

УДК 664.726:664.746:664.665

## Влияние способа подготовки зерна пшеницы на показатели качества и безопасности в технологии зернового хлеба

Канд. техн. наук **Е.В. Хмелева**, hmelevaev@bk.ru**А.Н. Бакаева**, any3419@yandex.ru

*Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева  
302026, Россия, Орел, ул. Комсомольская, 95*

*Исследовали влияние замачивания зерна пшеницы в растворе хлорида натрия на количество мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), плесневых грибов и дрожжей, а также на основные показатели качества зерна: влажность, количество и качество клейковины, число падения. Эксперимент осуществлялся при температуре  $20\pm 2^\circ\text{C}$  в течение 24 часов при соотношении зерна и жидкости 1:1. Для замачивания использовали раствор хлорида натрия в концентрации 1; 1,5 и 2% к массе зерна (опытные образцы) и воду (контроль). Установлено, что замачивание зерна в указанных дозировках хлорида натрия приводит к снижению развития в нем микроорганизмов: КМАФАнМ — на 42–63%, плесневых грибов — на 60–67%, дрожжей — на 1–56% по сравнению с контролем. Замачивание зерна в растворах хлорида натрия в сравнении с замачиванием в воде дает снижение содержания клейковины от исходного значения в среднем на 1% и ее качество находится в пределах одной группы, а при замачивании зерна в воде количество клейковины снижается на 3% с одновременным ухудшением ее качества (2 группа). Снижение показателя числа падения происходит в меньшей степени по сравнению с замачиванием зерна в воде (на 6–22 и 69% соответственно). Показана целесообразность использования раствора хлорида натрия для замачивания зерна пшеницы в концентрации 1,5–2% к массе зерна, что значительно снижает микробиологическую обсемененность и положительно влияет на белково-протеиназный и углеводно-амилазный комплекс зерна.*

*Ключевые слова:* зерно; пшеница; хлорид натрия; замачивание; микробиологические показатели; клейковина.

DOI: 10.17586/2310-1164-2016-9-4-3-9

## Influence of wheat grain preparation method on the quality and safety indicators in the technology of grain bread

Ph.D. **Evgenia V. Khmeleva**, hmelevaev@bk.ru**Anna N. Bakaeva**, any3419@yandex.ru

*Orel State University of name I.S. Turgeneva  
302026, Russia, Orel, Komsomolskaya str., 95*

*The effect of soaking the grains of wheat in sodium chloride solution on the amount of mesophyllic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (QMAFAnM), molds and yeasts, as well as major grain quality indicators (humidity, quantity and quality of gluten, falling number) is investigated. The experiment was carried out at the temperature of  $20\pm 2^\circ\text{C}$  for 24 hours at 1:1 ratio of grain and liquid. Sodium chloride solution at the concentration of 1; 1.5 and 2% by weight of grain (test samples) and water (control samples) were used for soaking. It is found out that grain soaking in the above dosages of sodium chloride results in the reduction of microorganisms' growth: QMAFAnM — by 42–63%, molds — by 60–67%, yeast — by 1–56% compared with the control samples. Soaking in sodium chloride solutions, compared with soaking in water, gives a lesser reduction of gluten initial value (by 1 and 3% on the average respectively), gluten quality remaining the same while using the former and deteriorating while using the latter. Reduced incidence index number comes to a lesser extent compared with soaking corn in water (at 69 and 6–22%, respectively). The practicability of wheat sodium chloride solution use for wheat grain soaking at the concentration of 1.5–2% by weight of the grain is shown. The technique under investigation reduces microbial contamination greatly and has a positive effect on protein-proteinase and carbohydrate-amylase complex of grain.*

*Keywords:* corn; wheat; sodium chloride; soaking; microbiological parameters; gluten.

## Введение

Технология хлеба из целого зерна пшеницы является одним из основных направлений в хлебопекарной промышленности по расширению ассортимента нетрадиционных сортов хлебобулочных изделий функционального назначения. Цельнозерновой хлеб богат пищевыми волокнами (клетчаткой), витамином Е и группы В, минералами, включающими железо, цинк и селен, антиоксиданты и другие полезные элементы, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма. По пищевой и биологической ценности хлебобулочные изделия, приготовленные из целого зерна, превосходят изделия, выпеченные из муки, особенно высших сортов [1].

В последние годы активно ведутся исследования по разработке и совершенствованию технологий хлеба из целого зерна, направленные на регулирование параметров подготовки [2–4] и диспергирования зерна, повышение показателей качества, безопасности и пищевой ценности хлеба [5–7].

