

Содержание тяжелых металлов в некоторых овощах, цитрусовых плодах и чайных листьях, производимых в Азербайджанской Республике и продуктах их переработки

Джалалов Азер Айдын оглы

Лянкаранский Государственный Университет

Адрес: AZ4250, Азербайджанская Республика, г. Лянкань, ул. Аллея Ази Асланова, д. 50

E-mail: acalalov@list.ru

Магеррамова Севиндж Исмаил кызы

Азербайджанский Государственный Экономический Университет

Адрес: AZ1001, Азербайджанская Республика, г. Баку, ул. Истиглялийат, д. 6

E-mail: maqerramovasevinc75@mail.ru

Джахангиров Мухендис Мамедгусейн оглы

Лянкаранский Государственный Университет

Адрес: AZ4250, Азербайджанская Республика, г. Лянкань, ул. Аллея Ази Асланова, д. 50

E-mail: mtccay@mail.ru

Гамидова Ляман Руслан кызы

Лянкаранский Государственный Университет

Адрес: AZ4250, Азербайджанская Республика, г. Лянкань, ул. Аллея Ази Асланова, д. 50

E-mail: leman.hamidova@mail.ru

Ввиду того, что постоянно возрастает актуальность вопросов безопасности пищевых продуктов, в данной статье освещены результаты анализов содержания токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в растительном сырье, выращенные на территории Лянкаранского экономического региона Азербайджанской Республики и продуктах их переработки. Измерения содержания токсических металлов Zn, Cd, Pb и Cu осуществляли методом инверсионной вольтамперометрии. Исследования показали, что относительно высокие концентрации цинка, свинца и меди содержатся в листьях зеленого чая, а кадмия – в напитках из черного бархатного чая. Самое низкое содержание цинка обнаружены в свежих лимонах и лимонном соке, кадмия в консервированных огурцах, свинца в свежих апельсинах, а меди в напитках из черного байхового чая. Содержание массовых концентраций токсических металлов кадмия и свинца во всех анализируемых пробах чайных листьев, овощей (огурцы и баклажаны) и цитрусовых плодов (лимоны и апельсины) меньше, чем их допустимые уровни, указанные в действующих нормативных документах. Содержание массовых концентраций токсических металлов цинка и меди в свежих овощах, цитрусовых и чайных листьях указанными нормативами не нормируется.

Ключевые слова: овощи, цитрусовые, чайный лист, токсические металлы, здоровья, пища

Введение

Актуальность вопросов безопасности продуктов питания постоянно возрастает, поскольку обеспечение необходимого их качества является одним из основных факторов, определяющих отсутствие опасности для здоровья человека при их употре-

блении (Павлов, 2018; Хотимченко, 2007; Monisha et al., 2014; Maharramov, 2019; Jarup, 2003).

Вместе с тем качество и безопасность продуктов растительного происхождения во многом зависят от условий произрастания, особенно если есть угроза присутствия в окружающей среде токсичных ве-

ществ, в том числе соединений тяжелых металлов. Загрязнение продуктов питания данными веществами является серьезной проблемой (Qu et al., 2014; Tchounwou et al., 2012; Mamtani et al., 2011; Фролова и др., 2012; Maharramov, 2019; Mahurpawar, 2015; Sharma et al., 2016; Боев и др., 2002; Dolan et al., 2003; Литвинова, 2013; Василовский & Куркатов, 2012).

Установить связь между загрязнением окружающей среды и воздействием на здоровье сложно из-за характера путей воздействия, ограниченной доступности данных и отсутствия системы мониторинга. Более того, связь между загрязнением окружающей среды и здоровьем затруднена из-за наличия множественных воздействий и латентного периода воздействия (Mishra et al., 2019; Jia et al., 2018).

В настоящее время индустриальное и ускоренное развитие овощного, субтропического и цитрусового хозяйства осуществляется в субтропическом Лянкаранском экономическом районе¹², расположенном в юго-восточной части страны. Климат региона характеризуется умеренно жаркой, влажной, мягкой зимой и засушливыми летними месяцами. Среднегодовая температура региона +14,2°C (Quliyev, 2018).

Ассортимент выращиваемых здесь овощных, субтропических и цитрусовых культур очень обширный: баклажаны, огурцы, томат, капуста, фасоль, свекла столовая, хурма восточная, актинидия китайская, фейхоа, инжир, гранат, киви, кинкан, лимоны, мандарины, апельсины и др., которые занимают особое место в питании и здоровье населения (Кулиев, 2011; Maharramov, 2019). Общая площадь всех насаждений субтропических и цитрусовых культур с частным сектором на сегодня составляет около 5,0 тыс. га, а овощных культур около 20,0 тыс. га³ (Кулиев, 2011; Quliyev, 2018).

По причине того, что сельскохозяйственные культуры могут поглощать тяжелые металлы из почвы, содержание минералов и металлов в одних и тех же сельскохозяйственных культурах может очень сильно различаться в зависимости от почвенно-климатических и агротехнических условий региона, где они выращиваются. Увеличенная концентрация токсических металлов ассоциирована с этиологией нескольких заболеваний, особенно сердечно-сосудистых, неврологических и заболеваний

почек. В организме человека эти тяжелые металлы транспортируются и разделяются на клетки и ткани организма, связываясь с белками, нуклеиновые кислоты разрушают эти макромолекулы и нарушают их клеточные функции (Feseha et al., 2021; Berihun et al., 2021; Zhou et al., 2016; Maharramov, 2019).

Поэтому нами проводится комплексная исследования содержание токсических металлов (*Zn, Cd, Pb, Cu*) в растительном сырье, которое в Азербайджане проводится впервые.

Материалы и методы исследования

Материалы

Объектами исследования выступили:

(1) свежие огурцы и баклажаны, выращенные на территориях учебно-экспериментальной базы Лянкаранского Государственного Университета и Лянкаранской опытной станции Научно-Исследовательского Института Овощеводства и их консервные продукции, производимые по общепринятой технологии⁴;

(2) свежие апельсины и лимоны, выращенные на территории Лянкаранского чайного филиала Научно-исследовательского института плодородства и чая Министерства сельского хозяйства Азербайджанской Республики и их соки⁵;

(3) зеленные чайные листья, выращенные, районированные и интродуцированные в хозяйствах Лянкаранско-Астартинского региона, поступившие на переработку в Лянкаранский «ММС» по производству и переработки чая и их продукции.

