

УДК 664.66.022.3

## Способ получения белкового ингредиента из остаточных пивных дрожжей со свойствами сорбента микотоксинов для хлебопекарного производства

Д-р техн. наук **В.Е. Куцакова**, vekprof@mail.ru,  
канд. техн. наук **Т.В. Шкотова**, tatyashkotova@yandex.ru,  
**С.В. Ефимова**, efiman76@mail.ru,

Университет ИТМО  
191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Важной проблемой хлебопекарной промышленности является улучшение качества выпускаемой продукции при снижении удельных затрат ресурсов всех видов. Для решения данной проблемы особый интерес представляет применение побочных продуктов пивоварения – остаточных пивных дрожжей. Пивные дрожжи содержат полноценный по своему аминокислотному составу белок, витамины группы B, D, E, F, K и важные микроэлементы. Полисахаридная оболочка дрожжей, при освобождении ее с поверхности клетки, является сорбентом микотоксинов. Существующие способы переработки остаточных пивных дрожжей длительны, энергоемки и сложны для практического применения. При этом готовые продукты не обладают свойствами сорбента микотоксинов из-за сохранения целостности клеток дрожжей, а горечь в конечном продукте затрудняет их применение в пищевой промышленности. В статье предложена технология получения обезгореченного белкового ингредиента на основе остаточных пивных дрожжей со свойствами сорбента микотоксинов. Показано, что использование ингредиента, полученного по предлагаемой технологии в количестве 1% к массе муки при производстве ржано-пшеничного хлеба позволяет сократить процесс брожения и расстойки на 50 и 30% соответственно. При этом увеличивается удельный объем хлеба на 2,7%, пористость на 10,7%, формоустойчивость на 16,3%, а упек уменьшается на 9,2% по сравнению с контрольным образцом. Кроме того введение белкового ингредиента из остаточных пивных дрожжей в рецептуру хлебных изделий увеличивает их пищевую и биологическую ценность.*

*Ключевые слова:* белковый ингредиент; сорбент микотоксинов; остаточные пивные дрожжи; хлеб ржано-пшеничный.

## The method for producing protein ingredient of residual brewer's yeast with the properties of the sorbent of mycotoxins for bakery

D.Sc. **Kutsakova V.E.** vekprof@mail.ru,  
Ph.D. **Shkotova T.V.** tatyashkotova@yandex.ru, **Efimova S.V.** efiman76@mail.ru

ITMO University  
191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*Improving the quality of products while reducing the unit cost of resources of all kinds is an important issue when it comes to the baking industry. The use of brewing byproducts – remaining brewer's yeast – could be a good solution to this issue. The brewer's yeast contain protein and B, D, E, F and K vitamins valuable in terms of their amino acid composition as well as of important microelements. Polysaccharide sheath yeast, releasing her from the cell surface, is the adsorbent of mycotoxins. The existing methods of processing remaining brewer's yeast consume too much time, energy and are complicated in terms of its practical application. At the same time finished products do not have the properties of adsorbent of mycotoxins of maintaining the integrity of the yeast cells, and the bitterness of the final product making them difficult to use in the food industry. The article features the technology of producing an unbittered protein ingredient on the basis of residual brewer's yeast, with the properties of the sorbent mycotoxins. The research shows that the use of the ingredient produced by applying the suggested technology at a ratio of 2% to the flour mass when producing rye-wheat bread allows to reduce the time needed for fermentation and proving by 50% and 30% respectively. At the same time there is a 2,7% increase of specific bread volume, a 10.7% increase of porosity, a 16.3% increase of shape stability, and a 9.2% decrease of oven loss compared to the reference template. Moreover the introduction of the residual brewer's yeast protein ingredient in the formulation bread products increases their nutritional and biological value.*

*Keywords:* protein ingredient; sorbent mycotoxins; residual brewer's yeast; rye-wheat bread.

В последние годы россияне проявляют все больший интерес к хлебу нетрадиционных сортов: хлебу, изготовленному по национальным рецептам, продукции, обогащенной минералами и полезными веществами. В связи с этим актуальными являются исследования, направленные на разработку эффективных способов использования в хлебопечении нетрадиционного сырья и микроингредиентов, обеспечивающих экономию основного и дополнительного сырья, а также повышение качества и пищевой ценности продукции [1].

