

УДК 664.64.014:661.691.1

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОБОГАЩЕННЫХ СЕЛЕНОМ

Наумова Н.Л., Толмачева А.С.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет

(национальный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: fpt\_09@mail.ru

В ходе изучения особенностей функционирования антиоксидантной системы организма челябинцев до и после употребления селеносодержащих хлебобулочных изделий было установлено: активность каталазы в сыворотке крови после употребления булки «Городская с селеном» возросла на 15,88%, а при употреблении булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами, – на 23,63% по сравнению с аналогичным показателем до употребления обогащенных хлебопродуктов. Активность супероксиддисмутазы при этом достоверно снизилась на 30,89% и на 35,0% соответственно. Содержание первичных и вторичных продуктов ПОЛ в изопропаноловом слое: диеновых конъюгатов и диенкетонов достоверно снизилось после включения в пищевой рацион горожан булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами, на 42,5% и на 18,32% соответственно. После употребления обоих видов хлебопродуктов достоверным оказалось снижение в крови ТБК-активных веществ, а именно малонового диальдегида. После употребления булки «Городская с селеном» его содержание снизилось на 17,76%, а после употребления булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами, – на 20,98%. В результате научно обоснована и доказана эффективность применения селеносодержащих хлебопродуктов в качестве профилактических средств для снижения интенсивности свободнорадикальных процессов в организме человека.

**Ключевые слова:** селен, антиоксиданты, хлеб, обогащенные продукты питания, перекисное окисление липидов

## EVALUATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES BAKERY, SELENIUM ENRICHED

Naumova N.L., Tolmacheva A.S.

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: fpt\_09@mail.ru

In a study of the functioning of antioxidant system Chelyabinsk before and after eating bread, enriched with selenium, it was found that the activity of the enzyme – catalase in the serum after consumption of bread «City with selenium» has increased by 15,88%, and in the use of bread «City with selenium», fortified – at 23,63%, compared with the corresponding indicator to use enriched grain products. Activity of the enzyme – superoksidismutazy with significantly decreased by 30,89% and 35,0% – respectively. The content of primary and secondary products of lipid peroxidation (in izopropanolovom layer) of dieneconjugates and dienketophotons significantly decreased after the inclusion in the diet of citizens bread «City with Selenium», enriched in vitamins, 12,5% and 18,32%, respectively. After the use of both types of bread was significant decrease in blood malondialdehyde. So after eating bread «City with selenium» its content decreased by 17,76%, and after eating bread «City with Selenium», enriched in vitamins – at 20,98%. As a result of scientifically based and proven efficacy of selenium-containing grain products as prophylactic agents to reduce the intensity of free radical processes in the body. Understanding the critical role of free radical oxidation reactions of lipids and antioxidant system in which the immune status of the organism, is an important factor to be considered in the development of evidence-based approaches to modeling of functional selenium-containing foods.

**Keywords:** selenium, antioxidants, bread, fortified foods, lipid peroxidation

При действии на организм человека различных неблагоприятных физических или химических факторов, а также стрессовых ситуаций в организме человека формируется неспецифическая реакция, которая проявляется в повышении свободнорадикальных процессов вследствие патологического метаболизма кислорода (т.н. синдром перекисидации или свободнорадикальная патология). В результате этих реакций в организме возрастает уровень продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) мембран клеток, при этом повреждаются белки, липиды, ферменты, изменяется структура макромолекул и нарушается целостность клетки.

Перекисное окисление сложный многостадийный цепной процесс окисления кислородом липидных субстратов, главным об-

разом полиненасыщенных жирных кислот, включающий стадии взаимодействия липидов со свободнорадикальными соединениями и образования свободных радикалов липидной природы. Перекисное окисление фосфолипидов биологических мембран играет важную роль в жизнедеятельности живых организмов. Продукты ПОЛ, в частности, перекиси липидов, используются в организме для синтеза биологически активных веществ, простагландинов, тромбоксанов, стероидных гормонов и т.д. В живых организмах существует сложная система регуляции интенсивности процесса перекисного окисления. В норме процессы образования и расщепления продуктов ПОЛ сбалансированы, что определяет их относительно низкое содержание в клетках. Повышение интенсивности свободнорадикальных про-

цессов лежит в основе развития тяжелых заболеваний, таких как атеросклероз, инфаркт миокарда, онкологические заболевания, а также ускоренное и преждевременное старение организма [1].

