УДК 664.655.11

ИЗУЧЕНИЕ ГИПОГЛИКЕМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ БЕЗДРОЖЖЕВОГО БЕСКОРКОВОГО ХЛЕБА

С.Ю. Солодников*, Г.А. Люшина, В.В. Маслова

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», 614990, Россия, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский пр., 29

**e-mail: s.u.solodnikov@rambler.ru*

Дата поступления в редакцию: 04.03.2016
Дата принятия в печать: 30.05.2016

Заболевание сахарным диабетом 2-го типа во всем мире имеет устойчивую тенденцию к росту. Сбалансированное питание является основой успешного повышения качества жизни больных сахарным диабетом. Ограничение в рационе питания больных сахарным диабетом доли таких продуктов, как хлеб, требует поиска рецептур и технологий приготовления хлеба, который минимально повышает уровень глюкозы в крови, сохраняя в хлебе оптимальное количество аминокислот и витаминов. Одним из путей получения хлеба с низким гликемическим индексом является технология производства бескоркового хлеба электроконтактным методом, при использовании которого не образуется хлебная корка, а температура и время выпечки являются минимально возможными в настоящее время. Было изучено влияние «Хлеба ржаного бездрожжевого бескоркового», произведенного электроконтактным методом (ИП Гончарова), в сравнении с «Хлебом ржаным диетическим», произведенным по традиционной технологии – радиационно-конвективным способом (ОАО «Покровский хлеб»), на уровень глюкозы в крови белых крыс при однократном и системном употреблении. Установлено, что при однократном применении хлеба гипогликемического эффекта не наблюдается в обоих случаях. При системном употреблении в течение 7 дней «Хлеба ржаного бездрожжевого бескоркового» установлено более раннее начало снижения концентрации глюкозы в крови по сравнению с таковой у животных, получавших «Хлеб ржаной диетический», что позволяет рекомендовать «Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый» как диетический продукт питания для людей, больных СД, и людей, ведущих здоровый образ жизни.

Хлеб, электроконтактная технология выпечки, сахарный диабет 2-го типа

Введение

Сахарный диабет 2-го типа (СД2Т) представляет собой хроническое заболевание, характеризующееся уменьшенным производством инсулина β-клетками островков Лангерганса поджелудочной железы и/или пониженной чувствительностью тканей организма к инсулину, что приводит к хронической гипергликемии и множественным осложнениям [1, 2]. СД2Т, часто связанный с ожирением, превратился в глобальную эпидемию, которая, согласно последним оценкам, охватывает 382 млн человек во всем мире, что возложило значительное социально-экономическое бремя на мировую экономику. В 2013 году, по оценкам специалистов Международной федерации диабета, около 5,1 млн человек в мире умерли от последствий диабета [3].

В России по разным оценкам распространение СД2Т составляет 5–8 % от всего населения и за последние 15 лет наблюдений имеет устойчивую тенденцию к росту. Также быстро растет и процент заболеваемости среди молодежи, что отрицательно сказывается на ожидаемой продолжительности жизни граждан РФ и вызывает рост стоимости медицинского обслуживания населения, требуя увеличения бюджетных расходов на профилактику и лечение СД2Т и его осложнений [3].

Этиология СД2Т не установлена, заболевание является хроническим, неизлечимым, поэтому терапия и диета направлены на поддержание уровня глюкозы в крови, близкой к физиологическим значениям, с целью профилактики развития осложнений. Таким образом, сахарный диабет 2-го типа входит в число заболеваний, имеющих прямую связь с питанием. Одной из основных предпосылок его прогрессирования является избыточная масса тела, а также злоупотребление пищей, содержащей большое количество легкоусвояемых углеводов [4].

Правильное питание при диабете 2-го типа способствует снижению уровня сахара крови, препятствует развитию отдаленных осложнений этого заболевания и позволяет снизить дозу лекарственных препаратов или на время отказаться от них.

