

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕЛеноЙ СТРУЧКОВОЙ ФАСОЛИ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

D.A. Cheremnykh, L.V. Naymushina,  
I.D. Zyкова

## THE APPLICATION OF GREEN BEANS FOR WHEAT FLOUR ENRICHMENT

**Черемных Д.А.** – магистрант каф. технологии и организации общественного питания Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: naimlivi@mail.ru

**Наймушина Л.В.** – канд. хим. наук, доц. каф. технологии и организации общественного питания Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: naimlivi@mail.ru

**Зыкова И.Д.** – канд. техн. наук, доц. каф. химии Политехнического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: lzykova@sfu-kras.ru

**Cheremnykh D.A.** – Magistrate Student, Chair of Technology and Organization of Public Catering, Trade and Economic Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: naimlivi@mail.ru

**Naymushina L.V.** – Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof, Chair of Technology and Organization of Public Catering, Trade and Economic Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: naimlivi@mail.ru

**Zykova I.D.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Chemistry, Polytechnical Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: lzykova@sfu-kras.ru

В статье представлена возможность обогащения пшеничной муки биологически активными веществами зеленой стручковой фасоли – *Phaseolus vulgaris*. Известно, что данная культура, массово выращиваемая как промышленным, так и индивидуальным способом, обладает ценными лекарственными и питательными свойствами. Из высушенных стручков зеленой фасоли была приготовлена мука, определен ее химический состав и основные физико-химические показатели. Выявлено, что мука из фасоли богата белком (21 %) и пищевыми волокнами (33 %), а также содержит минеральные вещества и некоторые физиологически значимые витамины и витаминоподобные вещества. Определено, что введение фасоловой муки в пшеничную муку в соотношении 1:3 обогащает пшеничную муку пищевыми волокнами: в мучных изделиях содержится 20–30 % от их суточной дозы, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к обогащаемому продукту. Изучение поведения фасоловой муки как ингредиента теста показало, что величина степени набухания гранул, как в водном растворе, так и в водно-масляной эмульсии, в соотношении вода : масло – 4:1 в целом не снижает общие показатели набухания и подъема теста. При введении фасоловой муки увеличивается содержание белков до 14,7 %, а их биологическая ценность повышается до 58,5 %. Реологические характеристики пресного и дрожжевого видов теста из обогащенной муки изменились незначительно. Органолептическая оценка мучных изделий из обогащенной муки продемонстрировала вполне удовлетворительные показатели новых продуктов, содержащих белки, пищевые волокна и другие эссенциальные биологически активные вещества культуры *Phaseolus vulgaris*.

**Ключевые слова:** зеленая стручковая фасоль, мука из фасоли, химический состав, пищевые волокна, обогащение пшеничной муки.

The possibility of enrichment of wheat flour by biologically active agents of green beans – *Phaseolus vulgaris* is presented in the study. It is known that the culture grown up in large quantities both in industrial and individual way possesses valuable medicinal and nutritious properties. From dried-up pods of green beans the flour was prepared, its chemical composition and the main physical and chemical indicators were defined. It was revealed that the flour from haricot was rich in protein (21 %) and food fibers (33 %), and also contained mineral substances and some physiologically significant vitamins and vitamin-like substances. It was defined that introduction of bean flour to wheat flour in the ratio 1:3 enriched wheat flour with food fibers: flour products contained 20-30 % of their daily dose that met the requirements imposed to the enriched product. Studying of behavior of bean flour as ingredient of dough showed that the size of extent of swelling of granules, both in water solution and in oil-water emulsion in the ratio water: oil – 4:1, in general did not reduce general indicators of swelling and rising of the dough. At introduction of bean flour the content of proteins increased to 14.7 % and their biological value increased to 58.5 %. Rheological characteristics of fresh and barmy types of dough from enriched flour changed insignificantly. Organoleptic assessment of flour products from enriched flour showed quite satisfactory indicators of new products containing proteins, food fibers and other essential biologically active agents of culture of *Phaseolus vulgaris*.

**Keywords:** green seedpod beans, bean flour, chemical composition, dietary fibers, wheat flour enrichment r.

**Введение.** Мучные изделия с использованием пшеничной муки пользуются высоким спросом у населения. Несмотря на то, что изделия из пшеничной муки обладают питательной ценностью, отсутствие в них клетчатки существенно тормозит работу пищеварительной системы, что, в конечном итоге, позволяет отнести такие продукты к разряду «недиетических» [1, 2].

