

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДЕТОКСИКАНТОВ В ОПЫТАХ IN VITRO

А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова

*В статье рассмотрены возможности растительных детоксикантов – полисахаридов (каррагинан, камедь, альгинат натрия), плодово-ягодных гомогенатов (облепиховый, яблочный) и ИК-сушёных овощей в снижении концентрации токсичных элементов в опытах на модельных растворах (in vitro)*

*Ключевые слова: детоксиканты, токсичные элементы, растворы*

### Введение

Увеличение количества химических компонентов среды, а также проникновение (введение) в нее химических веществ, не свойственных ей или в концентрациях, превышающих норму, включает в себе термин химическое загрязнение. В настоящее время в природной среде находится около 7–8 млн. химических веществ, причем их арсенал ежегодно пополняется еще на 250 тыс. новых соединений. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, среди которых особенно опасны 200 наименований (список составлен экспертами ЮНЕСКО) [1, 2].

Важно отметить, что с экологических позиций те или иные компоненты вносятся не просто в воду, атмосферный воздух или почву – объектом загрязнения всегда является экосистема (биогеоценоз). Кроме того, избыток одних веществ в природной среде или просто наличие в ней других веществ (новых примесей) означает изменение режимов экологических факторов, так как вредные вещества и являются экологическими факторами. Следовательно, режим (состав) этих факторов отклоняется от требований экологической ниши того или иного организма (или звена в пищевой цепи). При этом нарушаются процессы обмена веществ, снижается интенсивность ассимиляции продуцентов, а значит, и продуктивность биоценоза в целом [3].

Известно, что мир живой природы действует по принципу полной утилизации органических отходов благодаря функционированию гетеротрофов-деструкторов. Однако такие организмы способны разлагать не все соединения. Неразложившиеся вещества накапливаются в окружающей среде и нарушают жизнедеятельность живой системы, а при высоких нагрузках загрязнителей не исклю-

чается ее гибель. Накопление таких соединений осуществляется по закону прогрессивного накопления токсичных веществ в трофических цепях: концентрирование вещества в экосистеме или пищевой цепи возрастает на высших по сравнению с низшими трофическими уровнями [3, 4, 5, 6].

В зависимости от степени загрязнения окружающей среды, экотоксиканты могут приводить к экологическому напряжению или к экологическому кризису среды, в результате чего нарушается весь цикл производства экологически безопасной продукции. Начальным элементом этой цепи является техногенная деятельность человека, затем почва, которая аккумулирует в себе экотоксиканты. Далее они могут мигрировать в растения (корма), затем в организм животных и, в конечном итоге, накапливаться в продукции животноводства [7, 8, 9, 10, 11].

Среди множества органических и неорганических веществ, попадающих в природу, токсичные элементы (ТЭ) занимают особое место, так как они не разлагаются, включаются в пищевые цепи и аккумулируются в живых организмах, обладают мутагенным и токсичным эффектом. В ходе эволюции живыми существами были выработаны механизмы, предотвращающие токсический эффект токсичных элементов, но при современных уровнях поступления этих элементов они уже не могут достаточно надежно защищать организм от воздействия загрязнителей антропогенного происхождения [4, 5].

Наиболее опасными, не разлагающимися элементами, токсичными даже в следовых количествах, согласно Комиссии ФАО/ВОЗ по пищевому кодексу (Codex Alimentarius), являются Hg, Cd, Pb, Sn, V, Mo, As, Co [12].

Однако в настоящее время в РФ СанПин 2.3.2.1078-01 нормирует только 4 токсичных

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДЕТОКСИКАНТОВ В ОПЫТАХ IN VITRO

элемента: свинец, мышьяк, кадмий и ртуть (их относят к первой группе особо опасных веществ) [13].

