

Научная статья/Research Article

УДК 664. 64.016; 664.66

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-212-218

Галина Александровна Демиденко

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

demidenkoekos@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПШЕНИЧНОЙ МУКЕ РАЗНЫХ СОРТОВ

Цель исследования – анализ содержания микотоксинов и тяжелых металлов для безопасности пшеничной муки разных сортов. Представлены результаты исследования содержания токсических веществ (микотоксины, тяжелые металлы) в пшеничной муке разных сортов. Объектами исследования явились образцы пшеничной муки разных сортов (высшего, первого и второго). Обнаружение и количественное определение микотоксинов (алфатоксин В1, дезоксиниваленол, зеараленон, токсин Т-2) выполнено методом газожидкостной хроматографии. Содержание тяжелых металлов и их соединений в пищевых продуктах определялось атомно-абсорбционным методом. При статистической обработке данных использовали корреляционный анализ, а также ранговый дисперсионный анализ Фридмана (Friedman test) с вычислением коэффициента конкордации Кендалла (Kendall's coefficient of concordance). Исследования показали, что мука высшего сорта отличается высоким качеством и не содержит микотоксинов; мука первого сорта содержит микотоксин – алфатоксин В1; мука второго сорта содержит микотоксины – алфатоксин В1 и токсин Т-2, количество которых не превышает ПДК. Наименьшее содержание тяжелых металлов определено в муке высшего сорта, что говорит о ее высоком качестве. Их большее количество находится в муке второго сорта, хотя также не превышает ПДК. Между содержанием ртути и меди в муке разных сортов выявлена статистически значимая ($p < 0,01$) положительная ($r = 0,999925$) корреляционная связь, вероятно, свидетельствующая о едином источнике выбросов этих токсических веществ. Как микотоксины, так и тяжелые металлы, даже в небольших количествах при длительном поступлении в организм человека с продуктами питания способны накапливаться и обладают отдаленно проявленными токсическими действиями.

Ключевые слова: безопасность продуктов питания, пшеничная мука разных сортов, токсические вещества, микотоксины, тяжелые металлы

Для цитирования: Демиденко Г.А. Содержание токсичных веществ в пшеничной муке разных сортов // Вестник КрасГАУ. 2022. № 7. С. 212–218. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-212-218.

Galina Alexandrovna Demidenko

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

demidenkoekos@mail.ru

TOXIC SUBSTANCES CONTENT IN DIFFERENT VARIETIES WHEAT FLOUR

The purpose of the study is to analyze the content of mycotoxins and heavy metals for the safety of wheat flour of different varieties. The results of the study of the content of toxic substances (mycotoxins, heavy metals) in wheat flour of different varieties are presented. The objects of the study were samples of wheat flour of different varieties (higher, first and second). Detection and quantitative determination of mycotoxins (alphatoxin B1, deoxynivalenol, zearalenone, toxin T-2) was performed by gas-liquid chromatography. The content of heavy metals and their compounds in food products was determined by the atom-

ic absorption method. Statistical data processing used correlation analysis, as well as Friedman's rank analysis of variance (Friedman test) with the calculation of Kendall's coefficient of concordance. Studies have shown that premium flour is of high quality and does not contain mycotoxins; flour of the first grade contains mycotoxin – aflatoxin B1; flour of the second grade contains mycotoxins – aflatoxin B1 and toxin T-2, the amount of which does not exceed the MPC. The lowest content of heavy metals was determined in premium flour, which indicates its high quality. Most of them are in flour of the second grade, although it also does not exceed the MPC. A statistically significant ($p < 0.01$) positive ($r = 0.999925$) correlation was found between the content of mercury and copper in flour of different varieties, probably indicating a single source of emissions of these toxic substances. Both mycotoxins and heavy metals, even in small amounts with prolonged intake into the human body with food, can accumulate and have remotely manifested toxic effects.