Особый интерес представляет применение побочных продуктов пивоварения для обогащения витаминного и минерального состава готовых изделий и получения продукции с повышенной пищевой ценностью. Ценным отходом пивоварения являются остаточные пивные дрожжи (ОПД). Состав пивных дрожжей уникален: дрожжи содержат витамины группы В, витамины D, E, F, K и важные микроэлементы, находящиеся в биоусвояемой форме [2]. Важно отметить, что плотная полисахаридная оболочка дрожжей, при освобождении ее с поверхности клетки, является сорбентом микотоксинов. Микотоксины (от греч. *mukes* – гриб и *toxicon* – яд) – токсичные продукты жизнедеятельности микроскопических плесневых грибов, обладающие выраженными токсическими свойствами. Учитывая, что микотоксины, помимо общетоксического действия, обладают мутагенными, тератогенными и канцерогенными свойствами, а также существенно влияют на иммунный статус теплокровных, их следует рассматривать как одну из важнейших медицинских проблем. При этом необходимо отметить, что основными продуктами подверженными загрязнению микотоксинами являются зерна злаковых, и продукты их переработки. Считается, что не менее 25% производимого в мире зерна поражено микотоксинами. Известно, что микотоксины устойчивы к химической и термической обработке [3]. Удаление (снижение) содержания микотоксинов в хлебе и хлебобулочных изделиях несомненно позволит повысить пищевую и биологическую ценность данного вида продукции.

Таким образом, разнообразный химический состав биомассы пивных дрожжей делает этот вид отходов весьма перспективным сырьем для производства ценного белково-витаминного ингредиента со свойствами сорбента микотоксинов для использования в хлебопекарной промышленности. Кроме того известно [3], что введение в рецептуру препаратов на основе остаточных пивных дрожжей позволяет сократить продолжительность брожения теста и расстойки тестовых полуфабрикатов, что ведет к снижению временных и энергетических затрат на производство хлебобулочных изделий, а следовательно и снижению себестоимости данного вида изделий.

Существующие способы переработки остаточных пивных дрожжей путем термолиза, автолиза, плазмолиза и цитолиза являются длительными, энергоемкими и сложными для практического применения. При этом полученные по существующим технологиям продукты не обладают свойствами сорбента микотоксинов, из-за сохранения целостности клеток дрожжей. Кроме того качество готовый продукт имеет недостаточно высокое, вследствие низкой степени перевариваемости полученных белковых добавок, вследствие сохранения целостности клеточной оболочки дрожжей, обладающей высокой устойчивостью к действию пищеварительных ферментов, что снижает их пищевую и биологическую ценность, а выраженная горечь в конечном продукте затрудняет их применение в пищевой промышленности.

Задачей данного исследования является получение белкового ингредиента со свойствами сорбента микотоксинов на основе остаточных пивных дрожжей, за счет дезинтеграции дрожжевой клетки и отделения клеточной оболочки, а также повышение биологической ценности добавки за счет увеличения перевариваемости дрожжевых белков и удаления нуклеиновых кислот. А также исследование влияние введения полученного белкового ингредиента из ОПД на ход технологического процесса и качество готовой продукции при производстве хлебобулочных изделий.