При производстве зернового хлеба одной из технологических стадий является подготовка зерна, заключающаяся в выдерживании зерна в воде с целью его набухания и размягчения оболочек. Этот процесс протекает в условиях благоприятных для развития и размножения микрофлоры, видовой состав и количество которой зависят как от климатических условий формирования зерна, так и от условий его хранения. На поверхности зерна могут развиваться эпифитные микроорганизмы (*Erwinea* и *Pseudomonas*), сапрофиты (*B.subtilis*, *B.mycoides*, *B.proteus*, *A. niger*, *A.flavus*, *Penicillium* и др.), несовершенные грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* и др. [8]. Поэтому при подготовке зерна к производству хлеба необходимо использовать способы очистки, обеспечивающие максимальное снижение общего количества микроорганизмов, гарантируя безопасность и качество продукта.

Этому аспекту посвящены исследования таких авторов, как Е.А. Кузнецова, Е.В. Хмелева, Ю.В. Гончаров, О.М. Пригарина, Е.И. Пономарева и др. Ими изучено влияние различных химических антисептиков и растительного сырья, обладающего бактерицидными свойствами, на численность микроорганизмов в зерне после замачивания. Применение химических соединений приводит практически к полному уничтожению посторонней микрофлоры зерна, но не всегда оказывает положительный эффект на технологические свойства продукта. Использование растительного сырья предполагает приготовление отваров и настоев, что является трудоемким процессом и сдерживает их применение на производстве.

Хлорид натрия (поваренная соль) широко используется в пищевой промышленности не только в качестве вкусовой добавки, но и консерванта. В небольших концентрациях он снижает активность воды, ухудшая тем самым условия существования микроорганизмов. Высокие концентрации поваренной соли (10% и более) повышают осмотическое давление и вызывают плазмолиз микробных клеток, приводя их в состояние анабиоза, в котором они не способны вызывать порчу пищевых продуктов. В связи с этим целью данной работы являлось исследование влияния замачивания зерна пшеницы в растворе хлорида натрия на микробиологическую обсемененность и некоторые показатели качества зерна.

## Объекты и методы исследования

В исследованиях использовали зерно мягкой пшеницы урожая 2015 г, показатели качества которой представлены в таблице 1.

Учитывая, что при производстве зернового хлеба на стадии замачивания зерно полностью поглощает воду (соотношение зерна и воды 1:1), которая составляет впоследствии жидкую фазу теста (при замесе используется небольшое количество воды для растворения дрожжей и сахара), были выбраны следующие концентрации хлорида натрия при приготовлении раствора для замачивания: 1; 1,5 и 2% к массе зерна (т.е. стандартные дозировки соли при производстве хлебобулочных изделий).

При определении влияния указанных дозировок хлорида натрия на микробиологическую обсемененность и некоторые показатели качества зерна пшеницы при замачивании использовали следующие методы исследований:

- определение влажности зерна (ГОСТ 13586.5-2015);
- определение количества и качества клейковины (ГОСТ Р 54478-2011);
- определение мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (ГОСТ 10444.15-94);

- определение плесневых грибов и дрожжей (ГОСТ 10444.12-88);
- определение автолитической активности зерна по показателю «число падения» на автоматизированном приборе «Амилотест АТ-97» по прилагаемой к нему методике.

Таблица 1 – Показатели качества зерна пшеницы

| Наименование показателя              | Значение                                 |
|--------------------------------------|--|
| Состояние                            | Не греющаяся масса, в здоровом состоянии |
| Запах                                | Нормальный, свойственный здоровому зерну |
| Цвет                                 | Нормальный, свойственный здоровому зерну |
| Натура, г/л                          | 780                                      |
| Влажность, %                         | 11,5                                     |
| Сорная примесь, %                    | 2,6                                      |
| Зерновая примесь, %                  | 2,9                                      |
| Массовая доля клейковины, %          | 31                                       |
| Качество клейковины, ед. прибора ИДК | 55                                       |
| Число падения, с                     | 397                                      |
| Стекловидность, %                    | 56                                       |
| Зараженность вредителями             | Не обнаружено                            |