Оборудование

Исследование было выполнено на вольтамперометрическом анализаторе (тип СТА).

Методы

Учитывая простоты и доступность, нами использована методика измерения массовых концен-

¹ Указ Президента Азербайджанской Республики от 7 июля 2021 года о разделении экономических районов в Азербайджанской Республике. (2021). <https://president.az/ru/articles/view/52389>

² Государственная программа социально-экономического развития регионов Азербайджанской Республики на 2019-2023 годы. (2019). <https://president.az/ru/articles/view/31697>

³ Статистические показатели Азербайджана. (2021). Баку: Статистический Комитет Азербайджана.

⁴ Сборник технологических инструкций по производству консервов. Консервы овощные. (1990). М.: АгроНИИТЭИПП.

⁵ Сборник технологических инструкций по производству консервов. Консервы фруктовые. (1990). М.: АгроНИИТЭИПП.

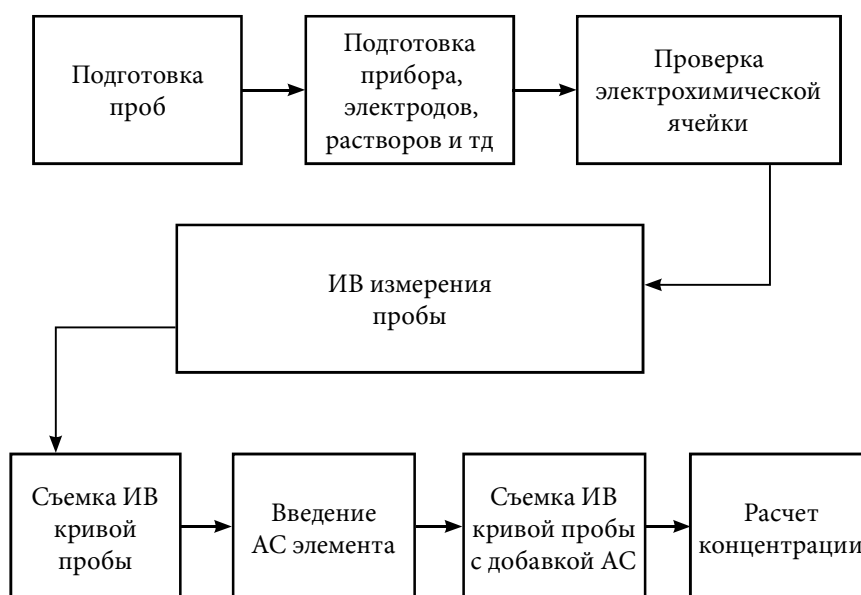


Рисунок 1. Общая схема анализа методом ИВ⁶

траций цинка, кадмия, свинца и меди выполняют методом инверсионной вольтамперометрии⁶. Количественный химический анализ проб основан на инверсионно-вольтамперометрическом методе (ИВ) определения массовых концентраций элементов в растворе подготовленной пробы. Массовые концентрации элементов в пробе определяются по методу добавок аттестованных смесей (АС) соответствующих элементов.

Процедура исследования

Пробы растительного сырья были предварительно подготовлены путем метода «мокрой» минерализации. Последовательность измерений показана на Рисунке 1.

Работа выполнена в лаборатории «Экология и безопасность продовольственных продуктов» кафедры «Технологии и технических дисциплин» Лянкаранского Государственного Университета и в учебно-методической лаборатории кафедры «Инженерия и прикладные науки» Азербайджанского Государственного Экономического Университета. Повторность опытов – 3.

Анализ данных

Обработка результатов измерений аналитических сигналов и расчет массовых концентраций элемента в пробе (мг/кг) выполнено с помощью

система сбора и обработки данных вольтамперометрического анализатора в комплекте с компьютером.

Результаты и их обсуждение

Результаты анализов содержания токсических металлов (*Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu*) в некотором растительном сырье и продуктах их переработки за 2018- 2021 годы показаны в Таблице и на Рисунках 2-7.

Как видно из таблицы 1, относительно высокое содержание концентраций *Zn*, *Pb*, *Cu* $2,90 \pm 1,10$ мг/кг, $0,11 \pm 0,040$ мг/кг, $3,10 \pm 1,10$ мг/кг соответственно, обнаружены в зеленных чайных листьях, а относительно высокое содержание концентраций *Cd* $0,036 \pm 0,014$ обнаружены в чайных напитках из черного байхового чая. А самое низкое содержание *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* обнаружены, соответственно в лимонном соке, огурцах консервированных, свежих апельсинах и в напитках из черного байхового чая. В свежих огурцах и лимонах, а также в лимонном соке *Cd* вообще не обнаружен.

Известно, что виды овощей сильно различаются по способности поглощать и накапливать тяжелые металлы, даже среди сортов и разновидностей одного и того же вида (Säumel et al., 2012; Rahman et al., 2014; Harmanescu et al., 2011).

⁶ МУ 08-47/242. (2009). Методика выполнения измерений массовой концентрации цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии с использованием анализаторов типа ТА. Томск: ТПУ.

Таблица 1

Средние данные по содержанию массовых концентраций токсических металлов в некотором растительном сырье и продуктах их переработки

Наименование сырья и продуктов их переработки	Содержание массовых концентраций, мг/кг			
	Zn	Cd	Pb	Cu
Огурцы свежие	0,68 ±0,27	0,00 ±0,00	0,013 ±0,0045	0,57 ±0,21
Огурцы консервированные	0,049	0,00098±0,00015	0,018±0,0063	0,27±0,096
Баклажаны свежие	0,52±0,20	0,0032±0,0012	0,055±0,020	0,46±0,17
Баклажаны маринованные	0,69±0,27	0,012±0,0048	0,023±0,0082	0,61±0,22
Апельсины свежие	0,43±0,15	0,0090±0,0035	0,012±0,0041	0,32±0,12
Апельсиновый сок	0,31±0,11	0,0069±0,0018	0,016±0,0062	0,48±0,15
Лимоны свежие	0,0041	0,00±0,00	0,052±0,019	0,39±0,14
Лимонный сок	0,0033±0,14	0,00±0,00	0,036±0,013	0,52±0,18
Зеленные чайные листья	2,90±1,10	0,029±0,029	0,11±0,040	3,10±1,10
Чайный напиток из черного байхового чая	0,041±0,12	0,036±0,014	0,044±0,016	0,054±0,020

Анализ данных таблиц и сравнение Рисунков 2 и 3 показывают, что накопление массовых концентраций Zn и Cu в свежих огурцах больше на 23,53% и 19,30% соответственно, чем в свежих баклажанах. А содержание Pb в свежих баклажанах 4,23 раза больше, чем в свежих огурцах. Что касается Cd, то в свежих огурцах он вообще не обнаружен.

Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu)

в консервированных огурцах и маринованных баклажанах показаны на Рисунках 4 и 5. Сравнительный анализ Рисунков 4 и 5 показывает, что в консервированных огурцах по сравнению со свежими увеличился содержание Cd и Pb. Отличия в содержаниях концентраций токсичных металлов в переработанных огурцах и баклажанах, на наш взгляд обусловлена с применением технологических приемов. Так при производства консервированных огурцов и маринованных баклажанов

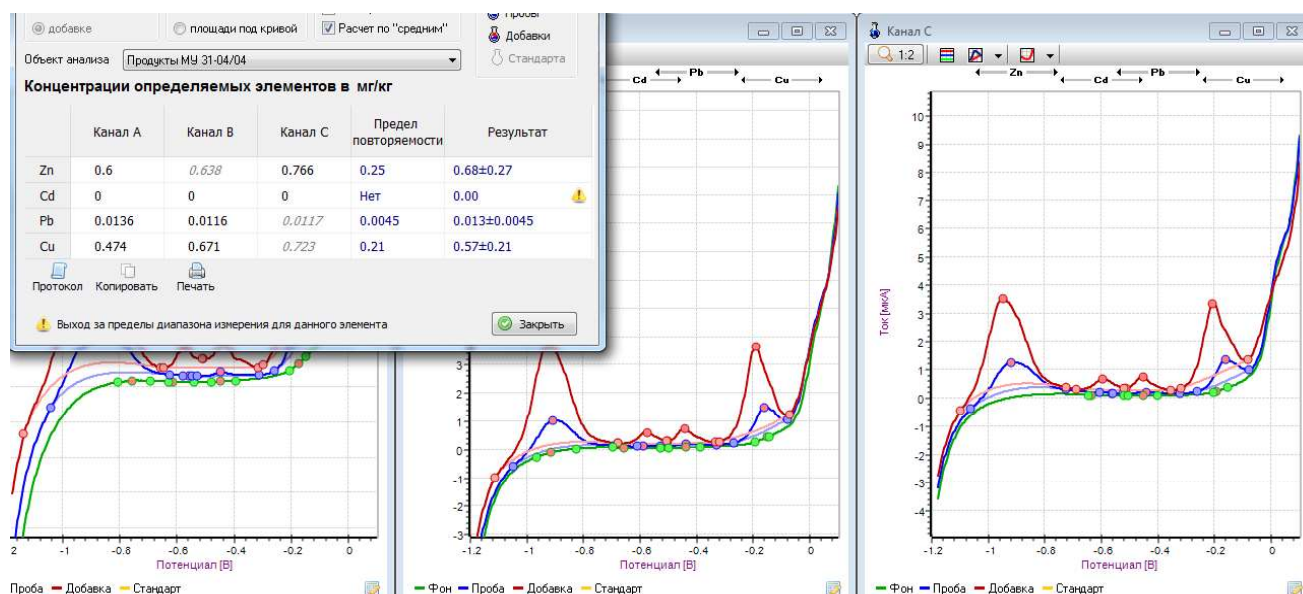


Рисунок 2. Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в свежих огурцах

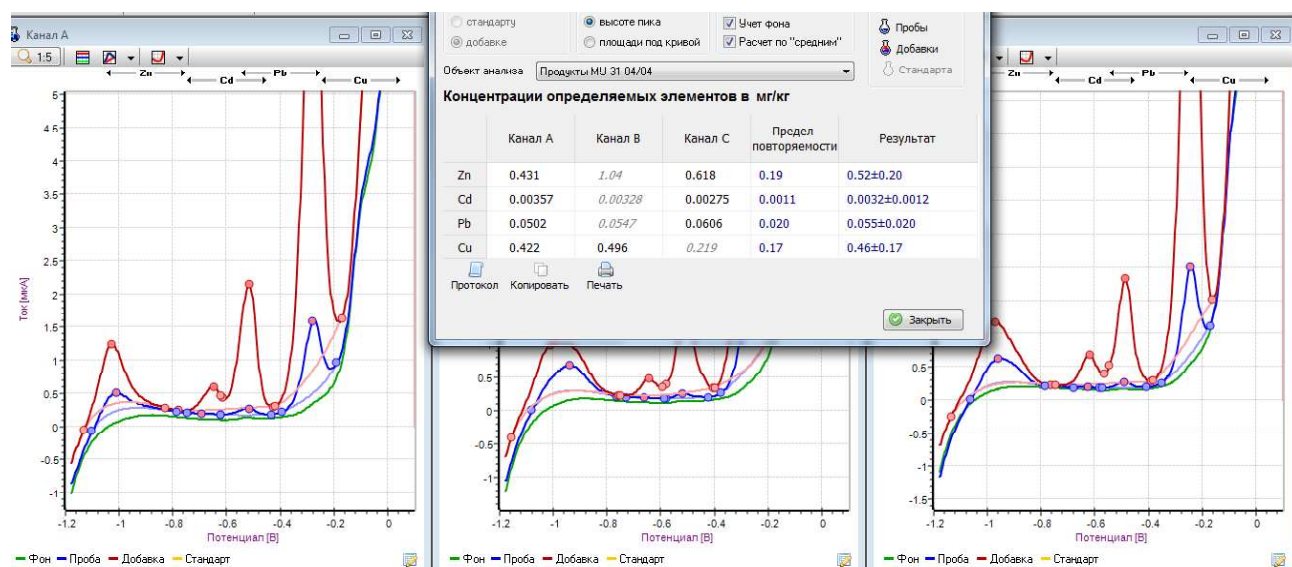


Рисунок 3. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в свежих баклажанах

