

УДК 574.2:635:546.174

ББК 20.1

О 95

Очерет Надежда Петровна

Кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химии факультета естествознания Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 593940, e-mail: pr-Ocheret@mail.ru

Тугуз Фатима Вячеславовна

Кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии факультета естествознания Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 593936, e-mail: tlfa@mail.ru

Содержание нитратов в пищевых продуктах и их влияние на здоровье человека

(Рецензирована)

Аннотация. *Приведены результаты химического эксперимента по определению нитратов в пищевых продуктах и их влияния на здоровье человека. Полученные результаты дают информацию о состоянии пищевых продуктов на наличие нитратов. Выявлены причины, обуславливающие накопление нитратов в растениях. Предложены рекомендации по уменьшению содержания нитратов в пищевых продуктах и влияния их на здоровье человека.*

Ключевые слова: *нитраты, нитриты, нитрозамины, канцерогенные яды, окружающая среда, пищевые продукты, биосфера, метод, почвы, овощные культуры, здоровье населения, экологическая ситуация, химический эксперимент.*

Tuguz Fatima Vyacheslavovna

Candidate of Geography, Associate Professor, Associate Professor of Geography Department of Natural Science Faculty, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 593936, e-mail: tlfa@mail.ru

Ocheret Nadezhda Petrovna

Candidate of Chemistry, Associate Professor, Associate Professor of Chemistry Department of Natural Science Faculty, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 593940, e-mail: pr-Ocheret@mail.ru

Content of nitrates in foodstuff and their influence on health of the person

Abstract. *The paper discusses the results of a chemical experiment on definition of nitrates in foodstuff and their influence on health of the person. The obtained results give information on a condition of foodstuff concerning availability of nitrates. The reasons, due to which nitrates accumulate in plants, are established. Recommendations how to reduce contents of nitrates in foodstuff and their influence on health of the person are given.*

Keywords: *nitrates, nitrites, nitrosamines, cancerogenic poisons, environment, foodstuff, biosphere, method, soils, vegetable cultures, health of the population, ecological situation, chemical experiment.*

Введение

За последние годы наблюдается устойчивая тенденция ухудшения экологической ситуации экосистем биосферы (почва, вода, воздух) и здоровья населения, вызванная преимущественно антропогенным воздействием человека на окружающую среду. Одним из важнейших факторов является негативное влияние нитратов на здоровье человека [1].

Как известно, овощи и фрукты – важный поставщик витаминов и минеральных веществ, необходимых для организма человека. Но вместе с полезными веществами в организм человека попадают и опасные, которые накапливаются в растениях и вызывают отравление организма. Этими опасными веществами являются нитраты. Само по себе присутствие нитратов в растениях – нормальное явление, так как они являются источниками азота в этих организмах, но излишнее увеличение их крайне нежелательно, потому, что они обладают высокой токсичностью для человека и сельскохозяйственных животных. У человека в желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсичные нитриты, далее в нитрозамины – сильные канцерогенные яды, вызывающие опухоли [2].

Материалы и методы исследования

В работе был использован метод, который основан на хорошо известной реакции нитрат-иона NO_3^- с дифениламино. Используемый реагент – раствор дифениламина в серной

кислоте (0,1 г дифениламина в 10 мл концентрированной серной кислоты). Каплю сока, полученную из растительного объекта, помещают на предметное стекло и добавляют несколько капель дифениламина. О содержании нитратов можно судить по изменению окраски: при небольшом количестве нитратов капля растительного сока приобретает светло-голубую окраску, при большом количестве нитратов – темно-синюю окраску (табл. 1).

Использован также гравиметрический метод, наблюдение, обобщение и др.

