

Научная статья

УДК 664. 64.016; 664.66

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-234-240

**Галина Александровна Демиденко**

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

demidenkoekos@mail.ru

## БЕЗОПАСНОСТЬ МУКИ РАЗНЫХ СОРТОВ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ХЛЕБА

*Цель исследования – определение безопасности муки и готовой продукции хлеба ПАО «Красноярский хлеб» в зависимости от содержания тяжелых металлов и мышьяка. Задачи: определение содержания тяжелых металлов (свинец, кадмия, ртути, меди, цинка) и мышьяка в муке разных сортов и в хлебе «Фирменный» и «Белый»; выявление корреляционных связей динамики тяжелых металлов в системе «сырье – готовая продукция хлебопечения»; влияние технологических процессов на содержание тяжелых металлов в хлебе «Фирменный» и «Белый». Объекты исследования – пшеничная мука разных сортов (высшего, первого, второго) и готовая продукция ПАО «Красноярский хлеб» – сорта хлеба «Фирменный» и «Белый». Количество тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, медь, цинк) в муке разных сортов и в хлебе «Фирменный» и «Белый» не превышает ПҚД. Содержание мышьяка не обнаружено в образцах муки (высшего, первого и второго сорта) и хлеба «Фирменный» и «Белый». Наблюдаются различия между содержанием некоторых тяжелых металлов в муке и готовой продукции. Содержание свинца в муке первого сорта составляет  $0,13 \pm 0,08$  мг/кг, а в хлебе «Фирменный» –  $0,10 \pm 0,05$  мг/кг. Содержание ртути в муке первого сорта составляет  $0,006 \pm 0,002$  мг/кг, а в хлебе «Фирменный» –  $0,003 \pm 0,001$  мг/кг. Аналогичное уменьшение содержания тяжелых металлов наблюдается в готовой продукции образцов хлеба «Белый». Содержание свинца в муке второго сорта составляет  $0,15 \pm 0,02$  мг/кг, а в хлебе «Белый» –  $0,14 \pm 0,01$  мг/кг. Содержание цинка в муке второго сорта составляет  $8,20 \pm 1,43$  мг/кг, а в хлебе «Белый» –  $7,49 \pm 0,63$  мг/кг. Такие данные позволяют считать, что при технологическом процессе изготовления хлеба, а именно температурной составляющей, содержание тяжелых металлов уменьшается. Корреляционные связи динамики тяжелых металлов в системе «сырье – готовая продукция хлебопечения» показывают высокую достоверность и статистическую значимость. Влияние технологических процессов при выпекании хлеба, а именно повышение температуры, уменьшает содержание тяжелых металлов (свинца, ртути, меди, цинка) в готовой продукции в хлебе «Фирменный» и «Белый».*

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, мышьяк, безопасность, мука высшего, первого и второго сорта, хлеб «Фирменный», хлеб «Белый», ПАО «Красноярский хлеб»

**Для цитирования:** Демиденко Г.А. Безопасность муки разных сортов и готовой продукции хлеба // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 234–240. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-234-240.

**Galina Alexandrovna Demidenko**

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

demidenkoekos@mail.ru

## DIFFERENT GRADES FLOUR AND FINISHED BREAD PRODUCTS' SAFETY

*The purpose of the study is to determine the safety of flour and finished bread products of PJSC Krasnoyarskij hleb depending on the content of heavy metals and arsenic. Tasks: determination of the content of heavy metals (lead, cadmium, mercury, copper, zinc) and arsenic in flour of different varieties*

© Демиденко Г.А., 2022

Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 234–240.

