

УДК 577/ 663.126

## Влияние длительного замораживания на содержание тиоловых веществ и протеолитическую активность хлебопекарных дрожжей

Канд. хим. наук Н. Н. СКВОРЦОВА<sup>1</sup>, д-р мед. наук А. Г. ШЛЕЙКИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup>natalyskvortsova@yandex.ru, <sup>2</sup>shleikin@yandex.ru

Университет ИТМО

А. Б. АРЫКБАЕВА

aliya.arykbaeva@mail.ru

Казахский национальный медицинский университет имени С. Д. Асфендиярова

Проведено исследование изменений содержания сульфгидрильных групп, восстановленного глутатиона и протеолитической активности, сушеных и прессованных хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при хранении при температуре  $-20 \pm 2$  °С. Объектами исследования служили товарные образцы сушеных и прессованных хлебопекарных дрожжей производства ООО «Саф-Нева» и ОАО «Комбинат пищевых продуктов», соответственно. Образцы дрожжей хранили в морозильной камере при  $-20$  °С в течение 35 дней. Аликвоты дрожжей отбирали через 5, 10, 15, 20, 25 и 35 дней и определяли в них общее количество восстановленных тиоловых соединений, содержание глутатиона и протеолитическую активность. Результаты исследования показали, что в течение 35 дней хранения общее содержание тиоловых веществ увеличивалось: в сухих дрожжах на 8,3%, в прессованных дрожжах в 2,5 раза содержание восстановленного глутатиона в сушеных дрожжах увеличивалось на 37,3%, а в прессованных дрожжи в 7 раз. При тех же условиях протеолитическая активность снижалась: в сухих дрожжах — в 3,2 раза, в прессованных дрожжах — в 8,6 раза.

**Ключевые слова:** дрожжи, замораживание, тиоловые вещества, восстановленный глутатион, протеолитическая активность.

### Информация о статье:

Поступила в редакцию 15.05.2018, принята к печати 20.07.2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-3-62-66

Язык статьи — русский

### Для цитирования:

Скворцова Н. Н., Шлейкин А. Г., Арыкбаева А. Б. Влияние длительного замораживания на содержание тиоловых веществ и протеолитическую активность хлебопекарных дрожжей // Вестник Международной академии холода. 2018. № 3. С. 62–66.

## The effect of prolonged freezing on the content of thiol substances and proteolytic activity of yeast

Ph. D. N. N. SKVORTSOVA<sup>1</sup>, D. Sc. A. G. SHLEIKIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>natalyskvortsova@yandex.ru, <sup>2</sup>shleikin@yandex.ru

ITMO University

A. B. ARYKBAYEVA

aliya.arykbaeva@mail.ru

Asfendiarov Kazakh National Medical University

The article deals with the changes of sulfhydryl group content, reduced glutathione content, and proteolytic activity in dried and pressed baker yeast of *Saccharomyces cerevisiae* species stored at the temperature of  $-20 \pm 2$  °C. The objects of the study were the commercial samples of *Saccharomyces cerevisiae*: Saf-Moment dried yeast and compressed yeast manufactured by Russian Saf-Neve and Combine foods companies, respectively. The yeast samples were stored in a freezer at  $-20$  °C for 35 days. Aliquots were taken at 5, 10, 15, 20, 25, and 35 days, and the total amount of reduced thiol compounds, reduced glutathione content, and proteolytic activity were determined. The results of the study demonstrated that for 35 days of storage the total content of thiol substances increased: in dried yeast by 8.3%, in pressed yeast 2.5-fold; the content of reduced glutathione increased in dry yeast by 37.3%, and in pressed yeast 7-fold. Under the same conditions the proteolytic activity decreased: in dried yeast 3.2-fold, in pressed yeast — 8.6-fold.