### Результаты и их обсуждение

В проведенных ранее исследованиях [8] нами были установлены параметры замачивания зерна пшеницы при подготовке к производству зернового хлеба: температура  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , продолжительность 24 часа, соотношение зерна и воды 1:1. И определена микробиологическая обсемененность сухого и замоченного зерна пшеницы (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание микроорганизмов в зерне пшеницы

| Наименование микроорганизмов | Количество микроорганизмов, КОЕ/г |                         |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
|                              | Сухое зерно                       | Зерно после замачивания |
| КМАФАнМ                      | $2,8 \cdot 10^4$                  | $4,3 \cdot 10^4$        |
| Плесневые грибы и дрожжи     | 20                                | 24                      |

В ходе исследований было установлено, что исходное зерно пшеницы обсеменено, причем после замачивания его обсемененность возрастает. Проводя анализ некоторых особенностей роста микроорганизмов на плотных средах (форма, цвет, поверхность, край колонии и др.), определили основные группы микроорганизмов, обсеменяющих поверхность зерна пшеницы. Наиболее обширная группа по количественному составу – это гнилостные бактерии (КМАФАнМ), а также плесневые грибы и дрожжи.

Для определения влияния хлорида натрия на выявленные группы микроорганизмов проводили замачивание зерна пшеницы в его растворах с последующим высевом на питательные среды и подсчетом выросших колоний. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние хлорида натрия на микробиологическую обсемененность зерна пшеницы при замачивании

| Группы микроорганизмов | Количество микроорганизмов (КОЕ/г) в зерне |  |                  |                  |
|------------------------|--|--|------------------|------------------|
|                        | Контроль (вода)                            | Концентрация хлорида натрия, % к массе зерна |                  |                  |
|                        |  | 1  | 1,5              | 2                |
| КМАФАнМ                | $4,3 \cdot 10^4$                           | $2,5 \cdot 10^4$                             | $1,7 \cdot 10^4$ | $1,6 \cdot 10^4$ |
| Плесневые грибы        | 15   | 6  | 5                | 5                |
| Дрожжи                 | 9  | 8  | 5                | 4                |

Как видно из данных, замачивание зерна в растворах хлорида натрия приводит к снижению развития в нем микроорганизмов: число колоний МАФАнМ — на 42–63%, плесневых грибов — на 60–67%, дрожжей — на 11–56% по сравнению с контролем. Наибольшей эффективностью в отношении микроорганизмов обладали растворы хлорида натрия концентрацией 1,5–2% к массе зерна. Установили,

что даже невысокие концентрации используемых растворов соли проявляют хорошее антимикробное действие, достаточное для угнетения посторонней микрофлоры зерна при замачивании.

Известно, что внесение соли в тесто влияет на биохимические, микробиологические и коллоидные процессы, происходящие в нем. Поскольку в предлагаемом способе подготовки зерна соль используется не при замесе теста, а на стадии замачивания зерна, было исследовано влияние замачивания зерна в растворе хлорида натрия на изменение показателей его качества — влажности, количества и качества клейковины, числа падения.

Влажность зерна является основным показателем окончания процесса замачивания при производстве зернового хлеба. Для получения продукта хорошего качества она должна составлять 42–45% [9]. Динамика изменения влажности зерна пшеницы при замачивании в растворе хлорида натрия показана на рисунке.

