивария. Так, исходная масса тела крыс перед началом эксперимента составляла 195 – 255 г. Через 1,5 месяца масса тела крыс группы А, получавших обычный рацион вивария, возросла более чем на 20%, в то время как в группе Б, находящейся на железодефицитной диете, масса тела достоверно уменьшилась по сравнению с исходной величиной. При этом у животных отличалась вялость и отставание в весе от здоровых животных на 18% (табл. 1).

Таблица 1

Влияние диеты на динамику массы тела крыс ($X \pm S_x$)

Группа животных	Масса тела, г	
	Исходная величина	Через 7 недель эксперимента
Группа А	225,77 ± 5,40	274,62 ± 5,59 ^{***}
Группа Б	233,37 ± 2,78	224,13 ± 2,53 ^{###}

^{*} – различия статистически достоверны по сравнению с исходной величиной при $P < 0,05$; ^{***} – различия статистически достоверны по сравнению с исходной величиной при $P < 0,001$; ^{###} – различия статистически достоверны по сравнению с группой А при $P < 0,001$.

О развитии ЖДА у животных судили прежде всего по снижению уровня гемоглобина крови. Исходный уровень гемоглобина у крыс перед началом эксперимента колебался от 126 г/л до 145 г/л. В интактной группе, находившейся на обычном рационе вивария, уровень гемоглобина незначительно уменьшился в среднем на 6%, тогда как у крыс, находившихся в течение семи недель на железодефицитной диете (группа Б), уровень гемоглобина достоверно снизился по сравнению с исходной величиной на 12%. По сравнению с группой А показатель гемоглобина снижался на 18% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние диеты на уровень гемоглобина крови крыс ($X \pm S_x$)

Группа животных	Гемоглобин, г/л		
	Исходная величина	Через 7 недель эксперимента	
Группа А	144,85 ± 1,54	135,54 ± 0,66 ^{***}	93,57%
Группа Б	125,85 ± 2,83	111,35 ± 0,91 ^{***}	88,48%

^{***} – различия статистически достоверны по сравнению с исходной величиной при $P < 0,001$.

Исходное количество эритроцитов в крови животных двух экспериментальных групп в начале исследований укладывалось в диапазон нормы этого показателя для данного вида животных. Перевод животных на железодефицитную диету вызвал снижение этого показателя на 8% по сравнению

с исходной величиной и соответствующим показателем в интактной группе А. В подопытной группе Б отмечался достоверный рост такого показателя как распределение эритроцитов по объему. Приrost составил 6% по сравнению с первой группой А, что является подтверждением развития ЖДА у крыс, находящихся на железодефицитной диете.

В ходе эксперимента наблюдалась тенденция к снижению величины гематокрита у животных группы Б на 12%, однако это изменение было статистически не достоверным (табл. 3).

Таблица 3

Влияние диеты на гематологические показатели крови крыс ($\bar{X} \pm Sx$)

Группа животных	Количество эритроцитов, 10^{12} / л		Ширинa распределения эритроцитов по объему, %		Гематокрит, %	
	$\bar{X} \pm Sx$	%	$\bar{X} \pm Sx$	%	$\bar{X} \pm Sx$	%
Группа А	11,51 ± 0,14	100%	15,69 ± 0,13	100%	57,09 ± 0,75	100%
Группа Б	10,58 ± 0,15***	92%	16,56 ± 0,32*	106%	50,41 ± 5,71	88%

* различия статистически достоверны по сравнению с группой А при $P < 0,05$;

*** различия статистически достоверны по сравнению с группой А при $P < 0,001$

Основными биохимическими маркерами, характеризующими наличие ЖДА являются:

- снижение концентрации железа в сыворотке крови;
- повышение общей железосвязывающей способности сыворотки крови;
- снижение уровня ферритина.

Совокупность этих показателей наиболее полно отражает наличие, отсутствие и характер анемии.

Анализ результатов биохимического исследования сыворотки крови крыс подтвердил у них развитие состояния ЖДА. Так, в группе животных, находящихся на железодефицитной диете, показатель концентрации железа в сыворотке крови достоверно снижался на 27% ($7,92 \pm 0,44$ против $10,88 \pm 0,81$), отмечено достоверное снижение на 12,5% запасов железа в организме крыс по сравнению с интактной группой А ($212,28 \pm 5,96$ мг / мл против $242,74 \pm 5,14$ мг / мл). Соответственно установлено повышение показателя, характеризующего способность сыворотки крови к связыванию железа на 10% (табл. 4).