**Keywords:** yeast, freezing, reduced glutathione, proteolytic activity.

**Article info:**

Received 15/05/2018, accepted 20/07/2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-3-62-66

Article in Russian

**For citation:**Skvortsova N. N., Shleikin A. G., Arykbayeva A. B. The effect of prolonged freezing on the content of thiol substances and proteolytic activity of yeast. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2018. No 3. p. 62–66.**Введение**

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* относятся к эукариотам. Клетки дрожжей обладают особенностями строения и состава, характерными как для растительных, так и для животных клеток. В клетках дрожжей имеются клеточные стенки, как в растениях и накапливается гликоген, как и в тканях животных. В цитоплазме дрожжевых клеток содержатся белки, РНК, липиды, углеводы. Дрожжи — факультативные анаэробы. В зависимости от условий среды они способны переключаться с анаэробного брожения на аэробный дыхательный метаболизм и обратно [1]. Благодаря своей разнообразной и динамичной активности, дрожжи используются для производства многих продуктов, таких как пиво, вино, хлеб, а также для производства биотоплива и биофармацевтических препаратов. *Saccharomyces cerevisiae* (пивные или пекарские дрожжи) — это виды дрожжей, которые, наиболее эксплуатируются человеком, их использование для производства пива датируется, по крайней мере, до 6-го тысячелетия до нашей эры [2]. Пекарские дрожжи являются краеугольным камнем современной биотехнологии, позволившие разработать эффективные производственные процессы. На сегодняшний день различные виды дрожжей изучаются для промышленного применения, в частности, для производства ферментов. Кроме того, активно развивается новое направление применения дрожжей — нанобиотехнология, рассматривающая клетки дрожжей в качестве биосенсоров [3].

Дрожжевые клетки богаты ферментами, содержащимися в клеточных стенках, цитоплазме и внутриклеточных органеллах. В них происходит синтез белка и других биополимеров, активно протекают реакции метаболизма, катализируемые представителями всех шести классов ферментов. В клетках *S. cerevisiae* активно происходит сбраживание моносахаридов — гексоз, которые образуются из дисахаридов — сахарозы и мальтозы под действием ферментов  $\beta$ -фруктофуранозидазы и  $\alpha$ -глюкозидазы, соответственно. Они обладают протеолитической активностью, которая характеризует физиологическое состояние клеток. Метаболической особенностью дрожжей является их способность накапливать в стрессовых условиях тиоловый трипептид глутатион [4]. Внутриклеточный глутатион выполняет ряд важных биологических функций. Он является эффективным водорастворимым антиоксидантом, участвует в процессах адаптации и в реакциях иммунитета а также служит активатором тиоловых ферментов [5].

**Материалы и методы исследования**

Объектом исследования служили товарные образцы сушеных [6] и прессованных [7] хлебопекарных дрожжей

производства ООО «Саф-Нева» и ОАО «Комбинат пищевых продуктов», соответственно. Навески образцов ( $5,0 \pm 0,1$  г) закладывали на хранение в морозильную камеру при температуре  $-20 \pm 1$  °С. Опытные образцы размораживали при комнатной температуре ( $20 \pm 1$  °С) и анализировали биохимические показатели через 10, 15, 25 и 35 дней хранения. Содержание сульфгидрильных групп и восстановленного глутатиона в образцах дрожжей определяли йодометрическим методом [8]; протеолитическую активность определяли титрометрическим методом, по количеству аминного азота, образующегося при расщеплении казеина [8].

**Определение общего содержания тиоловых веществ и восстановленного глутатиона**

Тиоловые вещества естественного происхождения существуют во всех живых системах и входят в состав антиоксидантной системы клетки. Тиол-дисульфидные сопряженные окислительно-восстановительные пары на основе глутатиона, принимая на себя действие окислителя, защищают от окисления белки со свободными тиоловыми группами. Глутатион принимает участие в окислительно-восстановительном гомеостазе, в защите клеточных компонентов от повреждающего действия активных форм кислорода, регуляции активности ферментов и защитных реакций [9]. Каталитическая окислительно-восстановительная система глутатиона представляет собой один из ведущих путей торможения перекисного окисления липидов и дезинтеграции его продуктов в клетке [10]. В то же время глутатион активирует протеолитические ферменты муки, что может привести к снижению качества клейковины, поэтому технологи иногда снижают содержание глутатиона в тестовых полуфабрикатах путем введения окислителей [11].