Таблица 1

Содержание нитратов

Баллы	Характер окраски	Содержание нитратов, мг/кг
6	Сок или срез окрашиваются быстро и интенсивно в сине-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	>3000
5	Сок или срез окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
4	Сок или срез окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу	1000
3	Окраска светло-синяя. Исчезает через 2–3 минуты	500
2	Окраска быстро исчезает, окрашиваются главным образом проводящие пучки	250
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
0	Нет ни голубой, ни синей окраски. На целых растениях возможно порозовение	0

Результаты исследований

Азот – это один из самых важнейших химических элементов в жизни растений. Он входит в состав белков (до 16–18% их массы), нуклеиновых кислот, нуклеопротеидов, хлорофилла, гемоглобина, алкалоидов. Соединения азота играют большую роль в процессах фотосинтеза, обмена веществ, образования новых клеток. Азот получает растение из почвы в виде минеральных азотных солей (нитратных и аммиачных) [3].

В растениях азот подвергается сложным превращениям. Метаболизм азота в растениях – это сложный процесс:



(нитрат) – (нитрит) – (гипонитрит) – (гидроксиламин) – (аммиак).

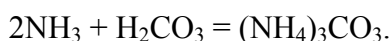
Установлено, что нитраты, содержащиеся в растениях, могут в организме восстанавливаться до нитритов и реагировать в желудке с вторичными аминами, входящими в состав пищевых и лекарственных продуктов, с образованием нитрозаминов, являющихся для организма канцерогенами. В этом процессе участвуют различные металлы (молибден, железо, медь, марганец), и при этом происходит интенсивная трата углеводов, так как на восстановление тратится энергия, источником которой являются углеводы. Нитриты могут накапливаться в растениях и этим подавлять их рост. Но основная часть нитритов, подвергаясь дальнейшим превращениям, дает аммиак (NH_3) [4].

При недостатке азота в среде обитания тормозится рост растений, ослабляется образование боковых побегов и кущение у злаков, наблюдается мелколистность. Одновременно уменьшается ветвление корней, но соотношение массы корней и надземной части может увеличиваться. Растения для своего развития нуждаются в значительных количествах азота.

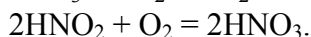
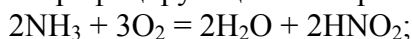
Запасы азота в почве могут пополняться разными путями. При возделывании сельскохозяйственных культур много внимания уделяют внесению минеральных удобрений. В естественных же условиях основная роль принадлежит специализированным группам микроорганизмов-азотфиксаторов, а также почвенных бактерий, способных минерализовать и переводить азот в доступную для растений форму.

Первая стадия распада органических азотсодержащих веществ до аммиака – *аммонификация*, протекающая под действием почвенных микроорганизмов (аммонифицирующие бактерии), которые выделяют необходимые протеолитические ферменты. То есть аммонификацию можно отнести к каталитическим процессам.

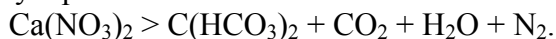
Взаимодействия аммиака с углекислотой почвенного раствора:



Вторая стадия – *нитрификация* – окисление аммиака до NO_3 , происходящее под действием нитрифицирующих бактерий:



Параллельно с аммонификацией и нитрификацией в почве протекает и процесс *денитрификации* – восстановление нитрат-ионов под действием денитрифицирующих бактерий до молекулярного азота по схеме:



Таким образом, очевидно, что аммонификация и нитрификация способствуют накоплению в почве доступного для растений азота и повышению урожайности сельскохозяйственных культур; а денитрификация оказывает противоположное, негативное, действие.

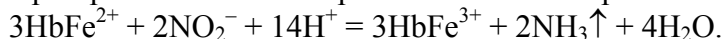
У животных и человека высокие дозы нитратов могут вызвать отравление и даже привести к смерти. Токсическое действие нитратов связано с восстановлением их до нитритов, аммиака, гидроксилamina под влиянием микрофлоры пищеварительного тракта и тканевых ферментов. Если в организм человека поступают высокие дозы нитратов, через 4–6 ч появляются тошнота, одышка, посинение кожных покровов, диарея. Одновременно ощущается общая слабость, головокружение, боли в затылке и сердцебиение. Первой медицинской помощью при этом является обильное промывание желудка, прием активированного угля и солевых слабительных. Употребление в течение долгого времени пищи и воды с высоким содержанием нитратов вызывает также аллергию, нарушение деятельности щитовидной железы, приводит к возникновению многочисленных болезней в результате нарушения обмена веществ, опорно-двигательного аппарата и нервной системы [5].