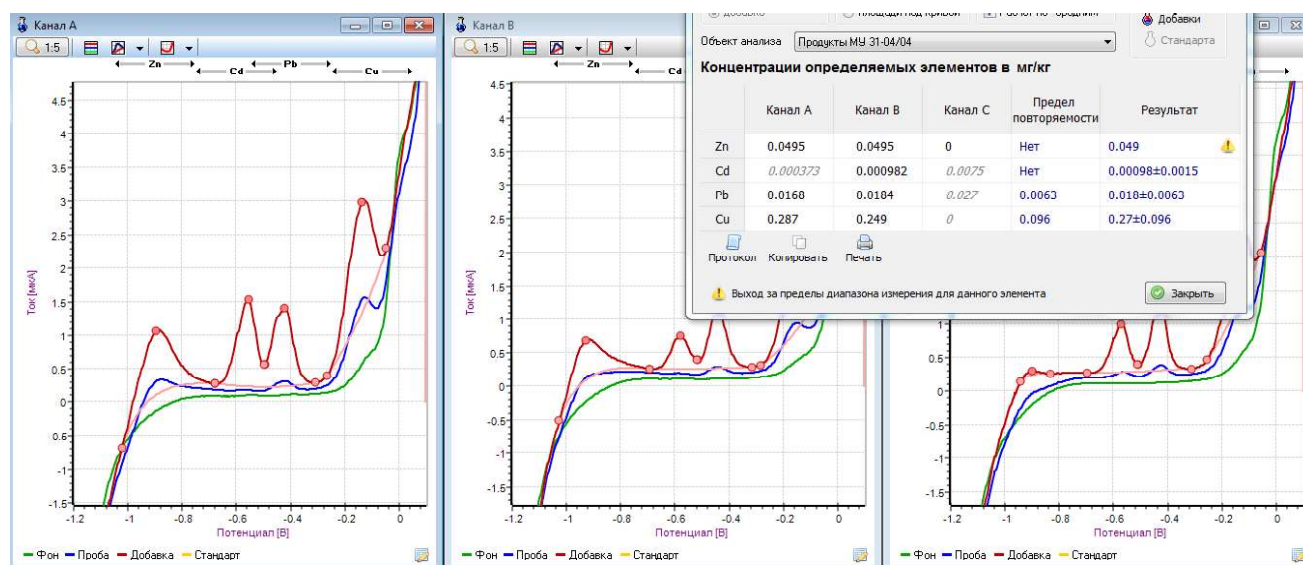


Рисунок 4. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в консервированных огурцах

металлы мигрирует из сырья в жидкую среду, а при их отсутствии в сырье, они могут мигрировать из жидкой среды в сырье.

В одном исследовании (Alexander et al., 2006) сообщили, что Pb значительно накапливается в салате и луке, тогда как Cd накапливается в наибольшей степени в шпинате и салате. Обнаружено (Yang et al., 2009), что китайский лук-порей, пак-чой и морковь имеют более высокие концентрации Cd в съедобных частях, чем редис, огурец и помидор. В

другом исследовании авторы (Säumel et al., 2012) сообщили, что концентрации Zn в зеленой фасоле, томатах, картофеле, кольраби и моркови были значительно ниже, чем концентрации в листовых овощах. Накопление Cd в овощах снизилось в следующем порядке: листовые овощи > пасленовые овощи > корнеплоды > бахчевые овощи > бобовые овощи.

Результаты наших опытов показывают, что содержание массовых концентраций Zn, Cd, Pb, Cu в из-

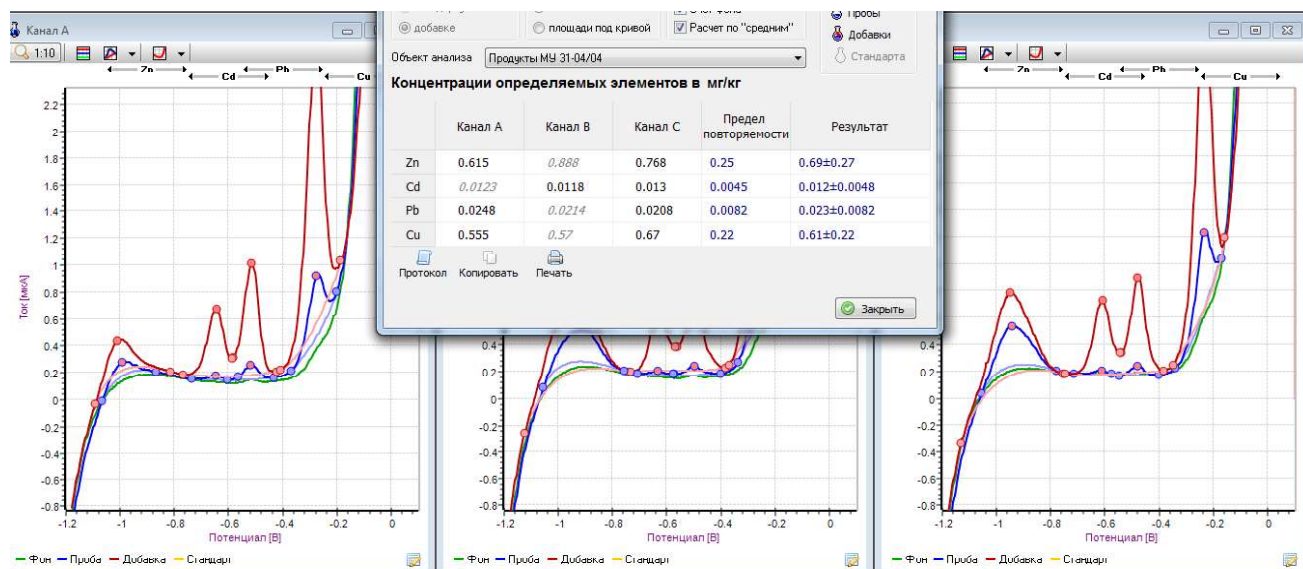


Рисунок 5. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в маринованных баклажанах

ученных нами овощах располагается в следующем порядке: для огурцов- $Zn > Cu > Pb$; для баклажана- $Zn > Cu > Pb > Cd$. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в свежих лимонах показан на Рисунке 6.

