

УДК 664.642+546.23

*К.И. ЖАКОВА, С.Л. РОМАНОВ, Л.Ф. КОВАЛЕНКО, О.А. ЗАЙЧЕНКО*

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ НА СРЕДАХ, СОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛЬНЫЙ СЕЛЕН**

*БелНИИ пищевых продуктов*

*(Поступила в редакцию 10.03.2005)*

Одним из важнейших приоритетов национальной политики Республики Беларусь в настоящее время является здоровье нации. Эпидемиологические и статистические исследования, проведенные в Беларуси в течение последних лет, свидетельствуют о неуклонном росте числа заболеваний непосредственно или косвенно связанных именно с питанием и подтверждают крайне недостаточное потребление витаминов и минеральных веществ у большинства людей почти всех возрастных групп, особенно неблагоприятно эта ситуация складывается в отношении детей дошкольного и школьного возрастов, студентов, беременных и кормящих женщин.

Согласно имеющимся данным наибольший недостаток витаминов и минеральных веществ проявляется особенно весной: С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР; Mg, Fe, Mn, Zn, I, Se. Очевидно, что недостаток этих веществ отрицательно сказывается на здоровье людей: ухудшается самочувствие, снижается умственная и физическая трудоспособность, понижается иммунитет, растет восприимчивость к различного рода заболеваниям.

Общее ухудшение экологической ситуации различными неблагоприятными факторами биологической и химической природы в Республике Беларусь усугубляется еще и последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. Поэтому большое внимание уделяется вопросам, связанным с разработкой продуктов питания, обогащенных различными витаминами, микроэлементами, пищевыми волокнами и другими добавками, которые столь необходимы нашему организму. Так, в частности, для нашей республики немалый интерес представляет такой микронутриент, как селен (Se), по причине ограниченности его поступления в организм и той роли, которую он выполняет.

По обеспеченности населения Se наша республика является биогеохимической провинцией, поскольку содержание этого микроэлемента в продуктах недостаточное, а ведь именно этот микроэлемент выполняет ряд важнейших биохимических функций в нашем организме.

Впервые жизненная необходимость Se была установлена в 1957 г., когда был осуществлен эксперимент, позволяющий продемонстрировать, что именно этот микроэлемент предупреждает возникновение некрозов в печени у крыс, а также беломышечную болезнь овец и крупного рогатого скота, алиментарный гепатит свиней, экссудативный диатез домашней птицы [1].

Для человека подтверждение этиологической роли дефицита Se было установлено после описания так называемой «кешаньской» болезни, представляющей собой кардиомиопатию, поражающую детей и женщин детородного возраста [2]. Эта болезнь характеризуется необычно низким уровнем Se в крови — 0,063—0,127 мкмоль Se/л (4,98—0,0 мкг Se/л) [1], в то время как норма для взрослого населения составляет 1,46—1,52 мкмоль Se/л сыворотки крови (115—120 мкг Se/л) [3].

Спектр действия Se в организме довольно широк. Он выполняет каталитическую, структурную и регуляторную функции, взаимодействует с витаминами, ферментами и биологическими мембранами [1], участвует в окислительно-восстановительных процессах, обмене жиров, белков и углеводов [4].

Защитное действие Se, с одной стороны, обусловлено его функцией в составе глутатионпероксидазы — первого селенсодержащего фермента, который был найден в организме мле-

копитающих и основной задачей которого является предотвращение перекисного окисления и удаление низкомолекулярных перекисей, так как последние вызывают нарушение целостности клеточных мембран и обмена многих биологически активных соединений, что является причиной заболеваний [5]. С другой стороны, протекторное действие Se в отношении многих токсичных веществ, в том числе канцерогенных, связано с его влиянием на процессы биотрансформации и детоксикации ксенобиотиков [6—8].

Установлено, что с дефицитом Se в организме связаны самые различные заболевания, среди которых нарушение обмена веществ, дисфункция щитовидной железы, снижение иммунитета, сердечно-сосудистые заболевания, онкологические заболевания, малокровие, бронхиальная астма, почечно-каменная болезнь, сахарный диабет, артрозы, остеохондроз, старение и др. [9].