Bulliten KrasSAU. 2022;(5):234–240.

and in "Firmennyj" and "Belyj" bread; identification of correlations between the dynamics of heavy metals in the system "raw materials – finished bakery products"; the influence of technological processes on the content of heavy metals in the bread "Firmennyj" and "Belyj". The objects of the study are wheat flour of different grades (highest, first, second) and finished products of PJSC Krasnoyarskij hleb – varieties of bread "Firmennyj" and "Belyj". The amount of heavy metals (lead, cadmium, mercury, copper, zinc) in the flour of different varieties and in the bread "Firmennyj" and "Belyj" does not exceed the MAC. The content of arsenic was not found in samples of flour (highest, first and second grade) and bread "Firmennyj" and "Belyj". There are differences between the content of some heavy metals in flour and finished products. The content of lead in the flour of the first grade is  $0.13 \pm 0.08$  mg/kg, and in the bread "Firmennyj" –  $0.10 \pm 0.05$  mg/kg. The content of mercury in the flour of the first grade is  $0.006 \pm 0.002$  mg/kg, and in the bread "Firmennyj" –  $0.003 \pm 0.001$  mg/kg. A similar decrease in the content of heavy metals is observed in the finished product samples of "Belyj" bread. The content of lead in flour of the second grade is  $0.15 \pm 0.02$  mg/kg, and in white bread it is  $0.14 \pm 0.01$  mg/kg. The content of zinc in flour of the second grade is  $8.20 \pm 1.43$  mg/kg, and in white bread –  $7.49 \pm 0.63$  mg/kg. Such data allow us to consider that during the technological process of making bread, namely the temperature component, the content of heavy metals decreases. Correlations of the dynamics of heavy metals in the system "raw materials – finished bakery products" show high reliability and statistical significance. The influence of technological processes during bread baking, namely the increase in temperature, reduces the content of heavy metals (lead, mercury, copper, zinc) in the finished product in "Firmennyj" and "Belyj" bread.

**Keywords:** heavy metals, arsenic, safety, flour of the highest, first and second grade, bread "Firmennyj", bread "Belyj", PJSC Krasnoyarskij hleb

**For citation:** Demidenko G.A. Different grades flour and finished bread products' safety // Bulliten KrasSAU. 2022;(5): 234–240. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-234-240.

**Введение.** Человек, как правило, употребляет хлеб ежедневно в отличие от других продуктов питания. Рост объема производства хлебобулочных изделий зависит во многом от ассортимента продукции и соответствует вкусам и возможностям населения [1–5].

Для безопасности продукции хлеба возникает необходимость в контроле за поступлением в организм человека вредных химических веществ и их соединений [6]. Гигиеническому контролю в продовольственном сырье и пищевых продуктах из токсических элементов прежде всего относятся тяжелые металлы и мышьяк.

Большое значение следует уделять содержанию токсичных элементов в системе «сырье – готовая продукция хлебопечения». Особую опасность для заражения зерна пшеницы представляют геохимические аномалии и районы, приближенные к промышленным предприятиям и автомобильным дорогам.

**Цель исследования** – определить безопасность муки и готовой продукции хлеба ПАО «Красноярский хлеб» в зависимости от содержания тяжелых металлов и мышьяка.

**Задачи:** определить содержание тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, медь, цинк) и мышьяка в муке разных сортов и хлебе «Фир-

менный» и «Белый»; выявить корреляционные связи динамики тяжелых металлов в системе «сырье – готовая продукция хлебопечения»; определить степень влияния технологических процессов на содержание тяжелых металлов в хлебе «Фирменный» и «Белый».

**Объекты и методы.** Объектами исследования является пшеничная мука разных сортов (высшего, первого, второго) и готовая продукция ПАО «Красноярский хлеб» – сорта хлеба «Фирменный» и «Белый».

Для проведения анализов отбирали образцы пшеничной муки (высшего, первого, второго сорта) и хлеба сортов «Фирменный» и «Белый» [7].

В пищевых продуктах исследовалось содержание тяжелых металлов (ртути, цинка, кадмия, свинца, меди) и мышьяка.

Ртуть – один из самых опасных и высокотоксичных элементов, способных накапливаться в организме растений, животных и человека. Широко распространен в природе. Механизм токсичности действия ртути связан с ее взаимодействием с группами белков. При их блокировке изменяются свойства или инактивируются жизненно важные ферменты.