Существует множество разнообразных техногенных источников поступления тяжелых металлов в экосистему: транспорт, промышленные выбросы от предприятий горнодобывающей и обогащательной промышленности, цветной металлургии, химической и нефтехимической, машино- и станкостроительной, электронно- и электротехнической, теплоэнергетической промышленности, агрохимикаты (минеральные и органические удобрения, химические мелиоранты, средства защиты растений) [14, 15].

Несмотря на предпринимаемые меры, уровень загрязнения окружающей среды Западной Сибири продолжает оставаться высоким. Ежегодно Новосибирск и Омск спускают в бассейны Оби и Иртыша 600,0 млн. м<sup>3</sup> загрязненных сточных вод, а Новокузнецк, Омск и Новосибирск выбрасывают в атмосферу свыше 1 млн. т загрязняющих веществ [16].

С момента обнаружения человеком этих свойств тяжелых металлов, ученые стали искать детоксиканты, выводящие токсичные элементы (ТЭ), не вредя организму. Ведь до 70 % всех ксенобиотиков поступает в живой организм с пищей. Кроме того, производство высококачественной, экологически чистой, безвредной продукции животноводства – одно из необходимых условий обеспечения надежной экологической безопасности населения Российской Федерации [17].

Основная часть ТМ попадает в организм человека через продукты животного и растительного происхождения. Свинец и кадмий, попадая в круговорот природы, и двигаясь по трофической цепи, в итоге оказываются в составе пищевых ингредиентов. Способ приготовления, упаковки, хранения так же влияет на загрязнение токсикантами продуктов питания [18, 19].

При приготовлении пищи, возможно, как снижение концентрации ТМ, так и ее увеличение по сравнению с их содержанием в сырье. Простая очистка корнеплодов снижает содержание кадмия и свинца на 1,4–6 %, а промывка салата – на 30 %. Приготовление съедобной части растений уменьшает содержание ТЭ при термической обработке примерно наполовину [20, 21].

Термическая обработка продуктов животного происхождения также приводит к снижению концентрации ТЭ в них. Установлено, что при тепловой обработке (варке) мяса кур с повышенным содержанием ТМ в

бедренных мышцах содержание свинца и кадмия снижается – на 25 % и 18,0, в грудных – на 29 и 19,5 % соответственно [22, 23].

Поиск веществ, обладающих способностью выводить токсичные вещества из любых природных сред является важным направлением и требует детального изучения.

Таковыми детоксикантами можно назвать растительные полисахариды, плоды, ягоды и овощи. Их терапевтический эффект обусловлен наличием большого количества функциональных групп (-ОН, -СООН, -SO<sub>3</sub> и др.), способных связывать токсичные элементы и выводить их из организма, а безвредность подтверждена всесторонними медико-биологическими исследованиями [24].

Научный интерес представляют полученные нами экспериментальные данные о детоксикационных свойствах растительных добавок – полисахаридов, плодово-ягодных гомогенатов и ИК-сушеных овощей в опытах in vitro.

Целью исследований являлось экспериментально установить эффективность детоксикационных свойств растительных детоксикантов в опытах in vitro.

### Экспериментальная часть

Для достижения поставленной цели была проведена экспериментальная научно-исследовательская работа в период с 2005 – 2010 гг. с использованием растительных полисахаридов (альгината натрия, композиция каррагинан: гуаровая камедь в соотношении 3:1), плодово-ягодных гомогенатов, ИК-сушеных овощей и токсичных элементов (свинца и кадмия). Для проведения первой серии опытов в мерную колбу ёмкостью 250 мл помещали 100 мл раствора полисахарида в концентрации 0,1 %, 0,3 или 0,5 % (композиция каррагинан: камедь в пропорции 3:1, альгинат натрия – самостоятельно), 50 мл раствора солей свинца или кадмия в концентрации 2 ПДК (2,0 и 0,4 мг/кг соответственно) и доводили до метки бидистиллированной водой (по методике Компанцева В.А.) [25]. Через 1 час после установления равновесия в системе «раствор – осадок» брали аликвоту и определяли остаточный ион металла методом инверсионной вольтамперометрии на приборе ТА-2. Контрольный анализ проводили аналогично, но без добавления полисахарида. Все пищевые добавки из природных полисахаридов растительного происхождения – альгинат натрия пищевой производства ФГУП «Архангельского опытного водорослевого комбината», каррагинан МР 414 произ-

