

ОГЛЯДОВІ ПРАЦІ

УДК: 613.292-027.242:[579.864+579.873.1]:546.23-021.632

Л.В. Капрельянц, Н.С. Трегуб

Одесская национальная академия пищевых технологий,
ул. Канатная, 112, Одесса, 09976, Украина, тел. :+38 (095) 082 11 68,
e-mail: natashenka.tregub@mail.ru

СЕЛЕНОБОГАЩЕННЫЕ ПРОБИОТИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В обзоре рассмотрены данные касающиеся роли пробиотиков в повышении неспецифической резистентности организма человека. Описана их способность к аккумуляции и биотрансформации селена. Описаны механизмы влияния селена на организм человека и пути его биотрансформации из неорганических форм в органические с помощью микроорганизмов. Охарактеризована роль пробиотиков и селена в нормализации процесса функционирования систем организма.

Ключевые слова: селен, функциональные продукты, пробиотики, лактобактерии, бифидобактерии.

В последние годы широкое распространение получила концепция функциональных продуктов питания, которая включает разработку теоретических основ, производство, реализацию и потребление новых функциональных продуктов [2].

Под понятием «продукты функционального назначения» подразумевают специальные пищевые продукты, предназначенные для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающие научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающие риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающие дефицит или восполняющие имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющие и улучшающие здоровье за счет наличия в их составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов [16, 19, 24].

Продукты функционального назначения могут быть получены путем увеличения или уменьшения соотношения отдельных компонентов пищи: белков, аминокислот, липидов, витаминов, пищевых волокон, микро- и макроэлементов [30, 36]. Понятие «продукты функционального назначения» используется с 1991 года после законодательного принятия требований к производству пищевых продуктов со специфическим лечебным действием (FOSHU - Food of Specific Health Use). На рынке Украины можно выделить следующие группы функциональных продуктов: зерновые завтраки, молочные продукты,

© Л.В. Капрельянц, Н.С. Трегуб, 2016



маргарини і безалкогольні напої, спеціальні харчові продукти. Значительный удельный вес (65–70%) приходится на долю молочных продуктов. К ним относят низколактозные и безлактозные продукты, ацидофильные смеси, пробиотические продукты, БАД, безбелковые продукты, обогащенные нутриентами.

Одним из перспективных направлений исследований является разработка новых функциональных продуктов питания составляющими компонентами которых служили бы селенсодержащие пробиотики. Литературные данные свидетельствуют о способности пробиотиков к биотрансформации селена, при введении его источников в питательную среду. Известно, что обогащение микроорганизмов селеном не влияет на качество их пробиотических свойств. Селенобогатые пробиотические микроорганизмы благодаря известным свойствам пробиотиков в дополнении с антиоксидантными, антимуtagenными, антиканцерогенными свойствами селена, инкорпорированного в них, дополнительно стимулируют иммунную систему человека, при потреблении продуктов питания, которые их содержат. При этом синтезированные микроорганизмами органические формы селена обладают большей биологической доступностью для человека, по сравнению с его неорганическими формами [32].

Обнаруженный И.И. Мечниковым еще в начале 20-го века положительный эффект от приема простокваши с живыми лактобактериями, состоящий в улучшении здоровья потребителей в процессе модификации кишечной микробиоты, был обозначен как пробиозис (probiosis). Феномен пробиозиса определяется как «ассоциация двух организмов, которая стимулирует жизненные процессы каждого из них», а «живая микробная кормовая добавка, которая оказывает полезное действие на организм хозяина путем улучшения его кишечного микробного баланса», получила название пробиотика [21].

Влияние пробиотиков на организм является сложным и многоплановым. Для того, чтобы быть отнесенными к пробиотикам микроорганизмы должны: быть фено- и генетически классифицируемыми, не обладать патогенностью, быть кислотоустойчивыми и сохранять жизнеспособность при прохождении через желудочно-кишечный тракт человека, обладать способностью к адгезии к кишечному эпителию, обладать способностью к колонизации кишечника, быть безопасными [1].

Наиболее известные микроорганизмы обладающие пробиотическими свойствами представлены в таблице 1.