Цинк – входит в состав около 80 ферментов и участвует в многочисленных реакциях обмена

веществ. Отмечено, что цинк в присутствии сопутствующих кадмия, свинца и мышьяка в воздухе промышленных предприятий способен вызывать «металлургическую» лихорадку.

Кадмий – в природе в чистом виде не встречается. Является канцерогеном. Воздействует на центральную нервную систему. Нарушает фосфорно-кальциевый обмен в организме человека.

Свинец – его негативное влияние на организм человека проявляется в нарушении деятельности нервной системы, печени, почек, а также в повышении кровяного давления и снижении репродуктивной функции.

Медь – участвует в работе большого количества ферментов, регулирующих биохимические реакции организма; снабжении клеток кислородом; образовании эластина, являющегося важной частью сосудов.

Для определения содержания тяжелых металлов применен атомно-абсорбционный метод исследования, позволяющий определить содержание в пищевых продуктах тяжелых металлов в сложных смесях веществ [8].

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) [9]. В качестве программного обеспечения использовали пакет Stat Soft STATISTICA 8.0.

**Результаты и их обсуждение.** Причины содержания тяжелых металлов и мышьяка в сырье и готовой продукции хлебопечения необходимо изучать, так как в организме человека при длительном поступлении с продуктами питания они способны накапливаться, даже при количестве, не превышающем ПДК в отдельных образцах [10]. Ранее была исследована взаимосвязь между содержанием тяжелых металлов в сырье и готовой продукции хлебопечения в городе Красноярске [11].

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в муке разных сортов показано УФ рисунках 1, 2, в таблице 1. Корреляционные связи между медью и ртутью показаны на рисунке 1.