водства фирмы «Frutarom Ltd.» и «Гуаровая камедь 75NV-5000» разрешены Госсанэпиднадзором Министерства здравоохранения РФ. Определение способности плодово-ягодных гомогенатов связывать свинец и кадмий в опытах *in vitro* проводился также по методике Компанцева В.А. [25] Для этого были приготовлены облепиховый (Алтайский сорт Чечек) и яблочный (Алтайский сорт ранет Толунай) гомогенаты совместно с лабораторией биотехнологии, возглавляемой к.т.н. О.К. Мотовиловым, на механоакустическом гомогенизаторе МАГ-50 производства ЗАО «Холдинговая Катализаторная Компания». Обработка плодов и ягод гидроакустическим воздействием происходила в течение 30 минут при температуре 50 °С.

Определение комплексообразующей способности ИК-сушеных овощей по отношению к кадмию и свинцу на модельных растворах проводилось по методике И.Г. Мохначева [26]. Для этого на базе ГНУ СибНИИПТИП на инфракрасной сушилке, предоставленной заведующим лабораторией переработки растительного сырья, к.т.н. С.К. Волончуком, нами были высушены овощи и измельчены до порошкообразного состояния. По методике И.Г. Мохначева в мерную колбу на 250 мл помещали ИК-сушеные овощи массой 1 г и приливали 100 мл кипящей бидистиллированной воды. Содержимое колбы хорошо встряхивали и помещали на кипящую водяную баню на 1 час с периодическим перемешиванием. Затем содержимое колбы доводили до комнатной температуры под струей воды. После вносили пипеткой 100 мл водного раствора ацетата свинца или ацетата кадмия. Содержимое колбы доводилось до метки бидистиллированной водой, тщательно перемешивалось и оставлялось на 1 час. Через 1 час после установления равновесия в системе «раствор – осадок» бралась аликвота и определялся остаточный ион металла методом инверсионной вольтамперометрии на приборе ТА-7 в НГАУ. В качестве токсикантов во всех опытах были использованы ацетаты свинца и кадмия ( $Pb(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$ ;  $Cd(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$ ).

### Результаты и обсуждение

На первом этапе экспериментально установлено снижение концентрации ионов свинца на модельных растворах при использовании композиции каррагинан: камедь ( $p \leq 0,05-0,001$ ). Наиболее эффективно уменьшение содержания токсичного элемента происходило с использованием компози-

ции каррагинан: камедь 3:1 в концентрации 0,5 % ( $p \leq 0,001$ ) – на 65% по сравнению с контрольным вариантом. Применение 0,5 % раствора альгината натрия максимально снижало содержание ионов свинца – на 51 % ( $p \leq 0,01$ ), композиция каррагинан: камедь уменьшила содержание ионов кадмия в опыте на 38 % ( $p \leq 0,01$ ). Наилучший результат показала 0,3%-я смесь полисахаридов в пропорции 2:1. По окончании опыта нами были выявлены наиболее эффективные концентрации полисахаридов для максимального уменьшения содержания ТЭ – 0,5 %-я композиция каррагинан:камедь в соотношении 3:1 и 0,5 %-й раствор альгината натрия [27].