Обогащение мучных изделий эссенциальными элементами – это необходимость, продиктованная трансформацией современного образа жизни, связанного со снижением физических энергозатрат, а также изменением экологических условий обитания [2, 3]. Темпы современной динамичной жизни только способствуют увеличению ассортимента изделий с использованием пшеничной муки, в т. ч. продуктов быстрого приготовления – фастфуда. Высокая популярность пиццы, пасты, лазаньи и других мучных изделий послужила мотивацией к созданию нового продукта – муки, обогащенной биогенными элементами зеленой стручковой фасоли и обладающей более низким гликемическим индексом по сравнению с исходным значением для пшеничной муки.

Фасоль стручковая зеленая (*Phaseolus vulgaris*) относится к семейству Бобовые; представляет собой плоды в оболочке (стручке). Сбор урожая производят в «молочной» стадии зрелости плодов – стручки и бобы остаются нежными и мягкими [4].

Ценные свойства стручковой фасоли известны и востребованы достаточно давно. Благодаря сбалансированному сочетанию клетчатки, фолиевой кислоты, магния и калия фасоль является мощным средством профилактики инфарктов и инсультов; часто применяется при лечении бронхитов и ревматизме. При сердечнососудистых заболеваниях фасоль активно противостоит процессам старения тканей, образованию холестерина, развитию атеросклероза, гипертонии, нарушению сердечного ритма. Содержание железа в составе стручковой фасоли помогает в борьбе с анемией; цинк регулирует углеводный обмен и помогает победить ожирение и нарушения липидного обмена, а медь стимулирует синтез гемоглобина и адреналина [4, 5].

В 100 г свежих зеленых стручков фасоли содержатся: белки (2 г), жиры (0,2 г), углеводы (7 г), из них клетчатка (2,5–3,5 г), каротин (0,5 мг), витамины С, Е, А, группы В (суммарно 22,9–27,3 мг), крахмал (0,5–1 г), а также железо, калий, кальций, цинк, магний, хром. Калорийность стручковой фасоли составляет 24 ккал/100 г [4, 6, 7].

**Цель исследования:** изучение возможности обогащения пшеничной муки биологически активными веществами зеленой стручковой фасоли.

**Задачи исследования:** изучение химического состава и физико-химических показателей муки из зеленостручковой фасоли; изучение степени набухания фасольевой муки; определение биологической ценности белков обогащенной муки; приготовление из обогащенной муки различных видов теста и мучных изделий; органолептическая оценка мучных изделий.

**Объекты, материалы и методы исследования.** Объектом исследования являлась мука из зеленостручковой фасоли. Для ее получения использовали свежие стручки зеленой фасоли сорта Журавушка урожая 2016–2017 гг., выращенной в пригороде Красноярска. Свежие стручки фасоли измельчали блендером до определенного размера (0,5 × 0,5 см) и сушили в течение 24–30 ч при комнатной температуре и далее 2–4 ч в термощкафу при 35 °С. Муку получали перемалыванием субстрата на мельнице до состояния однородного мелкодисперсного порошка.

Изучение физико-химических показателей и химического состава муки из зеленостручковой фасоли проводили в соответствии с известными методиками [8–10]. Исследование степени набухания фасольевой муки изучали гравиметрическим методом с использованием торсионных весов.

Для получения обогащенной муки 1 часть фасольевой муки смешивали с 3 частями пшеничной муки высшего сорта «Макфа» (соотношение 1 : 3).