Традиционно часть населения использует хлеб как основной продукт питания, потребляя его каждый день, поэтому создание хлеба с низким гликемическим индексом является актуальной задачей. В настоящее время современные технологии позволяют выпекать хлеб с повышенным содержанием витаминов, белков, аминокислот и низким гликемическим индексом. Все известные способы выпечки можно классифицировать следующим образом [5]:

– способы, при которых тепло к выпекаемому тесту-хлебу подводится извне:

1) радиационно-конвективная (РК) выпечка в обычных хлебопекарных печах;

2) выпечка в печах с генераторами инфракрасного (ИК) коротковолнового излучения;

3) выпечка в замкнутых камерах в атмосфере пара;

– способы, при которых тепло выделяется в массе прогреваемой тестовой заготовки:

1) выпечка с применением электроконтактного прогрева (ЭК-выпечка);

2) выпечка в электрическом поле токов высокой и сверхвысокой частоты (ВЧ и СВЧ-выпечка);

– способы выпечки с комбинированным прогревом выпекаемого теста-хлеба:

1) выпечка в хлебопекарных печах с одновременным ВЧ и ИК прогревом тестовой заготовки;

2) выпечка с последовательным прогревом – сначала ВЧ и затем ИК-способами;

3) выпечка с одновременным ЭК и ИК прогревом;

4) выпечка с последовательным нагревом – сначала ЭК и затем ИК способами.

Одним из наиболее перспективных методов получения хлеба с заданными характеристиками является метод выпечки с использованием электроконтактного энергоподвода [6].

Целью данной работы являлось изучение влияния потребления «Хлеба ржаного бездрожжевого бескоркового», произведенного по технологии электроконтактной выпечки, на уровень глюкозы в крови в эксперименте на белых крысах в сравнении с «Хлебом ржаным диетическим», произведенным по традиционной технологии – радиационно-конвективным способом.

Объекты и методы исследования

В эксперименте использовался «Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый» производства ИП Гончарова О.Н. и «Хлеб ржаной диетический» производства ОАО «Покровский хлеб».

Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый произведен в печи с помощью электроконтактного способа выпечки. Сущность ЭК-способа выпечки состоит в том, что готовое тесто после расстойки помещают между двумя пластинчатыми электродами, включенными в сеть переменного тока промышленной частоты. При действии электрического поля в тестовой заготовке за счет тангенса диэлектрических потерь выделяется тепло и формируется мякиш без образования традиционной корки [7].

Состав «Хлеба ржаного бездрожжевого бескоркового»: зерно ржаное продовольственное пророщенное, мука ржаная обойная хлебопекарная, мука пшеничная хлебопекарная первый сорт, закваска ржаная «Натураль» (вода, исходная закваска), солод ржаной, экстракт ячменного солода, вода, соль поваренная пищевая. Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый выпекается в соответствии с СТО 0168939487-001-2010 «Изделия хлебобулочные. Стандарт организации», регистрационный номер декларации о соответствии ТС № RU Д-RU.АЯ41.В.01298. Тесто готовится традиционным способом на густой закваске в три стадии (закваска, опара, тесто), расстаивается в форме, выпекается при температуре 96 °С, продолжительность ЭК-выпечки 3,5 мин. Хлеб в перспективе может быть рекомендован для диетического питания, так как технология выпечки позволяет максимально сберечь биологически активные вещества, а при проведенных ранее исследованиях установлено уменьшение средних привесов по сравнению с традиционным вариантом питания в эксперименте у крыс на 10+2,0 г за период кормления [7].

Состав «Хлеба ржаного диетического»: мука ржаная хлебопекарная обдирная, мука пшеничная хлебопекарная первый сорт, вода питьевая, солод ржаной сухой ферментированный, соль поваренная пищевая. Выпекается радиационно-конвективным способом в обычных хлебопекарных печах при 200–250 °С, продолжительность выпечки составляет 35–40 мин [6].

Изучение гипогликемического действия продукта проводилось на базе Научно-образовательного центра прикладных химических и биологических исследований Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Опыты проводились на крысах линии Wistar, полученных из питомника «Пущино». Возраст животных – четыре месяца на момент начала эксперимента. Использовались животные обоего пола по 12 особей в группе. Животные содержались в стандартных лабораторных условиях на подстилке REHOFIX, Германия, в поликарбонатных клетках площадью 2150 см^2 по 6 животных на клетку. Температура 20–22 °С, влажность 45–60 %.