Keywords: food safety, wheat flour of different varieties, toxic substances, mycotoxins, heavy metals

For citation: Demidenko G.A. Toxic substances content in different varieties wheat flour // Bulliten KrasSAU. 2022;(7): 212–218. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-212-218.

Введение. Рост объемов производства хлебобулочных изделий является стимулом повышения и обновления ассортимента для соответствия возможностей и вкусов населения [1–4]. При этом желательно не нарушать сложившиеся со временем привычки и традиции потребителей. При увеличении разнообразия хлебопечкарной продукции существует риск использования экологически загрязненного сырья – муки разных сортов. Учитывается вероятность произрастания зерна пшеницы в экологически неблагоприятных районах (геохимические аномалии, близость к промышленным предприятиям и автомобильным дорогам), а также возможные нарушения условий хранения зерна и муки. Возникает вероятность загрязнения тяжелыми металлами и микотоксинами сырья для хлебопечения [5, 6]. Микотоксины занимают «приоритетную» роль в загрязнении сырья для хлебопечения – муки [5]. Содержание тяжелых металлов в муке и готовой продукции хлеба ПАО «Красноярский хлеб» имеют показания ниже ПДК [7, 8].

Токсические вещества, поступающие в небольших количествах с продуктами питания, имеют тенденцию к аккумуляции в организме человека и животных. Следовательно контроль за содержанием токсических веществ в муке для продуктов хлебопечения должен обеспечить безопасность здоровья потребителей.

Цель исследования – анализ содержания микотоксинов и тяжелых металлов для безопасности пшеничной муки разных сортов.

Задачи: определение содержания микотоксинов (афлатоксин В1, дезоксиниваленон, зеараленон, токсин Т-2); анализ содержания тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, медь, цинк) в муке разных сортов; обработка полученных материалов и выявление корреляционных связей между ртутью и медью; цинком и кадмием.

Объекты и методы. Объектами исследования явились образцы пшеничной муки разных сортов (высшего, первого и второго).

Обнаружение и количественное определение микотоксинов (афлатоксин В1, дезоксиниваленон, зеараленон, токсин Т-2) выполнено методом газожидкостной хроматографии [9, 10]. Содержание тяжелых металлов и их соединений в пищевых продуктах определялось атомно-абсорбционным методом [11].

При статистической обработке данных использовали корреляционный анализ, а также ранговый дисперсионный анализ Фридмана (Friedman test) с вычислением коэффициента конкордации Кендалла (Kendall's coefficient of concordance) [12]. В качестве программного обеспечения использовали пакет StatSoft STATISTICA 8.0.

Результаты и их обсуждение. Мука является основным сырьем для производства продукции хлебопечения, и ее качество, безусловно, гарантирует безопасность продуктов питания для населения.

Содержание токсичных веществ в муке разных сортов представлены в таблице.

Содержание токсичных веществ в муке разных сортов, мг/кг

Вещество	Мука высшего сорта	Мука первого сорта	Мука второго сорта	ПДК
Микотоксины				
Алфатоксин В1	–	0,0013±0,0003	0,0018±0,0002	0,005
Дезоксиниваленол	–	–	0,1±0,001	0,7
Токсин Т-2	–	–	0,007±0,003	0,1
Зеараленон	–	–	–	1,0
Тяжелые металлы				
Свинец	0,12±0,07	0,13±0,07	0,15±0,03	0,5
Кадмий	0,007±0,004	0,009±0,004	0,01±0,005	0,1
Ртуть	0,005±0,05	0,007±0,003	0,06±0,02	0,03
Медь	0,97±0,08	1,26±0,05	6,40±0,22	10,0
Цинк	2,4±0,62	7,50±0,84	8,20±1,45	50,0

Примечание: (–) – не обнаружено.

