

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФАСОЛЕВЫХ КОНЦЕНТРАТАХ И ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ИХ УРОВЕНЬ

M.A. РАХИМОВА , N.A. ТОШХОДЖАЕВ* 

(Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими, Республика Таджикистан, Худжанд, пр-т Сомони, 296)
Электронная почта автора корреспондента: nauka1988@inbox.ru*

В статье подробно рассматриваются актуальные вопросы, связанные с обеспечением пищевой безопасности населения и контролем содержания токсичных элементов — кадмия (Cd) и свинца (Pb) — в бобовых культурах, в частности, в фасоли, которая является одним из важнейших источников растительного белка и минеральных веществ. Особое внимание уделено оценке влияния различных этапов технологической обработки — варки, проращивания, сушки и последующего концентрирования — на изменение уровня тяжёлых металлов в конечном продукте. Целью исследования является определение степени снижения содержания опасных элементов в результате применения указанных технологических процессов и выявление наиболее эффективных способов переработки, обеспечивающих повышение качества и безопасности фасолевых продуктов. В исследовании использованы образцы фасоли урожая 2021 и 2022 годов, собранные в условиях Согдийской области, а также полученные из них концентраты. Лабораторные анализы выполнены в лаборатории пищевых и сельскохозяйственных продуктов Согдийского Центра стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции с применением современного вольтамперометрического метода, отличающегося высокой точностью и чувствительностью при определении микроконцентраций металлов. Полученные результаты показали, что содержание кадмия и свинца в исходном сырье не превышает допустимых норм, установленных техническим регламентом ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». При этом установлено, что в процессе технологической обработки происходит значительное снижение концентрации токсичных элементов. В частности, количество кадмия уменьшилось более чем в 200–330 раз, а содержание свинца — в 400–540 раз по сравнению с исходными образцами. Данные результаты свидетельствуют о высокой эффективности выбранных методов переработки. Таким образом, предложенный технологический подход к переработке фасоли позволяет существенно повысить безопасность, экологическую чистоту и питательную ценность готового продукта, что имеет важное значение для развития отечественного производства функциональных и диетических продуктов питания, а также для расширения ассортимента высококачественных бобовых ингредиентов, применяемых в пищевой промышленности и рациональном здоровом питании.

Ключевые слова: пищевая безопасность, фасоль, концентрат, свинец, кадмий, токсичные элементы, переработка, качество пищи.

ФАСОЛЬ КОНЦЕНТРАТТАРЫНДАҒЫ ТОКСИНДІК ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ҚҰРАМЫН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӨҢДЕУДІҢ ОЛАРДЫҢ ДЕҢГЕЙІНЕ ӘСЕРІ

M.A. РАХИМОВА, N.A. ТОШХОДЖАЕВ*

(Худжандтағы М.С. Осими атындағы Тәжікстан техникалық университетінің политехникалық институты, Тәжікстан Республикасы, Худжанд, Сомони д-лы, 296)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: nauka1988@inbox.ru*

Мақалада халықтың азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету және тагамдық дақылдарданы, есіреле бұршақ тұқымдастарда, соның ішінде осімдік текстес акуыз бен минералды заттардың маңызды көзі болып табылатын бұршақтардың улы элементтер — кадмий (Cd) мен қорғасынның (Pb) мөлшерін бақылауга қатысты озекті мәселелер жасан-жасақты қарастырылған. Зерттеуде технологиялық өңдеудің әртүрлі кезеңдерінің — қайнату, өнгіту, кептіру және кейінгі концентрация — соңғы өнімдегі ауыр металдардың деңгейіне әсерін бағалауга ерекше назар аударылған.