Согласно данным эпидемиологических исследований (в России и других странах СНГ, включая, естественно, Беларусь), более чем у 80% населения обеспеченность селеном ниже оптимальной. Поэтому коррекция селенового статуса населения нашей республики представляется жизненно необходимой.

Основными путями поступления Se в организм являются продукты животного и растительного происхождения: морепродукты, пищевые субпродукты, грибы, пшеница, растения-концентраты Se (астрагалы). Он также присутствует в воде, где его содержание оценивается от нескольких десятых до 2 или 3 мкг/л [10].

Уровень Se в растительных пищевых продуктах зависит от вида, стадии развития растения и количества доступного элемента в почве [11]. В листьях и стеблях растений Se находится в растворимой форме и переходит в водные экстракты, однако в зернах злаков является составной частью резервных белков и находится в связанном состоянии [12]. Содержание Se в продуктах животного происхождения зависит от количества доступного элемента в кормах [11]. Биологическая доступность Se в кормах растительного происхождения колеблется от 60 до 80%, в кормах животного происхождения — от 8,5 до 25% [13].

Основными формами, в которых Se поступает в организм в различных продуктах, является селеноцистеин (в животных продуктах) и селенометионин (в растительных продуктах) [14].

Содержание Se в организме человека, главным образом, зависит от уровня его потребления, который, в свою очередь, тесно взаимосвязан с распределением этого элемента в биосфере того региона, где он проживает.

Однако при общем ухудшении состояния окружающей среды содержание Se в почве, воде, продуктах животного и растительного происхождения значительно снижено по сравнению с оптимальным, чтобы иметь возможность обеспечить потребности нашего организма в этом весьма ценном нутрицевтике.

Поэтому одним из действенных путей профилактики селенодефицитного состояния являются разработка и включение в рацион пищевых продуктов питания, обогащенных Se. Наиболее удобным материалом для биохимического встраивания Se являются хлебопекарные дрожжи, которые используются при производстве хлебобулочных изделий. А поскольку именно хлебобулочные изделия являются предметом повседневного спроса и их потребление мало зависит от покупательской способности, вкусов и других факторов, то в определенной степени это позволит ликвидировать недостаток Se в организме.

Цель проведенной нами работы — изучение возможности культивирования хлебопекарных дрожжей на средах, содержащих Se, и исследование их морфофизиологических и биохимических особенностей.

Опыты проводились в БелНИИ пищевых продуктов в 2002—2004 гг. Для исследования зависимости «доза—эффект» были использованы хлебопекарные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* раса 1 ЛВ/3, которая была отселекционирована на базе нашей микробиологической лаборатории и успешно прошла производственные испытания на ОАО «Дрожжевой комбинат» (г. Минск).

Дрожжи культивировали на стандартном производственном меласном сусле 12%-ной концентрации, обогащенном селенитом натрия. Влияние селенита натрия на морфологические и биохимические свойства дрожжей исследовали в интервале концентраций 1—1000 мг Se/л питательной среды (в пересчете на чистый Se). Потом дрожжи проверяли на способность к росту на агаризованной меласной среде.

В подготовленную агаризованную меласную среду вносили расчетные количества селенита натрия с тем, чтобы обеспечить концентрацию 10, 50, 100, 500 и 1000 мг Se/л и засеивали исследуемой расой дрожжей.

Были получены следующие результаты: через 48 ч рост колоний был зафиксирован на чашках с концентрацией селена 10 мг/л, а на чашках с содержанием селена 50 мг/л — лишь через 72 ч. При этом колонии по форме были круглые, имели ровные края, по размеру — мелкие, в диаметре не более 3 мм (для сравнения — в контрольном образце, не содержащем Se, размер колоний составил 6 мм), поверхность колоний — матовая. При более высоких концентрациях видимого роста дрожжей не наблюдалось.

Далее для определения морфологических и биохимических показателей осуществляли культивирование дрожжей на жидких мелассных средах при концентрации 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80 мг Se/л. Культивирование осуществляли на термостате-качалке УВМТ-12-250 при температуре 28°C.