Микотоксины. Являются вторичными метаболитами плесневых микроскопических грибов, имеющими выраженные токсические свойства. Из сырья, кормов и продуктов питания выделены виды плесневых грибов, способных продуцировать метаболиты высокой токсичности, в т. ч. около 120 микотоксинов [13]. Опасность микотоксинов выражается в токсическом эффекте при малых количествах в сырье и способности диффундировать в продукцию хлебопечения [5]. Санитарные нормы и правила рекомендуют в муке высшего, первого и второго сортов определение микотоксинов: алфатоксин В1; дезоксиниваленол (ДОН, вомитоксин); токсин Т-2; зеараленон.

Алфатоксин В1 наиболее токсичен, его патогенность зависит от наличия одного или двух токсинов (токсина А и токсина В.), вызывающих диарею.

Встречается в сельскохозяйственных культурах Сибирского региона: ячмень, соя, пшеница, подсолнечник, кукуруза.

По данным таблицы видно, что в образцах муки обнаружено содержание микотоксина – алфатоксин В1 в муке первого сорта (0,0013±0,0003 мг/кг) и второго сорта (0,0018±0,0002 мг/кг) в дозах, не превышающих ПДК.

Дезоксиниваленол (ДОН, вомитоксин) – вторичный метаболит, относящийся к типу трихотеценовых микотоксинов. Вырабатывается разновидностями плесени рода *Fusarium* (особенно *F. Graminearum*). Токсичен, иммунодепрессант, вызывает заболевание почек.

Встречается в сельскохозяйственных культурах Сибирского региона: пшеница, кукуруза, ячмень, овес, рожь.

По данным таблицы видно, что в образцах муки обнаружено содержание микотоксина дезоксиниваленола – в муке второго сорта (0,1±0,003 мг/кг) в дозах, не превышающих ПДК.

Токсин Т-2 относится к трихотеценовым микотоксинам (трихотеценоам), продуцируется при метаболизме токсинов плесневых грибов рода фузариум (*Fusarium*). Чрезвычайно токсичен, вызывает в результате пищевого отравления у людей и животных алиментарно-токсическую алейкию (недостаток лейкоцитов).

Встречается в сельскохозяйственных культурах Сибирского региона: зерновые культуры, в т. ч. пшеница, а также кукуруза, соя.

По данным таблицы видно, что в образцах муки обнаружено содержание микотоксина – токсин Т-2 в муке второго (0,007±0,003 мг/кг) в дозах, не превышающих ПДК.

Зеараленон – продуцируется плесенью рода *Fusarium* (*Fusarium graminearum*). Эстрогенный микотоксин, являющийся причиной эстрогенных реакций и нарушающий репродуктивную функцию животных.

Встречается в сельскохозяйственных культурах Сибирского региона: ячмень, кукуруза, овес, пшеница.

По данным таблицы видно, что в образцах муки высшего, первого и второго сортов не обнаружено содержание микотоксина – зеараленона.

Обнаружение и исследование содержания микотоксинов (алфатоксин В1; дезоксиниваленол (ДОН, vomитоксин); токсин Т-2; зеараленон) в пшеничной муке разных сортов показали, что мука высшего сорта отличается высоким качеством и не содержит микотоксинов; мука первого сорта содержит микотоксин – алфатоксин В1;

мука второго сорта содержит микотоксины – алфатоксин В1 и токсин Т-2. Их содержание в пшеничной муке первого и второго сортов не превышает ПДК, однако, так как микотоксины способны накапливаться в организме человека и животных, требуется их изучение и контроль содержания присутствующих микотоксинов.