Такое токсическое действие на организм нитратов обусловлено следующим. Нитраты, превратившись в желудочно-кишечном тракте в нитриты, попадают в кровь и окисляют двухвалентное железо гемоглобина в трехвалентное. При этом образуется метгемоглобин, не способный переносить кислород к тканям и органам, в результате чего может наблюдаться удушье, то есть тканевая гипоксия, вследствие чего накапливается молочная кислота, холестерин и резко падает количество белка в организме.

Выявлены два способа окисления гемоглобина HbFe^{2+} [2].

I способ – прямое окисление

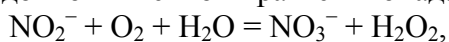
При прямом окислении роль окислителя играют нитрит-анионы:



II способ – косвенное окисление гемоглобина

Сначала нитриты окисляются до нитратов с образованием пероксида водорода, затем последний вступает в реакцию с железом гемоглобина.

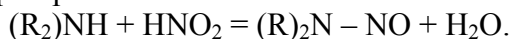
Нитраты под воздействием фермента нитраредуктазы восстанавливаются до нитритов в желудочно-кишечном тракте и попадают в кровь.



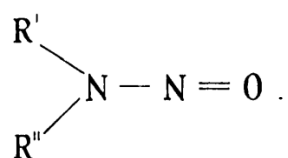
Угрозой для жизни является накопление в крови 20% и более метгемоглобина (HbFe^{3+}). Однако во взрослом здоровом организме под действием восстанавливающих ферментативных систем метгемоглобинредуктазы легко преобразуются в оксигемоглобин.

Наибольшая же опасность повышенного содержания нитратов в организме заключается в способности нитрит-иона участвовать в реакции нитрозирования аминов и амидов, в результате которой образуются нитрозосоединения, обладающие канцерогенным и мутагенным действием.

Образование нитрозосоединений происходит при взаимодействии азотистой кислоты с вторичными аминами как в продуктах питания в процессе их кулинарной обработки, так и внутри организма:



N-нитрозосоединения имеют общую структуру:



Их можно разделить на два класса с различными свойствами: нитрозамины, где R1 и R2 – алкильные или арильные группы, и нитрозамиды, где R1 – алкильная или арильная группа, R2 – ацильная группа.

Проведенные на животных опыты показали, что N-нитрозосоединения способствуют образованию опухолей во всех органах, кроме костей.

Чаще всего контролируют наличие в продуктах N-нитрозодиметиламина (НДМА) и N-нитрозодиэтиламина (НДЭА).

Для взрослого человека предельно допустимая норма нитратов 5 мг на 1 кг массы тела человека, то есть 0,25 г на человека весом в 60 кг. Для ребенка допустимая норма составляет не более 50 мг. Сравнительно легко человек переносит дневную дозу нитратов в 15–200 мг; 500 мг – это предельно допустимая доза (600 мг – уже токсичная доза для взрослого человека). Для отравления грудного малыша достаточно и 10 мг нитратов.

Пути попадания нитратов в организм человека

1. *Через продукты питания:*

- растительного происхождения;
- животного происхождения.
- через питьевую воду.

2. *Через лекарственные препараты.*

Основная масса нитратов попадает в организм человека с консервами и свежими овощами (40–80% суточного количества нитратов). Незначительное количество нитратов поступает с хлебными изделиями, фруктами, с молочными продуктами.