Схема эксперимента

Первый этап. В день эксперимента после 18–20 ч голодания все группы животных получали по 12 г хлеба на крысу. Животные первой группы в качестве контроля получали «Хлеб ржаной диетический», вторая группа (опытная) получала «Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый». Через 30 мин остатки хлеба были изъяты. Контроль уровня глюкозы проводился с помощью глюкометра One Touch, кровь брали из хвоста. Измерение глюкозы в крови животных проводилось через 15, 30, 60, 90 и 120 мин после изъятия остатков хлеба [8]. Вода в экспериментах была в свободном доступе.

Второй вариант/этап. Животные вместо корма в течение недели получали «Хлеб ржаной диетический» и «Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый» из расчета 12 г хлеба на крысу. Вода также была в свободном доступе. На 8-й день эксперимента после 18–20 ч голодания одна группа животных получала в качестве контроля по 12 г на крысу «Хлеб ржаной диетический», вторая группа получала «Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый» в том же количестве. Через 30 мин остатки хлеба были изъяты. Измерение глюкозы в крови животных проводилось через

15, 30, 60, 90, 120 и 180 мин после изъятия остатков хлеба.

Эксперименты на животных проводили в соответствии с утвержденным протоколом, с соблюдением правил гуманного обращения с животными.

Статистическую обработку результатов эксперимента проводили с использованием программы GraphPad Prism 6 методом «multiply t test», результаты считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Первый этап. Результаты исследования представлены на рис. 1.

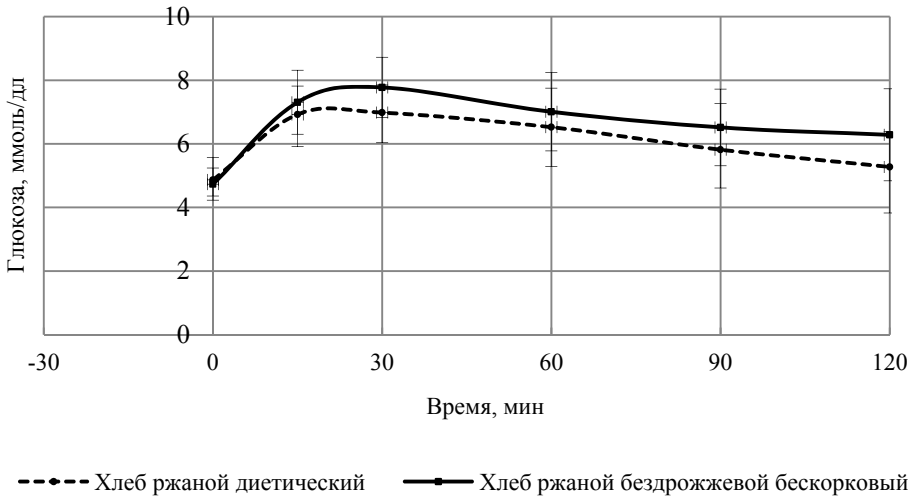

Рис. 1. Уровень глюкозы в крови животных, однократно получавших хлеб

Установлено, что спустя 30 мин после кормления уровень глюкозы в крови животных опытной группы был выше уровня глюкозы в крови животных контрольной группы ($p \leq 0,05$).

При анализе уровня глюкозы животных всех групп было обнаружено, что статистически достоверная разница достигается за счет высокого уровня глюкозы в крови самок (рис. 2.). Различия в уровне глюкозы в крови самцов не обнаружено.

В дальнейшем статистически достоверной разницы в уровнях глюкозы контрольной и опытной групп не наблюдалось. В обеих группах уровень глюкозы по сравнению с исходным пришел в норму через 2 ч после начала эксперимента.

Второй этап. Результаты исследования представлены на рис. 3.