Зерттеудің мақсаты — атапган технологиялық процестерді қолдану нәтижесінде қауіпті элементтердің мөлшерінің қаншалықты төмендейтінін анықтау және бұрақ өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік беретін ең тиімді өңдеу тәсілдерін айқындау болып табылады. Зерттеу барысында 2021 және 2022 жылдары Соды облысының жағдайында өсірілген бұрақ үлгілері мен солардан алынған концентраттар пайдаланылды. Лабораториялық талдаулар Соды стандартизация, метрология, сертификация және сауда инспекциясы орталығының тагамдық және ауыл шаруашылығы өнімдері зертханасында қазіргі заманғы, металлдардың микрошеңбердегі концентрациясын дәл және сезімтал анықтауга мүмкіндік беретін вольтамперометриялық әдіс арқылы жүргізілді. Алынған нәтижелер бастанқыш киізаттагы кадмий мен қорғасын мөлшері техникалық регламент TR TC 021/2011 «Тәгам өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» құжастында белгіленген шекті нормалардан аспайтынын көрсетті. Сонымен қатар, технологиялық өңдеу барысында улы элементтердің концентрациясы айтарлықтай төмендейтіні анықталды. Атап айтқанда, кадмий мөлшері шамамен 200–330 есеге, ал қорғасын мөлшері 400–540 есеге дейін азайған. Бұл көрсеткіштер таңдалған өңдеу әдістерінің жоғары тиімділігін дәлелдейді. Осылайша, бұрақтың өңдеудің ұсынылған технологиялық тәсілі дайын өнімнің қауіпсіздігін, экологиялық тазалығын және тагамдық құндылығын едәуір арттыруға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде функционалды және диеталық тәгам өнімдерінің отандық өндірісін дамытуға, сондай-ақ тәгам өнеркәсібі мен салауатты татақтану жүйесінде қолданылатын жоғары сапалы бұрақ ингредиенттерінің ассортиментін кеңейтүге маңызды үлес қосады.

Негізгі сөздер: азық-тұлік қауіпсіздігі, фасоль, концентрат, қорғасын, кадмий, улы элементтер, өңдеу, сапа.

ASSESSMENT OF TOXIC ELEMENT CONTENT IN BEAN CONCENTRATES AND THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PROCESSING ON THEIR LEVELS

M.A. RAKHIMOVA, N.A. TOSHKHODZHAEV*

(Khujand Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after academician M. S. Osimi, Tajikistan,
Khyjand, Somoni ave., 296)
Corresponding author's email: nauka1988@inbox.ru*

The article provides a detailed analysis of current issues related to ensuring food safety and monitoring the content of toxic elements—cadmium (Cd) and lead (Pb)—in leguminous crops, particularly in beans, which are among the most important sources of plant-based protein and mineral nutrients. Special attention is given to assessing the influence of various technological processing stages—boiling, germination, drying, and subsequent concentration—on changes in the levels of heavy metals in the final product. The aim of the study is to determine the extent to which the content of hazardous elements decreases as a result of these technological processes and to identify the most effective processing methods that improve the quality and safety of bean-based products. The research utilized bean samples from the 2021 and 2022 harvests grown under the conditions of the Sughd Region, as well as concentrates obtained from these beans. Laboratory analyses were carried out at the Laboratory of Food and Agricultural Products of the Sughd Center for Standardization, Metrology, Certification, and Trade Inspection using a modern voltammetric method characterized by high precision and sensitivity in detecting trace metal concentrations. The results showed that the levels of cadmium and lead in the raw materials did not exceed the permissible limits established by Technical Regulation TR CU 021/2011 "On Food Safety." Furthermore, it was found that technological processing leads to a significant reduction in the concentration of toxic elements. In particular, the amount of cadmium decreased by more than 200–330 times, while the content of lead was reduced by 400–540 times compared to the raw samples. These findings indicate the high efficiency of the selected processing methods. Thus, the proposed technological approach to bean processing makes it possible to significantly enhance the safety, environmental purity, and nutritional value of the final product. This has great importance for the development of domestic production of functional and dietary food products, as well as for expanding the range of high-quality legume-based ingredients used in the food industry and in healthy nutrition.

Keywords: food safety, beans, concentrate, lead, cadmium, toxic elements, processing, food quality.