Одними из наиболее часто используемых при производстве функциональных ферментативных продуктов питания являются пробиотические штаммы лакто- и бифидобактерий. При попадании в желудочно-кишечный тракт пробиотики адгезируются на стенках эпителиоцитов, колонизируя их. Процесс адгезии к эпителию вызывает укрепление цитоскелета клеток кишечного эпителия (путем усиления экспрессии протомиозина ТМ-5, синтез актина и окклюзина), снижение проницаемости (путем повышения фосфорилирования белка межклеточных соединений), повышение синтеза муцина (путем стимуляции гена MUC-3), стимуляцию синтеза и активацию рецептора эпителиального



фактора роста (EGF), увеличение синтеза полиаминов [9]. Микроорганизмы осуществляют синтез витаминов, антибиотиков, бактерицидных веществ (короткоцепочечных жирных кислот, молочной кислоты, перекиси водорода). Конкуренция за питательные вещества и факторы роста, снижение pH (за счет образования молочной кислоты) обеспечивает предотвращение адгезии и инвазии слизистой патогенными микроорганизмами [5, 6, 10, 23, 40]. При этом кислая среда способствует улучшению всасывания жиров, витаминов, железа и кальция [14, 26]. Таким образом, микроорганизмы повышают неспецифическую резистентность организма хозяина.

Таблица 1

Микроорганизмы обладающие пробиотической активностью

Table 1

Microorganisms having probiotic activity

Род	Вид
Lactobacillus	L. acidophilus
	L. rhamnosus
	L. plantarum
	L. reuteri
	L. fermentum
	L. lactis
	L. casei
	L. bulgaricus
Bifidobacterium	B. longum
	B. bifidum
	B. breve
	B. adolescentis
	B. animalis
Streptococcus	S. thermophilus
Enterococcus	E. faecium
Saccharomyces	S. boulardi

Литературные данные свидетельствуют, что совместное применение лакто- и бифидобактерий увеличивает их способность к адгезии. Это подтверждает наличие бактериального синергизма и делает предпочтительным создание продуктов функционального питания включающих симбионтные штаммы пробиотиков.



Известно, что пробиотические микроорганизмы способны накапливать и биотрансформировать селен при внесении его в среду культивирования. Добавление селена улучшает их окислительно-восстановительный потенциал, за счет образования органических форм селена [6].

На территориях Одесской, Кировоградской, Винницкой, Полтавской, Хмельницкой, Черниговской, Житомирской областей отмечено низкий уровень содержания селена в почве. Это явление затрудняет ассимиляцию селена растениями. Таким образом микроэлемент в недостаточном количестве поступает в организм человека по пищевой цепи. Поэтому актуальной задачей направленной на восполнение потребности организма в микроэлементе является создание альтернативных его источников, а именно селенобогатенных пробиотиков.

Селен – физиологически важный микроэлемент, незаменимый в питании человека, способен входить в состав органических и неорганических соединений. К неорганическим относят селениты и селенаты, а к органическим – аминокислоты (селеноцистеин и селенметионин), в которых селен замещает серу [33, 39]. Селен может включаться в состав ферментов, белков, способен депонироваться в органах [3, 29, 32].

Содержание селена в цельной крови в норме составляет 1,14–1,9 мкмоль/л. Минимальная суточная потребность равна 70–90 мкг (для женщин и мужчин, соответственно) [41]. Поступление селена в организм ниже нормы приводит к возникновению селенодефицитных состояний, что является факторами риска различных патологий среди которых можно выделить: заболевания кожи, волос, ногтей; психические и физические отклонения здоровья в детском и подростковом возрасте; возникновение ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, неврозозов и других «болезней цивилизации»; рост мужского и женского бесплодия [4, 11, 28].

Селен относится к микроэлементам, для которых интервал между минимальной суточной потребностью и предельно допустимой концентрацией сравнительно узок и во многом зависит от того, в какой форме селен поступает в организм.

Для селена приоритетным путем поступления являются алиментарный – 90% – с едой и 10% – с водой.

Основными формами селена которые могут поступать в организм являются:

- селен органический натуральный. Поступает в организм с продуктами растительного и животного происхождения, которые естественным путем накапливают микроэлемент;
- селен органический искусственный. В этом случае селен соединен искусственно с белками. Примером служит препарат Селен-актив;
- селен органический полученный путем культивирования микроорганизмов на среде обогащенной неорганическими формами селена;
- селен минеральный (представлен неорганическими формами – селенитами и селенатами) [37].