Определение общего содержания сульфгидрильных (тиоловых) групп проводили йодометрическим методом. Способ определения восстановленной (сульфгидрильной) формы глутатиона (ГлSH) основан на окислении тиоловой группы йодом по уравнению:



Результаты определения общего содержания сульфгидрильных групп использовали для расчета содержания глутатиона в восстановленной форме. После определения общего содержания SH-групп в щелочной среде отделяют восстановленный глутатион осаждением сульфатом кадмия и определяют количество оставшихся в растворе SH-групп. По разности между общим содержанием SH-групп и оставшихся в растворе SH-групп после осаждения находят содержание глутатиона в восстановленной форме [8]. Определения проводили через установленные

промежутки времени при хранении в морозильной камере в течение 35 сут при температуре  $-20 \pm 2$  °C (табл. 1).

Как следует из данных табл. 1, хранение при указанной температуре не оказывает значительного влияния на общее содержание сульфгидрильных групп. В образцах сушеных дрожжей в течение 15 сут не обнаруживается аналитически достоверных изменений содержания глутатиона. В прессованных дрожжах содержание тиоловых веществ увеличивается, при этом содержание восстановленного глутатиона в течение 15 сут повышается в два раза.

После 25 сут хранения наблюдается повышение содержания восстановленного глутатиона: в сушеных дрожжах на 25%, в прессованных — на 66,6%. Последующий период низкотемпературной выдержки (35 сут) привел к увеличению содержания восстановленного глутатиона в 1,3 раза по сравнению с исходным содержанием в сушеных дрожжах и в 7 раз — в прессованных.

Увеличение содержания восстановленного глутатиона может служить показателем реакции дрожжевых клеток на действие неблагоприятного фактора, которое более ярко проявляется в образцах прессованных дрожжей. Возможно, менее выраженное повышение содержания восстановленного глутатиона в образцах сушеных дрожжей связано с наличием стабилизирующих добавок, тормозящих реакцию клеток на действие неблагоприятных факторов, к которым относится низкотемпературное хранение и голодовой стресс.

В работе [4] авторы исследовали изменение содержания тиоловых веществ при хранении дрожжей при температуре  $0 \div 4$  °C. Содержание тиоловых групп определяли прямым и обратным методом амперометрического титрования на анализаторе ТДА-02. Авторами отмечено снижение общего количества тиоловых групп в среднем на 31% за 35 сут. За тот же период времени в указанных условиях содержание восстановленного глутатиона увеличилось в 2 раза. Сравнение абсолютных величин результатов определения, полученных в данной работе, с нашими данными затруднено, так как в сравниваемых работах были использованы разные методы определения и подготовки проб образцов дрожжей для анализа.

Анализ результатов предыдущих исследований позволяет предположить, что нарастание общего содержания тиоловых веществ в процессе низкотемпературного хранения, может быть связано с протеолизом внутриклеточных серосодержащих белков металлотioneинов в клетках дрожжей [5].

Поскольку интенсивность энергозависимых анаболических процессов метаболизма, к которым относится биосинтез глутатиона, снижается в условиях низкотемпературного хранения, как из-за отсутствия поступления питательных веществ, так и неблагоприятных условий для функционирования ферментов, то вероятной причиной накопления восстановленного глутатиона в цитоплазме клеток может быть следствием снижения его использования в реакциях внутриклеточного метаболизма.

Развитие в клетке процессов антиоксидантной защиты зависят от фонда доноров водорода НАДФН и НАДН, которые восполняются в процессах утилизации глюкозы клеткой по гликолитическому пути (НАДН) и пентозофосфатному пути (НАДФН). Эти процессы подавлены в условиях низкотемпературного голодового стресса, однако, активация процессов свободно-радикального окисления, по-видимому, интенсифицирует выработку компонентов антиоксидантной защиты, к которым относится глутатион, за счет активации ферментов: глутатионредуктазы, катализирующей восстановление окисленного глутатиона и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, поставляющей восстановленный кофермент НАДФ2Н.

### Определение протеолитической активности

Протеолитическая активность характеризует способность ферментов катализировать расщепление белка до пептидов и аминокислот. Определение активности протеолитических ферментов дрожжей актуально при проведении исследования метаболизма дрожжей, а также в процессе селекции дрожжей и поддержании их качества при хранении [12]. В основе определения протеолитической активности лежат различные принципы: изменение физико — химических свойств субстратов, определение убыли субстрата, определение количества продуктов протеолиза [13]. Для оценки общей протеолитической активности дрожжей нами использован модифицированный метод, основанный на расщеплении протеазами дрожжей белка казеина с последующим определением содержания аминного азота продуктов расщепления по содержанию аминного азота методом формольного титрования. Содержание аминного азота ( $m(N)$ ) выбрано в качестве первичного критерия для оценки протеолитической активности (табл. 2).