Анализ данных Таблицы 1 и Рисунка 6 показывают, что содержание массовых концентраций Zn в свежих апельсинах 75,61 раза больше, чем в свежих лимонах, а содержание Pb и Cu, наоборот, в лимонах 4,33 и 1,22 раза соответственно, больше чем в апельсинах. Cd же в свежих лимонах во-

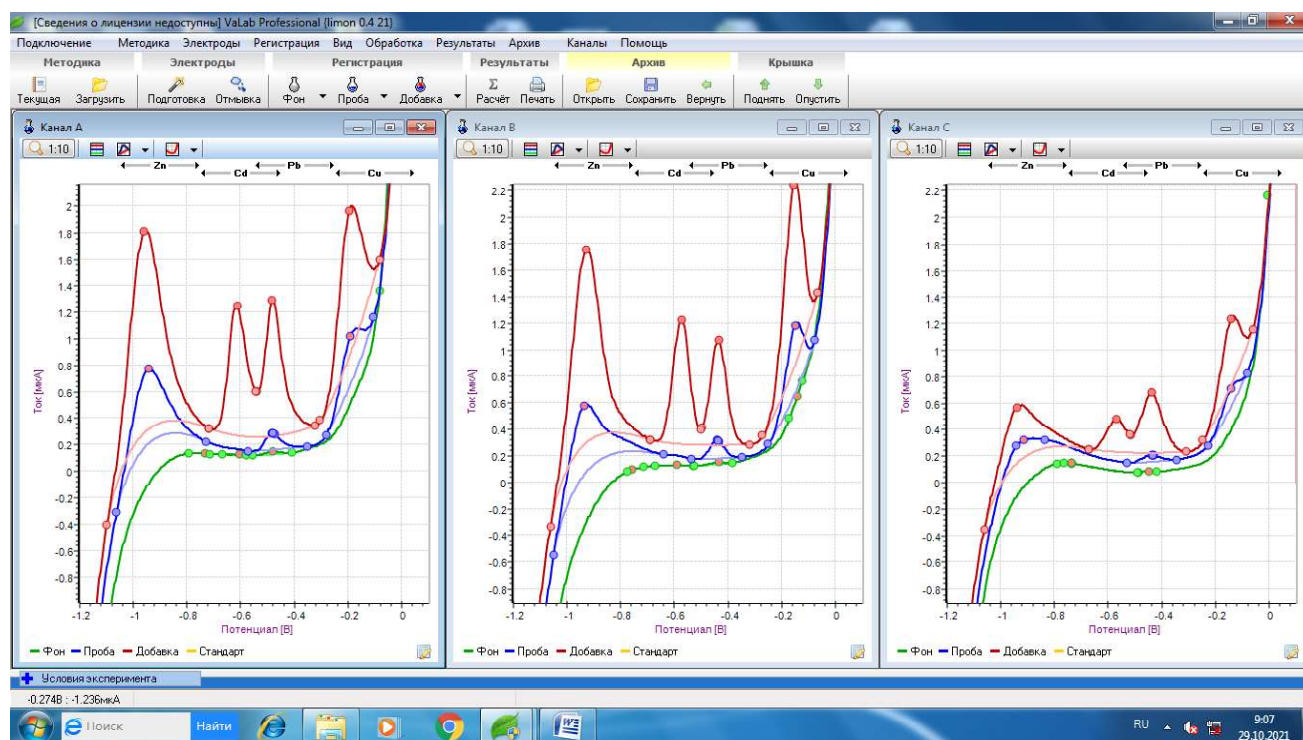


Рисунок 6. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в свежих лимонах

обще не обнаружен. Увеличение содержание *Cu* в апельсиновом и лимонном соках обусловлена с применением технологических приемов при производстве. Содержание концентрации *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* в изученных нами цитрусовых располагается в следующем порядке: для апельсина- $Zn > Cu > Pb > Cd$; для лимона- $Cu > Pb > Zn$.

Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов (*Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu*) в напитках из черного байхового чая показан на Рисунке 7. Результаты наших исследований, а также анализ данных Таблицы 1 и Рисунка 7 показывают, что содержание концентраций *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* в чайном экстракте с массовой доли растворимых сухих веществ 30,0% в 7,90- 9,60 раза больше чем в напитках из черного байхового чая. Что касается увеличение содержание концентраций *Cd* в чайном напитке из черного байхового чая, на наш взгляд это связано с содержанием *Cd* в используемой питьевой воде. Содержание концентрации *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* в чайных листьях располагается в следующем порядке: $Cu > Zn > Pb > Cd$.

Содержание концентраций *Zn* и *Pb* в молодых побегах (флешах) образующегося на чайных кустах в период май - июнь месяцы больше на 17,14% и 70,27% соответственно, чем у огрубевших ли-

стах, образующихся на чайных кустах в август-сентябрь месяцы года. По нашему мнению, это связано с физиологическими особенностями чайных растений в период вегетации. Что касается содержание *Cd* и *Cu* в молодых побегах (флешах) и огрубевших листьях, то здесь особых различий не наблюдается.

Результаты анализов приведенных в Таблице 1 и Рисунках 2-7, показывают, что общие содержания концентраций всех проверенных токсических металлов в чайных листьях несколько порядок выше, чем в овощах (огурцы и баклажаны) и цитрусовых плодах (лимоны и апельсины).

Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов приведенных на Рисунках 2-7, также показывают о достоверности полученных результатов анализов измерений массовой концентрации каждого элемента в анализируемой пробе и о приемлемости данной методики.