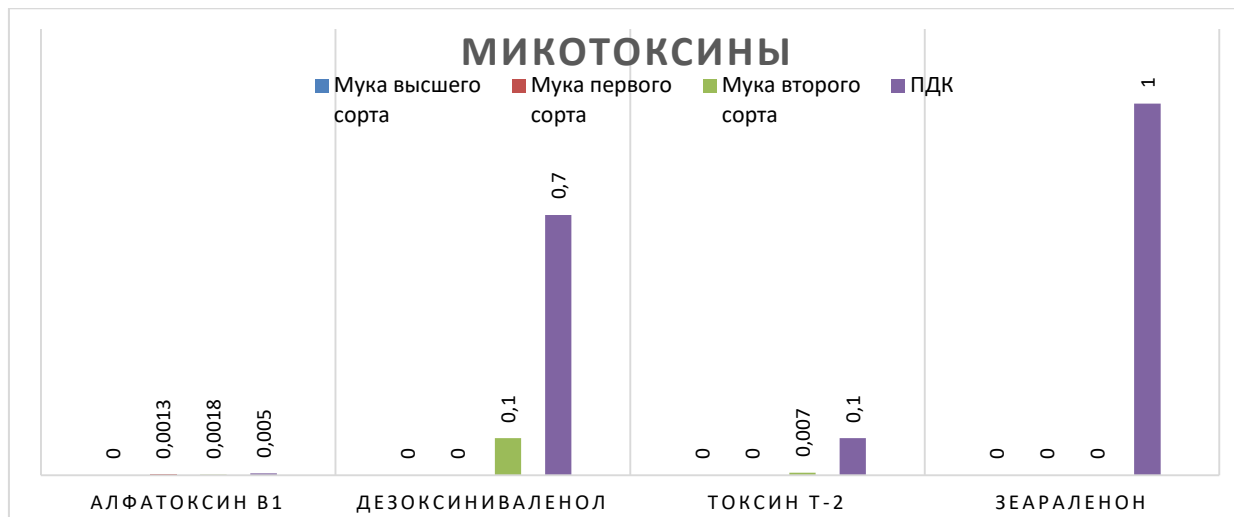


Рис. 1. Содержание микотоксинов в муке разных сортов, мг/кг

Необходимо отметить, что микотоксины в процессе технологической обработки пищевых продуктов практически не разрушаются [14].

Тяжелые металлы. Токсические элементы, подлежащие контролю как в продовольственном сырье, так и в пищевых продуктах. Особое значение имеет контроль за содержанием тяжелых металлов в продовольственном сырье, полученном вблизи промышленных предприятий горнодобывающей, металлургической, машиностроительной, химической и иной промышленности. А также при выращивании зерновых культур вблизи крупных автомагистралей. Рекомендует-

ся проверять продовольственное сырье чаще, чем готовую продукцию [15].

Содержание тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, медь, цинк) в пшеничной муке разных сортов показано в таблице и на рисунке 2. Анализ полученных результатов представлен в публикации автора [7, 8]. Содержание тяжелых металлов не превышает ПДК, однако такие элементы, как свинец, ртуть и кадмий, являются высокотоксичными и способны не только накапливаться в организме, но и имеют отдаленные проявления токсического действия при их длительном поступлении в организм с пищевыми продуктами.

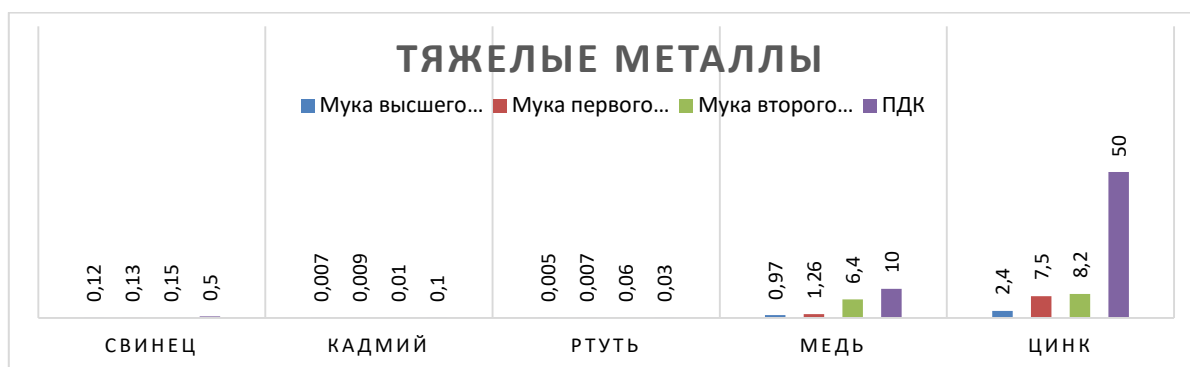


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в муке разных сортов, мг/кг

Анализ проведенного корреляционного анализа между тяжелыми металлами (медь – ртуть; цинк – кадмий) показал существование зависи-

мости содержания токсиканта от близости к источникам загрязнения (рис. 3, 4).