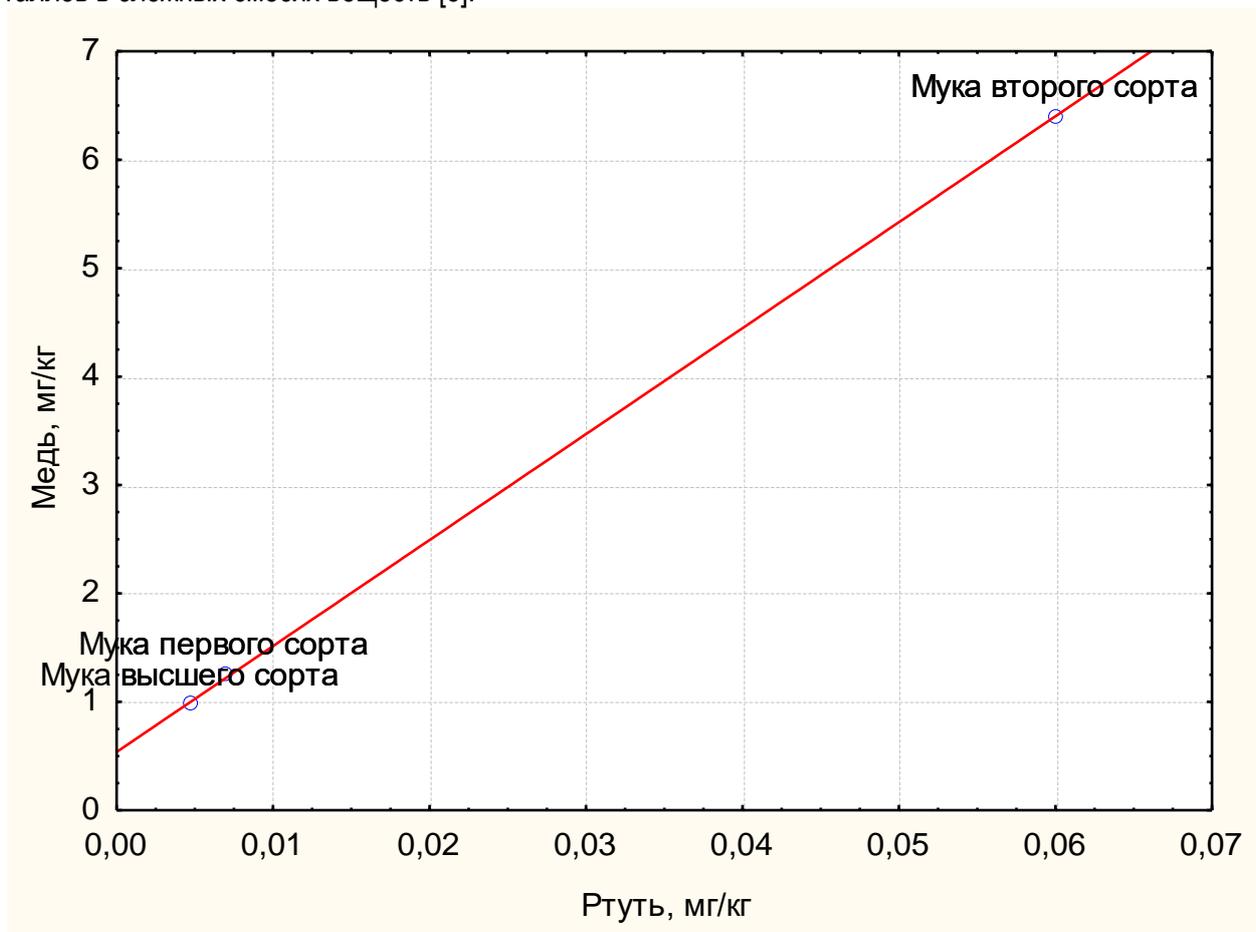


Рис. 1. Корреляционная связь между содержанием ртути и меди в муке разных сортов

## Содержание тяжелых металлов и мышьяка в муке разных сортов, мг/кг

Металл	Мука высшего сорта	Мука первого сорта	Мука второго сорта	ПДК
Свинец	0,12±0,06	0,13±0,08	0,15±0,02	0,5
Кадмий	0,007±0,002	0,009±0,003	0,01±0,004	0,1
Ртуть	0,0048±0,04	0,006±0,001	0,007±0,01	0,03
Медь	0,97±0,07	1,26±0,06	6,40±0,21	10,0
Цинк	2,4±0,61	7,50±0,83	8,20±1,43	50,0
Мышьяк	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	0,2

Анализ рисунка 1 показал, что между содержанием ртути и меди в муке разных сортов выявлена статистически значимая ( $p < 0,01$ ) положительная ( $r = 0,999925$ ) корреляционная связь. Это может свидетельствовать о едином источнике этих двух металлов в исследуемых образцах муки.

Между содержанием других металлов также выявлены положительные связи (коэффициенты корреляции от 0,621 до 0,975) (рис. 2), однако эти связи носят нелинейный характер.