В последние годы важным направлением исследований является разработка новых методов преодоления селенодифицита у населения многих стран мира, в частности Украины, России, Беларуси, Китая, Швеции. В Китае, в частности, искусственно вносят неорганические формы селена в почву, что приводит к его аккумуляции растениями. Это обеспечивает поступление микроэлемента в организм человека по пищевой цепи [11]. Другим путем преодоления селенодифицита является обогащение микроэлементом непосредственно продуктов питания. Примером служит производство селенообогащенного чая, поваренной соли, воды, яиц и мяса, грибов, проростков злаков, детского питания, кисломолочных напитков.

Из вышеизложенного следует, что проблема поиска новых пищевых источников органических форм селена и оценка их биологического действия является весьма актуальной. Перспективен биотехнологический путь получения пищевых источников этого микроэлемента в частности использование в качестве «объектов для биотехнологического встраивания» бактерий рода *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*:

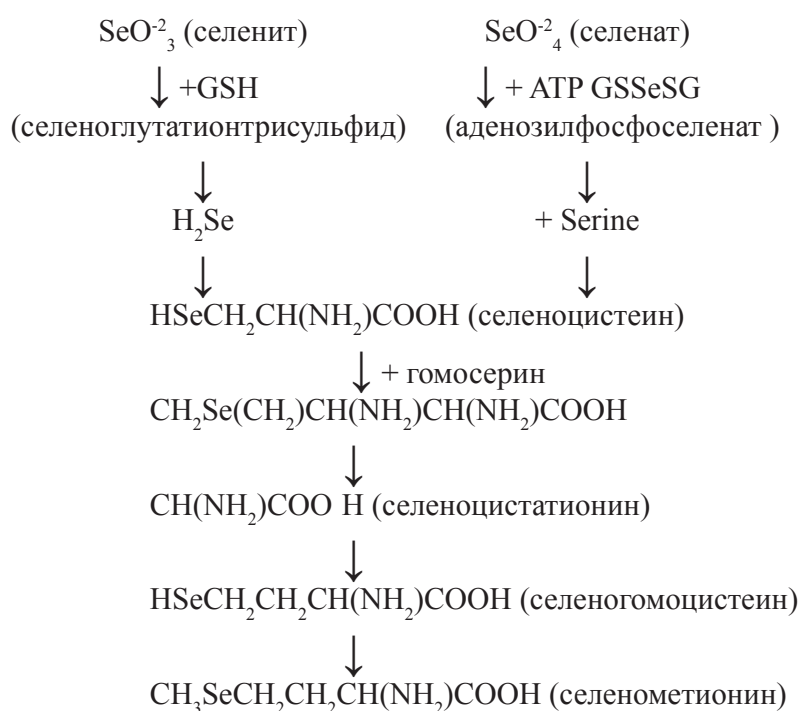


Рис. 1. Обобщенная схема биосинтеза селенометионина в микробных клетках [42]

Fig. 1. Generalized scheme of selenomethionine biosynthesis in microbial sells [42]

Микроорганизмы способны превращать неорганические формы селена в органические – селенметионин (Se-Met) и селеноцистеин (Se-Cys) [7, 8]. Согласно современным представлениям селен поступает в клетку с участием тех



же транспортных систем, что и сера, и включается в обмен серы, заменяя ее в метионине и цистеине [17]. Неорганические селенит- и селенат-ионы при поступлении в клетку подвергаются быстрому восстановлению до селеноводорода и его алкильных производных [27, 35]. Эти соединения гидрофобны и могут входить в состав липофильной внутриклеточной фракции биомассы. Строго определенные количества селена через промежуточную стадию селенофосфата включаются в селенсодержащие аминокислоты, а затем в специфические селенопротеины [7, 34].

Применительно к остатку селеноцистеина механизм такого включения детально исследован. Установлено, что он определяется наличием в составе мРНК триплета UGA в сочетании со специфическим нетранслируемым петлевым фрагментом Se-CYS. В процессе включения остатка селеноцистеина в белок участвует специфическая сериновая UGA-тРНК длиной 95 нуклеотидов и 4 фактора трансляции Sel-A, B, C и D. У прокариот этот нуклеотидный участок расположен в непосредственной близости от триплета UGA, в отличие от эукариот, где они разделены по крайней мере 1200 остатками нуклеотидов. Предполагают также, что как у прокариот, так и у эукариот процесс включения Se в белковую цепь осуществляется в момент непосредственной близости этих двух участков, когда вследствие конформационного перехода происходит перекодирование кодона UGA и вместо остановки синтеза белка полипептидная цепочка достраивается на остаток Se [13].