Вредное влияние повышенных доз нитратных и нитритных форм азота обсуждается Продовольственной комиссией ООН, Всемирной организацией здравоохранения и Академией Медицинских наук. Решением этой проблемы занимаются медики, работники сельского хозяйства, агрохимики и селекционеры.

Токсичность нитратов зависит от пищевого рациона, индивидуальных особенностей организма, в частности, от активности фермента метгемоглобинредуктазы, способного восстанавливать метгемоглобин в гемоглобин.

Исследователями России установлено, что нитраты и нитриты вызывают у человека метгемоглобин, рак желудка, отрицательно влияют на нервную и сердечно-сосудистую системы, на развитие эмбрионов.

Метгемоглобин – это кислородное голодание (гипоксия), вызванное переходом гемоглобина крови в метгемоглобин, не способный переносить кислород. При этом заболевании ион NO₃⁻ взаимодействует с гемоглобином крови, окисляя железо, входящее в гемоглобин, до трехвалентного, а образовавшийся в результате этого метгемоглобин не способен переносить кислород. При содержании метгемоглобина в крови около 15% появляется вялость, сонливость, при содержании более 50% наступает смерть, похожая на смерть от удушья. Отравления нитратами происходили при употреблении воды и продуктов растительного и животного происхождения с высоким содержанием нитратов или нитритов. В желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсические нитриты, а далее возможно превращение их в нитрозамины – сильные канцерогенные яды, вызывающие опухоли. В связи с этим при употреблении в пищу растений – накопителей нитратов важно нитраты разбавлять и употреблять в малых дозах [6].

Само по себе присутствие нитратов в растениях – нормальное явление, так как они являются источниками азота в этих организмах, но излишнее увеличение их крайне нежелательно, так как они (как отмечалось выше) обладают высокой токсичностью для человека и

домашних животных [7].

Нитраты в основном скапливаются в корнях, корнеплодах, стеблях, черешках и крупных жилках листьев, значительно меньше их в плодах.

Нитратов также больше в зеленых плодах, чем в спелых.

По способности накапливать нитраты овощи, плоды и фрукты делятся на 3 группы:

1. *С высоким содержанием (до 5000 мг/кг сырой массы)*: салат, шпинат, свекла, укроп, листовая капуста, редис, зеленый лук, дыня, арбуз;

2. *Со средним содержанием (300–600 мг)*: цветная капуста, кабачок, тыква, репа, редька, белокочанная капуста, хрен, морковь, огурец;

3. *С низким содержанием (10–80 мг)*: брюссельская капуста, горох, щавель, фасоль, картофель, томат, репчатый лук, фрукты и ягоды.

Накопление нитратов в растениях зависит от комплекса причин:

– от биологических особенностей самих растений и их сортов. Выяснено, что больше всего нитратов содержится в редисе сорта «Красный великан» по сравнению с другими ее сортами («Розовый с белым кончиком», «Жара» и др.);

– от возраста растений: в молодых органах их больше (кроме шпината и овса). Меньше накапливается нитратов в гибридных растениях. Нитратов больше в ранних овощах, чем в поздних;

– от режима минерального питания растений. Так, микроэлементы (особенно молибден) снижают содержание нитратов в редисе, редьке и цветной капусте; цинк и литий – в картофеле, огурце и кукурузе. Уменьшается содержание нитратов в растениях и в результате замены минеральных удобрений на органические (навоз, торф и др.), которые постепенно разлагаются и усваиваются растениями.

Накопление нитратов зависит от факторов окружающей среды (температуры, влажности воздуха, почвы, интенсивности и продолжительности светового освещения) [8].

С целью выявления случаев превышения норм содержания нитратов в сельскохозяйственной продукции растительного происхождения, а также периодов наибольшей концентрации солей азотной кислоты в этих продуктах и влияния их на здоровье человека нами были подобраны растительные объекты исследования (капуста, картофель, огурец, редис, редька, лук, чеснок и т.д), поскольку они наиболее доступны и наиболее часто входят в рацион питания населения г. Майкопа. В ходе исследования растительных продуктов проводился качественный и количественный анализ.