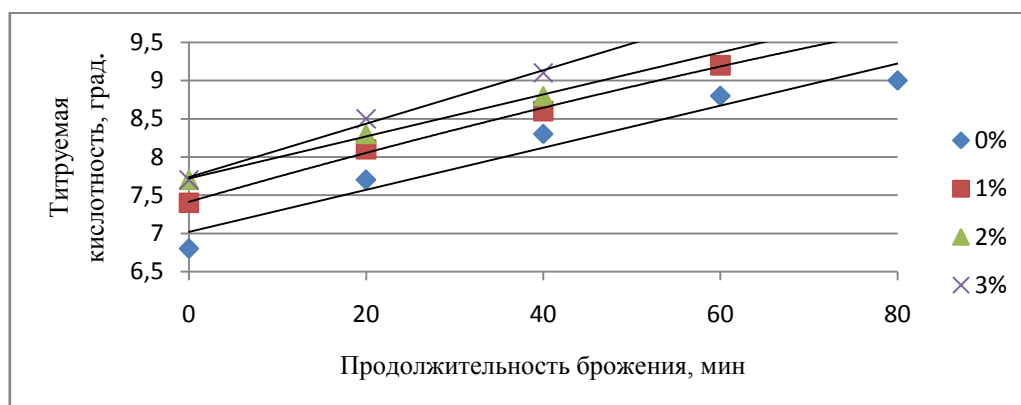
Сущность предлагаемого способа получения белкового ингредиента из ОПД со свойствами сорбента микотоксинов заключается в том, что остаточные пивные дрожжи разбавляют водой в соотношении 1:1 и концентрируют центрифугированием при 3000 об/мин в течение 7–10 мин, полученный осадок обрабатывают гидроксидом натрия при pH 9,0–10,0 и температуре 50–60°C в течении 10 минут, далее продукт повторно разбавляют водой в соотношении 1:2 и концентрируют центрифугированием при 3000 об/мин в течение 7–10 мин, после чего нейтрализуют соляной кислотой до pH 6,5–7,0, полученную суспензию гомогенизируют при перепаде давлений 200–220 атм., снова разбавляют водой в соотношении 1:2 и концентрируют центрифугированием при 3000 об/мин в течение 7–10 мин и сушат. Сушку суспензии проводят при температуре теплоносителя на входе в сушильный агрегат 150–160°C.

Исследование сорбционной емкости микотоксинов оболочкой дрожжевой клетки в полученном белковом ингредиенте по ГОСТ Р 52471-2005 «Корма. Иммуноферментный метод определения микотоксинов» показало, что полученный белковый ингредиент, имеет сорбционную емкость афлотоксина В1 – 50%, охратоксина – 70% и токсина ДОН – 11,4%.

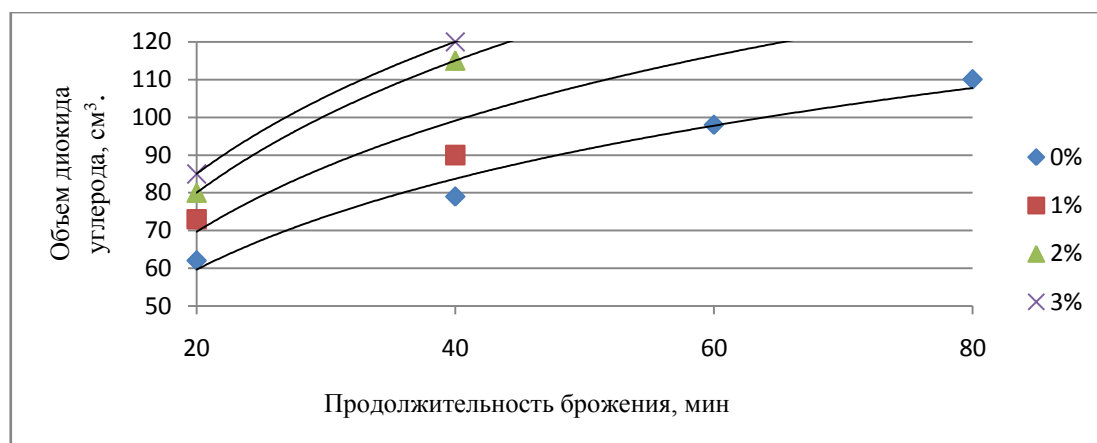
В полученном продукте проводилось измерение горечи согласно методу EuropeanBreweryConvention (ЕВС, 1987) и определялось в вытяжке числом стандартных единиц горечи ВU. Исходная горечь в дрожжах составляет 85,7 ВU. Конечная горечь в продукте 0 ВU. Исследование содержания нуклеиновых кислот (высокомолекулярных) в готовом продукте по методу O. Bendova, A. Kotyk, G. Basarova, M. Kahler. STANOVENINUKLEOVYCHKYSELIN показало, что образцы полученного препарата из остаточных пивных дрожжей содержат следовые количества РНК, содержание ДНК в образцах менее 0,1%. Такое снижение содержания нуклеиновых кислот увеличивает пищевую ценность получаемого продукта за счет уменьшения риска накопления мочевой кислоты, образующейся в организме из пуринов в составе РНК и ДНК [5]. Кроме того, необходимо отметить, что за счет использования процесса гомогенизации в данной технологии, происходит разрыв и отделение клеточной оболочки дрожжей, что наряду с повышением сорбционных свойства ингредиента приводит также к выходу внутриклеточных питательных веществ (белков, аминокислот, минералов, витаминов) в жидкую фазу, что в свою очередь приводит к увеличению усвояемости данных веществ. Данный факт имеет важное значение при использовании белкового ингредиента из ОПД в хлебопекарном производстве. Известно что водорастворимые азотсодержащие соединения, жиры и жироподобные вещества, минеральные вещества, макро-и-микроэлементы, витамины группы В (в значительном количестве содержащимися в дрожжевой клетке) являются необходимыми ростовыми веществами молочнокислых бактерий (используемых в составе заквасок при производстве ржаных сортов хлеба) и хлебопекарных дрожжей [6–9] и введение данных веществ в легкоусвояемой форме в состав питательной среды микрофлоры при производстве хлеба приведет к увеличению их бродильной активности, и соответственно сокращению процесса производства.