После биотрансформации в микробной клетке около 32% селена находится в мембранах, 22% входит в состав клеточной стенки, 52% – находится в составе аминокислот и растворимых белков протоплазмы (из них 72% содержится во фракции белков и аминокислот, 1% связан с липидами и 27% селена находится в неорганической форме) [31].

Литературные данные свидетельствуют о том, что биологически синтезированные формы селена характеризуются большей биологической доступностью и стабильностью, что позволяет их потреблять в дозах превышающих среднесуточную. Биологический синтез органических форм селена требует мало энергии и экономических затрат. К тому же этот метод является экологически безопасным и исключает возможность образования вредных побочных продуктов [38].

При попадании в желудочно-кишечный тракт пробиотики повышают неспецифическую резистентность организма хозяина. Они устойчивы к действию желудочной кислоты и желчи, потому употребление их в профилактических целях является эффективным. К тому же селенобогатые пробиотики являются источником микроэлемента. После попадания в организм биотрансформированный селен, а именно органические его формы включаются в состав белков вместо метионина либо же распадаются до селеноводорода (H_2Se). Последний путь обеспечивает реализацию биологической активности селена. Селен включается в состав белков, ферментов. Наиболее известными являются глутатионпероксидазы, тиоредоксинредуктазы, тиреоиддейодиназы, селенопротеины P, W, T, M [22]. Биохимическая роль селензависимых белков



определяется их участием в протекании окислительно-восстановительных реакций, причем основная роль отводится именно селеноцистеину [20, 25].

Основными функциями селена, попавшего в организм является: стимуляция иммунной системы (за счет образования антител, белых кровяных телец, макрофагов, участия в образовании эритроцитов), антиоксидантные свойства (предупреждение старения организма, активизация производства витамина Е), снижение риска возникновения сердечнососудистых заболеваний, играет роль противоопухолевого фактора, стимуляция обменных процессов организма, стимуляция репродуктивной функции (защита сперматозоидов и улучшение их подвижности), нормализация работы нервной и эндокринной системы, вхождение в состав ферментов, гормонов улучшение структуры волос и ногтей [12, 15, 18, 42]. Поэтому нормированное поступление селена в организм является важным фактором поддержки его функций.

Таким образом, литературные данные свидетельствуют о двойном положительном влиянии пробиотиков и селена на процесс функционирования всех систем организма, поэтому актуальной является разработка селенобогатых функциональных продуктов питания.

Л.В. Капрельянц, Н.С. Трегуб

Одеська національна академія харчових технологій,
вул. Канатна, 112, Одеса, 09976, Україна, тел. :+38 (095) 082 11 68,
e-mail: natashenka.tregub@mail.ru

СЕЛЕНЗБАГАЧЕНІ ПРОБІОТИЧНІ ПРОДУКТИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Реферат

В огляді розглянуто літературні дані, що стосуються ролі пробіотиків в підвищенні неспецифічної резистентності організму людини. Описана їх здатність до акумуляції і біотрансформації селену. Описані механізми впливу селену на організм людини і шляхи його біотрансформації із неорганічних форм в органічні за допомогою мікроорганізмів. Охарактеризована роль пробіотиків і селена в процесі нормалізації функціонування систем організму.

Ключові слова: селен, функціональні продукти, пробіотики, лактобактерії, біфідобактерії.

L.V. Kaprelyants, N.S. Tregub

Odessa National Academy of Food Technologies,
112, Kanatna st., Odessa, 09976, Ukraine, tel.: +38 (095) 082 11 68,
e-mail: natashenka.tregub@mail.ru

SELENIUM ENRICHED PROBIOTIC PRODUCTS WITH FUNCTIONAL PROPERTIES

Summary

The review deals with the literature data on the role of probiotics in increasing non-specific resistance of the human body. It has been described their ability of accumulation



and biotransformation selenium. The mechanisms of action of selenium in the human's body and the ways of its biotransformation from inorganic forms to organic forms by microorganisms were elucidated. The role of probiotics and selenium in the process of normalization of the functioning of body systems were described.

Key words: selenium, functional foods, probiotics, lactobacilli, bifidobacteria.