Введение

Уровень продовольственного обеспечения населения, а также качество и безопасность пищевого сырья и готовых продуктов являются одними из ключевых факторов, определяющих состояние здоровья людей и продолжительность их жизни [1, 2].

В последние десятилетия особое внимание уделяется формированию принципов здорового питания, важнейшей составляющей которого выступает пищевая безопасность — биологическая, химическая и радиационная [3, 2].

Под безопасностью пищевых продуктов понимают такое их состояние, при котором исключается неприемлемый риск негативного воздействия на организм человека и здоровье будущих поколений [2, 4].

Основные угрозы формируются вследствие загрязнения продуктов различными веществами — радионуклидами, токсичными элементами, а также патогенными микроорганизмами [5-7].

Современная классификация загрязнителей пищевых продуктов включает три основные группы [5-9]:

- Химические — к ним относятся токсичные элементы, пестициды, нитрозамины и другие соединения [13];

- Биологические — микроскопические плесневые грибы, бактерии и токсигенные микроорганизмы;

- Физические — механические примеси: фрагменты пластика, волос, ткани, стекла, металла, древесины и пр. [1,2].

Среди химических загрязнителей наибольшую опасность представляют восемь элементов: ртуть (Hg), свинец (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As), цинк (Zn), медь (Cu), олово (Sn) и железо (Fe). Из них ртуть, свинец и кадмий признаны наиболее токсичными [5-8].

Ртуть (Hg) — один из наиболее опасных элементов, способный накапливаться в тканях организма. У молодняка её концентрация, как правило, ниже, чем у взрослых животных [2,8]. Среди продуктов животного происхождения наибольшее содержание ртути выявлено в почках — до 0,2 мг/кг (в сыром виде) [8,10]. Для снижения её количества рекомендуется вымачивание сырья в течение 1,5–2 часов с регулярной заменой воды, что позволяет уменьшить концентрацию примерно вдвое [8].

Среди растительных продуктов повышенное содержание ртути отмечается в орехах, какао-бобах и шоколаде (до 0,1 мг/кг), тогда как

в большинстве остальных продуктов её количество не превышает 0,01–0,03 мг/кг [11,12].

Свинец (Pb) — сильный токсин, присутствующий в незначительных количествах практически во всех продуктах растительного и животного происхождения. Его естественная концентрация обычно не превышает 0,5–10 мг/кг [8,10]. Повышенные значения фиксируются в промысловой рыбе, например в окуне (до 2,0 мг/кг), а также в ракообразных (до 10,0 мг/кг) [6,11].

Дополнительным источником свинца могут быть консервированные продукты, расфасованные в металлические банки. Попадание свинца в продукты также возможно при сгорании этилированного бензина — соединения свинца оседают в почве и загрязняют сельскохозяйственную продукцию. Поэтому растения, выращенные вблизи автомобильных трасс, нередко содержат повышенные концентрации Pb.

Кадмий (Cd) относится к числу опасных токсичных элементов, однако его природное содержание в продуктах питания в 5–10 раз ниже, чем у свинца. Наибольшие концентрации кадмия наблюдаются в какао-порошке (до 0,5 мг/кг), почках животных (до 1,0 мг/кг), рыбе (до 0,2 мг/кг), а также в консервированной продукции, упакованной в металлические банки [5,8,13].

Санитарно-контрольные органы установили строгие нормы допустимого содержания тяжёлых металлов в пищевом сырье и готовых продуктах [15,16]. Для большинства категорий продуктов определены предельно допустимые концентрации (ПДК) токсичных элементов. Так, для бобовых культур предельное содержание свинца не должно превышать 0,5 мг/кг, а кадмия — 0,1 мг/кг [16].

В целях подтверждения качества и безопасности исследуемых образцов концентраты из бобовых, полученные в рамках данного исследования, были направлены на лабораторный анализ содержания токсичных элементов, в частности кадмия и свинца. Анализ проводился в лаборатории пищевых и сельскохозяйственных продуктов Центра стандартизации, метрологии, сертификации и надзора за торговлей Согдийской области.