Расчеты биологической ценности пищевых белков, аминокислотного скора проводили в соответствии с методическими указаниями [11]. Получение мучных продуктов проводили согласно традиционным рецептурам мучных кондитерских и булочных изделий [12].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Влажность муки, полученной из зеленых стручков фасоли, составляла 7,5 %. Величину влажности учитывали при пересчете содержания соединений на абсолютно сухую навеску (а.с.н.). Основные физико-химические показатели фасольевой муки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные физико-химические показатели муки из зеленостручковой фасоли

| Показатель          | Значение   |
|---------------------|--|
| Внешний вид         | Однородный мелкодисперсный гранулированный порошок |
| Размер гранул       | 0,3–0,5 мм   |
| Массовая доля влаги | 7,5 ± 0,38 %                                       |
| Цвет гранул         | Светло-зеленый                                     |
| Зольность           | 1,81 ± 0,47 %                                      |
| Гигроскопичность    | 165 см <sup>3</sup> /на 100 г муки                 |

В таблице 2 представлены данные по изучению химического состава фасольевой муки. В пересчете на а.с.н. и г/100 г определено содержание основных питательных компонентов муки (белки, жиры, углеводы), а также пищевых волокон, некоторых витаминов (А, Р, В<sub>2</sub>) и витаминоподобных веществ (биофлавоноидов, дубильных веществ).

В фасольевой муке выявлено достаточно большое содержание белковых веществ: 21,8 % по сравнению с 12,5 % для пшеничной муки высшего сорта. Углеводы в фасольевой муке представлены преимущественно пищевыми волокнами – сырой клетчаткой. Фасольевая мука содержит мало сахаров – быстроусвояемых углеводов, которые провоцируют подъем уровня глюкозы в крови, что делает этот продукт безвредным для диабетиков и людей из группы риска развития сахарного диабета (табл. 2).

Химический состав фасолевого муки

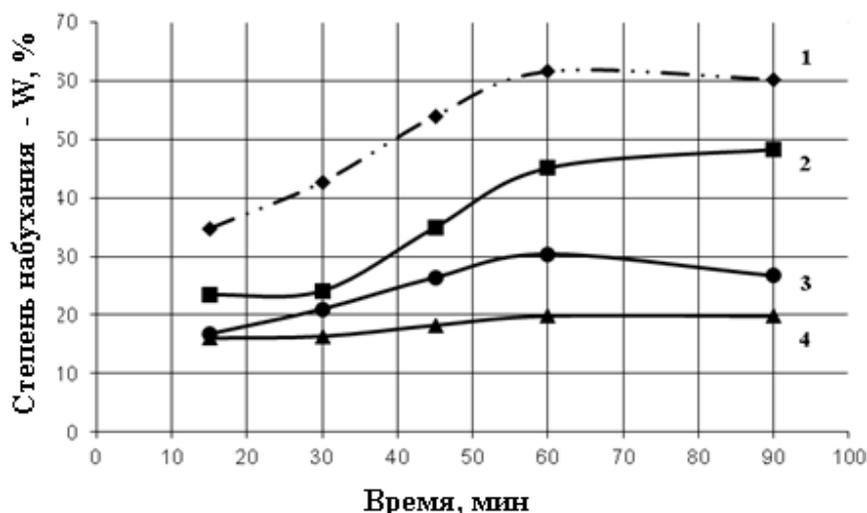
| Соединения                           | Массовая доля,<br>% в пересчете на а.с.н. | Содержание,<br>г/100 г муки | Суточная доза<br>потребления |
|--------------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| Влажность                            | 0   | 7,5 ± 0,38                  | -                            |
| Минеральные вещества (зольность)     | 1,96 ± 0,09                               | 1,81 ± 0,47                 | -                            |
| Белковые вещества [4]                | 23,60 ± 1,18                              | 21,83 ± 1,09                | 1,5 г /кг веса               |
| Липиды и липидоподобные вещества     | 5,85 ± 0,29                               | 5,41 ± 0,69                 | 60–150 г                     |
| Углеводы, в т. ч.:                   | 59,31 ± 2,96                              | 54,86 ± 2,74                | 300–500 г                    |
| сахара                               | 6,24 ± 0,31                               | 5,77 ± 0,29                 | 50 г                         |
| пищевые волокна («сырая клетчатка»)  | 35,56 ± 1,78                              | 32,89 ± 1,64                | 20 г                         |
| в т. ч. целлюлоза                    | 3,29 ± 0,16                               | 3,04 ± 0,15                 | -                            |
| P-активные вещества, в т. ч.:        | 2,05 ± 0,10                               | 1,90 ± 0,09                 | 0,02 г                       |
| дубильные вещества                   | 0,30 ± 0,02                               | 0,28 ± 0,014                | -                            |
| биофлавоноиды                        | 1,6 ± 0,08                                | 1,48 ± 0,07                 | -                            |
| Аскорбиновая кислота<br>(витамин С)  | 0,021 ± 0,001                             | 0,019 ± 0,09                | 0,09 г                       |
| Рибофлавин (витамин В <sub>2</sub> ) | 0,012 ± 0,001                             | 0,01 ± 0,0005               | 0,0018 г                     |

Следуя принципам обогащения пищевых продуктов, в одной средней суточной порции должно содержаться не менее 15 и не более 50 % суточной потребности в микро- или макронутриентах, БАВ, витаминах, минералах, которыми обогащен продукт [13].

