

Изучение содержания кадмия и свинца в растительных продуктах Кыргызской Республики

Наркозиева Г. А.¹, Баткибекова М. Б.², Усубалиева А. М.³

¹Наркозиева Гульнара Алимбековна / Narkozieva Gulnara Alimbekovna – соискатель;

²Баткибекова Минира Баткибековна / Batkibekova Minira Batkibekovna - доктор химических наук, профессор, Научно-исследовательский химико-технологический институт при КГТУ им. И. Раззакова;

³Усубалиева Айгуль Мирбековна / Usubalieva Aigul Mirbekovna – кандидат химических наук, старший преподаватель, кафедра химической инженерии, инженерный факультет,

Кыргызско-Турецкий университет Манас, г. Бишкек, Кыргызстан

Аннотация: в работе рассматривается содержание кадмия и свинца в растительных продуктах Кыргызской Республики. Выявлена взаимосвязь между содержанием тяжелых металлов и органическими компонентами пищи.

Abstract: the paper deals with the content of cadmium and lead in herbal products of the Kyrgyz Republic. The correlation between the content of heavy metals and organic components of food.

Ключевые слова: кадмий, свинец, белки, моно- и дисахариды, клетчатка.

Keywords: cadmium, lead, proteins, mono- disaccharides, cellulose.

Известны многочисленные попытки классифицировать химические элементы по степени взаимодействия с живыми организмами на основе сочетаний таких параметров, как распространенность, доступность, усвояемость, токсичность. Токсичное действие того или другого элемента существенным образом зависит от его общей и локальной распространенности в окружающей среде, в том числе и от того, является ли токсичное соединение природным или образовалось в результате деятельности человека, то есть имеет антропогенную природу. Каждый орган или ткань живого организма нормально функционирует лишь для некоторого интервала (допустимых значений) концентраций какого-либо соединения. Отклонения содержания этого соединения от нормы вызывает патологическую реакцию и является, собственно, причиной токсичности. Так, например, тяжелые металлы (Cd(2+) и Pb(2+)) обычно токсичны, так как блокируют многие ферменты (табл. 1) [1].

Таблица 1. Ферменты, ингибируемые кадмием и свинцом

Металл	Фермент
Cd(2+)	Аденозинтрифосфатаза, алкогольдегидрогеназа, амилаза, карбоангидраза, карбоксипептидаза, глутаминоксалоацетатотрансаминаза
Pb(2+)	Ацетилхолин, эстераза, щелочная фосфатаза, аденозинтрифосфатаза, карбоангидраза, цитохромоксидаза

Из объектов бионеорганической химии именно тяжелые металлы в форме комплексов наиболее опасны для жизнедеятельности организмов. Атака тяжелых металлов направлена на гемсодержащие белки и ферменты; на системы пероксидного и свободнорадикального окисления липидов и белков; на системы антиоксидантной защиты; на ферменты транспорта электронов и синтеза АТФ; на белки клеточных мембран и ионные каналы мембран. Так, например, ионы Pb(2+), Cd(2+) образуют прочные комплексы с аминокислотами и многими другими биополимерами, в особенности содержащими группы RS- и HS-. Токсическое действие тяжелых металлов проявляется в том, что, обладая подходящим размером и характером электронной оболочки, они могут вместо биометаллов «встраиваться» в соответствующие рецепторы, блокируя действие субстратов (табл. 2). Ионы Pb(2+), Cd(2+) предпочитают места связывания с донорными атомами S [2]. Ионы кадмия взаимодействуют с тиольными группами (связывание) и аминогруппами (блокирование). При взаимодействии с сульфгидрильными группами образуются слабодиссоциирующие в воде соединения, которые приводит к понижению активности ферментов и свертыванию белков [3].

В биосфере сера образует соединения, близкие к природным неорганическим полисульфидам: это различные белки с мостиками S – S, например, метионин, липоевая кислота, глутатион, тиамин, коэнзим А и др. Фрагмент круговорота серы в природе представлен на упрощенной схеме [4]:

Животные → метаболизм → сульфат-ион SO₄²⁻

↑ ↓

растения (восстановление, синтез S-содержащих аминокислот)

Существует три наиболее важных типа биополимеров: полисахариды, белки (протеины) и нуклеиновые кислоты [4].

Молекулы полисахаридов построены из большого числа идентичных, повторяющихся структурных единиц, роль которых могут играть, например, простые углеводы (глюкоза или фруктоза).

Таблица 2. Иерархия биополимеров

Макромолекулы и их аналоги	Полисахариды	ДНК, РНК	Протеины	Мицеллы
Молекулы со средней молярной массой	Олигосахариды	Нуклеотиды	Пептиды	Липиды
Низкомолекулярные вещества	Углеводы	Азотистые основания, фосфаты	Аминокислоты	Жирные кислоты, спирты

Большинство металлов действует в организме в форме химических соединений, в которых содержится центр координации.