В настоящей работе представлены исследования влияния введения полученного белкового ингредиента на основе ОПД на ход технологического процесса и основные показатели качества хлеба ржано-пшеничного «Столичный». При изготовлении хлеба «Столичный» тесто готовили на густой ржаной закваске по следующей рецептуре (кг): мука ржаная хлебопекарная обдирная – 0,5; мука пшеничная хлебопекарная первого сорта – 0,5; дрожжи хлебопекарные прессованные – 0,0005; соль поваренная пищевая – 0,0015; сахар песок – 0,003. Белковый ингредиент на основе ОПД вносили в смеси с мукой в количестве 1–3% к массе муки на этапе приготовления теста.

При изготовлении теста проводилось измерение титруемой кислотности и газообразующая способность (ГОС) теста через каждые 30 мин. в процессе брожения. Результаты измерений представлены на рис. 1, 2.



**Рис. 1. Изменение титруемой кислотности в процессе брожения зависимости от доли внесения белкового ингредиента из ОПД к массе муки, при производстве хлеба «Столичный»**



**Рис. 2. Влияние доли внесения белкового ингредиента из ОПД к массе муки на газообразующую способность теста в процессе брожения при производстве хлеба «Столичный»**

С увеличением доли внесения белкового ингредиента из ОПД к массе муки при производстве хлеба «Столичный» происходит ускорение процесса кислото-и-газонакопления (рис. 1,2) и соответственно сокращение продолжительности процесса брожения теста (на 25-50%) и последующей расстойки(на 17-30%) тестовых полуфабрикатов относительно контрольного образца.

Влияние полученного белкового ингредиента на качество готовых изделий представлено в табл. 1.

**Таблица 1– Физико-химические показатели качества хлеба «Столичный» в зависимости от доли внесения белкового ингредиента из ОПД к массе муки**

Наименование показателя	Обозначение	Значение показателей качества хлеба с внесением белкового ингредиента из ОПД			
		Доля внесения белкового ингредиента из ОПД к массе муки,%			
		0	1	2	3
удельный объем хлеба	Мл/ 100 г	175	190	220	230
формоустойчивость подового хлеба (Н:Д)	Дол.ед.	0,49	0,52	0,57	0,57
упек	%	7,32	6,98	6,65	6,13
пористость мякиша	%	65	67	72	74

Полученные опытные данные показывают, что с увеличением доли внесения белкового ингредиента из ОПД улучшаются такие показатели качества хлеба «Столичный» как: удельный объем (на 8,8–31,4), пористость (на 3,1–13,8%), формоустойчивость (на 6,1–6,3%) по сравнению с контрольным образцом. Кроме того с увеличением доли внесения белкового ингредиента из ОПД уменьшается упек изделий на 4,6–16,3% в зависимости от доли внесения (табл. 1).