Согласно действующей в Азербайджанской Республики Санитарно-эпидемиологические правила и нормы «Гигиенические требования безопасности пищевых продуктов и пищевой ценности»⁷, допустимый уровень *Cd*, *Pb* в чайной продукции и плодоовощных консервах, не

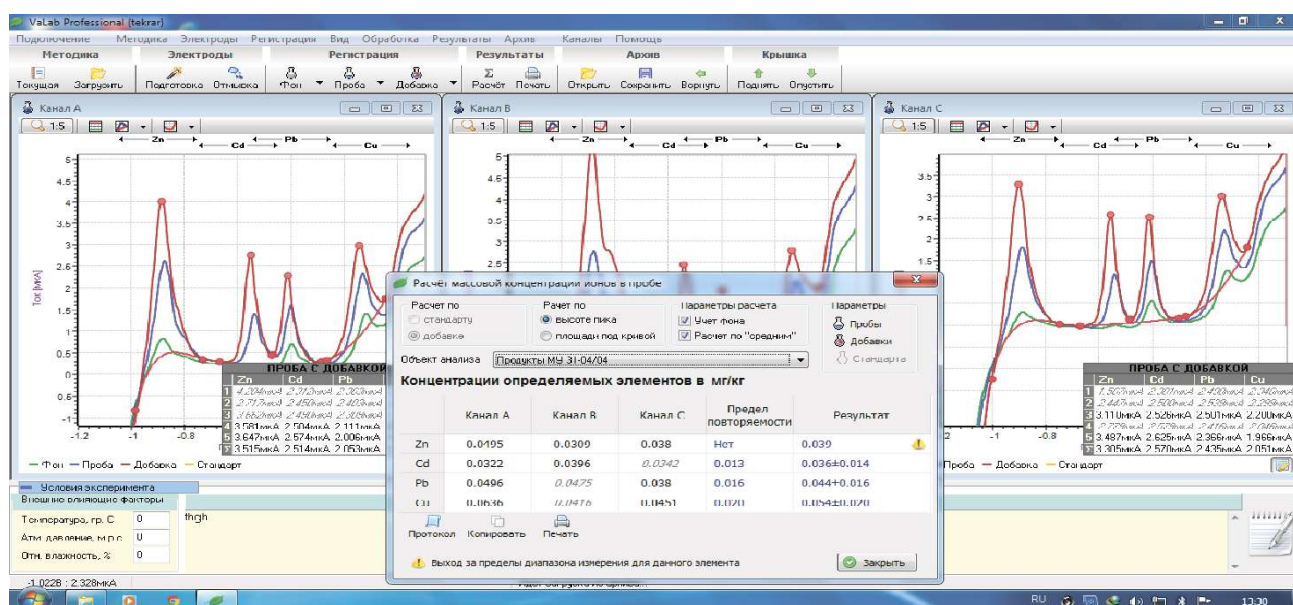


Рисунок 7. Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов (*Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu*) в напитках из черного байхового чая

⁷ СанПиН 2.3.2.1078-01. (2010). Гигиенические требования безопасности пищевых продуктов и пищевой ценности. https://mibio.ru/docs/110/sanpin_2.3.2.1078-01_gigienicheskie_trebovaniya_bezопасnosti.pdf

более 1,0 мг/кг и 10,0 мг/кг соответственно, а в свежих овощах, не более 0,03 мг/кг и 0,5 мг/кг соответственно.

Как показывают результаты проведенных нами исследований, содержание массовых концентраций токсических металлов *Cd*, *Pb* во всех анализируемых пробах чайных листьев, овощей (огурцы и баклажаны) и цитрусовых плодов (лимоны и апельсины) меньше, чем их допустимые уровни, указанные в действующих нормативных документах⁷. Содержание массовых концентраций токсических металлов *Zn*, *Cu* в свежих овощах, цитрусовых и чайных листьях указанными нормативами не нормируется.

Выводы

Анализ существующих литературных и патентных источников информации (Qu et al., 2014; Tchounwou et al., 2012; Mamtani et al., 2011; Фролова и др., 2012; Mahurpawar, 2015; Maharramov, 2019; Sharma et al., 2016; Боев и др., 2002; Dolan et al., 2003; Литвинова, 2013; Feseha et al., 2021; Berihun et al., 2021; Zhou et al., 2016) показывает, что некоторые токсические металлы в конкретных видах пищевых продуктов даже в пределах допустимых уровней отрицательно влияют на состояние здоровья организм человека. Тяжелые металлы накапливаются в тканях и органах человека в результате различных процессов, вызывающих неблагоприятные воздействия.

В результате проведенных нами исследований установлено, что относительно высокое содержание концентраций *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* обнаружены в зеленых чайных листьях, самое низкое содержание *Zn* и *Cd* в консервированных огурцах и свежих лимонах, а самое низкое содержание *Pb* и *Cu* обнаружены в свежих апельсинах и напитках из черного байхового чая.

Содержание массовых концентраций токсических металлов *Cd*, *Pb* во всех анализируемых пробах чайных листьев, овощей (огурцы и баклажаны) и цитрусовых плодов (лимоны и апельсины) меньше, чем их допустимые уровни, указанные в действующих нормативных документах⁷.

Содержание концентрации *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* в изученных сырье располагается в следующем порядке: для огурцов- *Zn* > *Cu* > *Pb*; для баклажана- *Zn* > *Cu* > *Pb* > *Cd*; для апельсина- *Zn* > *Cu* > *Pb* > *Cd*; для лимона - *Cu* > *Pb* > *Zn*; для чайного листа- *Cu* > *Zn* > *Pb* > *Cd*. В свежих огурцах и лимонах *Cd* не обнаружен.

Благодарности

Работа частично выполнена в рамках грантового проекта Минобразования Азербайджанской Республики (Гос. регистрационный № 622/21/1108-АЗ-456/У/А2; договор № АОИТИ-2021-07).

Литература

- Боев, В. М., Куксанов, В. Ф., & Быстрых В. В. (2002). *Химические канцерогены среды обитания и злокачественные образования*. М.: Медицина.
- Василовский, А. М., & Куркатов, С. В. (2012). Гигиеническая оценка безопасности продовольственного сырья в Центральной Сибири. В *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей* (с. 57-60). М.: Канцлер.
- Кулиев, Ф. А. (2011). Состояние и перспективы отрасли чаеводства и субтропических культур в Республике Азербайджан. *Субтропические и декоративное садоводство. Научные труды ВНИИЦ и СК*, 44, 51-64.
- Литвинова, О. С. (2013). *Разработка подходов к определению приоритетных контаминантов химической природы в пищевых продуктах в режиме реального времени с целью оптимизации санитарно-эпидемиологического надзора* [Кандидатская диссертация, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи]. М., Россия.
- Павлов, Н. Н. (2014). *Риски для здоровья детей и подростков, обусловленные контаминацией пищевых продуктов и сырья местного производства* [Кандидатская диссертация, Волгоградский государственный медицинский университет]. Волгоград, Россия.
- Фролова, О. А., Карпова, М. В., Сафиуллина, З. Ф., & Фролов, Д. Н. (2012). Гигиеническая оценка риска здоровью населения, формирующегося под воздействием контаминантов, загрязняющих пищевые продукты (на примере республики Татарстан). *Профилактическая медицина*, 3, 34-36.
- Хотимченко, С. А. (2007). Использование концепции анализа риска в системе мониторинга за безопасностью пищевых продуктов. В *Материалы X Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей* (т. 1., с. 1054-1055). М.: Канцлер.
- Alexander, P. D., Alloway, B. J., & Dourado, A. M. (2006). Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*, 144(3), 736-745. <https://doi.org/10.1080/10942910802181024>
- Berihun, T. B., Amare, E. D., Raju, R. P., Ayele, T. D., & Dagne H. (2021). Determination of the level of