На втором этапе опыта *in vitro* установлено, что при использовании 6 % облепихового гомогената остаточная концентрация ионов свинца уменьшилась на 65 % ( $p \geq 0,999$ ). Яблочный гомогенат (6 %) снизил концентрацию остаточных ионов свинца на 49 % по сравнению с контрольным раствором ( $p \geq 0,99$ ). Наиболее эффективным в снижении свинца оказался облепиховый гомогенат 6 %-й концентрации; причем его детоксикационные свойства проявились в 1,3 раза сильнее, чем у яблочного той же концентрации. В ходе эксперимента зафиксировано уменьшение концентрации ионов кадмия при использовании облепихового и яблочного гомогенатов различной концентрации ( $p \geq 0,99$ ). При использовании 6 % облепихового гомогената остаточная концентрация ионов кадмия уменьшилась на 81 %. Что касается яблочного гомогената, то остаточная концентрация ионов кадмия уменьшилась на 76 %. При изучении остаточных концентраций ионов кадмия наиболее значимые результаты показал облепиховый гомогенат 6 % концентрации [28].

На третьем этапе определена комплексообразующая способность ИК-сушеных овощей по отношению к кадмию и свинцу на модельных растворах. Опыт проводился по методике И.Г. Мохначева. Для этого на инфракрасной сушилке были приготовлены овощи и измельчены до порошкообразного состояния. В ходе эксперимента на растворах установлено снижение концентрации ионов свинца в вариантах, где применялись ИК-сушеные овощи, по сравнению с контрольным. При использовании ИК-сушеной свеклы остаточная концентрация ионов свинца уменьшилась на 25 % ( $p < 0,001$ ), при добавлении ИК-сушеной тыквы на 60 % ( $p < 0,001$ ), а ИК-сушеной моркови – на 81 % ( $p < 0,001$ ). Результаты исследований свидетельствуют о том, что добавки из ИК-сушеных овощей спо-

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДЕТОКСИКАНТОВ В ОПЫТАХ IN VITRO

собны сорбировать ионы кадмия. При введении в раствор ИК-сушеной свеклы концентрация ионов кадмия снизилась на 37 % ( $p < 0,001$ ). Также отмечено снижение концентрации остаточных ионов кадмия по сравнению с контрольным вариантом при использовании ИК-сушеной тыквы и моркови на 36 и 65 % ( $p < 0,001$ ) соответственно. В опыте на модельных растворах было выявлено, что добавки на основе ИК-сушеных овощей значительно снижают концентрацию свинца и кадмия ( $p < 0,001$ ). Наиболее эффективные результаты получены при использовании ИК-сушеной моркови [29].

Сравнивая полученные нами результаты исследований в опытах *in vitro* по снижению концентрации ионов свинца и кадмия между собой, мы установили их эффективность.

Сравнительная оценка эффективности растительных добавок представлена в таблице 1.

*Таблица 1 – Эффективность влияния растительных добавок на снижение концентрации ионов свинца и кадмия в опытах in vitro*

Детоксиканты	Снижение концентрации, %	
	свинец	кадмий
Каррагинан: камедь	65	38
Альгинат натрия	58	24
Яблочный гомогенат	49	76
Облепиховый гомогенат	65	81
ИК-сушеная свекла	25	37
ИК-сушеная морковь	81	65
ИК-сушеная тыква	60	36

Таким образом, экспериментально в опытах *in vitro* нами исследовано и доказано, что по снижению концентрации ионов свинца из представленных добавок наилучший результат показала ИК-сушеная морковь (снижение на 81 %), а кадмия – яблочный и облепиховый гомогенаты (снижение на 76 и 81 %). Видимо у свинца и кадмия разные механизмы взаимодействия с веществами, содержащимися в добавках. При измельчении ягод облепихи и ранета дополнительно высвобождаются биологически активные вещества из их семян, являющихся ценным источником

пектиновых веществ, а в овощах содержится больше клетчатки.

### Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что полисахарид растительного происхождения – каррагинан: камедь снижает концентрацию свинца на 65 % ( $p \leq 0,05-0,001$ ), кадмия на 38 % ( $p \leq 0,05-0,001$ ).