Повреждающему эффекту свободных радикалов и активных форм кислорода противостоит система противooksидлительной защиты, главным действующим звеном которой являются антиоксиданты – соединения, способные тормозить, уменьшать интенсивность свободнорадикального окисления, нейтрализовать свободные радикалы путем обмена своего атома водорода (в большинстве случаев) на кислород свободных радикалов. Поэтому одним из способов профилактики и комплексной терапии перекисной патологии организма является использование антиоксидантов. К ферментам, защищающим клетки от действия активных форм кислорода, относят супероксиддисмутазу, каталазу и глутатионпероксидазу. К неферментативным факторам антиоксидантной защиты относятся витамины А, Е, С, микроэлемент селен [3].

Доказано, что селен – незаменимый для человека микроэлемент, участвующий в функционировании антиоксидантной и иммунной системы, в детоксикации ксенобиотиков. Ферменты, регулирующие процессы перекисного окисления липидов, находятся во всех тканях, поэтому симптомы дефицита селена неспецифичны.

Ранее проведенными исследованиями элементного статуса различных возрастных групп населения г. Челябинска с целью выявления рисков развития гипозелементозов и обоснования развития производства обогащенных продуктов питания минеральными компонентами, дефицит которых в пищевом рационе обусловлен геохимическими особенностями региона, установлено, что практически каждый горожанин, начиная с 18-летнего возраста и на протяжении всей жизни, испытывает дефицит такого микроэлемента, как Se. При этом риск развития гипозелементоза Se довольно высок и составляет 93,2–96,2% [4, 7].

Важнейшей ролью селена является его включение в состав глутатионпероксидазы – фермента, предохраняющего клетки от токсического действия перекисных радикалов. Имеется связь между селеном и витамином Е – они влияют на разные этапы образования органических перекисей: токоферолы подавляют (предупреждают) перекисное окисление полиненасыщенных жирных кислот, а содержащая селен глутатионпероксидаза разрушает уже образовавшиеся перекиси липидов, перекись водорода. Глутатионпероксидаза, не содержащая

селен, – глутатион-S-трансфераза – разрушает только перекись водорода (как и каталаза).

При достаточном поступлении в организм витамина Е проявления дефицита селена значительно нивелируются. Витамин Е предупреждает окисление селена, способствует его сохранению. Добавка селена при Е-дефицитном рационе тормозит накопление липоперекисей, ликвидирует или предупреждает симптомы Е-витаминной недостаточности [8].

Мировой и отечественный опыт показывает, что разработка и внедрение в производство пищевых продуктов массового потребления, дополнительно обогащенных дефицитными нутриентами до уровня, отвечающего физиологическим потребностям человека, является наиболее эффективным и целесообразным с экономической, социальной, гигиенической и технологической точек зрения методом кардинального решения проблемы дефицита микронутриентов в организме человека. Ингредиенты, входящие в состав функциональных продуктов, приносят пользу здоровью человека, повышают его сопротивляемость заболеваниям, улучшают многие физиологические процессы в организме человека, позволяют долгое время сохранять активный образ жизни.

Потребительские свойства функциональных продуктов включают три составляющие: пищевую ценность, вкусовые качества и физиологическое воздействие. Все продукты позитивного питания содержат ингредиенты, придающие им функциональные свойства. В связи с чем на кафедре технологии и организации питания факультета пищевых технологий ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ) были разработаны обогащенные хлебобулочные изделия: булка «Городская с селеном» (ТУ 9115-066-02068315) и булка «Городская с селеном», обогащенная витаминами (ТУ 9115-022-71554597).

В качестве обогащающей добавки в обоих изделиях использовался «Селексен» (производитель ООО НПП «Медбиофарм») – синтетическое гетероциклическое органическое соединение селена (содержит не менее 95% селенопирана). Это устойчивый при хранении кристаллический порошок от светло-бежевого до желтого цвета со слабым специфическим запахом, растворимый в жирах и некоторых органических растворителях, имеющий температуру плавления 95–96°C и термостабильность 150°C. Содержание селена в препарате составляет 23–24%.