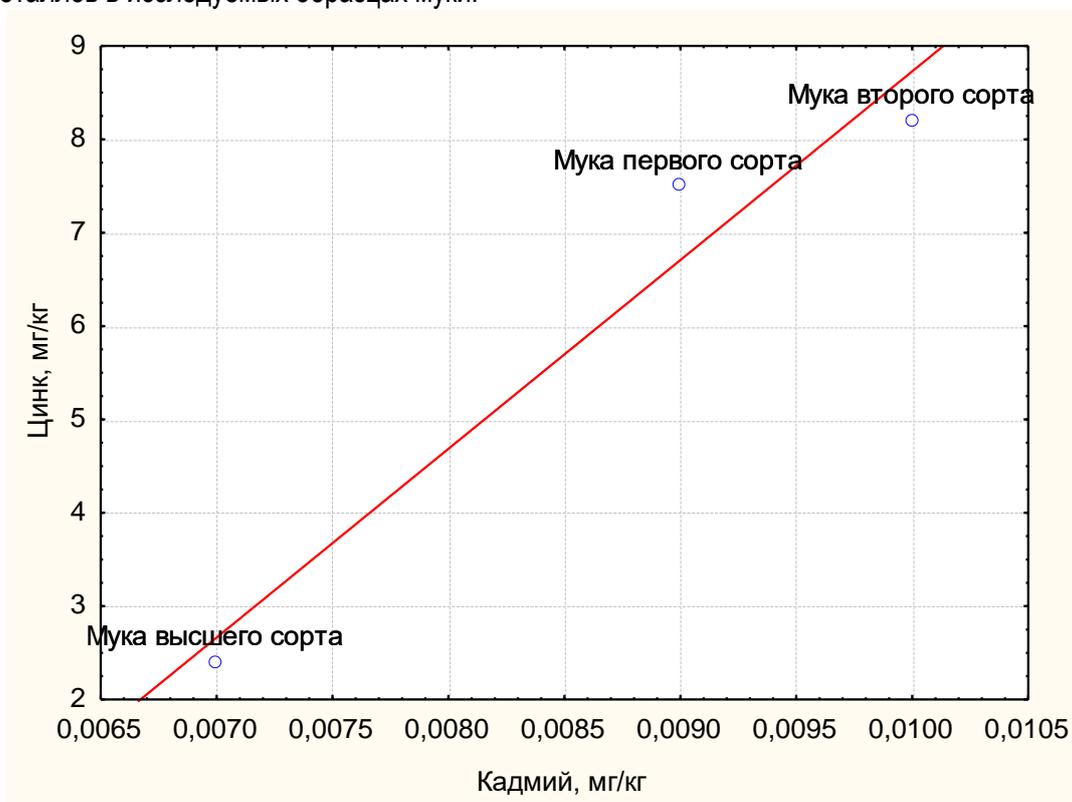


Рис. 2. Нелинейная связь между содержанием тяжелых металлов в муке на примере содержания цинка и кадмия

В целом по содержанию тяжелых металлов в муке разных сортов большее их количество находится в муке второго сорта, на втором месте – мука первого сорта, на третьем месте – мука высшего сорта.

Статистическую значимость указанных различий между сортами муки подтверждает ранговый дисперсионный анализ Фридмана

(Friedman ANOVA) ( $p < 0,01$ ), коэффициент корреляции Кендалла равен 1,000.

Содержание мышьяка не обнаружено в муке всех трех сортов.

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в хлебе разных сортов показано в таблице 2, на рисунке 3.

## Содержание тяжелых металлов и мышьяка в хлебе разных сортов, мг/кг

Металл	Хлеб «Фирменный»	Хлеб «Белый»	ПДК
Свинец	0,10±0,05	0,14±0,01	2,0
Кадмий	0,006±0,002	0,007±0,001	0,007
Ртуть	0,003±0,001	0,0054±0,002	0,15
Медь	0,94±0,51	2,70±0,16	7,0
Цинк	2,5±0,21	7,49±0,63	35,0
Мышьяк	Не обнаружено	Не обнаружено	0,15

Хлеб «Фирменный» изготавливается из муки первого сорта; хлеб «Белый» – из муки второго сорта. Анализ полученных результатов показал, что содержание тяжелых металлов, как в муке разных сортов, так и в готовой продукции (хлебе «Фирменном» и хлебе «Белом»), не превышают ПДК.

Наблюдаются различия между содержанием некоторых тяжелых металлов в муке и готовой продукции. Например, содержание свинца в муке первого сорта составляет 0,13±0,08 мг/кг, а в хлебе «Фирменный» – 0,10±0,05 мг/кг. Содержание ртути в муке первого сорта составляет 0,006±0,002 мг/кг, а в хлебе «Фирменный» – 0,003±0,001 мг/кг. Содержание меди в муке первого сорта составляет 1,26±0,06 мг/кг, а в хлебе «Фирменный» – 0,94±0,51 мг/кг. Содержание цинка в муке первого сорта составляет 7,50±0,83 мг/кг, а в хлебе «Фирменный» – 2,5±0,21 мг/кг.