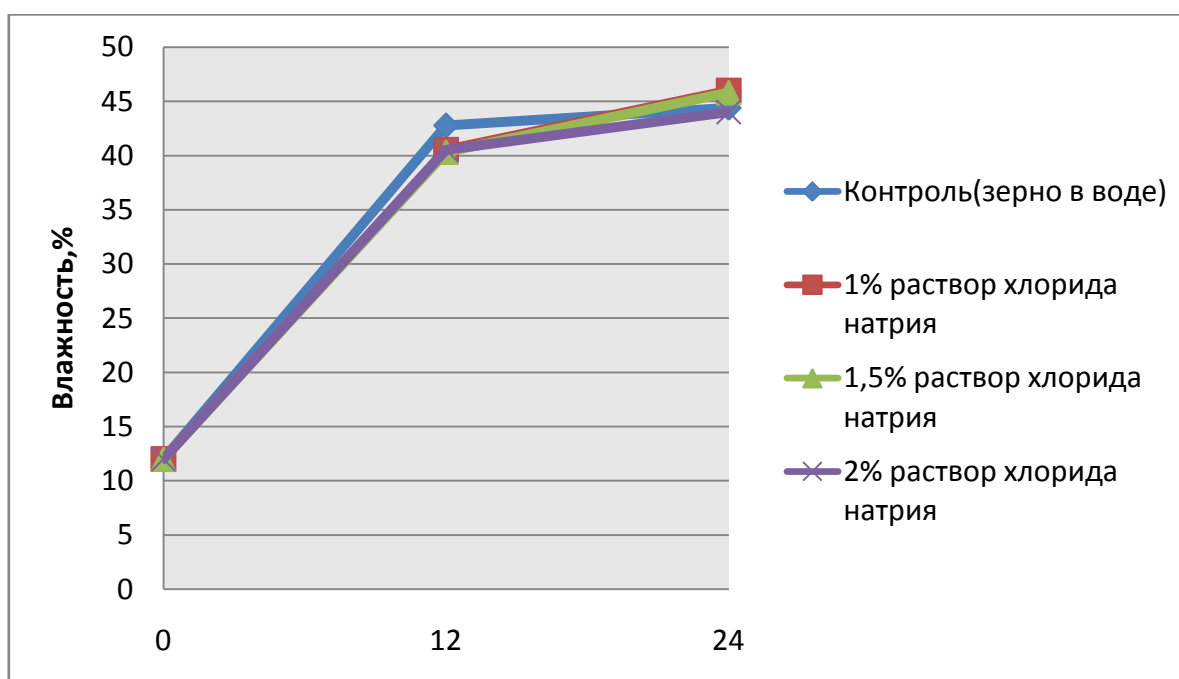


Рисунок – Изменение влажности зерна при замачивании в растворах хлорида натрия

Полученные результаты показали, что через 24 часа замачивания во всех образцах влажность зерна достигает той технологической величины (42–45%), при которой возможно ее измельчение для производства зернового хлеба. Однако, при замачивании зерна в растворе хлорида натрия конечная влажность выше, чем у контроля, что позволяет сделать предположение о том, что хлорид натрия способствует более быстрому проникновению воды внутрь эндосперма, возможно, повышая проницаемость оболочек зерновки.

Известно, что при контакте зерна с водой происходят изменения в его количественном и качественном составе, увеличивается активность ферментов, происходит расщепление сложных запасных веществ зерновки на более простые, изменяется его белково-протеиновый и углеводно-амилазный комплекс, что может ухудшить хлебопекарные свойства зерна и сказаться на качестве готового хлеба [10, 11].

Одним из важных хлебопекарных свойств пшеницы является сила, определяемая в значительной степени белково-протеиновым комплексом зерна, неотъемлемой частью которого является клейковина. Технологическое значение клейковины в хлебопечении велико. Она формирует тесто, образуя при набухании сплошную упругую сетку, определяет его газодерживающую способность, а следовательно, объем и пористость хлеба [12]. Поэтому считали целесообразным определить изменение количества и качества клейковины зерна пшеницы при замачивании в растворах хлорида натрия. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Количество и качество клейковины в зерне пшеницы в процессе замачивания

| Образцы зерна                                    | Количество сырой клейковины, % |         | Качество клейковины, ед. приб. ИДК |
|--|--------------------------------|---------|------------------------------------|
|  | на приборе Инфраскан           | вручную |                                    |
| Сухое зерно                                      | 31                             | 31      | 55                                 |
| Зерно, замоченное в воде (контроль)              | 28,4                           | 28,0    | 92,5                               |
| Зерно, замоченное в 1% растворе хлорида натрия   | 29,8                           | 29,9    | 70                                 |
| Зерно, замоченное в 1,5% растворе хлорида натрия | 30,6                           | 30,8    | 67,5                               |
| Зерно, замоченное в 2% растворе хлорида натрия   | 29,9                           | 29,6    | 70                                 |

Анализ полученных результатов показал следующее: длительное замачивание зерна в воде ведет к снижению количества отмываемой клейковины с 31 до 28%, причем ее упруго-эластичные свойства заметно ухудшаются (клейковина переходит из группы хорошей в удовлетворительно слабую). Вероятно, за это время при избытке влаги активизируются собственные протеолитические ферменты зерна, участвующие в гидролизе белков.

В то же время при замачивании зерна в растворе хлорида натрия снижение содержания клейковины происходит в меньшей степени (с 31 до 29,6–30,8% после 24 часов замачивания). Качество клейковины при этом заметно выше по сравнению с зерном, замоченным в воде. Это объясняется тем, что соль, во-первых, тормозит протеолиз в зерне при замачивании, во-вторых, укрепляюще действует на клейковину [12–14].