Результаты химического эксперимента (табл. 2) свидетельствуют о том, что содержание нитратов существенно превышает допустимую норму в *пекинской капусте* в 3 раза, особенно в кочерыжке и в толстых черешках листьев. Также очень высокая концентрация нитратов в *редисе*.

Повышенное содержание нитратов отмечается у *кабачков и огурцов* – в кожуре. В *картофеле* в мелких клубнях нитратов больше, чем в крупных, и сосредоточены они под кожурой. В *чесноке и луке* содержание нитратов незначительно превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК).

В клубнях *картофеля* низкий уровень нитратов обнаружен в сердцевине клубня, тогда как в кожуре их содержание возросло в 1,1–1,3 раза. В *белокочанной капусте* наибольшее количество нитратов находится в верхушке стебля (кочерыжке), что превышает ПДК в 5 раз.

Также содержание нитратов превышает предельно допустимую норму в *огурце* (концы) в 2 раза, в *редьке* – в 3 раза. В *луке и чесноке* – незначительно превышает ПДК.










Как выяснилось, количество нитратов будет зависеть от вида овоща, от времени созревания (ранние/поздние), от грунта (открытый, парник) и пр. Например, *редиска*, высасывающая из почвы нитраты вместе с влагой, – лидер по нитратам (до 80%). В марте 2018 г. она превысила содержание ПДК в 2 раза.

По результатам, представленным в таблице 2, выяснилось, что в октябре в 2017 г. *картофель* превышал содержание нитратов в 2 раза, чем в 2018 г. В 2018 г. *белокочанная ка-*

пуста превысила содержание нитратов в 2 раза по сравнению с 2017 г. Редис и редька белая характеризуются очень высокими показателями нитратов – 3000 мг/кг в 2017 г. и 2018 г. Чеснок и лук репчатый обладают сравнительно невысокими показателями нитратов.

Таблица 2

Определение нитрат-ионов в различных овощных культурах (2017–2018 г.)

№	Исследуемое растение	Часть	Содержание нитратов, мг/кг		ПДК, мг/кг
			2017 г.	2018 г.	
1.	Картофель (<i>Solanumtuberosum</i>) 	а) под кожурой б) середина	500 100	250 0	250
2.	Капуста (<i>Brássica</i>) 	а) кочерыжка б) середина в) верхний лист	1000 100 250	3000 250 1000	500
3.	Капуста пекинская (<i>Brassica Pekinensis</i>) 	а) листья б) проводящая система	3000 >3000	1000 250	800
4.	Огурец (<i>Cucumissativus</i>) 	а) под кожурой б) середина в) основание	500 100 500	500 100 1000	400
5.	Редис (<i>Raphanussativus</i>) 	а) основание а) середина б) вершина	500 3000 3000	500 3000 >3000	1500
6.	Лук Репчатый (<i>Allium</i>) 		100	0 100	80
7.	Чеснок (<i>Allium</i>) 		500	250	400
8.	Кабачок (<i>Cucurbitapero</i>) 	а) кожура б) середина	500 100	100 0	400
9.	Редька белая (<i>Ráphanus</i>) 	а) середина б) основание	1000 3000	>3000 3000	1000

Среди многих причин, обуславливающих накопление нитратов в растении, следует выделить следующие: видовая и сортовая специфика накопления нитратов; условия минерального питания, почвенно-экологические факторы. Зачастую факторы, способствующие накоплению нитратов, воздействуют в комплексе, что осложняет прогнозирование уровня. В разные периоды вегетации ход процессов обмена азотистых веществ протекает по-разному.

Заключение

Очень важно не только знать, в каких растениях, в каких их частях, употребляемых в пищу, содержатся нитраты, но и не менее важно знать, как уменьшить содержание ядовитых веществ, вредных для здоровья человека.

1. Перед приготовлением пищи обязательно мыть овощи. Это снижает количество

нитратов на 20%.