Исследование химического состава показало, что при добавлении фасолевого муки к пшеничной муке в соотношении 1 : 3 в 100 г пшенично-фасолевого теста содержится 8 г пищевых волокон. В традиционных рецептурах получения пресного и дрожжевого теста и изготовления мучных изделий массовая доля муки составляет 50–70 %, следовательно, в 100 г готового изделия остается 4–6 г

пищевых волокон, или 20–30 % от суточной нормы, что соответствует принципам обогащения пищевого продукта.

Также важно было понять, как введение фасолевого теста будет влиять на показатели набухания и подъема теста, характерные для белковых компонентов пшеничной муки, и исключить возможность неоднородного вкрапления и непромеса. В связи с этим представляло интерес исследование степени набухания гранул фасолевого теста в зависимости от состава растворителя/дисперсионной среды, продолжительности набухания и температуры (рис.).



Изменение степени набухания фасолевого теста в зависимости от природы растворителя, температуры и времени набухания: 1 – набухание в воде при 40 °С; 2 – набухание в водно/масляной (4:1) эмульсии при 40 °С; 3 – набухание в воде при 25 °С; 4 – набухание в водно/масляной (4:1) эмульсии при 25 °С

Установлено, что наибольшие значения степени набухания регистрируются в воде и в водно-масляной эмульсии (соотношение 4:1 – вода : рафинированное подсолнечное масло) при 40 °С (см. рис. 1, кривые 1, 2). Степень набухания фасолевого теста в воде и водно-

масляной эмульсии (4:1) при данной температуре составляет 60 и 50 % соответственно, что не снижает общие показатели набухания и подъема теста из классических ингредиентов [1].

Введение фасоловой муки (1 : 3) увеличивает содержание белков с 12,5 до 14,7 %. Для оценки биологической ценности белков были рассчитаны аминокислотные скоры белков обогащенной муки в сравнении с данными для

белков пшеничной муки и муки из фасоли (табл. 3). Рассчитанное значение биологической ценности белков обогащенной муки повышается до 58,5 % по сравнению с 54,24 % для исходной пшеничной муки.

Таблица 3

Содержание незаменимых аминокислот и аминокислотный скор (АС) для пшеничной муки, муки из фасоли и обогащенной муки

| Незаменимая аминокислота | Содержание, г / 100 г эталонного белка ФАО/ВОЗ | Содержание, г / 100 г белка / АС, % для пшеничной муки | Содержание, г / 100 г белка / АС, % для фасоловой муки | Содержание, г / 100 г белка / АС, % для обогащенной муки* |
|--------------------------|--|--|--|---|
| Изолейцин                | 4  | 4,96 / 124   | 3,81 / 95  | 4,67 / 117  |
| Лейцин                   | 7  | 7,92 / 113   | 5,93 / 85  | 5,16 / 73   |
| Лизин                    | 5,5  | 3,12 / 57  | 4,66 / 85  | 3,51 / 64   |
| Метионин                 | 3,5  | 1,44 / 41  | 1,27 / 36  | 3,5 / 40  |
| Фенилаланин              | 6  | 4,88 / 81  | 3,81 / 63  | 4,61 / 77   |
| Треонин                  | 4  | 3,12 / 78  | 4,23 / 105   | 3,4 / 85  |
| Триптофан                | 1  | 1,12 / 112   | 0,85 / 85  | 1,05 / 105  |
| Валин                    | 5  | 4,4 / 88   | 5,08 / 102   | 4,57 / 91   |

\* Обогащенная мука – 1 : 3 (фасоловая мука : пшеничная мука).