При длительном замачивании зерна активизируются амилитические ферменты, что может также ухудшить хлебопекарные свойства зерна и привести к получению хлеба с липким и заминаемым мякишем. Поэтому считали целесообразным определить изменение показателя числа падения в ходе замачивания зерна пшеницы в воде и растворах хлорида натрия. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Изменение автолитической активности зерна пшеницы при замачивании

| Образцы зерна                                    | Число падения, с |
|--|------------------|
| Сухое зерно                                      | 397              |
| Зерно, замоченное в воде (контроль)              | 124              |
| Зерно, замоченное в 1% растворе хлорида натрия   | 297              |
| Зерно, замоченное в 1,5% растворе хлорида натрия | 373              |
| Зерно, замоченное в 2% растворе хлорида натрия   | 310              |

Полученные результаты показывают, что при замачивании зерна пшеницы наблюдается повышение автолитической активности зерна, о чем свидетельствует снижение показателя числа падения. Однако его снижение при замачивании зерна в растворах хлорида натрия происходит в меньшей степени в сравнении с замачиванием зерна в воде. Таким образом, это подтверждает имеющиеся литературные данные о том, что хлорид натрия снижает атакуемость крахмала амилазами [12, 13, 15].

### Заключение

Исследования показали целесообразность использования раствора хлорида натрия для замачивания зерна пшеницы в концентрации 1,5–2% к массе зерна, что позволяет снизить его обсемененность КМАФАнМ на 42–63%, плесневыми грибами — на 60–67%, дрожжами — на 1–56% по сравнению с замачиванием в воде. Кроме того, получен положительный технологический эффект на белково-протеиназный (снижение содержания клейковины от исходного значения в среднем на 1%, качество клейковины находится в пределах одной группы) и углеводно-амилазный комплекс (снижение показателя числа падения на 6–22%) зерна при замачивании.

### Литература

1. Витавская А.В., Хасиев Х.Х., Пронина Ю.Г. Зерновой хлеб – уникальное питание // Научные итоги года: достижения, проекты, гипотезы. 2011. № 1. С. 286–290.
2. Спирин Р.И. Разработка технологии хлеба из целого зерна пшеницы с предварительной ИК обработкой зерна: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2007. 24 с.
3. Корячкина С.Я., Кузнецова Е.А., Гончаров Ю.В. Совершенствование технологии выработки хлеба из целого зерна злаковых культур // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2006. № 10. С. 3–6.
4. Корячкина С.Я., Хмелева Е.В., Кузнецова Е.А. Изучение процесса замачивания зерна пшеницы при производстве зернового хлеба // Хлебопродукты. 2010. № 7. С. 43–45.
5. Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Бакаева И.А. Разработка способа приготовления зернового хлеба повышенной безопасности // Хлебопродукты. 2014. № 12. С. 52–53.
6. Хмелева Е.В., Корячкина С.Я. Использование сухой пшеничной клейковины при производстве хлеба из целого зерна пшеницы // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2016. № 3. С. 35–38.
7. Комилова Д.А., Дубцов Г.Г. Модификация технологии производства хлеба из цельносомлотого зерна пшеницы // Хлебопечение России. 2011. № 5. С. 26–27.
8. Хмелева Е.В. Разработка способов повышения безопасности хлеба из целого зерна пшеницы: дисс. ... канд. техн. наук. Орел, 2004. 207 с.
9. Корячкина С.Я., Осипова Г.А., Хмелева Е.В. Совершенствование технологий хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий функционального назначения. Орел: Госуниверситет–УНПК, 2012. 261 с.
10. Леонова С.А. Изменения ферментативной активности зерна пшеницы при его переработке // Хлебопродукты. 2013. № 10. С. 48–51.
11. Меледина Т.В., Прохорчик И.П., Кузнецова Л.И. Биохимические процессы при производстве солода. СПб.: Изд-во Университета ИТМО, 2013. 89 с.
12. Пащенко Л.П., Жаркова И.М. Технология хлебопекарного производства. СПб.: Лань, 2014. 273 с.
13. Пашук З.Н., Анет Т.К., Анет И.И. Технология производства хлебобулочных изделий. СПб.: Гиорд, 2011. 400 с.
14. Корячкина С.Я., Березина Н.А., Гончаров Ю.В. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий. Орел: Госуниверситет–УНПК, 2011. 264 с.
15. Хлебопекарные свойства пшеничной муки // Все о технологии хлебопродуктов [Электронный ресурс]. URL: <http://hleb-produkt.ru/hlebobulochnye-izdeliya/403-hlebopekarnye-svoystva-pshenichnoy-muki.html> (дата обращения 06.10.2016).