Таблица 4

Биохимические показатели сыворотки крови крыс ($\bar{X} \pm Sx$)

Группа животных	Содержание железа, мкмоль / л		Общая железосвязывающая способность сыворотки, мкмоль / л		Содержание ферритина, мг / мл	
	$\bar{X} \pm Sx$	%	$\bar{X} \pm Sx$	%	$\bar{X} \pm Sx$	%
Группа А	10,88 ± 0,81	100%	9,83 ± 0,25	100%	242,74 ± 5,14	100%
Группа Б	7,92 ± 0,44**	73%	10,85 ± 0,28	110%	212,28 ± 5,96*	87%

* различия статистически достоверны по сравнению с группой А при $P < 0,05$;

** различия статистически достоверны по сравнению с группой А при $P < 0,001$

Таким образом, полученная величина уровня гемоглобина, снижение концентрации железа и ферритина, а также повышение общей железосвязывающей способности сыворотки крови позволили констатировать развитие у крыс через 1,5 месяца после пребывания на железодефицитной диете состояния ЖДА легкой степени.

Результаты второго этапа эксперимента по изучению влияния сока, обогащенного железом и витамином С на метаболический статус организма крыс с ЖДА показали изменение массы тела животных, уровня гемоглобина и биохимических показателей крови животных по сравнению с исходным уровнем и данными показателями в контрольной группе. Так, в течение 20 дней на фоне продолжающейся железодефицитной диеты, введение группе 1 сока, обогащенного железом и витамином С группе 1 не привело к приросту массы тела животных, наоборот вес продолжал снижаться по сравнению с исходными величинами и весом животных интактной группы 3. Вместе с тем, значительное снижение веса зафиксировано в контрольной группе животных с ЖДА, не получавших исследуемый пищевой продукт (табл. 5).

Таблица 5

Влияние сока черничного, обогащенного железом и витамином С на массу тела и уровень гемоглобина крыс с ЖДА ($X \pm Sx$)

Группа животных	Масса тела, г	Гемоглобин, г / л
Группа 1 (опыт)	192,50 ± 3,35 ^{***##}	119,60 ± 1,92 ^{***#}
Группа 2 (контроль)	185,63 ± 7,47 ^{***}	116,75 ± 0,65 ^{***}
Группа 3 (интакт)	289,64 ± 5,98	140,67 ± 4,10

^{***} - различия статистически достоверны по сравнению с группой 3 при $P < 0,001$;

[#] - различия статистически достоверны по сравнению с исходной величиной при $P < 0,05$; ^{##} - различия статистически достоверны по сравнению с исходной величиной при $P < 0,01$;

В связи с увеличением уровня гемоглобина у животных 1 группы установлен рост такого показателя, как средняя концентрация гемоглобина в эритроците и его приближение к таковому значению в интактной 3 группе животных (таблица 6). У животных 2 группы (контрольной) намечалась явная тенденция к снижению данного показателя. Величина гематокрита у животных, получавших сок, была достаточно низкой, однако в сравнении с контрольной группой, очевидна ее тенденция к увеличению.

Таблица 6

Влияние сока черничного, обогащенного железом и витамином С на среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците и гематокрит крови крыс с ЖДА ($X \pm Sx$)

Группа 1 (опыт)	Группа 2 (контроль)	Группа 3 (интакт)
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г / л		
284,50 ± 1,98 ^{###}	272,00 ± 2,35	285,00 ± 6,30
Гематокрит, %		
43,44 ± 0,98 ^{***}	42,13 ± 0,36 ^{***}	51,47 ± 0,95

^{***} - различия статистически достоверны по сравнению с группой 3 при $P < 0,001$;

^{###} - различия статистически достоверны по сравнению с контролем при $P < 0,001$.

В ходе эксперимента одновременное с диетой введение животным сока обогащенного железом и витамином С, не оказало заметного влияния на количество эритроцитов. Следует отметить, что количество красных кровяных клеток у анемизированных животных 1 и 2 оставалось на низком уровне, по сравнению с животными в группе 3, находящимися на стандартном рационе вивария. Регистрация таких показателей, как средний объем эритроцитов и ширина распределения эритроцитов по объему не выявила значительной их динамики в ходе 20 дней эксперимента, в группе животных, получавших сок, обогащенный железом и витамином С (табл. 7).

Таблица 7

Влияние сока черничного, обогащенного железом и витамином С на гематологические показатели крови крыс с ЖДА ($X \pm Sx$)

Группа 1 (опыт)	Группа 2 (контроль)	Группа 3 (интакт)
Количество эритроцитов, 10^{12} / л		
9,90 ± 0,22***	9,49 ± 0,13***	11,26 ± 0,22
Средний объем эритроцитов, фл		
44,42 ± 0,72	44,13 ± 0,48*	45,56 ± 0,18
Ширина распределения эритроцитов по объему, %		
16,14 ± 0,12**	16,16 ± 0,15**	15,31 ± 0,22

- * — различия статистически достоверны по сравнению с группой 3 при $P < 0,05$;
 ** — различия статистически достоверны по сравнению с группой 3 при $P < 0,01$;
 *** — различия статистически достоверны по сравнению с группой 3 при $P < 0,001$;