Как следует из данных табл. 2, хранение в морозильной камере в течение 35 сут при температуре  $-20 \pm 2$  °C обнаруживает аналитически достоверные изменения

Таблица 1

Содержание сульфгидрильных групп ( $X_1$ ) и восстановленного глутатиона ( $X_{ГлSH}$ ) при низкотемпературном ( $-20 \pm 2$  °C) хранении дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

Table 1

Sulfhydryl group content content ( $X_1$ ) and reduced glutathione content ( $X_{ГлSH}$ ) during low temperature ( $-20 \pm 2$  °C) storage of *Saccharomyces cerevisiae*

Виды дрожжей / сутки	$X_1$ (мкмоль/г)				$X_{ГлSH}$ (мкмоль/г)			
	0	15	25	35	0	15	25	35
Сушеные дрожжи	73,7±0,3	61,4±0,1	73,7±0,3	79,8±0,2	49,1±0,3	49,1±0,2	61,4±0,1	67,4±0,2
Прессованные дрожжи	24,6±0,2	24,6±0,1	43,0±0,2	61,4±0,3	6,1±0,3	12,3±0,2	36,9±0,3	43,0±0,1

Таблица 2

Содержание аминного азота ( $m$  (N)) при низкотемпературном ( $-20\pm 2$  °C) хранении дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

Table 2

Amino nitrogen content ( $m$  (N)) during low temperature ( $-20\pm 2$  °C) storage of *Saccharomyces cerevisiae*

Виды дрожжей / сутки	$m$ (N), мг					
	5	10	15	20	25	35
Сушеные дрожжи	7,56±0,02	7,28±0,03	7,00±0,01	3,08±0,02	2,52±0,04	2,40±0,01
Прессованные дрожжи	4,20±0,06	3,92±0,04	1,40±0,03	0,84±0,03	0,56±0,02	0,49±0,02

протеолитической активности дрожжей. Исходная активность протеолитических ферментов в сухих дрожжах изначально выше в 1,8 раза. Однако и в сушеных, и в прессованных дрожжах наблюдается сходное падение протеолитической активности. Учитывая, что для проведения экспериментов использованы товарные виды сухих и прессованных дрожжей *S. cerevisiae*, можно предположить, что такое различие объясняется спецификой метаболизма клеток, испытавших разные воздействия при предпродажном хранении.

Следует отметить, что при длительном воздействии низкой температуры дрожжевые клетки испытывают голодовой стресс. Стрессовое состояние в первые 10 суток воздействия низкой температуры незначительно снижает активность протеолитических ферментов, а затем происходит резкое падение активности, протекающий особенно быстро в прессованных дрожжах. Сушеные дрожжи, как правило, содержат стабилизирующие добавки и, по-видимому, вследствие этого, резкое падение активности происходит в более поздние сроки, что следует учитывать при отборе штаммов дрожжей, используемых в производстве вина и виноматериалов [14]. На различия динамики биохимических изменений влияет, очевидно, и большее содержание в прессованных дрожжах свободной воды, чем в сушеных, кристаллизация которой приводит к денатурации белков, в том числе ферментов.

### Заключение

В результате проведенного исследования определена динамика содержания тиоловых веществ в образцах сушеных и прессованных хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при хранении в замороженном состоянии. Показано, что нарастание содержания вос-

становленного глутатиона происходит быстрее в прессованных дрожжах, чем в сушеных. Установлено изменение общей протеолитической активности дрожжевых клеток в сушеных и прессованных хлебопекарных дрожжах *S. cerevisiae* в условиях опыта: профиль падения активности совпадает для обоих видов дрожжей, однако значения протеолитической активности в образцах сушеных дрожжей оказалась выше на всех сроках хранения. Результаты исследования показали, что в течение 35 сут хранения общее содержание тиоловых веществ увеличивалось: в сушеных дрожжах на 8,3%, в прессованных — в 2,5 раза содержание восстановленного глутатиона в сушеных дрожжах увеличивалось на 37,3%, а в прессованных — в 7 раз. В то же время протеолитическая активность снижалась: в сушеных дрожжах — в 3,2 раза, в прессованных — в 8,6 раза.