Список использованной литературы

1. Глушанова Н.А. Лактобациллы в исследовании и коррекции резидентной микрофлоры человека. – Новокузнецк, 1999. – 23 с.
2. Капрельяню Л.В., Йоргачова О.Г. Функціональні продукти. – Одеса, 2003. – С. 229–237.
3. Трегуб Н.С., Капрельяню Л.В. Кінетичні параметри накопичення біомаси *Lactobacillus acidophilus* на середовищах із селеном. // Збірник Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2014. – С. 112–115.
4. Трегуб Н.С., Капрельяню Л.В. Зміна показників кінетичних параметрів накопичення біомаси *Lactobacillus acidophilus* та *Bifidobacterium bifidum* при культивуванні на селеновмісних середовищах. // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. – Львів, 2015. – С. 28–34.
5. Кочемасова З.Н. Санитарная микробиология и вирусология. – М.: Медицина, 1987. – С. 64–117.
6. Amaretti A., di Nunzio M., Pompei A., Raimondi S., Rossi M., Bondoni A. Antioxidant properties of potentially probiotic bacteria: *in vitro* and *in vivo* activities. // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2013. – Vol. 97. – P. 809–817.
7. Andreoni V., Luisch M. M., Cavalca L., Erba D., Ciappellano S. Selenite tolerance and accumulation in the *Lactobacillus* species. // Annals of Microbiology. – 2000. – Vol. 50. – P. 77–88.
8. Augilar F., Charrandiere U.R., Dusemund B., Galtier P. L-selenomethionine as a source of selenium added for nutritional purposes to food supplements. // J. European Food Safety Authority. – 2009. – Vol. 12. – P. 1–39.
9. Chukeatirote E. Potential use of probiotics. // J. Sci. Technol. – 2003. – 25 Vol. 2. – P. 275–282.
10. Claerson M., Kerr C. Diversity of Bifidobacteria within the Infant Gut Microbiota. // J. Pone Sci. – 2012. – Vol. 4. – P. 45–56.
11. Eazenyi P., Sztrik. A., Babka B., Prokisch J. Elemental, Nano-Sized (100-500 nm) Selenium Production by Probiotic Lactic Acid Bacteria. // J. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics. – 2011. – Vol. 1. – P. 56–64.
12. Fairweather-Tait S.J., Bao Y., Broadley M.R., Collings R., Ford D. Selenium in human health and disease. Antioxid Redox Signal. // J. Food & Health Innovation Service. – 2011. – Vol. 5. – P. 337–383.
13. Galano E., Mangiapane E., Bianga J., Palmese A., Szpunar J. Privileged incorporation of selenium as selenocysteine in *Lactobacillus reuteri* proteins demonstrated by selenium-specific imaging and proteomics. // Molecular & Cellular Proteomics. – 2006. – Vol. 12. – P. 2196–2204.



14. Goderska K., Nowak J., Czarnecki Z. Comparison of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* species in media supplemented with selected saccharides including prebiotics. // J. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. – 2008. – Vol. 2. – P. 5–20.
15. Guo Y., Pan D., Li H., Sun Y., Zeng X., Yan B. Antioxidant and immunomodulatory activity of selenium exopolysaccharide produced by *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*. // Food Chemistry. – 2013. – Vol. 13. – P. 84–89.
16. Hadadji M., Bensoltane A. Growth and lactic acid production by *Bifidobacterium longum* and *Lactobacillus acidophilus* in goat's milk. // J. African Journal of Biotechnology. – 2006. – Vol. 6. – P. 34–39.
17. Hesketh J. Nutrigenomics and selenium: gene expression patterns, physiological targets, and genetics. // Annual Review of Nutrition. – 2008. – Vol. 2. – P. 157–177.
18. Hossein Yazdi M., Shahverdi A. Selenium nanoparticle-enriched *Lactobacillus brevis* causes more efficient immune responses *in vivo* and reduces the liver metastasis in metastatic form of mouse breast cancer. // J. Pharmaceutical Sciences. – 2013. – Vol. 3. – P. 21–33.
19. Lampis S., Zonaro E., Bertolini C., Burler C., Vallini G. Delayed formation of zero-valent selenium nanoparticles by *Bacillus mycoides* Se-ITE01 as a consequence of selenite reduction under aerobic conditions. // J. Microbial Cell Factories. – 2014. – Vol. 2. – P. 22–37.
20. Lu J., Berndt C., Holmgren A. Methabolism of selenium compounds catalyzed by the mammalian selenoprotein thioredoxin reductase. // Biochim Biophys Acta. – 2009. – Vol. 12. – P. 1513–1519.
21. Mikulasova M., Dusinsky R. Probiotic supplementation: What nurse practitioners need to know to recommend safe and effective formulations. // J. Biomed Res. Int. – 2013. – Vol. 4. – P. 78–94.
22. Monsen E.R. Dietary reference intakes for the antioxidant nutrients: vitamin C, Vitamin E, selenium, and carotenoids. // Journal of the American Dietetic Association. – 2000. – Vol. 10. – P. 637–640.
23. O'Sullivan D.J. Screening of intestinal microflora for effective probiotic bacteria. // J. Ag. Food Chem. – 2001. – Vol. 4. – P. 157–160.
24. Palomo M., Gutierrez A. M., Perez-Conde M. C., Camara C., Madrid Y. Se metallomics during lactic fermentation of Se-enriched yogurt. // Food Chemistry. – 2014. – Vol. 16. – P. 371–379.
25. Pan C., Zhao Y., Liao S., Chen F., Qin S., Wu X. Effect of selenium-enriched probiotics on laying performance, egg quality, egg selenium content, and egg glutathione peroxidase activity. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2011. – Vol. 5. – P. 11424–11431.
26. Picard C., Fioramont J., Francois A. Review article: bifidobacteria as probiotic agents – physiological effects and clinical benefits. // J. Alim. Pharm & Therapeutics. – 2005. – Vol. 1. – P. 112–127.