### References

1. Vitavskaya A.V., Khasiev Kh.Kh., Pronina Yu.G. Zernovoi khleb – unikal'noe pitanie [Grain bread – a unique power supply]. *Scientific results of the year: achievements, projects, hypotheses*. 2011, no. 1, pp. 286–290.
2. Spirin R.I. Razrabotka tekhnologii khleba iz tselogo zerna pshenitsy s predvaritel'noi IK-obrabotkoi zerna [Development of technology of bread from whole grain wheat with a pre-treatment with IR-grain]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow, 2007. 24 p.
3. Koryachkina S.Ya., Kuznetsova E.A., Goncharov Yu.V. Sovershenstvovanie tekhnologii vyrabotki khleba iz tselogo zerna zlakovykh kul'tur [Improving the technology of production of bread, whole-grain cereals]. *Confectionery and bakery production*. 2006, no. 10, pp. 3–6.
4. Koryachkina S.Ya., Khmeleva E.V., Kuznetsova E.A. Izuchenie protsessa zamachivaniya zerna pshenitsy pri proizvodstve zernovogo khleba [Studying the process of soaking the grain in the production of wheat grain bread]. *Bakery products*. 2010, no. 7, pp. 43–45.
5. Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Bakaeva I.A. Razrabotka sposoba prigotovleniya zernovogo khleba povyshennoi bezopasnosti [The development process for the preparation of bread grain increased security]. *Bakery products*. 2014, no. 12, pp. 52–53.
6. Khmeleva E.V., Koryachkina S.Ya. Ispol'zovanie sukhoi pshenichnoi kleikoviny pri proizvodstve khleba iz tselogo zerna pshenitsy [The use of dry wheat gluten in the production of bread from whole grain wheat]. *Technology and merchandizing of innovative foodstuff*. 2016, no. 3, pp. 35–38.
7. Komilova D.A., Dubtsov G.G. Modifikatsiya tekhnologii proizvodstva khleba iz tsel'nosmolotogo zerna pshenitsy [Modification of bread production technology of whole-grain wheat Bakery]. *Bread baking of Russia*. 2011, no. 5, pp. 26–27.
8. Khmeleva E.V. Razrabotka sposobov povysheniya bezopasnosti khleba iz tselogo zerna pshenitsy [Development of ways to increase the safety of bread from whole wheat grains]. *Candidate's thesis*. Orel, 2004. 207 p.

9. Koryachkina S.Ya., Osipova G.A. Khmeleva E.V. *Sovershenstvovanie tekhnologii khlebobulochnykh, konditerskikh i makaronnykh izdelii funktsional'nogo naznacheniya* [Perfection of technologies of bakery, confectionery and pasta functionality]. Orel, Gosuniversitet–UNPK Publ., 2012, 261 p.
10. Leonova S.A. *Izmeneniya fermentativnoi aktivnosti zerna pshenitsy pri ego pererabotke* [Changes in enzyme activity of wheat when processing]. *Bakery products*. 2013, no. 10, pp. 48–51.
11. Meledina T.V., Prokhorchik I.P., Kuznetsova L.I. *Biokhimicheskie protsessy pri proizvodstve soloda* [Biochemical processes in the production of malt]. St. Petersburg, ITMO University Publ., 2013, 89 p.
12. Pashchenko L.P., Zharkova I.M. *Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva* [The technology of baking production]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2014, 273 p.
13. Pashuk Z.N., Apet T.K., Apet I.I. *Tekhnologiya proizvodstva khlebobulochnykh izdelii* [Bakery production technology]. St. Petersburg, Giord Publ., 2011, 400 p.
14. Koryachkina S.Ya., Berezina N.A., Goncharov Yu.V. *Innovatsionnye tekhnologii khlebobulochnykh, makaronnykh i konditerskikh izdelii* [Innovative technologies bakery, pasta and confectionery]. Orel, Gosuniversitet–UNPK Publ., 2011, 264 p.
15. *Khlebopekarnye svoystva pshenichnoi muki* [Baking properties of flour]. *In total about technology of bakery products* URL: <http://hleb-produkt.ru/hlebobulochnye-izdeliya/403-hlebopekarnye-svoystva-pshenichnoy-muki.html> (Accessed 06.10.2016).

Статья поступила в редакцию 19.10.2016