Наблюдаемый характер изменений обусловлен первоначальной реакцией дрожжей на неблагоприятное изменение условий. Реализуемые клетками *Saccharomyces cerevisiae* механизмы антистрессорной защиты способствуют развитию состояния адаптации, интегральным показателем которой является высокое содержание восстановленного глутатиона в клетках. Это способствует длительному сохранению жизнеспособности и метаболической активности дрожжевых клеток.

Оценка способности дрожжей к накоплению глутатиона в неблагоприятных условиях существования может быть использована для отбора штаммов *Saccharomyces cerevisiae*, предназначенных для длительного хранения, а определение протеолитической активности — для рационального выбора дрожжевых препаратов, используемых в различных промышленных технологиях, в том числе в хлебопечении, виноделии, а также в производстве ферментов и конструировании биосенсоров.

### Литература

1. Piškur Ju., Compagno C. Molecular mechanisms in yeast carbon metabolism. — Springer, 2014. 326 p.
2. Willaert R. G. Yeast Biotechnology // Fermentation. 2017. Vol. 3 (1). P. 6. <https://doi.org/10.3390/fermentation3010006>
3. Willaert R., Kasas S., Devreese B., Dietler G. Yeast Nanobiotechnology // Fermentation. 2016. Vol. 2 (4). P. 18. <https://doi.org/10.3390/fermentation2040018>.

### References

1. Piškur Ju., Compagno C. Molecular mechanisms in yeast carbon metabolism. — Springer, 2014. 326 p.
2. Willaert R. G. Yeast Biotechnology. *Fermentation*. 2017. Vol. 3 (1). P. 6. <https://doi.org/10.3390/fermentation3010006>
3. Willaert R., Kasas S., Devreese B., Dietler G. Yeast Nanobiotechnology. *Fermentation*. 2016. Vol. 2 (4). P. 18. <https://doi.org/10.3390/fermentation2040018>.