Аналогичное уменьшение содержания тяжелых металлов наблюдается в готовой продукции образцов хлеба «Белый». Содержание свинца в муке второго сорта составляет 0,15±0,02 мг/кг, а в хлебе «Белый» – 0,14±0,01 мг/кг. Содержание ртути в муке второго сорта составляет 0,007±0,01 мг/кг, а в хлебе «Белый» – 0,0054±0,002 мг/кг. Содержание меди в муке второго сорта составляет 6,40±0,21 мг/кг, а в хлебе «Белый» – 2,70±0,16 мг/кг. Содержание цинка в

муке второго сорта составляет 8,20±1,43 мг/кг, а в хлебе «Белый» – 7,49±0,63 мг/кг.

Уменьшение содержания ртути связано с тем, что ртуть является довольно «летучим» металлом, и под действием высоких температур ее содержание уменьшается.

Такие данные позволяют считать, что при технологическом процессе изготовления хлеба, а именно температурной составляющей, содержание тяжелых металлов уменьшается.

Связь между содержанием тяжелых металлов в разных сортах хлеба представлена на рисунке 3. Содержание тяжелых металлов в хлебе «Белый» статистически значимо ( $p < 0$ ).

Содержание тяжелых металлов в хлебе «Белый» статистически значимо ( $p < 0,05$  по критерию Вилкоксона для парных сравнений (Wilcoxon matched pairs test)) и выше, чем в хлебе «Фирменный».

Матрица корреляций между содержанием тяжелых металлов в разных образцах представлена в таблице 4.

Статистически значимые ( $p < 0,05...p < 0,001$ ) коэффициенты корреляции выделены полужирным шрифтом. Высокие корреляционные связи (от  $r = 0,9233$  до  $r = 0,9996$ ), представленные в таблице 4, в основном обеспечены содержанием металлов Pb, Cu, Zn.

Содержание мышьяка не обнаружено в образцах хлеба «Фирменный» и «Белый».