27. Pieniz S., Andrezza R., Pereira J. Q., Camargo F.A. Production of Selenium-enriched biomass by *Enterococcus durans*. // *Biological Trace Element Research*. – 2013. – Vol. 15. – P. 447–454.
28. Rayman M.P. The importance of selenium to human health. // *Lancet*. – 2000. – Vol. 3. – P. 233–241.
29. Reilly C. Selenium: a new entrant into the functional food arena. // *Trends in Food Science & Technology*. – 2008. – Vol. 9. – P. 114–118.
30. Robinson T., Neant F. Probiotics. Prebiotics and the Gut Microbiota. // *J. ILSI Europe*. – 2013. – Vol. 11. – P. 56–88.
31. Rother M. Selenium metabolism in procarotes. // *J. Ag. Food Chem.* – 2012. – Vol. 4. – P. 457–470.
32. Sasidharan S., Balakrishnaraja R. Comparison Studies on the Synthesis of Selenium Nanoparticles by Various Microorganisms. // *J. Int. J. Pure App. Biosis*. – 2014. – Vol. 2. – P. 112–117.
33. Sneddon A. Selenium nutrition and its impact on health. // *J. Food & Health Innovation Service*. – 2012. – Vol. 12. – P. 104–108.
34. Stolz J.F., Basu P., Santini J.M. Arsenic and selenium in microbial metabolism. // *Annual Review of Microbiology*. – 2006. – Vol. 6. – P. 107–130.
35. Stolz J.F., Oremland R.S. Bacterial respiration of arsenic and selenium. // *FEMS Microbiology Reviews*. – 1999. – Vol. 23. – P. 615–627.
36. Tabasco R., Paarup T., Janer C., Requen T. Selective enumeration and identification of mixed cultures of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. paracasei* and *Bifidobacterium lactis* in fermented milk. // *J. International Dairy Journal*. – 2007. – Vol. 17. – P. 1107–1114.
37. Thomson C.D., Robinson M.F. Selenium in human health and disease with emphasis on those aspects peculiar to New Zealand. // *The American Journal of Clinical Nutrition*. – 1980. – Vol. 33. – P. 303–323.
38. Xia S.K., Chen L., Liang J.Q. Enriched selenium and its effects on growth and biochemical composition in *Lactobacillus bulgaricus*. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 5. – P. 55.
39. Yazdi M.N., Mahdavi M., Kheradmand E. The preventive oral supplementation of a selenium nanoparticle-enriched probiotic increases the immune response and lifespan of 4T1 breast cancer bearing mice. // *Arzneimittelforschung*. – 2012. – Vol. 62. – P. 525–531.
40. Yin Y., Wang O.X., Xing J., Fan Y.R., Wu Z. Antitumor efficacy of *Bifidobacterium longum* carrying endostatin gene enriched with selenium and the distribution of selenium. // *African Journal of Microbiology Research*. – 2011. – Vol. 5. – P. 5615–5621.
41. Zhang J., Wang X., Xu T. Elemental selenium at nano size (Nano-Se) as a potential chemoprevention agent with reduced risk of selenium toxicity: comparison with Se-methylselenocysteine in mice. // *Toxicol Sci*. – 2008. – Vol. 101. – P. 22–31.
42. Zang Y., Turanov A.A., Hatfield D.L., Gladyshev V.N. In silico identification of genes involved in selenium metabolism: evidence for a third selenium utilization trait. // *BMC Genomics*. – 2009. – Vol. 9. – P. 251.