Между центральным атомом металла в кластере и его ближайшим окружением существует по крайней мере два типа взаимодействия: ионное (кулоновское) и ковалентное [5]. К жестким кислотам по концепции Льюиса «жестких и мягких кислот и оснований» (ЖМКО) относятся следующие ионы металлов из жизненно необходимых: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{6+} . К мягким кислотам относятся катионы d-элементов с невысоким положительным зарядом. Например, это Cd^{2+} , Cu^+ , Hg^+ и т.д. Металлы Fe^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} занимают промежуточное положение [6]. Жесткие основания – это лиганды, содержащие атомы элементов с высокой электроотрицательностью. В белковых молекулах это кислород и олефатический азот. Мягкие основания – это легко поляризуемые лиганды, например, I-, RS-. Ароматический азот в белковых молекулах занимает промежуточное положение [5].

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Нами были исследованы содержание свинца в овощных культурах Ысык-Атинского района Кыргызской Республики. Объектами исследования выступали следующие продукты растительного происхождения - фасоль, баклажаны сорта Донецкий урожайный, щавель, салат «Валентине», базилик и зелень сельдерея «Картули».

Отборы проб проводились в середине июля, августа, сентября и октября 2007 года. Пробы измельчали, высушивали затем озоляли в муфельной печи при $t = 500^{\circ}\text{C} \pm 50$. Содержание свинца определяли методом инверсионной вольтамперометрии [7].

Для сравнительного исследования взяли те овощи, в которых в ранних исследовательских работах были определены содержание меди, цинка, кадмия и свинца. Это - жусай, капуста белокочанная, перец сладкий, петрушка, огурцы, томаты и укроп [8].

Согласно данным табл. 3, минимальным содержанием кадмия в рассматриваемых надземных овощах обладают овощи – томаты грунтовые, укроп и огурцы. Содержание кадмия в этих овощах соответственно равны 0,008, 0,006 и 0,009 мг/кг. А остальные овощи можно отнести к категории с большим содержанием этого металла. В этих овощах содержание кадмия приближается к значению ПДК (0,03 мг/кг) [9].

Таблица 3. Содержание белка, моно- и дисахаридов, клетчатки, кадмия и свинца в надземных овощах

№ п/п	Надземные овощи	белок, г/100г	моно- и дисахариды г/100г	клетчатка г/100г	Cd* 10 ⁻² мг/кг	Pb* 10 ⁻¹ мг/кг
1	жусай [8]	-	-	-	1,7	1,73
2	капуста белокочанная [8]	1,8	4,6	1,0	2,2	0,69
3	перец сладкий [8]	1,3	5,2	1,4	1,6	2,43
4	петрушка зелень [8]	3,7	6,8	1,5	1,9	2,6
5	томаты [8]	1,1	3,5	0,8	0,8	0,58
6	укроп [8]	2,5	4,1	3,5	0,6	2,98
7	щавель	1,5	3	1	1,9	0,87
8	салат	1,5	5	1,4	1,8	0,82
9	зелень				2,2	1,16

	сельдерей		2	1		
10	базилик	-	-	-	1,4	1,72
11	фасоль	3	2	1	1,8	0,66
12	баклажан	1,2	4,2	1,3	1,7	0,39
13	огурцы [8]	0,8	2,5	0,7	0,9	0,4

Cu*, Zn*, Cd*, Pb* - данные, полученные в результате наших и ранних исследований [8].

Связь между содержаниями кадмия и белка в надземных овощах (см. рис. 1) показывает, что наблюдается обратное соотношение между этими веществами в укропе и щавеле, т. е. в укропе к большему.