В эксперимент включались следующие образцы:

- бобовые зёрна урожая 2021 года и полученные из них концентраты;
- бобовые зёрна урожая 2022 года и их концентраты.

Производство концентратов из фасоли и других бобовых осуществляется преимущественно с применением щадящих технологий. Особое внимание при этом уделяется подбору методов обработки, обеспечивающих сохранность питательных веществ и минимизацию содержания токсичных элементов, что является приоритетным направлением работы исследователей и технологов [17].

Материалы и их методы исследований

Объекты исследования

В качестве объектов исследования использовались фасолевые зёрна двух урожаев — 2021 и 2022 годов — и полученные из них концентраты.

Для эксперимента были подготовлены следующие образцы:

- порошок из сухих бобов фасоли;
- порошок из отварных бобов фасоли;
- порошок из пророщенных бобов фасоли;
- порошок из отварных пророщенных бобов фасоли.

Исходное сырьё (зёрна фасоли) было отобрано по стандартной методике выборочного контроля качества, обеспечивающей репрезентативность пробы.

Место и условия проведения анализа

Определение содержания токсичных элементов проводилось в лаборатории пищевых и сельскохозяйственных продуктов Центра стандартизации, метрологии, сертификации и надзора за торговлей Согдийской области.

Исследования выполнялись в соответствии с требованиями технического регламента ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и методических указаний по контролю содержания тяжёлых металлов в пищевом сырье.

Методы анализа

Для определения содержания токсичных элементов — кадмия (Cd) и свинца (Pb) — применялся вольтамперометрический метод анализа, который обеспечивает высокую чувствительность и точность измерений даже при крайне низких концентрациях исследуемых элементов.

Метод основан на регистрации тока, возникающего при восстановлении или окислении ионов тяжёлых металлов на поверхности электрода, что позволяет количественно определить содержание соответствующих элементов в исследуемом образце.

Перед анализом образцы подвергались подготовке, включающей:

- высушивание до постоянной массы;

• измельчение до порошкообразного состояния;

• минерализацию (разложение органической матрицы);

• разведение раствора до необходимой концентрации для проведения измерений.

Для калибровки прибора использовались стандартные растворы кадмия и свинца, соответствующие государственным эталонам. Измерения проводились в трёхкратной повторности, после чего вычислялось среднее арифметическое значение содержания каждого элемента.

Оценка результатов

Результаты анализа сопоставлялись с допустимыми нормами содержания токсичных элементов, установленными ТР ТС 021/2011:

- кадмий (Cd) — не более 0,2 мг/кг;
- свинец (Pb) — не более 1,0 мг/кг.

Данные по содержанию тяжёлых металлов в фасоли урожая 2021 и 2022 годов, а также в полученных из неё концентратов, представлены в таблице 3 (см. раздел «Результаты и обсуждение»).

Анализ показал, что технологическая обработка (проращивание и отваривание) способствует значительному снижению содержания токсичных элементов. Это подтверждает эффективность предложенного способа переработки фасоли с точки зрения обеспечения её пищевой безопасности.

Результаты и их обсуждение

Проведённые исследования показали, что технологическая переработка фасолевого сырья способствует значительному снижению содержания токсичных элементов. Особенно выраженный эффект наблюдается при производстве концентратов из пророщенных и отваренных бобов фасоли — именно в этих образцах зафиксировано наиболее заметное уменьшение концентраций кадмия (Cd) и свинца (Pb) [18-21].

Даже исходное сырьё соответствовало установленным требованиям ТР ТС 021/2011 ($Cd \leq 0,2$ мг/кг, $Pb \leq 1,0$ мг/кг), однако последующая обработка позволила добиться многократного снижения этих показателей, что позитивно сказалось на уровне пищевой безопасности и общем качестве конечного продукта.

Для подтверждения полученных данных образцы фасолевого концентрата, полученные в ходе экспериментов, были направлены на анализ содержания тяжёлых металлов в лабораторию пищевой и сельскохозяйственной продукции Согдийского центра стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции.