References

1. Glushanova NA. Laktobatsillyi v issledovanii i korrektsii rezidentnoy mikrofloryi cheloveka. Novokuznetsk, 1999. 23.
2. Kaprelyants LV, Yorgachova OG. Funktsionalni produkti. Odesa, 2003:229—237.
3. Tregub NS, Kaprelyants LV. Kinetichni parametri nakopichennya biomasi *Lactobacillus acidophilus* na seredovischah Iz selenom. ZbIrnik NaukovI pratsI ONAHT. 2014;(12):112-115.
4. Tregub NS, Kaprelyants LV. ZmIna pokaznikIv klnetichnih parametrIv nakopichennya biomasi *Lactobacillus acidophilus* ta *Bifidobacterium bifidum* pri kultivuvanni na selenovmIsnih seredovischah. Naukoviy vIsnik LvIvskogo natsIonalnogo unIversitetu veterinarnoYi meditsini ta bIotekhnologIy ImenI S.Z. Gzhitskogo. 2015;(9):28—34.
5. Kochemasova ZN. Sanitarnaya mikrobiologiya i virusologiya. M.: Meditsina, 1987:64-117.
6. Amaretti A, di Nunzio M, Pompei A, Raimondi S, Rossi M, Bondoni A. Antioxidant properties of potentially probiotic bacteria: in vitro and in vivo activities. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2013;(97):809–817.
7. Andreoni V, Luisch MM, Cavalca L, Erba D, Ciappellano S. Selenite tolerance and accumulation in the *Lactobacillus* species. *Annals of Microbiology*. 2000;(50):77–88.
8. Augilar F, Charrandiere UR, Dusemund B, Galtier P. L-selenomethionine as a source of selenium added for nutritional purposes to food supplements. *J. European Food Safety Authority*. 2009;(12):1–39.
9. Chukeatirote E. Potential use of probiotics. *J. Sci. Technol*. 2003;(2):275–282.
10. Claerson M, Kerr C. Diversity of *Bifidobacteria* within the Infant Gut Microbiota. *J. Pone Sci*. 2012;(4):45–56.
11. Eazyeni P, Sztrik A, Babka B, Prokisch J. Elemental, Nano-Sized (100-500 nm) Selenium Production by Probiotic Lactic Acid Bacteria. *J. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*. 2011;(1):56–64.
12. Fairweather-Tait SJ, Bao Y, Broadley MR, Collings R, Ford D. Selenium in human health and disease. *Antioxid Redox Signal. J. Food & Health Innovation Service*. 2011;(5):337–383.
13. Galano E, Mangiapane E, Bianga J, Palmese A, Szpunar J. Privileged incorporation of selenium as selenocysteine in *Lactobacillus reuteri* proteins demonstrated by selenium-specific imaging and proteomics. *Molecular & Cellular Proteomics*. 2006;(12):2196–2204.
14. Goderska K, Nowak J, Czarnecki Z. Comparison of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* species in media supplemented with selected saccharides including prebiotics. *J. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*. 2008;(2):5–20.
15. Guo Y, Pan D, Li H, Sun Y, Zeng X, Yan B. Antioxidant and immunomodulatory activity of selenium exopolysaccharide produced by *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*. *Food Chemistry*. 2013;(13):84–89.