При проведении исследований был проведен расчет содержания микотоксинов в образцах ржано-пшеничного хлеба с внесением 2% белкового ингредиента из ОПД к массе муки (данная дозировка белкового ингредиента, как показано выше, позволяет добиться наибольшей интенсификации процесса производства, а также получить готовый продукт с наилучшими физико-химическими показателями качества) и контрольном образце ржано-пшеничного хлеба (без внесения белкового ингредиента из ОПД). Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Результаты расчетов показывают, что применение белкового ингредиента из ОПД при производстве ржано-пшеничного хлеба позволяет полностью удалить такие микотоксины как; афлотоксин В<sub>1</sub> и зеараленон, а также снизить на 22,8% содержание дезоксиваленола, что в конечном итоге позволяет повысить пищевую ценность продукции а также предотвратить преждевременное плесневение данного вида изделий, и таким образом увеличить сроки хранения. Отметим что в расчетах принято содержание микотоксинов в продукте в соответствии с установленными СанПиН (N 36, 2001) максимально допустимыми уровнями микотоксинов для хлебобулочных изделий, однако на практике в настоящее время в производство нередко поступает сырье (мука) с превышением максимально допустимого уровня микотоксинов в полтора-два, а иногда и десятки раз, что делает крайне необходимым применение сорбента микотоксинов при производстве хлебобулочных изделий.

Также при проведении исследований была определена пищевая и биологическая ценность исследуемых изделий.

Результаты определения пищевой и биологической ценности хлеба ржано-пшеничного с внесением белкового ингредиента из ОПД представлены в табл. 3 и 4.

**Таблица 2 – Содержание микотоксинов в ржано-пшеничном хлебе с внесением белкового ингредиента из ОПД**

Наименование микотоксина	Содержание микотоксинов, мг/ кг	
	Доля внесения белкового ингредиента из ОПД к массе муки, %	
	0	2
афлатоксин В1	0,005	0
дезоксиниваленол	0,7	0,54
зеараленон	1,0	0

**Таблица 3–Пищевая ценность 100 г хлеба ржано-пшеничного с внесением белкового ингредиента из ОПД**

Наименование показателя	Единица измерения	Хлеб ржано-пшеничный «Столичный»	
		доля внесения белкового ингредиента из ОПД к массе муки, %	
		0	2
вода	%	46,0	46,0
белок		7,08	7,88
жир		1,17	1,20
углеводы		50,1	50,5
энергетическая ценность	ккал	201	207
Fe	мг%	3,37	6,51
Zn		1,07	1,49
В <sub>1</sub> (тиамин)	мг%	0,19	0,226
В <sub>2</sub> (рибофлавин)		0,09	0,33
РР(никотиновая кислота)		1,0	1,22

**Таблица 4 – Аминокислотная сбалансированность белков ржано-пшеничного хлеба с внесением белкового ингредиента из ОПД, мг/г белка**

Наименование незаменимой аминокислоты	Эталон ФАО/ВОЗ	Хлеб ржано-пшеничный «Столичный»	
		доля внесения белкового ингредиента из ОПД к массе муки, %	
		0	2
валин	50	50,3	54,7
изолейцин	40	45,8	48,8
лейцин	70	69,1	74,9
лизин	55	30,8	37,4
метионин+цистеин	35	33,8	36,0
треонин	40	29,7	29,7
триптофан	10	11,7	11,7
фенилаланин+тирозин	60	71,8	79,0
коэффициент рациональности аминокислотного состава, R <sub>c</sub> , ед	1,0	0,54	0,68

Полученные данные показывают, что введение использование белкового ингредиента в количестве 2% при производстве ржано-пшеничного хлеба приводит к увеличению содержания железа и цинка в 1,9 и 1,4 раза соответственно по сравнению с контрольным образцом ржано-пшеничного хлеба (табл. 3). Кроме того наблюдается увеличение содержание витаминов группы В: по сравнению с контрольным образцом количество тиамин увеличивается на 18,9%, а содержание рибофлавина и никотиновой кислоты возрастает в 3,7 и 1,2 раза соответственно.

Оценка влияния внесения белкового ингредиента и ОПД на качество белка ржано-пшеничного хлеба (табл. 4.) показывает, что введение 2% ингредиента к массе муки при производстве ржано-пшеничного хлебов позволяет на 25,9% повысить коэффициент рациональности аминокислотного состава, и следовательно, биологическую ценность изделий относительно соответствующих контрольных образцов.