Введение исследуемого сока в течение 20 дней не привело к резкому улучшению биохимических параметров сыворотки крови и приближению их к таковым в интактной группе (табл. 8). Однако следует отметить, что концентрация сывороточного железа по сравнению с исходной величиной в группе

Таблица 8

Влияние сока черничного, обогащенного железом и витамином С на биохимические показатели сыворотки крови крыс с ЖДА ($X \pm Sx$)

Группа животных	Биохимические показатели		
	Содержание железа, мкмоль / л	Общая железосвязывающая способность сыворотки крови, мкмоль / л	Содержание ферритина, нг / мл
Группа 1	8,24 ± 0,26*** #	9,86 ± 0,19** ^	259,66 ± 28,06# ^
Группа 2	6,85 ± 0,52*** ^	9,94 ± 0,13**	239,16 ± 1,57**
Группа 3	13,11 ± 0,99	10,85 ± 0,17	286,39 ± 11,68

- * — различия статистически достоверны по сравнению с группой 3 при $P < 0,05$;
 ** — различия статистически достоверны по сравнению с группой 3 при $P < 0,01$;
 *** — различия статистически достоверны по сравнению с группой 3 при $P < 0,001$; # — различия статистически достоверны по сравнению с контролем при $P < 0,05$; # # — различия статистически достоверны по сравнению с контролем при $P < 0,01$; ^ — различия статистически достоверны по сравнению с исходной величиной при $P < 0,05$.

животных, получавших сок, возросла, хотя и недостоверно, а в сравнении с 2 группой, не получавшей сок, этот показатель оказался выше на 20%.

Введение сока, обогащенного железом и витамином С, привело к некоторому увеличению запасов железа, о чем свидетельствует повышение уровня ферритина сыворотки крови. Так, показатель ферритина достоверно возрос по сравнению с исходной величиной на 34% (с $212,28 \pm 5,96$ нг / мл до $259,66 \pm 28,06$ нг / мл) и более чем на 19% (с $239,16 \pm 1,57$ нг / мл до $259,66 \pm 28,06$ нг / мл) по сравнению с контрольной группой. В связи с поступлением железа с соком достоверно снизилась общая железосвязывающая способность сыворотки.

Проведенные исследования показали, что введение крысам с выраженной анемией сока, обогащенного железом и витамином С на фоне железодефицитной диеты в дозе, составляющей 1,7 мл / 100г массы тела в течение 20 дней способствует предотвращению развития у животных состояния ЖДА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Румянцев, И. Р. *Анемии у детей: диагностика и лечение* / И. Р. Румянцев, Ю. Н. Токарев. — М.: МАКС Пресс, 2004. — 104 с.
2. Воронцов, И. М. Железо и смежные проблемы микронутриентного обеспечения в прегонцепционной, антенатальной и постнатальной педиатрии / И. М. Воронцов // Дефицит железа и железодефицитная анемия у детей / Под ред. И. М. Воронцова. — М.: МАКС Пресс, 2001. — С. 36—58.
3. Грибакин, С. Г. Значение продуктов детского питания, обогащенных железом, в профилактике железодефицитной анемии / С. Г. Грибакин // Вопросы современной педиатрии. — 2002. — Т. 1, № 5. — С. 52—56.
4. Halberg, L. Iron absorption in men; ascorbic acid and dose-dependent inhibition by phytate / L. Halberg, M. Brune, L. Rossander // *Am. J. Clin. Nutr.* — 2005. — Vol. 49. — P. 140—144.
5. Hazzel, T. In vitro estimation of iron availability from a range of plants foods: influence of phytate, ascorbate and citrate / T. Hazzel, I. T. Johnson // *Br. J. Nutr.* — 2001. — Vol. 57. — P. 223—233.
6. Лавриненко, Н. И. Новые виды консервированных продуктов функционального назначения / Н. И. Лавриненко, Л. А. Гапеева, Д. А. Сафронова // Пищевая промышленность. — 2008. — № 2. — С. 26—27.
7. Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев), утв. Главным санитарным врачом СССР, 06.04.1973, № 1045—73.
8. Чопей, И. В. Моделирование железодефицитной анемии. Возможности использования железополимерных комплексов для ее коррекции / И. В. Чопей [и др.] // Лабораторная диагностика. — 2007. — Т. 3, № 41. — С. 31—36.
9. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под общей ред. Р. У. Хабриева. — М., 2005. — С. 49.

УДК 535.3; 543.423.1; 630.813/812

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ОВОЩЕЙ И ПЛОДОВ МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ СО СДВОЕННЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

М. П. Патапович, к. х. н. Ж. И. Булойчик, д. ф.-м. и. А. П. Зажогин
Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Характерной особенностью существования органического мира является постоянный обмен веществ и тесное взаимодействие с внешней