На рисунке 1 представлена вольт-амперограмма, а в таблице 1 — результаты определения содержания свинца и кадмия в исходных фасолевых бобах урожая 2021 и 2022 годов, а также в полученных из них концентратов.

Согласно данным таблицы 3, содержание кадмия в необработанных бобах урожая 2021

года составило 0,066 мг/кг, тогда как в концентрате — лишь 0,00020 мг/кг, что эквивалентно снижению более чем в 330 раз. Параллельно отмечено уменьшение концентрации свинца: с 0,31 мг/кг в исходном сырье до 0,00057 мг/кг в концентрате, то есть более чем в 540 раз.

Таблица 1. Количество Cd и Pb в образцах

Элемент	Количество, мг/кг				
	Допустимая норма (TP TC 021/2011)	Порошок из сухих бобов фасоли	Порошок из отварных бобов фасоли	Порошок из пророщенных бобов фасоли	Порошок из отварных пророщенных бобов фасоли
Урожай 2021 года					
Cd	≤ 0,2	0,066	0,0036	0,00028	0,00020
Pb	≤ 1,0	0,31	0,0075	0,0011	0,00057
Урожай 2022 года					
Cd	≤ 0,2	0,071	0,065	0,00031	0,00030
Pb	≤ 1,0	0,23	0,21	0,00059	0,00048

Аналогичная тенденция наблюдается и для урожая 2022 года. Так, содержание кадмия в необработанных бобах составляло 0,071 мг/кг, а после переработки в концентрат — всего 0,00030 мг/кг, что демонстрирует уменьшение показателя примерно в 230 раз. Концентрация свинца также значительно снизилась — с 0,23 мг/кг до 0,00048 мг/кг, то есть более чем в 470 раз.

Таким образом, результаты эксперимента убедительно показывают, что переработка

фасоли — особенно в форме проращивания и последующего отваривания — способствует существенному снижению содержания токсичных элементов. Несмотря на то, что все исследованные образцы соответствовали установленным нормативам, применение предложенной технологии позволяет значительно улучшить показатели безопасности и повысить качество готового продукта.