Механизм антиоксидантного действия селексена и вне организма (липиды, продукты питания), и в организме заключается именно в способности его молекулы

переносить электрон со своей высшей молекулярной орбитали на низшую молекулярную орбиталь активных окислителей, в том числе перекисей водорода и липоперекисей. Благодаря этой способности молекулы селенсена он и проявляет мощную, многогранную защиту организма и является активным антиоксидантом в кормах, продуктах питания и жирах, на длительное время продлевая их качество.

Селексен в отличие от традиционных антиоксидантов (витамин Е, ионол, кверцетин) не только существенно замедляет скорость липопероксидации, но и обладает новым, отсутствующим у них свойством, – он нейтрализует ранее образовавшиеся гидроперекиси липидов. По существу, селексен, поступивший в организм оральным либо парентеральными путями, следует рассматривать как работающую пролонгированную форму селена, как метаболически активно функционирующее депо селена с самостоятельно проявляемыми в организме специфическими функциями. Эти специфические функции заключаются в способности селенсена не только активировать каталитическую активность глутатионпероксидазы, но и самостоятельно выполнять в организме ее роль [5].

При производстве булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами, использовался витаминный премикс 986 (производитель DSM Nutritional Products) – мелкодисперсный порошок желтого цвета, легко растворимый в холодной воде, содержащий витамины Е, Н, группы В.

Проектирование обогащенных пищевых продуктов в форме представления доказательств преимуществ нового товара, а также его позиционирование предназначено для эффективного продвижения функциональных пищевых продуктов на рынок. При этом информация о новом продукте должна быть аргументированной, подтвержденной апробацией на репрезентативных группах людей, демонстрирующей не только его полную безопасность, приемлемые вкусовые качества, но также способность существенно улучшать показатели здоровья [2].

**Целью исследования** явилось изучение эффективности антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий, обогащенных селеном.

#### **Материал и методы исследования**

Для диагностики липоперекисной патологии в организме человека принято определять в плазме крови содержание первичных продуктов перекисного окисления липидов (диеновых конъюгатов), вторичных (МДА), конечных (шиффовых оснований) продуктов ПОЛ. В некоторых случаях исследуют активность ферментов – антиоксидантов [6].

Для оценки эффективности функциональных (антиоксидантных) свойств обогащенных хлебобулочных изделий было проведено экспериментальное биохимическое исследование (типа «до – после») крови 64 взрослых добровольцев в возрасте 25 лет, проживающих на территории г. Челябинска, отобранных в соответствии с критериями включения-исключения (информированное согласие на участие в исследовании, отсутствие острых заболеваний, хронических заболеваний в стадии обострения или декомпенсации).

Все добровольцы были разделены (по 32 человека) на две группы: 1 группа – употребляли ежедневно по 150 г (усредненную суточную порцию) булки «Городская с селеном», что обеспечивало удовлетворение суточной потребности человека в селене не менее чем на 42,9%; 2 группа – употребляли аналогичное количество булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами, что дополнительно обеспечивало удовлетворение суточной потребности человека в витамине Е не менее чем на 34,9%; в витамине В<sub>1</sub> – на 30,0%; в витамине В<sub>2</sub> – на 25,0%; в витамине В<sub>6</sub> – на 18,7%; в витамине РР – на 37,5%; в витамине В<sub>3</sub> – на 39,0%; в витамине В<sub>с</sub> – на 24,4%; в витамине В<sub>12</sub> – на 34,9%; в витамине Н – на 30,0% в течение 30 дней.

Контролировалось также фактическое питание с целью исключения вмешивающихся факторов. Самими добровольцами, получавшими обогащенные хлебопродукты, на протяжении всего периода исследований не было отмечено побочных реакций на их употребление. Неудовлетворительных отзывов, в т. ч. на органолептические свойства продукции не поступало. Переносимость обогащенных хлебобулочных изделий была хорошей.