Обогащенную муку использовали для приготовления классического пресного и дрожжевого теста согласно сборнику рецептов [12]. Контролем служило тесто с использованием пшеничной муки. Отмечено, что свойства пресного теста – текстура, эластичность, способность к формированию, однородность – не изменились по сравнению с контролем. Добавление фасоловой муки лишь придало тесту слегка зеленоватый оттенок. При приготовлении из пресного теста лазаньи и пиццы был сделан вывод, что вкус готовых изделий остался свойственным данному виду продуктов, но стал более насыщенным, с легким привкусом фасоли.

При получении дрожжевого теста из обогащенной муки подъем теста был чуть хуже по сравнению с контролем, увеличилось и время его расстойки, очевидно за счет снижения содержания клейковины (глутена). Тем не менее, реологические показатели теста – эластичность, упругость, вязкость, растяжимость – практически не изменились в сравнении с показателями контроля.

Из дрожжевого теста готовили булочки, хлеб и пироги с различными несладкими начинками. Выявлено, что качественные показатели готовых изделий не изменились, за исключением появления нового оттенка цвета. Мякиш изделий оставался однородным, упругим и пористым; вкус фасоли выражен неярко (не является преобладающим), тесто остается нейтральным, что позволяет использовать большое количество начинок, в том числе и сладких.

Проведенное исследование позволило положительно оценить возможность использования обогащенной пшенично-фасоловой муки для получения мучных изделий. В таких изделиях калорийность и гликемический индекс снижены, работа пищеварительной системы улучшается за счет наличия неперевариваемых пищевых волокон фасоли. При соответствующей популяризации и правильном предложении цвет и вкусовые нюансы для потребителя мучного изделия могут считаться индивидуальными особенностями более диетического продукта.

**Выводы.** Исследован химический состав и физико-химические показатели муки, приготовленной из высушенных стручков зеленой фасоли. Определено, что мука из фасоли помимо значимых 21 % белков содержит пищевые волокна (33 %), минеральные вещества и некоторые витамины и витаминоподобные вещества. Показано, что набухание фасоловой муки в воде и водно-масляной эмульсии (4 : 1) не снижает общие показатели набухания и подъема теста из классических ингредиентов.

Введение фасоловой муки в пшеничную (1:3) увеличивает содержание белков от исходных 12,5 до 14,7 %; значение биологической ценности белков повышается до 58,5 %. Мучные изделия из пшенично-фасоловой муки содержат 20–30 % пищевых волокон от суточной нормы, что соответствует принципам обогащения продуктов. Реологические показатели пресного и дрожжевого видов теста из обогащенной муки изменились незначительно по сравнению с таковыми для пшеничной муки. Проведенная органолептическая оценка мучных изделий из обогащенной муки выявила вполне удовлетворительные показатели новых продуктов, содержащих пищевые волокна и другие эссенциальные биологически активные вещества культуры *Phaseolus vulgaris*.

#### Литература

1. Бутковский В.А., Галкина Л.С., Птушкина Г.Е. Современная техника и технология производства муки.– М.: ДеЛипринт, 2006. – 319 с.
2. Воробьева В.М., Кветный Ф.М. Новые виды хлебобулочных изделий, обогащенных железом и витаминами // Хлебопечение России. – 2004. – № 4. – С. 17–23.
3. Шатнюк Л.Н., Спиричев В.Б. Опыт обогащения железом и витаминами пшеничной муки, хлебобулочных изделий и других пищевых продуктов // Пищевая промышленность. – 2003. – № 8. – С. 92–94.
4. Mateljan G. World's Healthiest Foods, 2<sup>nd</sup> Edition: The Force For Change To Health-Promoting Foods and New Nutrient-Rich Cooking. – Washington:GMFPublishing; 2015.– 900 p.