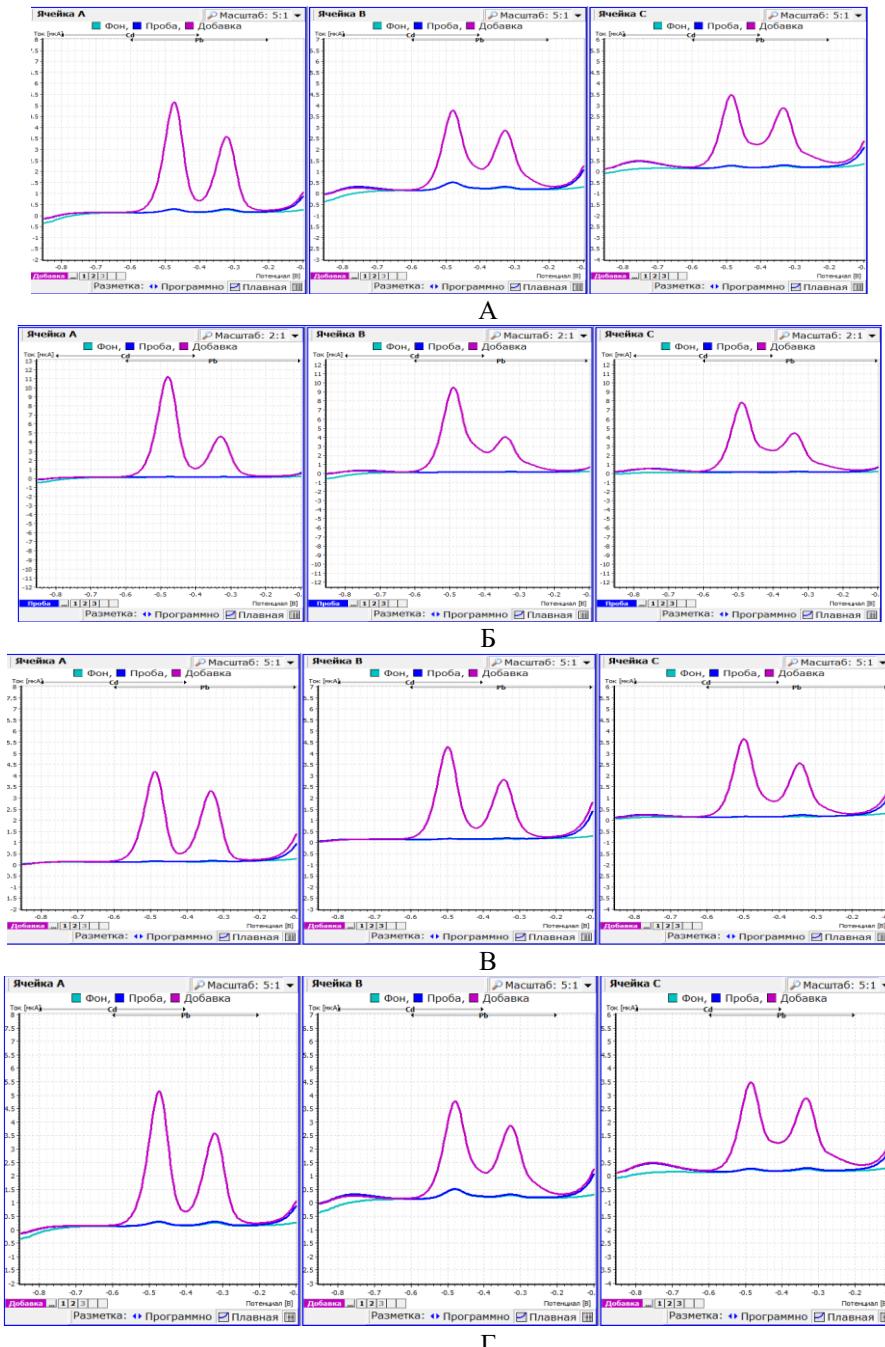


Рисунок 1. Концентрация Cd ва Pb в образцах урожая 2021 года: А – порошок из сухих бобов фасоли; Б – порошок из отварных бобов фасоли; В – порошок из пророщенных бобов фасоли; Г – порошок из отварных пророщенных бобов фасоли

Заключение

1. Проведён анализ содержания токсичных элементов (свинца и кадмия) в фасолевых зёрнах урожая 2021 и 2022 годов и их концентратов.
2. Обнаружено, что содержание Cd и Pb в исходных образцах не превышает допустимых норм.
3. После технологической переработки (варка, проращивание, сушка, получение

концентрата) уровень токсичных элементов значительно снижается:

- кадмий — в 200–330 раз,
- свинец — в 400–540 раз.

4. Полученные результаты подтверждают, что предложенная технология производства фасолевого концентрата способствует повышению качества и безопасности продукта.