Определение содержания ТБК-активных веществ (МДА) и активности супероксиддисмутазы и каталазы в сыворотке крови; общих полиеновых и диеновых конъюгатов, а также шиффовых оснований в плазме крови проводили на базе биохимического отдела ЦНИЛ ЧелГМА согласно методическим рекомендациям [6].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В ходе исследования особенностей состояния липоперекисной системы организма челябинцев до и после употребления различных селенсодержащих хлебобулочных изделий была установлена активность ферментативной системы антиоксидантной защиты организма, особенно после употребления в течение 30 дней булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами (таблица). Так, активность каталазы после употребления булки «Городская с селеном» возросла на 15,88% ( $p < 0,05$ ), при употреблении булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами, – на 23,63% ( $p < 0,01$ ) по сравнению с аналогичным показателем до употребления обогащенных хлебопродуктов. И это не случайно, т.к. известно, что к алиментарным факторам, повышающим каталазную активность, относят достаточное потребление витаминов группы В, фолиевой кислоты, биотина, пантотено-



вой кислоты, которые и содержатся в булке «Городская с селеном», обогащенной витаминами [8].

Активность супероксиддисмутазы при этом достоверно снизилась на 30,89% и на 35,0% соответственно.

Показатели перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты организма в крови челябинцев

Наименование показателя	Результаты исследований			
	до употребления обогащенных хлебопродуктов		после употребления обогащенных хлебопродуктов	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Общие полиеновые, E <sub>220</sub> /мл	5,25 ± 0,2	5,22 ± 0,2	4,83 ± 0,12	4,69 ± 0,13
Диеновые конъюгаты, E <sub>233</sub> /мл	2,6 ± 0,06	2,64 ± 0,06	2,53 ± 0,06	2,31 ± 0,04**
Диенкетоны, E <sub>278</sub> /мл	1,87 ± 0,05	1,91 ± 0,09	1,73 ± 0,1	1,56 ± 0,07*
Шиффовы основания, E <sub>400</sub> /мл	0,18 ± 0,07	0,2 ± 0,04	0,16 ± 0,04	0,1 ± 0,02
Каталаза сыворотки, мкат/л	15,81 ± 0,5	15,53 ± 0,31	18,32 ± 0,11*	19,2 ± 0,21**
СОД, усл.ед./л	1,23 ± 0,05	1,2 ± 0,03	0,85 ± 0,03**	0,78 ± 0,04***
ТБК-акт. прод., нМ/мл	4,73 ± 0,12	4,67 ± 0,14	3,89 ± 0,13**	3,69 ± 0,16**

Примечание. Достоверно при \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

Высокая степень антиоксидантной защиты в организме челябинцев после употребления селеносодержащих хлебопродуктов повлияла на интенсивность перекисного окисления липидов в клетках органов и тканей. Содержание первичных и вторичных продуктов ПОЛ (в изопропаноловом слое): диеновых конъюгатов и диенкетонов достоверно снизилось после включения в пищевой рацион горожан булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами, на 12,5% ( $p < 0,01$ ) и на 18,32% ( $p < 0,05$ ) соответственно. Содержание в крови аналогичных продуктов ПОЛ после употребления булки «Городская с селеном» также снизилось, но не достоверно.

Положительная динамика снижения в крови общих полиеновых и шиффовых оснований после употребления обогащенных хлебобулочных изделий при статистической обработке оказалась недостоверной. Несмотря на сложившуюся ситуацию, после употребления обоих хлебопродуктов достоверным оказалось снижение в крови одной из фракций конечных продуктов ПОЛ – ТБК-активных веществ, а именно малонового диальдегида (МДА). После употребления булки «Городская с селеном» его содержание снизилось на 17,76%, а после употребления булки «Городская с селеном», обогащенной витаминами, – на 20,98%.

Таким образом, действие селена на процессы активации антиоксидантной защиты организма человека более полно проявляется при совместном влиянии микроэлемента не только в связке с витамином Е, но и витаминами группы В, поскольку употребление в составе пищевого рациона булки

«Городская с селеном», обогащенной витаминами, дает более достоверное снижение показателей перекисного окисления липидов в крови обследованных добровольцев. В результате научно обоснована и доказана эффективность применения селеносодержащих хлебопродуктов в качестве профилактических средств для снижения интенсивности свободнорадикальных процессов в организме человека.

**Заключение**

Производство обогащенных продуктов приоритетными для региона нутрицевтиками является перспективной профилактикой, способствующей улучшению и сохранению здоровья населения. Понимание важнейшей роли реакций свободнорадикального окисления липидов и состояния антиоксидантной системы при изменении иммунного статуса организма является важнейшим фактором, который необходимо учитывать при разработке научно-обоснованных подходов к моделированию функциональных селеносодержащих продуктов питания.