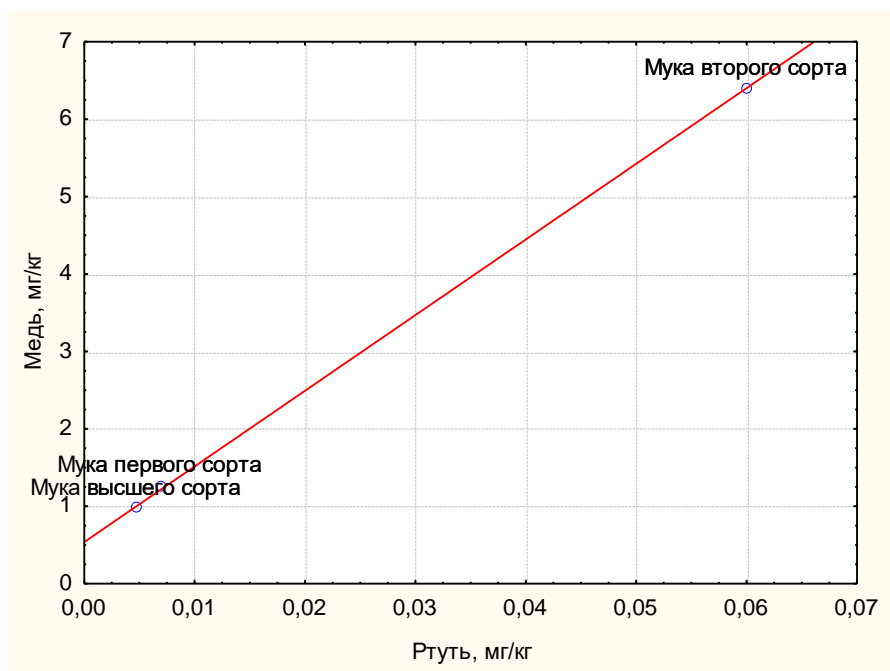


Рис. 3. Связь между содержанием ртути и меди в муке разных сортов [8]

Анализ рисунка 3 показал, что между содержанием ртути и меди в муке разных сортов выявлена статистически значимая ($p < 0,01$) положительная ($r = 0,999925$) корреляционная связь.

Их содержание в исследуемых образцах муки, вероятно, может свидетельствовать о едином источнике выбросов этих токсичных веществ.