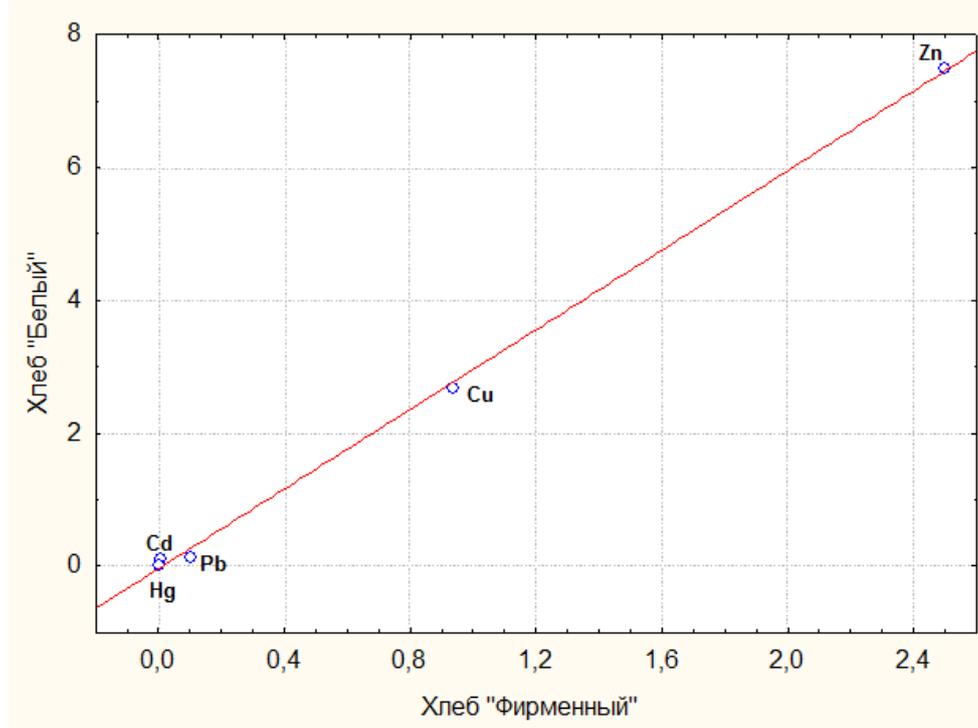


Рис. 3. Связь между содержанием тяжелых металлов в разных сортах хлеба

Таблица 4

**Корреляция между содержанием комплекса тяжелых металлов в разных образцах**

Образец	Хлеб «Фирменный»	Хлеб «Белый»	Мука высшего сорта	Мука первого сорта
Хлеб «Белый»	0,99952	–	–	–
Мука высшего сорта	0,999589	0,998471	–	–
Мука первого сорта	0,977893	0,980792	0,971695	–
Мука второго сорта	0,92843	0,923316	0,93785	0,831123

**Заключение**

1. Содержание тяжелых металлов (свинец, кадмия, ртути, меди, цинка) в муке разных сортов и хлебе «Фирменный» и «Белый» показывает количество, не превышающее ПДК. Анализ данных необходим, так как в организме человека при длительном поступлении с продуктами питания они способны накапливаться. Содержание мышьяка не обнаружено в образцах муки (высшего, первого и второго сорта) и хлеба «Фирменный» и «Белый».

2. Корреляционные связи динамики тяжелых металлов в системе «сырье – готовая продукция хлебопечения» показывают высокую достоверность и статистическую значимость.

3. Влияние технологических процессов при выпекании хлеба, а именно повышение темпе-

ратуры, уменьшает содержание тяжелых металлов (свинца, ртути, меди, цинка) в готовой продукции в хлебе «Фирменный» и «Белый».

**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. Пути повышения пищевой ценности хлеба для питания спортсменов / *М.А. Янова* [и др.] // Международные научные исследования. 2015. № 4. С. 56–59.
6. *Позднякова В.М.* Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза пищевых продуктов. Новосибирск, 2012. 350 с.
7. ОСТ ВКС 6292. Мука и отруби. Методы испытаний. М., 1992.
8. ГОСТ 3178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М., 1996.
9. *Хижняк С.В., Пучкова Е.П.* Математические методы в агроэкологии и биологии: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2019. 240 с.
10. *Сергеев А.Г., Латышев М.В.* Сертификация. М.: Логос, 1999. 87 с.
11. *Демиденко Г.А.* Содержание тяжелых металлов в муке и готовой продукции хлебопечения // Вестник КрасГАУ. 2015. № 4. С. 47–49.
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. Puti povysheniya pischevoj cennosti hleba dlya pitaniya sportsmenov / *M.A. Yanova* [i dr.] // Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya. 2015. № 4. S. 56–59.
6. *Pozdnyakova V.M.* Gigienicheskie osnovy pitaniya, bezopasnost' i `ekspertiza pischevyh produktov. Novosibirsk, 2012. 350 s.
7. OST VKS 6292. Muka i otrubi. Metody ispytaniy. M., 1992.
8. GOST 3178-96. Syr'e i produkty pischevye. Atomno-absorbcionnyj metod opredelenie toksichnyh `elementov. M., 1996.
9. *Hizhnyak S.V., Puchkova E.P.* Matematicheskie metody v agro`ekologii i biologii: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2019. 240 s.
10. *Sergeev A.G., Latyshev M.V.* Sertifikaciya. M.: Logos, 1999. 87 s.
12. *Demidenko G.A.* Soderzhanie tyzhelyh metallov v muke i gotovoj produkcii hlebopecheniya // Vestnik KrasGAU. 2015. № 4. S. 47–49.

### References

1. *Tolmacheva T.A., Novikova A.V.* Tehnologiya otrasli: tehnologiya saharistyh i muchnyh konditerskih izdelij: ucheb. posobie. SPb.: Lan', 2021. 128 s.

Статья принята к публикации 14.03.2022 / The article accepted for publication 14.03.2022.

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