5. Концентраты фасоли могут использоваться в составе функциональных и диетических пищевых продуктов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А. П. Методы контроля качества и безопасности пищевых продуктов: учебное пособие. — М.: ДеЛи плюс, 2022. — 280 с.
2. Миронова, Л. С. Экологическая безопасность пищевого сырья и продуктов питания. — М.: Инфра М, 2020. — 312 с.
3. Кириллова, Е. В., Романова, Т. И. Биохимические и токсикологические аспекты безопасности пищевого сырья. — СПб.: Лань, 2021. — 188 с.
4. СанПиН 2.3.2.1078 01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М.: Минздрав РФ, 2002. — 112 с.
5. Abira Nowar, Md. Hafizul Islam, Saiful Islam, Ahmed Jubayer. A systematic review on heavy metals contamination in Bangladeshi vegetables and their associated health risks // Frontiers in Environmental Science. — 2024. — Vol. 12. DOI:10.3389/fenvs.2024.1425286. Frontiers
6. Liang, G., Gong, W., Li, B. et al. Analysis of Heavy Metals in Foodstuffs and an Assessment of the Health Risks to the General Public via Consumption in Beijing, China // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2019. — Vol. 16(6): 909. DOI:10.3390/ijerph16060909. MDPI+1
7. Munir, N., Jahangeer, M., Bouyahya, A. et al. Heavy Metal Contamination of Natural Foods Is a Serious Health Issue: A Review // Sustainability. — 2022. — Vol. 14, №1: 161. DOI:10.3390/su14010161. MDPI
8. Барanova, Г. В. Влияние условий произрастания на накопление тяжёлых металлов в растениях // Агрохимия. — 2021. — №9. — С. 62–68.
9. Гончаренко, И. В., Ларионова, С. А. Тяжёлые металлы в пищевых продуктах и методы их определения // Вестник Технологического университета. — 2020. — Т. 23, №5. — С. 112–118.
10. Терещенко, Н. Н., Михайлова, Е. В. Определение кадмия и свинца в продуктах питания методом инверской вольтамперометрии // Известия вузов. Пищевая технология. — 2018. — №1. — С. 37–41.
11. Assessment of heavy metals in raw food samples from open markets in two African cities // (Name of journal) — 2017.
12. Dietary Intake of Toxic Heavy Metals with Major Groups of Food Products—Results of Analytical Determinations // (Name of journal) — (Year). DOI available. PubMed
13. Кузнецова, О. И. Влияние технологической обработки на содержание токсичных элементов в зернобобовых культурах // Пищевая промышленность. — 2022. — №4. — С. 54–59.
14. Кириллова, Е. В., Романова, Т. И. Биохимические и токсикологические аспекты безопасности пищевого сырья. — СПб.: Лань, 2021. — 188 с.
15. СанПиН 2.3.2.1078 01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М.: Минздрав РФ, 2002. — 112 с.
16. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». — М.: Издвостандартов, 2011. — 38 с.
17. Рахимова М.А. Использование концентрата из биообработанной фасоли в кисломолочном продукте / Рахимова М.А., Рашидов Н.Д., Тошходжаев Н.А. // Вестник Алматинского технологического университета: — Алматы 2023.— №2 (140)- с.177-186. ISSN 2304-5682, ISSN online 2710-0839
18. ГОСТ 26932–86. Сырьё и продукты пищевые. Методы определения свинца. — М.: Издво стандартов, 1986. — 8 с.
19. ГОСТ 26933–86. Сырьё и продукты пищевые. Методы определения кадмия. — М.: Издво стандартов, 1986. — 8 с.
20. ГОСТ 30178–96. Сырьё и продукты пищевые. Атомно абсорбционный метод определения токсичных элементов. — М.: Издво стандартов, 1997. — 12 с.
21. Н. Е. Безопасность и качество пищевых продуктов: учебное пособие. — М.: Колос, 2019. — 256 с

REFERENCES

1. Vasil'ev, A.P. (2022). Metody kontrolya kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov [Methods for Quality Control and Safety of Food Products]. Moscow: DeLi plyus. (in Russian)
2. Mironova, L.S. (2020). Ekologicheskaya bezopasnost' pishchevogo syr'ya i produktov pitaniya [Environmental Safety of Food Raw Materials and Food Products]. Moscow: Infra-M. (in Russian)
3. Kirillova, E.V., & Romanova, T.I. (2021). Biokhimicheskie i toksikologicheskie aspekty bezopasnosti pishchevogo syr'ya [Biochemical and Toxicological Aspects of Food Raw Material Safety]. St. Petersburg: Lan'. (in Russian)
4. SanPiN 2.3.2.1078–01. (2002). Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov [Hygienic Requirements for Safety and Nutritional Value of Food Products]. Moscow: Minzdrav RF. (in Russian)
5. Abira Nowar, Md. Hafizul Islam, Saiful Islam, & Ahmed Jubayer. (2024). A systematic review on heavy metals contamination in Bangladeshi vegetables and their associated health risks. Frontiers in Environmental Science, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1425286>
6. Liang, G., Gong, W., Li, B., et al. (2019). Analysis of Heavy Metals in Foodstuffs and an Assessment of the Health Risks to the General Public via Consumption in Beijing, China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(6), 909. <https://doi.org/10.3390/ijerph16060909>