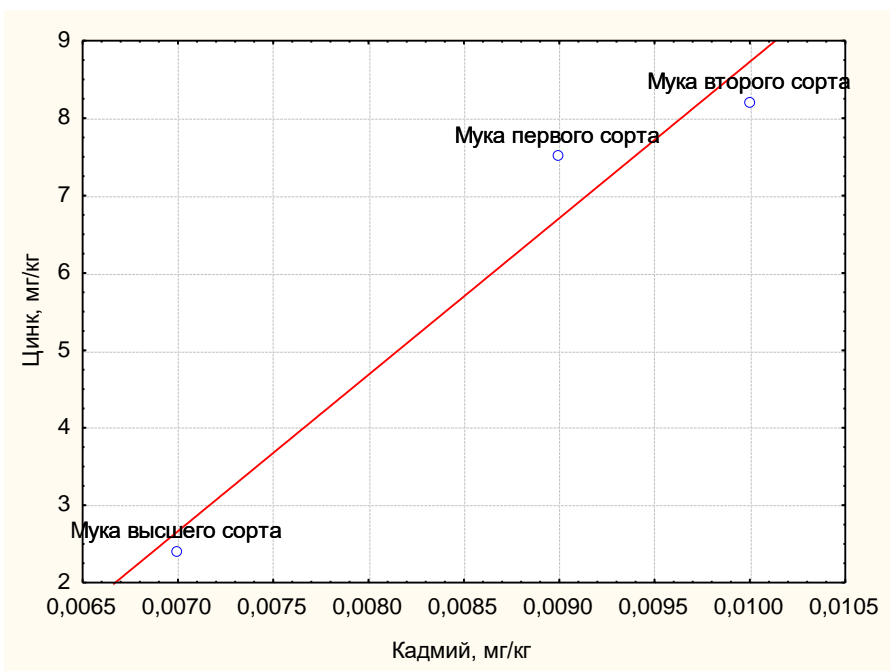


Рис. 4. Связь между содержанием цинка и кадмия в разных сортах пшеничной муки нелинейного характера

Между содержанием других тяжелых металлов, например цинка и кадмия (см. рис. 4), также выявлены положительные связи (коэффициенты корреляции от 0,621 до 0,975), носящие уже нелинейный характер.

Наименьшее содержание тяжелых металлов определено в муке высшего сорта, что говорит о ее высоком качестве. Их большее количество находится в муке второго сорта, хотя также не превышает ПДК.

Заключение

1. В зерне пшеницы могут находиться все исследованные микотоксины.

2. Содержание микотоксинов (алфатоксин В1; дезоксиниваленол (ДОН, vomitоксин); токсин Т-2; зеараленон) в пшеничной муке разных сортов показало, что мука высшего сорта отличается высоким качеством и не содержит микотоксинов; мука первого сорта содержит микотоксин – алфатоксин В1; мука второго сорта содержит микотоксины – алфатоксин В1 и токсин Т-2, содержание их не превышает ПДК.

3. Наименьшее содержание тяжелых металлов определено в муке высшего сорта, что говорит о ее высоком качестве. Их большее количество находится в муке второго сорта, хотя также не превышает ПДК.

4. Между содержанием ртути и меди в муке разных сортов выявлена статистически значимая ($p < 0,01$) положительная ($r = 0,999925$) корреляционная связь, вероятно, это может свидетельствовать о едином источнике выбросов этих токсичных веществ.

Список источников

1. Толмачева Т.А., Новикова А.В. Технология отрасли: технология сахаристых и мучных кондитерских изделий: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2021. 128 с.
2. Тупсина Н.Н. Новые виды хлебобулочных изделий с использованием нетрадиционного сырья / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2009. 168 с.
3. Тупсина Н.Н., Селезнева Г.К. Использование разных сортов муки в производстве хлебобулочных изделий // Вестник КрасГАУ. 2011. № 10. С. 204–209.

4. Гречишникова Н.А., Тупсина Н.Н. Управление хлебопекарными свойствами пшеничной муки // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы Междунар. науч. конф. Красноярск, 2015. С. 117–120.
5. Тутьельян В.А., Кравченко Л.В. Микотоксины. М.: Медицина, 1985. 307 с.
6. Поздняковский В.М. Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов: учебник. 5-е изд., испр. и доп. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2007. 445 с.
7. Демиденко Г.А. Содержание тяжелых металлов в муке и готовой продукции хлебопечения // Вестник КрасГАУ. 2015. № 4. С. 47–49.
8. Демиденко Г.А. Безопасность муки и готовой продукции хлеба // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 234–240.
9. ГОСТ 33682-2015. Стандарт. Продукты пищевые Определение Т 2 токсина хроматографическим методом. М., 2015.
10. Соляк Л. Разделение и идентификация изомерных углеводов методами капиллярной газовой хроматографии и сочетание ее с масс-спектрометрией и ИК-Фурье-спектроскопией // Российский химический журнал. 2003. Т. 47, № 2. С. 51–69.
11. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М., 1996.
12. Хижняк С.В., Пучкова Е.П. Математические методы в агроэкологии и биологии: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2019. 240 с.
13. Елесеева С.И. Контроль качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на хлебозаводе: учеб.-метод. пособие. М.: Агропромиздат, 1987. 191 с.
14. Скуратовская О.Д. Контроль качества продукции физико-химическими методами. Хлебобулочные изделия. 2-е изд., доп. и перераб. М.: ДеЛи принт, 2002. 102 с.
15. Сергеев А.Г., Латышев М.В. Сертификация: учеб. пособие. М.: Логос, 1999. 345 с.