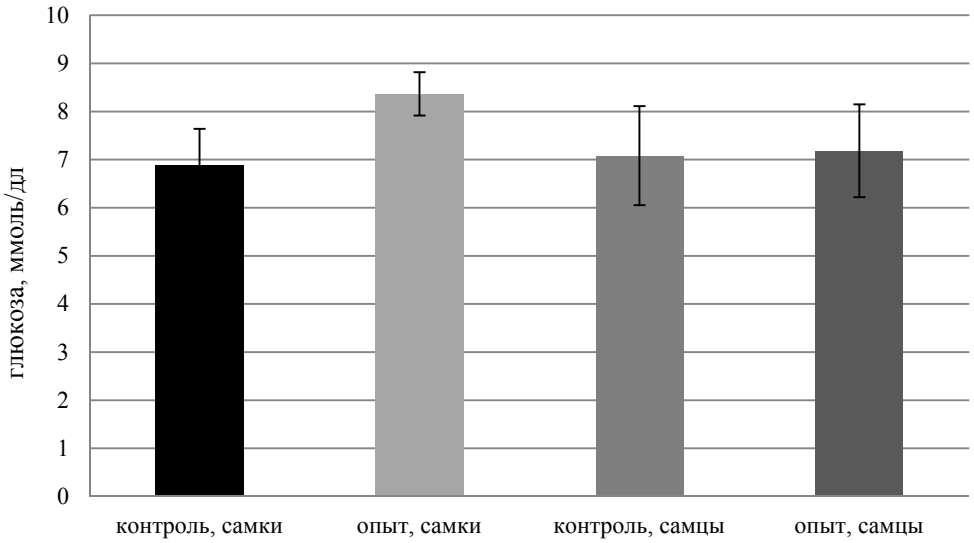

Рис. 2. Уровень глюкозы в крови животных на 30-й мин эксперимента

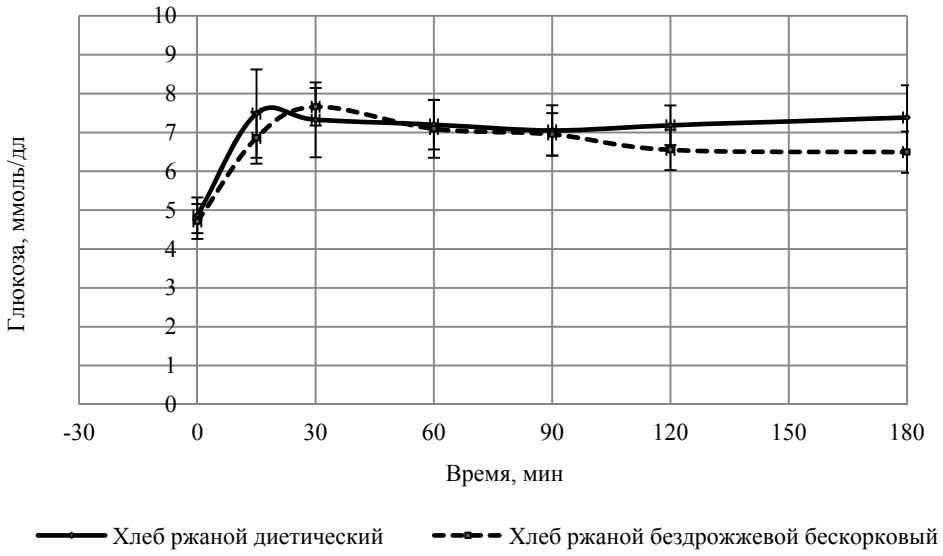

Рис. 3. Уровень глюкозы в крови животных, систематически получавших хлеб в течение 8 дней

Наблюдалось статистически достоверное снижение уровня глюкозы на 120 и 180-й мин у опытной группы по сравнению с контрольной группой. Однако полного восстановления физиологически нормального уровня глюкозы в крови в обеих группах не наблюдалось, что, возможно, связано с переводом животных на длительное углеводное питание. Различий в уровне глюкозы в крови самцов и самок не наблюдалось.

При системном потреблении «Хлеба ржаного бездрожжевого бескоркового» увеличивалась скорость снижения уровня глюкозы в крови, что, по-видимому, связано с составом данного продукта, обусловленным технологией его производства. Существенное снижение времени и температуры выпечки предотвращает образование хлебной корки, характерной для традиционного метода выпечки. Образование хлебной корки связано с процессами клейстеризации и декстринизации [9], которые повышают биодоступность крахмала, что обеспечивает повышение уровня глюкозы в крови животных в первые 30 мин наблюдения. «Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый» содержит меньше продуктов декстринизации крахмала, что приводит к снижению концентрации глюкозы в крови спустя 120 и более минут наблюдения. Содержание белков и крахмала в бескорковом хлебе несколько выше, а содержание декстринов и сахаров ниже, чем в хлебе, выпеченном радиационно-конвективным способом [7]. Однако для уточнения причины снижения уровня глюкозы в крови при потреблении «Хлеба ржаного бездрожжевого бескоркового» требуется проведение дополнительных исследований.