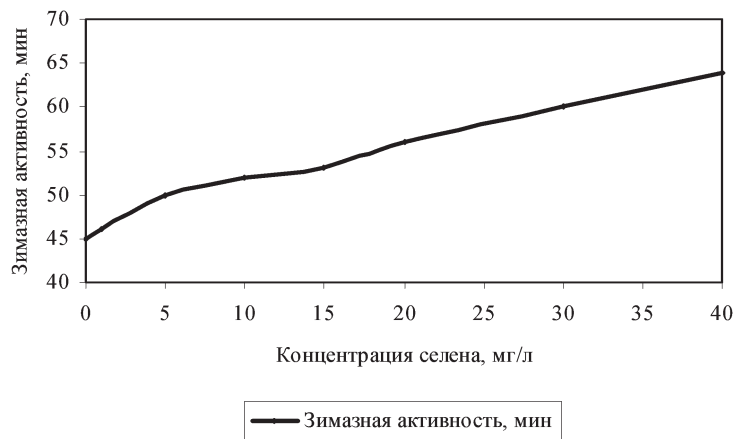


Рис. 1. Зимазная активность исследуемой расы дрожжей в зависимости от концентрации Se

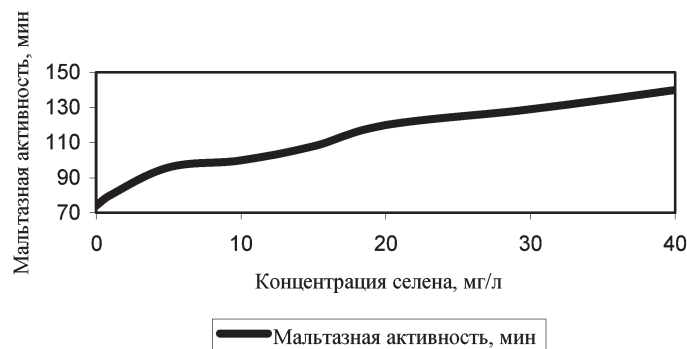


Рис. 2. Мальтазная активность исследуемой расы дрожжей в зависимости от концентрации Se

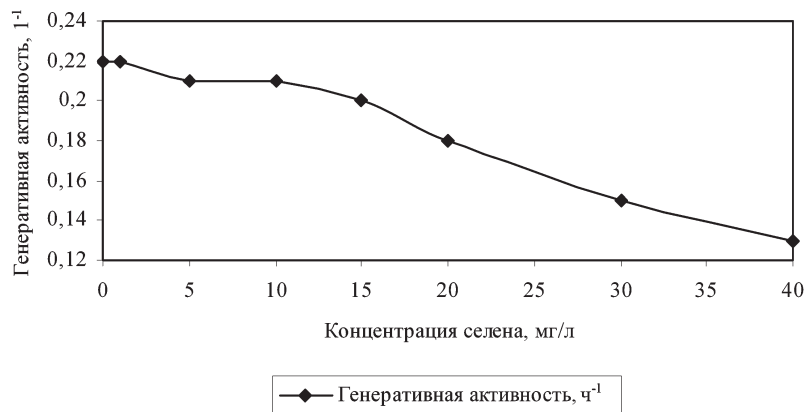


Рис. 3. Генеративная активность исследуемой расы дрожжей в зависимости от концентрации Se

Суточную культуру исследовали под микроскопом и сравнивали с контрольным образцом, культивированным на среде, не содержащей Se: при этом определяли форму клетки, наличие живых почкующихся и мертвых клеток.

На основании микроскопических исследований получили следующие данные: клетки дрожжей по форме округлые, с хорошо выраженным внутренним содержимым, по размерам клетки, культивированные на среде с селенитом натрия, практически не отличаются от контрольного образца, но, начиная с концентрации 30 мг Se/л, они становятся значительно мельче, а также происходит утолщение клеточной оболочки, что является своеобразной защитой клетки от присутствия соединений Se в среде при увеличивающихся концентрациях и говорит об ингибирующем действии этого микроэлемента на исследуемую культуру.

При увеличении содержания Se в среде, начиная с 40 мг Se/л, происходит резкое снижение числа жизнеспособных и почкующихся клеток, увеличивается содержание мертвых клеток.

На следующем этапе нашей работы мы осуществляли накопление биомассы дрожжей, культивированных на средах с содержанием селена в концентрациях 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40 мг/л, и определяли такие показатели культуры как зимазная (рис. 1), мальтазная (рис. 2) и генеративная (рис. 3).