References

1. Tolmacheva T.A., Novikova A.V. Tehnologiya otrasti: tehnologiya saharistyh i muchnyh

- konditerskih izdelij: ucheb. posobie. SPb.: Lan', 2021. 128 s.
2. *Tipsina N.N.* Novye vidy hlebobulochnyh izdelij s ispol'zovaniem netradicionnogo syr'ya / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2009. 168 s.
 3. *Tipsina N.N., Selezneva G.K.* Ispol'zovanie raznyh sortov muki v proizvodstve hlebobulochnyh izdelij // Vestnik KrasGAU. 2011. № 10. S. 204–209.
 4. *Grechishnikova N.A., Tipsina N.N.* Upravlenie hlebopekarnymi svojstvami pshenichnoj muki // Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: mat-ly Mezhdunar. nauch. konf. Krasnoyarsk, 2015. S. 117–120.
 5. *Tutel'yan V.A., Kravchenko L.V.* Mikotoksiny. M.: Medicina, 1985. 307 s.
 6. *Pozdnyakovskij V.M.* Gigienicheskie osnovy pitaniya, kachestvo i bezopasnost' pischevyh produktov: uchebnik. 5-e izd., ispr. i dop. Novosibirsk: Sibirskoe universitetskoe izdatel'stvo, 2007. 445 s.
 7. *Demidenko G.A.* Soderzhanie tyazhelyh metallov v muke i gotovoj produkcii hlebopecheniya // Vestnik KrasGAU. 2015. № 4. S. 47–49.
 8. *Demidenko G.A.* Bezopasnost' muki i gotovoj produkcii hleba // Vestnik KrasGAU. 2022. № 5. S. 234–240.
 9. GOST 33682-2015. Standart. Produkty pischevye Opredelenie T 2 toksina hromatograficheskim metodom. M., 2015.
 10. *Soyak L.* Razdelenie i identifikaciya izomernyh uglevodorodov metodami kapillyarnoj gazovoj hromatografii i sochetanie ee s mass-spektrometriej i IK-Fur'e-spektroskopiej // Rossijskij himicheskij zhurnal. 2003. T. 47, № 2. S. 51–69.
 11. GOST 30178-96. Syr'e i produkty pischevye. Atomno-absorbcionnyj metod opredelenie toksichnyh `elementov. M., 1996.
 12. *Hizhnyak S.V., Puchkova E.P.* Matematicheskie metody v agro`ekologii i biologii: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2019. 240 s.
 13. *Eliseeva S.I.* Kontrol' kachestva syr'ya, polufabrikatov i gotovoj produkcii na hlebozavode: ucheb.-metod. posobie. M.: Agropromizdat, 1987. 191 s.
 14. *Skuratovskaya O.D.* Kontrol' kachestva produkcii fiziko-himicheskimi metodami. Hlebobulochnye izdeliya. 2-e izd., dop. i pere-rab. M.: DeLi print, 2002. 102 s.
 15. *Sergeev A.G., Latyshev M.V.* Sertifikaciya: ucheb. posobie. M.: Logos, 1999. 345 s.

Статья принята к публикации 22.04.2022 / The article accepted for publication 22.04.2022.

Информация об авторах:

Галина Александровна Демиденко, заведующая кафедрой ландшафтной архитектуры и ботаники, доктор биологических наук, профессор

Information about the authors:

Galina Alexandrovna Demidenko, Head of the Department of Landscape Architecture and Botany, Doctor of Biological Sciences, Professor