Выводы

1. Технология электроконтактного способа выпечки хлеба позволяет получить хлеб с отсутствием хлебной корки, что оказывает влияние на соотношение в готовом продукте количества крахмала и продуктов декстринизации.

2. Системное употребление «Хлеба ржаного бездрожжевого бескоркового» укорачивает время утилизации глюкозы по сравнению с «Хлебом ржаным диетическим».

3. «Хлеб ржаной бездрожжевой бескорковый» является перспективным для включения в рацион питания людей, страдающих СД2Т, людей, подверженных риску развития данного заболевания, а также для людей, ведущих здоровый образ жизни.

4. ЭК выпечка является перспективным способом выпечки «антидиабетических» сортов хлеба со сниженной скоростью расщепления углеводов хлеба.

Список литературы

1. DeFronzo R. A. Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus / Med. Clin. N. Am. – 2004. – Vol. 88, Iss. 4. – pp. 787-835.

2. Stumvoll M. Type 2 diabetes: Principles of pathogenesis and therapy / M. Stumvoll, B. J. Goldstein, T. W. Van Haeften // Lancet – 2005. – Vol. 365, Iss. 9467. – pp. 1333-1346.

3. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 6th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.idf.org/diabetesatlas.

4. Могилянская, Н.А. Роль отдельных микронутриентов в питании диабетиков // Пищевая наука и технология. – 2012. – № 2(19). – С. 5–9.

5. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 415 с.

6. Электроконтактный энергоподвод при выпечке хлеба / Г.А. Сидоренко, В.П. Попов, Г.Б. Зинюхин, Д.И. Ялалетдинова, А.Г. Зинюхина // Вестник ОГУ. – 2012. – № 1 (137). – С. 214–221.

7. Сидоренко, Г.А. Исследование особенностей выпечки бескоркового хлеба на основе системного подхода / Г.А. Сидоренко, В.П. Попов, В.Л. Касперович // Вестник ОГУ. – 1999. – № 1. – С. 81–86.

8. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / А.Н. Миронов, Н.Д. Бунатян [и др.]. – М.: Гриф и К, 2012. – 944 с.

9. Процессы, происходящие в хлебе при его выпечке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lola-hleb.ucoz.ru/publ/52-1-0-130.

THE STUDY ON HYPOGLYCEMIC EFFECT OF UNLEAVENED CRUSTLESS BREAD

S.Yu. Solodnikov*, G.A. Lyushina, V.V. Maslova

Perm National Research Polytechnic University,
29, Komsomolsky Ave, Perm, 614990, Russia

**e-mail: s.u.solodnikov@rambler.ru*

Received: 23.05.2016
Accepted: 10.07.2016

Type 2 diabetes has a stead tendency to increase all over the world. A balanced diet is the foundation of success in improvement of life quality of patients suffering from diabetes. The restriction of consumption of such foods as bread requires the development of formulations and techniques for baking bread, which will minimally raise blood glucose level and preserve the optimal amount of amino acids and vitamins in bread. One way to obtain bread with a low glycemic index is a crustless bread production technology with electrocontact method, while using it the crust of bread is not formed, and the temperature and baking time are minimal now. The effects of “Rye unleavened crustless bread” that was produced with electrocontact method (SP “Goncharova O.N.”) in comparison with “Rye diet bread”, that was produced with the traditional technology – radiation-convective method (JSC “Pokrovsky bread”) on the blood glucose level of white rats at unitary and systemic intake has been studied. It was found that a hypoglycemic effect was not observed under one-time intake of bread in both cases. It was established that blood glucose level started to lower earlier in animals systematically treated with the “Rye unleavened crustless bread” as compared to animals treated with “Rye diet bread”. This allows us to recommend “Rye unleavened crustless bread” as a dietary food for people with diabetes and people living a healthy lifestyle.