При этом были получены следующие зависимости.

Полученные экспериментальные факты позволяют сделать следующие выводы: несомненно, селенит натрия оказывает сильное воздействие на дрожжевую клетку. При увеличении концентрации Se в среде происходит снижение биохимических показателей культивируемой расы по сравнению с контрольным образцом. При этом образцы дрожжей, культивированные на средах с содержанием селена от 1 до 20 мг/л, имеют хорошую зимазную (46—53 мин) и мальтазную активности (80—108 мин), а образцы, культивированные на средах, с содержанием селена от 20 до 40 мг/л, — удовлетворительную как зимазную (56—64 мин), так и мальтазную (120—140 мин). По отношению к генеративной активности можно сказать следующее, что образцы дрожжей, культивированные на средах с концентрацией Se от 1 до 20 мг/л, имеют хорошую и среднюю генеративную активность ( $0,22-0,18\text{ч}^{-1}$ ), а начиная с концентрации 30 мг/л — низкую ( $0,15-0,13\text{ч}^{-1}$ ).

Также проведены исследования по определению динамики накопления Se в хлебопекарных дрожжах.

В результате получены следующие данные: образец № 1 (концентрация Se — 1 мг/л) — 80,35 мг/кг абс. сух. дрожжей; образец № 2 (концентрация Se — 5 мг/л) — 235,55 мг/кг абс. сух. дрожжей; образец № 3 (концентрация Se — 10 мг/л) — 353,54 мг/кг абс. сух. дрожжей; образец № 4 (концентрация Se — 20 мг/л) — 1080 мг/кг абс. сух. дрожжей.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы: наиболее приемлемыми концентрациями Se, которые не оказывают повышенного ингибирующего воздействия на хлебопекарные дрожжи, не препятствуют жизнеспособности дрожжевых клеток и при этом биохимические показатели культуры удовлетворяют существующим требованиям, являются концентрации 1—20 мг Se/л питательной среды.

### Литература

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова А. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М., 1991.
2. Combs G. F., Combs S. B. The Role of Selenium in Nutrition. New York, 1986.
3. US NAS/NRC. Recommended Dietary Allowances. National Academy of Science, National Research Council, Subcommittee on the 10<sup>th</sup> ed of RDA'S. Washington, 1989. P. 224.
4. Кудрин А. Н. Витамины. Киев, 1975. Вып.8. С.128—134.
5. Flohe L., Guuzler W.A., Schnock H.H.// FEBS Lett. 1973. Vol. 32. P.132—134.
6. Кравченко Л. В., Кузьмина Е. Э., Авреньева Л. И., Поздняков А. Л. //Вопр. мед. химии. 1991. № 5. С. 73—75.
7. Combs G. F.// Antioxidants and Disease Prevention. New York, 1997. P. 97—113.
8. Shi C. Y., Chua S. C., Lee H. P. Ong. C. N.// Cancer Lett. 1994. Vol. 82. P. 203—208.
9. Информационные материалы INTERNET: www.amway.h1.ru.
10. Ермаков В. В., Ковальский В. В. Биологическое значение селена. М., 1974.
11. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 58. Селен. Женева; М., 1989.
12. Войнар А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М., 1960.
13. Москалев Ю. И. Минеральный обмен. М., 1985.
14. Aseth J. Optimum selenium levels in animals products for human consumption // Norweg. J. Agr. Sci. 1993. Suppl. 11. P. 121—126.

*K.I.ZHAKOVA, S.L.ROMANOVA, L.F.KOVALENKO, O.A.ZAICHENKO*

### PHYSIOLOGICAL AND BIO-CHEMICAL PECULIARITIES OF BAKING YEAST CULTIVATION IN MEDIA CONTAINING MINERAL SELENIUM

#### Summary

The information about influence of a microelement of selenium (Se) on an organism of the person has been presented. The results of the researches of influence of mineral selenium into physiological and biochemical features of baking yeast have been discovered.

The dynamics of a change of the such famous biochemical parameters as zymasie's and maltasie's activities and specific growth rate have been investigated. Concentration of a selenium source has been established that allow to receive the baking yeast enriched with selenium having high quality indicators.