4. Шлейкин А. Г., Жилинская Н. Т., Кабанов А. В. Изучение тиоловых веществ в хлебопекарных дрожжах // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 1 (13). С. 55.
5. Shleikin A., Zhilinskaia N., Skvortsova N. Morphometric and biochemical analysis of yeast cells under low temperature storage // 11th Baltic conference on food science and technology: Food science and technology in a changing world, FOODBALT-2017, IET — 2017. P. 23–26.
6. ГОСТ Р 54731. Дрожжи хлебопекарные сушеные. Технические условия. Национальный стандарт РФ. — М.: Стандартинформ, 2012.
7. ГОСТ Р 54845–2011. ТУ 10-033-4585-90. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия. Национальный стандарт РФ — М.: Стандартинформ, 2013.
8. Шлейкин А. Г., Скворцова Н. Н., Бландов А. Н. Биохимия. Часть 2. Белки. Ферменты. Витамины. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. 106 с.
9. Patrignani F., Chinnici F., Serrazanetti D. I. et al. Production of volatile and sulfur compounds by 10 *Saccharomyces cerevisiae* strains inoculated in Trebbiano Must // Front Microbiol. 2016. Vol. 7. P. 243.
10. Смирнова Г. В., Закирова О. Н., Октябрьский О. Н. Роль антиоксидантных систем в отклике бактерий *Escherichia coli* на холодовой стресс. // Микробиология. 2011. № 70. С. 55–60.
11. Соболева Е. В., Сергачева Е. С. Высокоактивные хлебопекарные дрожжи. // Промышленный портал о холодильной технике и оборудовании. Сентябрь 2013. [Электронный ресурс]: <http://holodonline.com/article/vysokoaktivnye-khlebopekarnye-drozhzhi/>
12. Kamran A., Rehman H., Qader S., Baloch A., Kamal M. Purification and characterization of thiol dependent, oxidation-stable serine alkaline protease from thermophilic *Bacillus* sp. // Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 2015. Vol. 13 (1). P. 59–64.
13. Биссвангер Х. Практическая энзимология: пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 328 с.
14. Schlander M., Distler U., Tenzer S., Thines E., Claus H. Purification and Properties of Yeast Proteases Secreted by *Wickerhamomyces anomalus* 227 and *Metschnikovia pulcherrima* 446 during Growth in a White Grape Juice // Fermentation. 2017. Vol. 3 (1). P. 2. doi:10.3390/fermentation3010002.
4. Shleikin A., Zhilinskaia N., Kabanov A. V. The study of thiol substances in baking yeast. *Scientific journal of NIU ITMO. Series: Processes and devices of food production*. 2012. No. 1 (13). P. 55. (in Russian)
5. Shleikin A., Zhilinskaia N., Skvortsova N. Morphometric and biochemical analysis of yeast cells under low temperature storage // 11th Baltic conference on food science and technology: *Food science and technology in a changing world*, FOODBALT-2017, IET — 2017. P. 23–26.
6. State standard 54731. Baker's dried yeast. Specifications. National standard of the Russian Federation. Moscow: Standartinform, 2012. (in Russian)
7. State standard 54845–2011. TU 10-033-4585-90. Baker's pressed yeast. Specifications. Technical conditions. National standard of the Russian Federation. Moscow: Standartinform, 2013. (in Russian)
8. Shleikin A. G., Skvortsova N. N., Blandov A. N. Biochemistry. Part 2. Proteins. Enzymes. Vitamins. SPb.: ITMO University, 2015. 106 p. (in Russian)
9. Patrignani F., Chinnici F., Serrazanetti D. I. et al. Production of volatile and sulfur compounds by 10 *Saccharomyces cerevisiae* strains inoculated in Trebbiano Must. *Front Microbiol.* 2016. Vol. 7. P. 243.
10. Smirnova G. V., Zakirova O. N., Oktyabrsky O. N. The role of antioxidant systems in the response of *Escherichia coli* bacteria to cold stress. *Microbiology*. 2011. № 70. P. 55–60. (in Russian)
11. Soboleva E. V., Sergacheva E. S. Highly active bakery yeast. *Industrial portal about refrigeration equipment and equipment. Electronic resource*. — 2013. (in Russian) <http://holodonline.com/article/vysokoaktivnye-khlebopekarnye-drozhzhi/>
12. Kamran A., Rehman H., Qader S., Baloch A., Kamal M. Purification and characterization of thiol dependent, oxidation-stable serine alkaline protease from thermophilic *Bacillus* sp. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2015. Vol. 13 (1). P. 59–64.
13. Bisswanger H. *Practical Enzymology: Translation from English*. — Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2015. 328 p. (in Russian)
14. Schlander M., Distler U., Tenzer S., Thines E., Claus H. Purification and Properties of Yeast Proteases Secreted by *Wickerhamomyces anomalus* 227 and *Metschnikovia pulcherrima* 446 during Growth in a White Grape Juice. *Fermentation*. 2017. Vol. 3 (1). P. 2. doi:10.3390/fermentation3010002.

### Сведения об авторах

#### Скворцова Наталья Николаевна

к. х. н., доцент кафедры химии и молекулярной биологии  
Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9,  
[natalyskvortsova@yandex.ru](mailto:natalyskvortsova@yandex.ru)

#### Шлейкин Александр Герасимович

д. мед. н., профессор кафедры технологий производства  
пищевых микроингредиентов Университета ИТМО,  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9,  
[shleikin@yandex.ru](mailto:shleikin@yandex.ru)

#### Арыкбаева Алия Бахыткызы

научный сотрудник Казахского национального медицинского  
университета им. С. Д. Асфендиярова,  
050000, Казахстан, г. Алматы, ул. Толе Би, 94.  
[aliya.arykbaeva@mail.ru](mailto:aliya.arykbaeva@mail.ru)

### Information about authors

#### Skvortsova Natalija Nikolaevna

Ph. D., associate Professor of the Department of chemistry and  
molecular biology of ITMO University,  
191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9,  
[natalyskvortsova@yandex.ru](mailto:natalyskvortsova@yandex.ru)

#### Shleikin Aleksandr Gerasimovich

D. Sc., Professor of the Department of production technologies  
of food microingredients of ITMO University,  
191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9,  
[shleikin@yandex.ru](mailto:shleikin@yandex.ru)

#### Arykbaeva Aliya Bahytkyzy

Research fellow of Asfendiarov Kazakh National Medical  
University, Kazakhstan, Almaty 050000, Tole Bi St. 94,  
[aliya.arykbaeva@mail.ru](mailto:aliya.arykbaeva@mail.ru)