- metallic contamination in irrigation vegetables, the soil, and the water in Gondar City, Ethiopia. *Nutrition and Dietary Supplements*, 13, 1-7. <http://doi.org/10.2147/NDS.S283451>.
- Dolan, S. P., Nortrup, D. A., Bolger, P. M., & Capar, S. G. (2003). Analysis of dietary supplements for arsenic, cadmium, mercury and lead using inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1307-1312. <https://doi.org/10.1021/jf026055x>
- Feseha, A., Chaubey, A. K., & Abraha, A. (2021). Heavy metal concentration in vegetables and their potential risk for human health. *Health Risk Analysis*, 1, 68-81. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.07.eng>
- Harmanescu, M., Alda, L. M., Bordean, D. M., Gogoasa, L., & Gergen, L. (2011). Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area, a case study: Banat County, Romania. *Chemistry Central Journal*, 5, 64-73. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-64>
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Jia, Z., Li, S., & Wang L. (2018). Assessment of soil heavy metals for eco-environment and human health in a rapidly urbanization area of the upper Yangtze Basin. *Scientific Reports*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21569-6>
- Mahurpawar, M. (2015). Effects of heavy metals on human health. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 530, 1-7.
- Mamtani, R., Stern, P., Dawood, I., & Cheema, S. (2011). Metals and disease: A global primary health care perspective. *Journal of Toxicology*, 2011, Article 319136. <https://doi.org/10.1155/2011/319136>
- Məhərrəmov, M. Ə. (2019). *Xammal və qida məhsullarının təhlükəsizliyi* [Safety of raw materials and food]. Bakı, İqtisad Universiteti.
- Mishra, S., Bharagava, R. N., More N., Yadav, A., Zainith, S., & Chowdhary, P. (2019). Heavy metal contamination: an alarming threat to environment and human health. *Environmental Biotechnology*, 2019, 103-125. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7284-0_5
- Monisha, J., Tenzin, T., Naresh, A., Blessy, B. M., & Krishnamurthy N. B. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60-72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>
- Qu, C., Ma, Z., Yang, J., Liu, Y., Bi, J., & Huang, L. (2014). Human Exposure Pathways of Heavy Metal in a Lead-Zinc Mining Area. In *Heavy Metal Contamination of Water and Soil: Analysis, assessment, and remediation strategies* (pp. 129-156). New York: Environmental Biotechnology. <https://doi.org/10.1201/b16566>
- Quliyev, F. A. (2018). *Sitrus bitkilərinin əsas bioloji xüsusiyyətləri və suvarılması rejimi*. [Basic biological characteristics of citrus plants and irrigation regime]. Bakı, Ecoprint.
- Rahman, M. A., Rahman, M. M., Reichman, S. M., Lim, R. P., & Naidu R. (2014). Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: Health hazard. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.024>
- Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkereit, C., Weber, F., & Kowarik, I. (2012). How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165, 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019>
- Sharma, A., Katnoria, J. K., & Nagpal, A. K. (2016). Heavy metals in vegetables: Screening health risks involved in cultivation along wastewater drain and irrigating with wastewater. *Springer Plus*, 5(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2129-1>
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101, 133-164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Yang, Y., Zhang, F. S., Li, H. F., & Jiang, R. F. (2009). Accumulation of cadmium in the edible parts of six vegetable species grown in Cd-contaminated soils. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 1117-1122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.05.004>
- Zhou, H., Yang, W., Zhou, X., Liu, L., Gu, J., Wang, W., Zou, J., Tian, T., Peng, P., & Liao, B. (2016). Accumulation of Heavy Metals in Vegetable Species Planted in Contaminated Soils and the Health Risk Assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(3), Article 289. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030289>

The Content of Heavy Metals in Some Vegetables, Citrus Fruits and Tea Leaves Produced in the Republic of Azerbaijan and Their Processed Products