Выявлены наиболее эффективные концентрации полисахаридов для максимального уменьшения содержания токсичных элементов – 0,5 % композиция каррагинан: камедь в соотношении 3:1 и 0,5 % раствор альгината натрия.

Установлено, что яблочный и облепиховый гомогенаты снижают концентрацию свинца на 49 и 65 % ( $p \geq 0,99-0,999$ ), кадмия – на 76 и 81 % ( $p \geq 0,99$ ).

Путём экспериментальных исследований доказано, что ИК-сушеные овощи (морковь, тыква) снижают концентрацию ионов свинца в модельных растворах на 60 и 81 %, кадмия – на 36 и 65 %.

Из представленных растительных добавок наилучшими детоксикантами в опытах *in vitro* по снижению концентрации ионов свинца являются ИК-сушеная морковь (снижение на 81 %), кадмия – яблочный и облепиховый гомогенаты (снижение на 76 и 81 %).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вронский, В.А. Экология: словарь-справочник / В.А. Вронский. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – Изд. 2-е – 576 с.
2. Панин, М.С. Химическая экология: учебник для вузов / Под ред. Кудайбергенова С.Е. – Семипалатинск, СемГУ им. Шакарима. – 2002. – 852 с.
3. Стадницкий, Г.В. Экология: учебник для вузов / Г.В. Стадницкий. – СПб: Химиздат, 2002. – 7-е изд. – 288 с.
4. Баранников, В.Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов. – М.: Колос. 2005. – С. 3–7, 148–155, 171–249.
5. Колесников, В.А. Эколого-токсикологические аспекты воздействия соединений свинца на биологические объекты / В.А. Колесников. – Красноярск, 2002. – С. 7–37.
6. Околелова, А.А. Экологические аспекты качества продуктов животноводства // Совершенствование технологий производства и переработки продукции животноводства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции/ А.А. Околелова. – Волгоград: РПК «Политехник». – 2005. – Ч. 2. – С. 259–262.
7. Абрамова, Т.Н. Источники поступления тяжелых металлов и их воздействие на агроэкосистемы / Т.Н. Абрамова, В.К. Кузнецов, Н.И. Исамов

// Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы – биофилы в окружающей среде: доклады 2-ой международной научно-практ. конф.-Семипалатинск, 2002. – Т. 2. – С. 413–416.

8. Палагина, И.А. Характеристика качества продукции по токсичным элементам / И.А. Палагина, Т.С. Шаманова // Пищевая технология. – 2002. – №1. – С. 71–72.

9. Бокова, Т.И. Закономерности детоксикации антропогенных загрязнителей (тяжелых металлов) в системе почва – растение – животное – продукт питания человека: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Т.И. Бокова. – Красноярск, 2005. – 31 с.

10. Детоксикация тяжелых металлов в системе почва – растение – животное – продукт питания – человек: методические рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ие, ГНУ СибНИПТИП. – Новосибирск, 2005. – 40 с.

11. Симениоди, Д.Д. Биолого-ресурсный потенциал молодняка крупного рогатого скота и свиней в условиях разных экологических зон РСО-Алания: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д.Д. Симениоди. – Владикавказ, 2006. – 22 с.

12. Рейли, К. Металлические загрязнения пищевых продуктов: перевод с англ/ К. рейли; - М.: Агропромиздат, 1985. – С. 3-99.

13. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПин 2.3.2.1078. – Новосибирск, 2002. – 210 с.

14. Скипин, Л.Н. Загрязнение кадмием и свинцом почв в зоне автомагистрали / Л.Н. Скипин, А.А. Ваймер, Ю.А. Квашнина и др // Плодородие. – 2007. – № 3. – С. 37–38.

15. Муравьев, Е.И. Источники поступления и распространения тяжелых металлов в агроландшафтах // Экологический вестник Северного Кавказа / Е.И. Муравьев. – Краснодар, 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 25–30.