5. Всё о лекарственных растениях на ваших грядках / под ред. С.Ю. Раделова. – СПб., 2010. – 224 с.
6. *Baardseth P., Bjerke F., Martinsen B.K.* Vitamin C, total phenolics and antioxidative activity in tip-cut green beans (*Phaseolus vulgaris*) and swede rods (*Brassica napus* var. *napobrassica*) processed by methods used in catering // *J. Sci. Food Agric.* – 2010. – № 90 (7). – P. 1245–1255.
7. *Price K.R., Colquhoun I.J., Barnes K.A., Rhodes M.J.C.* Composition and Content of Flavonol Glycosides in Green Beans and Their Fate during Processing // *J. Agric. FoodChem.* – 1998. – № 46 (12). – P. 4898–4903.
8. Государственная фармакопея СССР. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. – 11-е изд., доп. – М.: Медицина, 1990. – 440 с.
9. *Ушакова В.М., Лебедева О.И., Девятловская А.Н.* Основы научных исследований. Ч. 3. Исследование химического состава растительного сырья. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2004. – 360 с.
10. *Чупахина Г.Н.* Физиологические и биохимические методы анализа растений: практикум. – Калининград: Изд-во КГУ, 2000. – 59 с.
11. Определение показателей биологической ценности продуктов питания расчетным методом: метод. указания к лабораторным занятиям / сост. *Т.Н. Соколова, В.М. Прохоров, В.Р. Карташев.* – Н. Новгород: Изд-во НГТУ, 2015. – 7 с.
12. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий / сост. *А.В. Павлов.* – СПб.: Профи, 2010. – С. 245.
13. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901806306> (дата обращения: 15.01.2018).
3. *Shatnjuk L.N., Spirichev V.B.* Opyt obogashhenija zhelezom i vitaminami pshenichnoj muki, hlebobulochnyh izdelij i drugih pishhevyyh produktov // *Pishhevaja promyshlennost'.* – 2003. – № 8. – S. 92–94.
4. *Mateljan G.* World's Healthiest Foods, 2nd Edition: The Force For Change To Health-Promoting Foods and New Nutrient-Rich Cooking. – Washing-ton:GMFPublishing; 2015.– 900 p.
5. Vsjo o lekarstvennyh rastenijah na vashih grjadkah / pod red. *S.Ju. Radelo-va.* – SPb., 2010. – 224 s.
6. *Baardseth P., Bjerke F., Martinsen B.K.* Vitamin C, total phenolics and antioxidative activity in tip-cut green beans (*Phaseolus vulgaris*) and swede rods (*Brassica napus* var. *napobrassica*) processed by methods used in catering // *J. Sci. Food Agric.* – 2010. – № 90 (7). – R. 1245–1255.
7. *Price K.R., Colquhoun I.J., Barnes K.A., Rhodes M.J.C.* Composition and Content of Flavonol Glycosides in Green Beans and Their Fate during Processing // *J. Agric. FoodChem.* – 1998. – № 46 (12). – R. 4898–4903.
8. Gosudarstvenna farmakopeja SSSR. Vyp. 2. Obshhie metody analiza. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e. – 11-e izd., dop. – M.: Medicina, 1990. – 440 s.
9. *Ushakova V.M., Lebedeva O.I., Devjatlovskaja A.N.* Osnovy nauchnyh issledovanij. Ch. 3. Issledovanie himicheskogo sostava rastitel'nogo syr'ja. – Krasnojarsk: Izd-vo SibGTU, 2004. – 360 s.
10. *Chupahina G.N.* Fiziologicheskie i biohimicheskie metody analiza rastenij: praktikum. – Kaliningrad: Izd-vo KGU, 2000. – 59 s.
11. Opredelenie pokazatelej biologicheskoy cennosti produktov pitaniya raschetnym metodom: metod. ukazaniya k laboratornym zanjatijam / sost. *T.N. Sokolova, V.M. Prohorov, V.R. Kartashev.* – N. Novgorod: Izd-vo NGTU, 2015. – 7 s.
12. Sbornik receptur muchnyh konditerskih i bulochnyh izdelij / sost. *A.V. Pavlov.* – SPb.: Profi, 2010. – S. 245.
13. SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigenicheskie trebovanija bezopasnosti i pishhevoj cennosti pishhevyyh produktov. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901806306> (data obrashhenija: 15.01.2018).

#### Literatura

1. *Butkovskij V.A., Galkina L.S., Ptushkina G.E.* Sovremennaja tehnika i tehnologija proizvodstva muki. – М.: DeLiprint, 2006. – 319 s.
2. *Vorob'eva V.M., Kvetnyj F.M.* Novye vidy hlebobulochnyh izdelij, obogashennyh zhelezom i vitaminami // *Hlebopechenie Rossii.* – 2004. – № 4. – S. 17–23.