**Список литературы**

1. Богач П.Г. Структура и функции биологических мембран / П.Г. Богач, М.Д. Курский, Н.Е. Кучеренко. – Киев: Вища школа, 1981. – 336 с.
2. Евдокимова О.В. Методология создания и продвижения на потребительский рынок функциональных пищевых продуктов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Краснодар, 2011. – 42 с.
3. Кучеренко Н.Е. Липиды / Н.Е. Кучеренко, А.Н. Васильев. – Киев: Вища школа, 1985. – 247 с.
4. Наумова Н.Л. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных про-

дуктов питания / Н.Л. Наумова, М.Б. Ребезов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 4 (ч. I). – С. 196–200.

5. Отчет по изучению функциональной пригодности нового отечественного органического соединения селена – селексена // НПП «Медбиофарм». – МРНЦ РАМН. – Обнинск, 2000. – 62 с.

6. Показатели липидного обмена в сыворотке крови практически здорового населения, проживающего в Южно-Уральском регионе в условиях адаптации к климатическим и техногенным воздействиям / Э.Н. Коробейникова // Методические рекомендации. – Челябинск: Изд-во «Челябинская государственная медицинская академия», 2002. – 50 с.

7. Тупиков В.А. Элементный состав волос как отражение экологической ситуации / В.А. Тупиков, Н.Л. Наумова, М.Б. Ребезов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2012. – Вып. 31.– № 21 (280). – С. 119–122.

8. Halliwell B. Lipid peroxidation, oxygen radicals, cell damage, and antioxidant therapy / B. Halliwell, J.M. Gutteridge // Lancet. – 1984. – P. 1396–1398.

### References

1. Bogach P.G. Struktura i funkcii biologicheskikh membran / P.G. Bogach, M.D. Kurskij, N.E. Kucherenko. K., Vishha shkola, 1981. 336 p.

2. Evdokimova O.V. Metodologija sozdaniya i prodvizheniya na potrebitel'skij rynek funktsional'nyh pishhevnykh produktov: avtoref. dis. ... dokt. teh. nauk / O.V. Evdokimova. Krasnodar, 2011. 42 p.

3. Kucherenko N.E. Lipidy / N.E. Kucherenko, A.N. Vasil'ev. K., Vishha shkola, 1985. 247 p.

4. Naumova N.L. Mikrojelementnyj status cheljabincev kak obosnovanie razvitiya proizvodstva obogashennykh produk-

тов питания / N.L. Naumova, M.B. Rebezov // Fundamental'nye issledovaniya, 2012. no. 4 (ch. I). pp. 196–200.

5. Otchet po izucheniju funkcional'noj prigodnosti novogo otechestvennogo organicheskogo soedineniya selena – seleksena // NPP «Medbiofarm». MRNC RAMN. Obninsk, 2000. 62 p.

6. Pokazateli lipidnogo obmena v syvorotke krovi prakticheski zdorovogo naselenija, pro-zhivajushhego v Juzhno-Ural'skom regione v uslovijah adaptacii k klimaticheskim i tehnogennym vozdeystvijam / Je.N. Korobejnikova // Metodicheskie rekomendacii. Cheljabinsk: Izdatel'stvo «Cheljabinskaja gosudarstvennaja medicinskaja akademija», 2002. 50 p.

7. Tupikov V.A. Jelementnyj sostav volos kak otrazhenie jekologicheskoi situacii / V.A. Tupikov, N.L. Naumova, M.B. Rebezov // Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Obrazovanie, zdavoohranenie, fizicheskaja kul'tura. Vypusk 31. 2012. no. 21 (280). pp. 119–122.

8. Halliwell B. Lipid peroxidation, oxygen radicals, cell damage, and antioxidant therapy / B. Halliwell, J.M. Gutteridge // Lancet. 1984. pp. 1396–1398.

### Рецензенты:

Брюхин Г.В., д.м.н., профессор, зав. кафедрой гистологии, эмбриологии и цитологии, ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная медицинская академия», г. Челябинск;

Гордиевских М.Л., д.т.н., профессор, зав. кафедрой хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия», г. Челябинск.

Работа поступила в редакцию 11.04.2013.