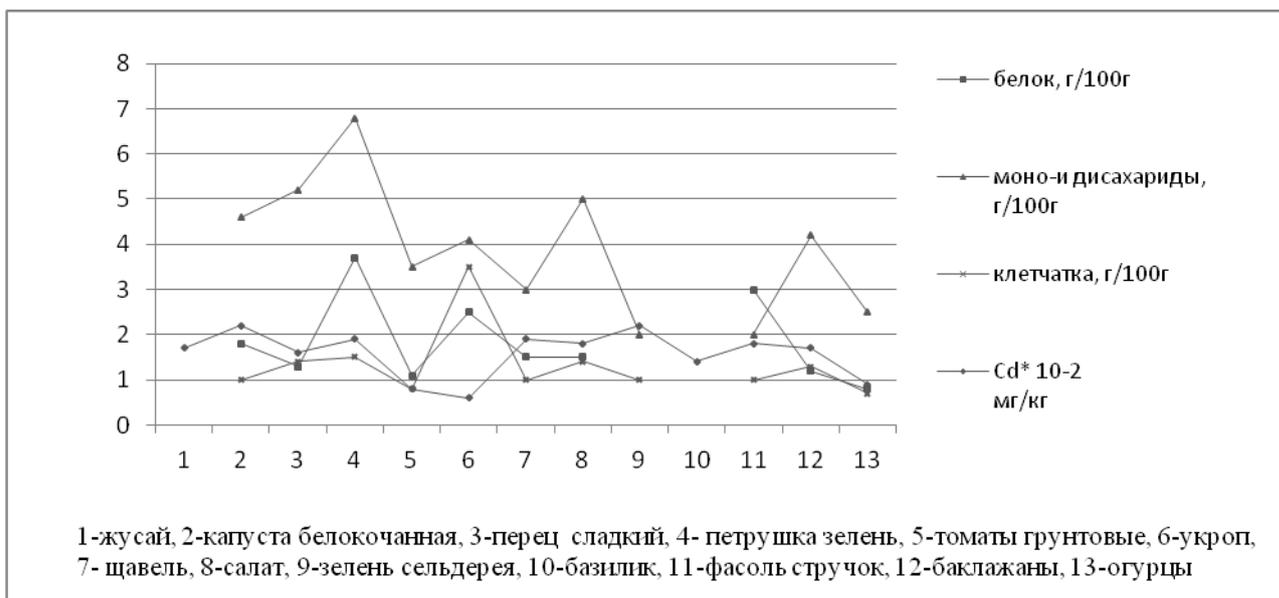


Рис. 1. Содержание кадмия, белка, клетчатки и моно- и дисахаридов в надземных овощах

Содержанию белка отвечает меньшее содержание кадмия, а в щавеле, наоборот, к меньшему содержанию белка отвечает большее содержание этого металла. В капусте белокочанной, зелени петрушки и фасоли большему содержанию белка соответствует повышение содержания кадмия. В перце сладком, грунтовых томатах, салате, баклажанах и огурцах меньшему содержанию белка соответствует понижение содержания металла. Рассматривая взаимосвязь содержаний белка и кадмия в исследованных растительных культурах, можно сказать, что эти компоненты находятся в прямом соотношении между собой в надземных овощах.

Изучая связь между содержаниями кадмия и такого органического компонента, как клетчатка (рис. 1), можно увидеть, что в прямой пропорции эти вещества находятся только в случаях зелени петрушки, томатах и огурцах грунтовых. А в остальных овощах наблюдается обратная пропорциональность. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что содержание кадмия и клетчатки в надземных овощах находятся в обратном соотношении.

Из рис. 1 также можно увидеть соотношение между содержанием кадмия и моно- и дисахаридов в растительных культурах, где прямая пропорциональность содержаний рассматриваемых веществ находится в петрушке (зелень), томатах и баклажанах. А для овощей - жусай, капуста белокочанная, перец сладкий, укроп, щавель, салат, зелень сельдерея, базилик, фасоль и огурцы грунтовых наблюдается обратное соотношение между содержаниями кадмия и моно- и дисахаридов. Изучив содержание кадмия и моно- и дисахаридов в надземных овощах, можно прийти к выводу о том, что эти два компонента находятся в обратной пропорциональности в них.

Изучение содержания свинца в исследуемых надземных овощах показало, (см. табл. 3) что большим его количеством обладают овощи-жусай (0,173), перец сладкий (0,243), зелень петрушки (0,26), укроп (0,298) и базилик (0,172). Эти значения показывают приближение их к ПДК (0,5 мг/кг). А овощи: капуста белокочанная, томаты грунтовые, щавель, салат, зелень сельдерея, фасоль, баклажаны и огурцы грунтовые показали низкое содержание его. Содержание свинца в них составило соответственно - 0,069; 0,058; 0,087; 0,082; 0,116; 0,066; 0,039; 0,04мг/кг.

Изучая взаимосвязь между содержаниями свинца и белка в надземных овощах (рис. 2.), можно увидеть, что прямая пропорциональность их находится в следующих овощах: зелени петрушки, томатах

грунтовых, укропе, щавели, салате, баклажанах и огурцах грунтовых. А обратной пропорциональностью между этими веществами обладали овощи: капуста белокочанная, перец сладкий, стручки фасоли.