Azer A. Jalalov

Lankaran State University

50, Hazi Aslanov Alley st., Lankaran, AZ4250, Azerbaijan Republic

E-mail: acalalov@list.ru

Sevinj I. Maharramova

Azerbaijan State Economic University

d. 6, Istiglaliyat st., Baku, AZ1001, Azerbaijan Republic

E-mail: maqerramovasevinc75@mail.ru

Muhendis M. Jahangirov

Lankaran State University

50, Hazi Aslanov Alley st., Lankaran, AZ4250, Azerbaijan Republic

E-mail: mmccay@mail.ru

Laman R. Hamidova

Lankaran State University

50, Hazi Aslanov Alley st., Lankaran, AZ4250, Azerbaijan Republic

E-mail: leman.hamidova@mail.ru

References

- Boev, V. M., Kuksanov, V. F., & Bystryh V. V. (2002) *Himicheskie kancerogeny sredy obitaniya i zlokachestvennye obrazovaniya* [Environmental chemical carcinogens and malignancies]. Moscow: Medicina.
- Kuliev, F. A. (2011). Sostojanie i perspektivy otrasli chaevodstva i subtropicheskikh kul'tur v Respublike Azerbajdzhan. Subtropicheskie i dekorativnoe sadovodstvo [State and prospects of the tea growing and subtropical crops industry in the Republic of Azerbaijan]. *Nauchnye trudy VNIIC i SK* [Subtropical and ornamental gardening. Scientific works All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops], 44, 51-64.
- Litvinova, O. S. (2013). *Razrabotka podhodov k opredeleniju prioritetnyh kontaminantov himicheskoy prirody v pishhevyyh produktah v rezhime real'nogo vremeni s cel'ju optimizacii sanitarno-jepidemiologicheskogo nadzora* [Development of approaches to the identification of priority chemical contaminants in food products in real time in order to optimize sanitary and epidemiological surveillance] [Candidate Dissertation, Federal'nyj issledovatel'skij centr pitaniya, biotekhnologii i bezopasnosti pishhi]. Moscow, Russia.
- Vasilovskij, A. M., & Kurkatov, S. V. (2012). Gigienicheskaja ocenka bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ja v Central'noj Sibiri [Hygienic assessment of the safety of food raw materials in Central Siberia]. In *Materialy XI Vserossijskogo sezda gigienistov i sanitarnyh vrachej* [Materials of the 11th All-Russian congress of hygienists and sanitary doctors] (pp. 57-60). Moscow: Kancler.
- Pavlov, N. N. (2014). *Riski dlja zdorov'ja detej i podrostkov, obuslovlennye kontaminaciej pishhevyyh produktov i syr'ja mestnogo proizvodstva* [Health risks for children and adolescents due to contamination of food products and locally produced raw materials] [Candidate Dissertation, Volgogradskij gosudarstvennyj medicinskij universitet]. Volgograd, Russia.
- Frolova, O. A., Karpova, M. V., Safiullina, Z. F., & Frolov, D. N. (2012). Gigienicheskaja ocenka riska zdorov'ju naselenija, formirujushhegosja pod vozdejstviem kontaminantov, zagrjaznjajushhih pishhevyh produkty (na primere respublik Tatarstan) [Hygienic assessment of the risk to the health of the population, formed under the influence of contaminants

- that contaminate food products (on the example of the Republic of Tatarstan)]. *Profilakticheskaja medicina [Preventive Medicine]*, 3, 34-36.
- Hotimchenko, S. A. (2007). Ispol'zovanie koncepcii analiza riska v sisteme monitoringa za bezopasnost'ju pishhevyyh produktov [Using the concept of risk analysis in a food safety monitoring system]. In *Materialy X Vserossiyskogo sezda gigienistov i sanitarnyyh vrachej [Materials of the 10th All-Russian congress of hygienists and sanitary doctors]* (vol. 1., pp. 1054-1055). Moscow: Kancler.
- Alexander, P. D., Alloway, B. J., & Dourado, A. M. (2006). Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*, 144(3), 736-745. <https://doi.org/10.1080/10942910802181024>
- Berihun, T. B., Amare, E. D., Raju, R. P., Ayele, T. D., & Dagne H. (2021). Determination of the level of metallic contamination in irrigation vegetables, the soil, and the water in Gondar City, Ethiopia. *Nutrition and Dietary Supplements*, 13, 1-7. <http://doi.org/10.2147/NDS.S283451>.
- Dolan, S. P., Nortrup, D. A., Bolger, P. M., & Capar, S. G. (2003). Analysis of dietary supplements for arsenic, cadmium, mercury and lead using inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1307-1312. <https://doi.org/10.1021/jf026055x>
- Feseha, A., Chaubey, A. K., & Abraha, A. (2021). Heavy metal concentration in vegetables and their potential risk for human health. *Health Risk Analysis*, 1, 68-81. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.07.eng>
- Harmanescu, M., Alda, L. M., Bordean, D. M., Gogoasa, L., & Gergen, L. (2011). Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area, a case study: Banat County, Romania. *Chemistry Central Journal*, 5, 64-73. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-64>
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Jia, Z., Li, S., & Wang L. (2018). Assessment of soil heavy metals for eco-environment and human health in a rapidly urbanization area of the upper Yangtze Basin. *Scientific Reports*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21569-6>
- Mahurpawar, M. (2015). Effects of heavy metals on human health. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 530, 1-7.
- Mamtani, R., Stern, P., Dawood, I., & Cheema, S. (2011). Metals and disease: A global primary health care perspective. *Journal of Toxicology*, 2011, Article 319136. <https://doi.org/10.1155/2011/319136>
- Məhərrəmov, M. Ə. (2019). *Xammal və qida məhsullarının təhlükəsizliyi [Safety of raw materials and food]*. Bakı, İqtisad Universiteti.
- Mishra, S., Bharagava, R. N., More N., Yadav, A., Zainith, S., & Chowdhary, P. (2019). Heavy metal contamination: an alarming threat to environment and human health. *Environmental Biotechnology*, 2019, 103-125. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7284-0_5
- Monisha, J., Tenzin, T., Naresh, A., Blessy, B. M., & Krishnamurthy N. B. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60-72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>
- Qu, C., Ma, Z., Yang, J., Liu, Y., Bi, J., & Huang, L. (2014). Human Exposure Pathways of Heavy Metal in a Lead-Zinc Mining Area. In *Heavy Metal Contamination of Water and Soil: Analysis, assessment, and remediation strategies* (pp. 129-156). New York: Environmental Biotechnology. <https://doi.org/10.1201/b16566>
- Quliyev, F. A. (2018). *Sitrus bitkilərinin əsas bioloji xüsusiyyətləri və suvarılması rejimi*. [Basic biological characteristics of citrus plants and irrigation regime]. Bakı, Ecoprint.
- Rahman, M. A., Rahman, M. M., Reichman, S. M., Lim, R. P., & Naidu R. (2014). Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: Health hazard. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.024>
- Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkerei, C., Weber, F., & Kowarik, I. (2012). How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165, 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019>
- Sharma, A., Katnoria, J. K., & Nagpal, A. K. (2016). Heavy metals in vegetables: Screening health risks involved in cultivation along wastewater drain and irrigating with wastewater. *Springer Plus*, 5(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2129-1>
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101, 133-164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Yang, Y., Zhang, F. S., Li, H. F., & Jiang, R. F. (2009). Accumulation of cadmium in the edible parts of six vegetable species grown in Cd-contaminated soils. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 1117-1122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.05.004>
- Zhou, H., Yang, W., Zhou, X., Liu, L., Gu, J., Wang, W., Zou, J., Tian, T., Peng, P., & Liao, B. (2016). Accumulation of Heavy Metals in Vegetable Species Planted in Contaminated Soils and the Health Risk Assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(3), Article 289. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030289>