2. Замачивать на длительное время (за 2 часа в воду переходит до 60% нитратов).
3. Удалять перед употреблением части, которые содержат высокое количество нитратов.
4. При термической обработке содержащее нитратов уменьшается на 10%.
5. Консервирование, маринование. Консервирование (без укропа) в итоге уменьшает количество нитратов в готовом продукте на 50%.

6. При квашении капусты содержание нитратов уменьшается в 2–3 раза, а при мариновании – в 3 раза. Заквашенную капусту употреблять лучше не раньше, чем через неделю, когда большая часть нитратов переходит в рассол.

7. Хранить овощи и плоды надо в холодильнике, так как при температуре +2°C невозможно превращение нитратов в более ядовитые вещества – нитриты.

8. Чтобы уменьшить содержание нитратов в организме человека, надо в достаточном количестве использовать в пищу витамин С (аскорбиновую кислоту) и витамин Е, так как они снижают вредное воздействие нитратов и нитритов на организм человека.

9. Зеленый чай – универсальный помощник, поглощающий вредные вещества, в том числе и нитраты.

Меньше всего накапливают нитраты виноград, помидоры, баклажан и репчатый лук. И в значительной степени эти опасные вещества аккумулируют капуста, корнеплоды и бахчевые культуры. При их покупке следует обращать особое внимание на цвет: желтоватые прожилки арбузов и белесая сердцевина моркови должны стать сигналом об опасности.

Таким образом, анализ приведенных данных показывает, что, пользуясь предложенными рекомендациями по уменьшению содержания нитратов в пищевых продуктах, можно исключить их негативное воздействие на органы и ткани человека, вызывающее широкий спектр заболеваний.

Примечания:

1. Ажипа Я.И., Реутов В.П., Каюшин Л.П. Экологические и медико-биологические аспекты проблемы загрязнения окружающей среды нитратами и нитритами // Физиология человека. 1990. Т. 16, № 3. С. 131–149.
2. Андрищенко В.К. Содержание нитратов в овощах // Вопросы питания. 2009. № 5. С. 57–59.
3. Петухов М.П. Агрохимия и система удобрения. М.: Колос, 2013. 392 с.
4. Бузова Т.Е. Биологическая безопасность продовольственного сырья и продуктов питания: лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие / под ред. А.Л. Ишевского. СПб.: НИУ ИТМО, 2014. 96 с.
5. Дискаленко А.П. Водно-нитратная метгемоглобинемия и ее профилактика. Кишинев: Картия Молдовеныяскэ, 1969. 71 с.
6. Федоров А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. М.: ВЛАДОС, 2003. 288 с.
7. Константинов А.П. Экология и здоровье: опасности мифические и реальные // Экология и жизнь. 2012. № 11. С. 84–85.

References:

1. Adzhipa Ya.I., Reutov V.P., Kayushin L.P. Ecological and medico-biological aspects of the problem of pollution of the environment by nitrates and nitrites // Human Physiology. 1990. Vol. 16, No. 3. P. 131–149.
2. Andriushchenko V.K. Nitrate content in vegetables // Nutrition Issues. 2009. No. 5. P. 57–59.
3. Petukhov M.P. Agrochemistry and fertilizer system. M.: Kolos, 2013. 392 pp.
4. Burova T.E. Biological safety of food raw materials and food products: laboratory practice: a manual / ed. by A.L. Ishevsky. SPb.: NIU ITMO, 2014. 96 pp.
5. Diskalenko A.P. Water-nitrate methaemoglobinemia and its prevention. Chisinau: Cartya Moldoveniaske, 1969. 71 pp.
6. Fedorov A.I., Nikolskaya A.N. Practical work on ecology and environmental protection: a manual for students of higher schools. M.: VLADOS, 2003. 288 pp.
7. Konstantinov A.P. Ecology and health: mythological and real dangers // Ecology and life. 2012. No. 11. P. 84–85.