Таким образом, представлена технология переработки остаточных пивных дрожжей, позволяющая получить белковый ингредиент из ОПД со свойствами сорбента микотоксинов и повышенной пищевой

ценностью, за счет снижения горечи в готовом продукте до 0 ВУ, увеличению доступности внутриклеточных питательных веществ (витаминов, минералов, белков и аминокислот), и практически полному удалению нуклеиновых кислот. Использование полученного белкового ингредиента в количестве 2% к массе муки при производстве пшеничного хлеба позволяет сократить процесс брожения и расстойки на 50 и 30% соответственно. Упек уменьшается на 9,2% по сравнению с контрольным образцом (без внесения ОПД), что приводит к удешевлению данного вида изделий. Также при внесении 2% белкового ингредиента из ОПД улучшаются физико-химические и органолептические показатели качества хлеба: удельный объем, пористость и формоустойчивость возрастает на 2,7; 10,7 и 16,3% соответственно. Кроме того введение белкового ингредиента из ОПД в рецептуру хлебных изделий увеличивает их пищевую и биологическую ценность.

### Литература

1. Шапошников И.И. Концепция и прогноз развития хлебопекарной промышленности России в 2011–2015 гг. // Хлебопечение России. 2011. № 1. С. 4-7.
2. Ратушина А., Савинков К. Каравай-каравай, чего хочешь, выбирай! Обзор российского рынка хлебобулочных изделий // Russian Food&Drinks Market Magazine. 2014. № 3.
3. Bekatorou A. et al. Food Grade Yeasts. *Food Technol. Biotechnol.* 44 (3) 407-415, 2006.
4. Шамрай С.М. Микотоксины — постоянная угроза со стороны «экологически чистых» природных ядов // Биология. Все для учителя. 2010. № 1. С. 35-37.
5. Куцакова В.Е., Шкотова Т.В., Ефимова С.В., Чичина Т.В. Технология получения белкового ингредиента со свойствами сорбента микотоксинов на пищевые и кормовые нужды // Актуальная биотехнология. 2014. № 2. С.61-65.
6. Скиба Е.А. Технология производства дрожжей: учебное пособие. Бийск: Изд-во АГТУ им. И.И. Ползунова, 2010. 120 с.
7. Квасенков Е.И., Нестеренко О.А. Молочнокислые бактерии и пути их использования. М.: Наука, 1975. 384 с.
8. Андреев А.Н., Китиссу П.А. Разработка комплексных хлебопекарных улучшителей для технологии быстрозамороженных тестовых полуфабрикатов после расстойки // Вестник Международной академии холода. 2012. № 2.
9. Андреев А.Н., Жилинский Д.В., Попова И.А. Применение пептидных продуктов, выделенных методами бионанотехнологией на жизнедеятельность хлебопекарных дрожжей при стрессовых факторах // Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 1.

### References

1. Shaposhnikov I.I. The concept and development forecast of the baking industry of Russia in 2011–2015 years. *Baking in Russia*. 2011. № 1. pp. 4-7.
2. Hall A., Savinkov K. Caravan loaf what you want, choose! Review of the Russian market of bakery products. *Russian Food & Drinks Market Magazine*. 2014. № 3.
3. Bekatorou A. et al. Food Grade Yeasts. *Food Technol. Biotechnol.* 44 (3) P. 407-415, 2006.
4. Shamrai S.M. Mycotoxins – a constant threat from the "green" natural poisons. *Biology. All teacher*. 2010. № 1. pp. 35-37.
5. Kutsakova V.E, Shkotova T.V., Efimova S.V., Chichina T.V. Technology for producing protein ingredient with the properties of the sorbent of mycotoxins on feed and food needs. *Current biotechnology*. № 2. 2014. pp. 61-65.
6. Skiba E. *Technology of production of yeast*. Textbook. BijskUniv ASTU them. I.I. Polzunova. 2010. 120 p.
7. Kvasenkov E.I., Nesterenko O.A. *Lactic acid bacteria and how they ispolzovaniya*. М., Nauka, 1975. 384 p.
8. Andreev A.N., Kitissu P.A. Razrabotka kompleksnykh khlebopekarnykh uluchshitelei dlya tekhnologii bystrozamorozhennykh testovykh polufabrikatov posle rasstoiki. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2012. № 2.
9. Andreev A.N., Zhilinskii D.V., Popova I.A. Primenenie peptidnykh produktov, vydelennykh metodami bionanotekhnologii na zhiznedeyatel'nost' khlebopekarnykh drozhzhei pri stressovykh faktorakh. *Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv*. 2012. № 1.