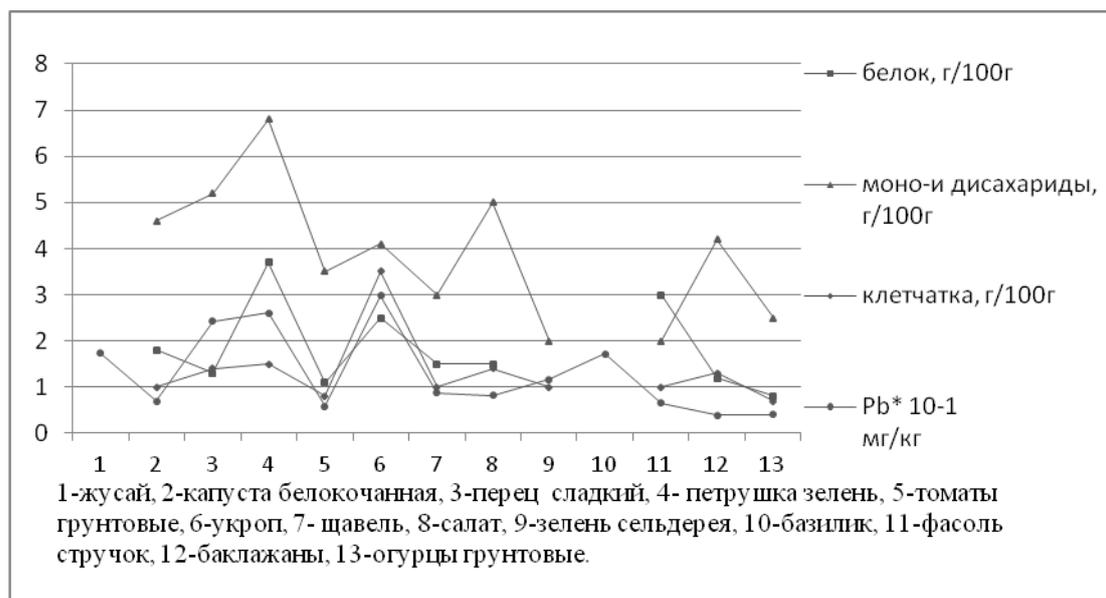


Рис. 2. Содержание свинца, белка, клетчатки и моно- и дисахаридов в надземных овощах

При рассмотрении взаимосвязи свинца и моно- и дисахаридов в исследуемых растительных продуктах (рис. 2) выявлена прямая пропорциональность в следующих овощах: капусте белокочанной, зелени петрушки, томатах грунтовых, укропе, щавели и огурцах грунтовых. Обратная пропорциональность прослеживается этих веществ в перце сладком, салате, зелени сельдерея, фасоли стручковой и баклажанах.

Изучение соотношения между содержанием свинца и клетчатки в исследуемых растительных надземных культурах (рис. 2) показало прямую пропорциональность их в следующих овощах: капусте белокочанной, перце сладком, зелени петрушки, томатах грунтовых, укропе, щавели, фасоли стручковой и огурцах грунтовых. А обратная связь между свинцом и клетчаткой наблюдается в салате, зелени сельдерея и баклажанах.

Выводы

- Содержание кадмия в растительных продуктах Кыргызской Республики приближается к установленному значению ПДК.
- Содержание свинца в исследованных овощах не превышает ПДК, принятых для овощей.

Литература

1. Яцимирский К. Б. Введение в бионеорганическую химию. Киев. Наукова думка. 1976. 144 с.
2. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Пер. с англ. С. Л. Давыдовой; Под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. – М, Мир, 1993. – 368 с.
3. Баткибекова М. Б., Наркозиева Г. А., Усубалиева А. М. Содержание кадмия в надземных и корнеплодных овощах Кыргызстана. // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: матер. V межд. конф. Т. 1. (Челябинск, 21-22 октября 2011). Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. С. 239-244.
4. Добрынина Н. А. Бионеорганическая химия. [Электронный ресурс] Методическое пособие для студентов I курса. - М, МГУ, 2007. - 43 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/dobrinina/all.pdf> (дата обращения: 10.10.2015).
5. Улахович Н. А., Медянцева Э. П., Бабкина С. С., Кутырева М. П., Гатаулина А. Р. Металлы в живых организмах [Электронный ресурс]: Учебное пособие для лекционного курса «Основы бионеорганической химии». – Казань: Казанский университет, 2012. – 102 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/078/78078/58996?p_page=1 (дата обращения: 12.10.2015).
6. Пирсон Р. Дж. Жесткие и мягкие кислоты и основания // Успехи химии. 1971. - Т. 60. - № 7. - С. 1259-1282.

7. Наркозиева Г. А. Содержание меди и цинка в зеленых овощах. // Известия КГТУ им. И. Раззакова, 2009, № 17, С. 84-85.
8. Усубалиева А. М. Физико-химические основы накопления меди, цинка, кадмия и свинца в пищевых продуктах растительного происхождения.: Дисс. ... канд. хим. наук. Бишкек, 2007. 187 с.
9. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2. 560-96. - М.: 1996. – 269 с.