16. Смирнов, П.Н. Изучение адаптационных возможностей сельскохозяйственных животных в Сибири / П.Н. Смирнов, Г.А. Ноздрин, А.Г. Незавитин, С.Н. Магер, К.В. Жучаев и др. // Новосибирск, 2006. – С. 12–24, 146–152.

17. Ахмадеев, А.Н. Ветеринарная экология / А.Н. Ахмадеев, И.М. Колесников, В.Ф. Сысоев и др./ Под ред Д.Н. Уразаева и В.И. Трухачева. – М.: Колос, 2002. – С. 203–229.

18. Донченко, Л.В. Безопасность пищевой продукции / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М.: Пищепромиздат, 2001. – С. 112–185, 343–365, 499–501.

19. Комаров, В.И. Проблемы безопасности пищевых продуктов // Пищевая промышленность. – 1996. – № 2. – С. 26–27.

20. Кузубова, Л.И. Элементы-экоотоксиканты в пищевых продуктах. Гигиенические характеристики, нормативы содержания в пищевых продуктах, методы определения: Аналитический обзор // Л.И. Кузубова, О.В. Шуваева, Г.Н. Аношин. – Новосибирск, 2000. – С. 3–22.

21. Bruggemann I, Ocher H.D, Brghthoffer W. Einilub des Schalvorgans auf den schwernet allegehul

von kartoffelerg eeuginis sen. Landwirt. Forsch. Sonderh, 1983. – Bd 39. – S. 101–121.

22. Инербаева, А.Т. К вопросу о необходимости снижения уровня токсикантов в мясе птицы при термической обработке / А.Т. Инербаева, Т.И. Бокова // Пища. Экология. Качество: Материалы II международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2002. – С. 337–339.

23. Инербаева, А.Т. Товароведная оценка мяса птицы и способы снижения токсичных элементов как факторы, формирующие безопасность пищевых продуктов: Автореф. дис. ... канд. тех. наук/ А.Т. Инербаева. – Кемерово, 2004. – 17 с.

24. Бокова, Т.И. Эффективность использования природных полисахаридов в мясоперерабатывающей промышленности / Т.И. Бокова, А.Т. Инербаева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 8. – С. 18–23.

25. Компанцев, В.А. Комплексообразование пектинов с ионами поливалентных металлов / В.А. Компанцев, Н.Ш. Кайшева, Л.П. Гожжаева // Техника и технология. Пищевая промышленность. – 1990. – № 1. – С. 39–40.

26. Мохначев, И.Г. Оценка комплексообразующих свойств биологических объектов / И.Г. Мохначев, В.П. Гранатова // Хранение и переработка сельхозсырья, 1998. – С. 35–36.

27. Носенко, Д.Л. Влияние различных композиций из каррагинана и камеди на снижение концентрации ионов свинца и кадмия. Наука. Технологии. Инновации // Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 7-ти частях / Д.Л. Носенко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – Ч. 2. – С. 282–284.

28. Желтышева, О.С. Взаимодействие плодово-ягодных гомогенатов и кадмия в опытах in vitro / О.С. Желтышева, Т.И. Бокова, А.Т. Инербаева // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса»: материалы XI междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Т.2: сб. науч. тр. – Троицк: УГАВМ, 2007. – С. 40–42.

29. Коршунова, В.В. Детоксикация свинца и кадмия в системе раствор – сырье растительного происхождения – модельные животные / В.В. Коршунова, Т.И. Бокова, А.Т. Инербаева // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф.(4–7 февраля 2010 г.) / Семипалатинский гос. педагогический ун-т. – Семей, 2010. – Т.2. – С. 382–385.

**Инербаева А.Т.**, к.т.н., вед. науч. сотрудник ГНУ СибНИИП, тел. 8(383)348-04-09, E-mail: ainerbaeva@mail.ru;

**Бокова Т.И.**, д.б.н., проф., зав. лаб. ГНУ СибНИИП, тел. 8(383)348-04-09, E-mail: GNU\_IP@ngs.ru