7. Munir, N., Jahangeer, M., Bouyahya, A., et al. (2022). Heavy Metal Contamination of Natural Foods Is a Serious Health Issue: A Review. *Sustainability*, 14(1), 161. <https://doi.org/10.3390/su14010161>
8. Baranova, G.V. (2021). Vliyanie usloviy proizrastaniya na nakoplenie tyazhyolykh metallov v rasteniyakh [Influence of Growing Conditions on Heavy Metal Accumulation in Plants]. *Agrokhimiya*, (9), 62–68. (in Russian)
9. Goncharenko, I.V., & Larionova, S.A. (2020). Tyazhyolyye metally v pishchevykh produktakh i metody ikh opredeleniya [Heavy Metals in Food Products and Methods for Their Determination]. *Vestnik Tekhnologicheskogo Universiteta*, 23(5), 112–118. (in Russian)
10. Tereshchenko, N.N., & Mikhaylova, E.V. (2018). Opredelenie kadmiya i svintsa v produktakh pitaniya metodom inversnoy vol'tamperometrii [Determination of Cadmium and Lead in Food Products by Inverse Voltammetry]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*, (1), 37–41. (in Russian)
11. Assessment of heavy metals in raw food samples from open markets in two African cities. (2017). (Journal name not provided).
12. Dietary Intake of Toxic Heavy Metals with Major Groups of Food Products – Results of Analytical Determinations. (Year and journal not provided). DOI available. PubMed.
13. Kuznetsova, O.I. (2022). Vliyanie tekhnologicheskoy obrabotki na soderzhanie toksichnykh elementov v zernobobovykh kulturakh [Influence of Technological Processing on Toxic Elements in Legumes]. *Pishchevaya promyshlennost'*, (4), 54–59. (in Russian)
14. Kirillova, E.V., & Romanova, T.I. (2021). Biokhimicheskie i toksikologicheskie aspekty bezopasnosti pishchevogo syr'ya [Biochemical and Toxicological Aspects of Food Raw Material Safety]. St. Petersburg: Lan'. (in Russian) (Повтор источника №3 — оставляю, если нужно)
15. SanPiN 2.3.2.1078–01. (2002). (duplicate of №4 — оставляю по списку).
16. TR TS 021/2011. (2011). Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza “O bezopasnosti pishchevoy produktsii” [Technical Regulation of the Customs Union “On Food Safety”]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (in Russian)
17. Rakhimova, M.A., Rashidov, N.D., & Toshkhodzhaev, N.A. (2023). Ispol'zovanie kontsentrata iz biobrabortannoy fasoli v kislomolochnom produkte [Use of Bioprocessed Bean Concentrate in a Fermented Dairy Product]. *Vestnik Almatinskogo Tekhnologicheskogo Universiteta*, 2(140), 177–186. (in Russian)
18. GOST 26932–86. (1986). Syr'ye i produkty pishchevyye. Metody opredeleniya svintsa [Raw Materials and Food Products. Methods for Determination of Lead]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (in Russian)
19. GOST 26933–86. (1986). Syr'ye i produkty pishchevyye. Metody opredeleniya kadmiya [Raw Materials and Food Products. Methods for Determination of Cadmium]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (in Russian)
20. GOST 30178–96. (1997). Syr'ye i produkty pishchevyye. Atomno-absorbsionnyy metod opredeleniya toksichnykh elementov [Raw Materials and Food Products. Atomic Absorption Method for Determining Toxic Elements]. Moscow: Izdatel'stvo standartov. (in Russian)
21. Fedorova, N.E. (2019). Bezopasnost' i kachestvo pishchevykh produktov [Food Safety and Quality]. Moscow: Kolos. (in Russian)