16. Hadadji M, Bensoltane A. Growth and lactic acid production by *Bifidobacterium longum* and *Lactobacillus acidophilus* in goat's milk. *J. African Journal of Biotechnology*. 2006;(6):34–39.
17. Hesketh J. Nutrigenomics and selenium: gene expression patterns, physiological targets, and genetics. *Annual Review of Nutrition*. 2008;(2):157–177.
18. Hossein Yazdi M, Shahverdi A. Selenium nanoparticle-enriched *Lactobacillus brevis* causes more efficient immune responses in vivo and reduces the liver metastasis in metastatic form of mouse breast cancer. *J. Pharmaceutical Sciences*. 2013;(3):21–33.
19. Lampis S, Zonaro E, Bertolini C, Burler C, Vallini G. Delayed formation of zero-valent selenium nanoparticles by *Bacillus mycoides* Se-ITE01 as a consequence of selenite reduction under aerobic conditions. *J. Microbial Cell Factories*. 2014;(2):22–37.
20. Lu J, Berndt C, Holmgren A. Methabolism of selenium compounds catalyzed by the mammalian selenoprotein thioredoxin reductase. *Biochim Biophys Acta*. 2009;(12):1513–1519.
21. Mikulasova M, Dusinsky R. Probiotic supplementation: What nurse practitioners need to know to recommend safe and effective formulations. *J. Biomed Res. Int.* 2013;(4):78–94.
22. Monsen ER. Dietary reference intakes for the antioxidant nutrients: vitamin C, Vitamin E, selenium, and carotenoids. *Journal of the American Dietetic Association*. 2000;(10):637–640.
23. O'Sullivan DJ. Screening of intestinal microflora for effective probiotic bacteria. *J. Ag. Food Chem.* 2001;(4):157–160.
24. Palomo M, Gutierrez AM, Perez-Conde MC, Camara C, Madrid Y. Se metallomics during lactic fermentation of Se-enriched yogurt. *Food Chemistry*. 2014;(16):371–379.
25. Pan C, Zhao Y, Liao S, Chen F, Qin S, Wu X. Effect of selenium-enriched probiotics on laying performance, egg quality, egg selenium content, and egg glutathione peroxidase activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011;(5):11424–11431.
26. Picard C, Fioramont J, Francois A. Review article: bifidobacteria as probiotic agents – physiological effects and clinical benefits. *J. Alim. Pharm & Therapeutics*. 2005;(1):112–127.
27. Pieniz S, Andreazza R, Pereira JQ, Camargo FA. Production of Selenium-enriched biomass by *Enterococcus durans*. *Biological Trace Element Research*. 2013;(15):447–454.
28. Rayman MP. The importance of selenium to human health. *Lancet*. 2000;(3):233–241.
29. Reilly C. Selenium: a new entrant into the functional food arena. *Trends in Food Science & Technology*. 2008;(9):114–118.
30. Robinson T, Neant F. Probiotics. Prebiotics and the Gut Microbiota. *J. ILSI Europe*. 2013;(11):56–88.



31. Rother M. Selenium metabolism in procariotes. *J. Ag. Food Chem.* 2012;(4):457–470.
32. Sasidharan S, Balakrishnaraja R. Comparison Studies on the Synthesis of Selenium Nanoparticles by Various Microorganisms. *J. Int. J. Pure App. Biosis.* 2014;(2):112–117.
33. Sneddon A. Selenium nutrition and its impact on health. *J. Food & Health Innovation Service.* 2012;(12):104–108.
34. Stolz JF, Basu P, Santini JM. Arsenic and selenium in microbial metabolism. *Annual Review of Microbiology.* 2006;(6):107–130.
35. Stolz JF, Oremland RS. Bacterial respiration of arsenic and selenium. *FEMS Microbiology Reviews.* 1999;(23):615–627.
36. Tabasco R, Paarup T, Janer C, Requen T. Selective enumeration and identification of mixed cultures of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. paracasei* and *Bifidobacterium lactis* in fermented milk. *J. International Dairy Journal.* 2007;(17):1107–1114.
37. Thomson CD, Robinson MF. Selenium in human health and disease with emphasis on those aspects peculiar to New Zealand. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 1980;(33):303–323.
38. Xia SK, Chen L, Liang JQ. Enriched selenium and its effects on growth and biochemical composition in *Lactobacillus bulgaricus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2007;(5):55.
39. Yazdi MN, Mahdavi M, Kheradmand E. The preventive oral supplementation of a selenium nanoparticle-enriched probiotic increases the immune response and lifespan of 4T1 breast cancer bearing mice. *Arzneimittelforschung.* 2012;(62):525–531.
40. Yin Y, Wang OX, Xing J, Fan YR, Wu Z. Antitumor efficacy of *Bifidobacterium longum* carrying endostatin gene enriched with selenium and the distribution of selenium. *African Journal of Microbiology Research.* 2011;(5):5615–5621.
41. Zhang J, Wang X, Xu T. Elemental selenium at nano size (Nano-Se) as a potential chemoprevention agent with reduced risk of selenium toxicity: comparison with Se-methylselenocysteine in mice. *Toxicol Sci.* 2008;(101):22–31.
42. Zang Y, Turanov AA, Hatfield DL, Gladyshev VN. In silico identification of genes involved in selenium metabolism: evidence for a third selenium utilization trait. *BMC Genomics.* 2009;(9):251.

Стаття надійшла до редакції 28.11.2015 р.