Bread, electrocontact-baking technology, type 2 diabetes

References

1. DeFronzo R. A. Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Med. Clin. N. Am.*, 2004, vol. 88, iss. 4, pp. 787–835.

2. Stumvoll M., Goldstein B.J., Van Haeften T.W. Type 2 diabetes: Principles of pathogenesis and therapy. *Lancet*, 2005, vol. 365, iss. 9467, pp. 1333–1346.

3. *International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 6th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation*, 2013. Available at: http://www.idf.org/diabetesatlas.

4. Mogilyanskaya N.A. Rol' otdel'nykh mikronutrientov v pitanii diabetikov [The role of certain micronutrients in the diet of diabetics]. *Pishchevaya nauka i tekhnologiya* [Food science and technology], 2012, no. 2(19), pp. 5–9.

5. Auerman L.Ya. *Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva* [The technology of baking production]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1984. 415 p.

6. Sidorenko G.A., Popov V.P., Zinyukhin G.B., Yalaletdinova D.I., Zinyukhina A.G. *Elektrokontaktnyy energopodvod pri vypechke khleba* [Electrocontact energy input in baking bread]. *Vestnik OGU* [Vestnik of the Orenburg State University], 2012, no. 1(137), pp. 214–221.

7. Sidorenko G.A, Popov V.P., Kasperovich V.L. Issledovanie osobennostey vypechki beskorkovogo khleba na osnove sistemnogo podkhoda [The study of features hammerless baking bread on the basis of a systematic approach]. *Vestnik OGU* [Vestnik of the Orenburg State University], 1999, no. 1, pp. 81–86.

8. Mironov A.N., Bunatyan N.D., et al. *Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv* [Guidelines for preclinical drugs studies]. Moscow, Grief and K, 2012. 944 p.

9. *Protsessy, proiskhodyashchie v khlebe pri ego vypechke* [The processes taking place in the bread when it is baked]. Available at: http://lola-hleb.ucoz.ru/publ/52-1-0-130.

Дополнительная информация / Additional Information

Солодников, С.Ю. Изучение гипогликемического действия бездрожжевого бескоркового хлеба / С.Ю. Солодников, Г.А. Люшина, В.В. Маслова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42. – № 3. – С. 140–145.

Solodnikov S.Yu., Lyushina G.A., Maslova V.V. The study on hypoglycemic effect of unleavened crustless bread. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2016, vol. 42, no. 3, pp. 140–145. (in Russ.).

Солодников Сергей Юрьевич
канд. мед. наук, доцент кафедры химии и биотехнологии, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», 614990, Россия, Пермский край, г. Пермь – ГСП, Комсомольский проспект, д. 29, тел.: +7 (342) 2-198-261, e-mail: s.u.solodnikov@rambler.ru

Люшина Галина Андреевна
младший научный сотрудник научно-образовательного центра прикладных химико-биологических исследований, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», 614990, Россия, Пермский край, г. Пермь – ГСП, Комсомольский проспект, д. 29, тел.: +7 (342) 2-198-261, e-mail: lindick@ya.ru

Маслова Вера Владимировна
инженер-исследователь научно-образовательного центра прикладных химико-биологических исследований, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», 614990, Россия, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29, тел.: +7 (342) 2-198-261, e-mail: vmasliva@mail.ru

Sergey Yu. Solodnikov
Cand.Sci.(Med.), Associate Professor of the Department of Chemistry and Biotechnology, Perm National Research Polytechnic University, 29, Komsomolsky Ave, Perm - GSP, 614990, Russia, phone: +7 (342) 2-198-261,
e-mail: s.u.solodnikov@rambler.ru

Galina A. Lyushina
Junior Researcher in Research and Education Center of Applied Chemical and Biological Research, Perm National Research Polytechnic University, 29, Komsomolsky Ave, Perm - GSP, 614990, Russia, phone: +7 (342) 2-198-261,
e-mail: lindick@ya.ru

Vera V. Maslova
Engineer Researcher in Research and Education Center of Applied Chemical and Biological Research, Perm National Research Polytechnic University, 29, Komsomolsky Ave, Perm - GSP, 614990, Russia, phone: +7 (342) 2-198-261,
e-mail: vmasliva@mail.ru